

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

LEOMIR JUNIOR DA SILVA

WAGNER MARCOS DE OLIVEIRA

PROJETO DE UM DISPOSITIVO HIDRÁULICO PARA ELEVAÇÃO DE
EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2014

LEOMIR JUNIOR DA SILVA

WAGNER MARCOS DE OLIVEIRA

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO HIDRÁULICO PARA ELEVAÇÃO DE
EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIOS**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, do Departamento Acadêmico de Mecânica - DAMEC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Cornélio Procópio (UTFPR).

ORIENTADOR: Conrado Di Raimo

Cornélio Procópio

2014

TERMO DE APROVAÇÃO

PROJETO DE UM DISPOSITIVO HIDRÁULICO PARA ELEVAÇÃO DE EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIO

Por:

**Leomir Junior da Silva
Wagner Marcos de Oliveira**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19:30hrs do dia 10/12/2014 de dezembro de 2014, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, pelo Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Aprovado em: 10 / 12 / 2014
Pela Comissão Examinadora**

Prof. MSc.: Conrado Di Raimo
Orientador

Prof. MSc.: Jefferson Luis Cesar Salles

Prof.Esp.: Carlos De Nardi

DEDICATÓRIA

Dedicamos aos nossos familiares pela compreensão, carinho e apoio durante essa etapa e por toda vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por nos dar força e sabedoria nos momentos de dificuldade e também de alegria da vida.

A todos que nos rodeiam, sintam – se honrados por beneficiar estes escritos. Aos nossos familiares que tanto nos incentivaram durante toda nossa vida e na realização deste trabalho. Nos apoiando psicologicamente e auxiliando em situações adversas.

Agradeço ao apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Cornélio Procópio (UTFPR), que nos disponibilizou livros e ótimos professores com alta capacidade teórica e prática. Dentre esses, nosso orientador Prof: Conrado Di Raimo pelo apoio e suas orientações metodológicas que contribuíram na realização deste trabalho.

Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

Silva e Oliveira, Leomir Junior e Wagner Marcos. **Projeto de um Dispositivo Hidráulico para a Elevação de Equipamento Rodoviário**: Uma metodologia de pesquisa e dados de tecnologia 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnólogo em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Cornélio Procópio, 2014.

O tema do trabalho consiste em projetar um dispositivo que auxilie na manutenção de equipamentos rodoviários. Os constantes atrasos nas manutenções e o risco que o operador se expõe são problemas que o projeto deve ajudar a solucionar. A realização do dimensionamento tem como objetivo melhorar a confiabilidade do equipamento para que o processo de manutenção seja realizado de forma eficaz, proporcionando menos riscos ergonômicos ao operador e danos ao equipamento. Através do estudo o planejamento do projeto, projeto informacional e projeto conceitual desenvolveram-se especificações e ideias que resultarão em um dispositivo para a elevação de equipamentos rodoviários para oficinas dedicadas a mecânica pesada. Uma vez que os objetivos estabelecidos foram alcançados e bem sucedidos através da aplicação do método em questão, o estudo permitirá utilizar como parâmetro para o desenvolvimento das demais etapas do projeto.

Palavras-chave: Sistema Hidráulico. Manutenção. Projeto.

ABSTRACT

Silva and Oliveira, Leomir Junior and Wagner Marcos. **Project of a Hydraulic Device for the Elevation of Road Equipment**: a research methodology and data technology 2014. Work of Course Completion - Technologist in Industrial Maintenance Mechanics, Federal Technological University of Parana (UTFPR). Cornelius Procopius, 2014.

The theme of the work is to scale a design to assist in the maintenance of road equipment. Road. The constant delays in maintenance and the risk that the operator is exposed are problems that the project should help to resolve. The scaling has the objective of improving the reliability of the equipment for which the maintenance process is carried out effectively, providing less ergonomic risks to the operator and damage to the equipment. Through the study the project planning, project informational and conceptual design developed specifications and ideas that will result in a device for lifting equipment for road workshops dedicated to heavy mechanics. Since the objectives of the program have been achieved and successful through the application of the method in question, the study will use as a parameter for the development of other stages of the project.

Keywords: Hydraulic System. Maintenance. Project.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Classificação dos Sistemas Hidráulicos segundo a N.F.P.A.	20
Tabela 2 : Vazões admissíveis e pressões máximas de regime com as faixas de potência de acionamento	21
Tabela 3 : Limite de Escoamento para Reynolds	30
Tabela 4 : Curso do cilindro de acordo com o diâmetro.	40
Tabela 5 : Comprimento livre de flambagem coforme montagem.	43
Tabela 6 : Especificações e características do óleo utilizado.....	45
Tabela 7 : Velocidades recomendadas nas tubulações.	46
Tabela 8 : Planilha de valor e tempo da manutenção sem o dispositivo.	53
Tabela 9 : Valor e tempo da manutenção utilizando o dispositivo.....	53
Tabela 10 : Metas preliminares, fonte: Autoria própria.....	51
Tabela 11 : Informações do projeto, fonte: Autoria própria.	53

SÍMBOLOGIA

M	Massa da carga	[kg]
H	Altura de elevação	[m]
ts	Tempo máximo de subida	[s]
ps	Pressão do sistema	[Pa]
F	Força necessária para elevação do cilindro	[N]
ps	Pressão máxima do sistema	[bar]
A	Área do cilindro	[m ²]
D	Diâmetro	[mm]
v	Velocidade de avanço do cilindro	[m/s]
Q	Vazão	[lpm]
P	Potência	[kW]
V	Volume	[l]

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Dispositivo Hidráulico para Elevação de Equipamentos Rodoviários. Fonte: Mecânica de Manutenção de Implementos agrícolas, 2014.....	19
Figura 2 : Bomba de engrenagens. Fonte: Parker, 2009.....	21
Figura 3 : Filtro de retorno. Fonte: Rigoni Comercial, 2004.....	24
Figura 4 : Detalhes construtivos de um reservatório hidráulico. Fonte: Fialho, 2014, p109..	26
Figura 5 : Modelos de válvulas de controle direcional. Fonte: BSB Automação Industrial, 2014	27
Figura 6 : motor de indução trifásico. Fonte: Catálogo de motores WEG.....	29
Figura 7 : Escoamento Laminar. Fonte: Fialho, 2011, p.83.....	32
Figura 8 : Escoamento Turbulento. Fonte: Fialho, 2011, p.83.....	32
Figura 9 : Escoamento Indeterminado. Fonte: Fialho, 2011,p.83	33
Figura 10 : Modelo de um manômetro. Fonte: Stauff do Brasil, 2009.....	34
Figura 11 : cilindro de dupla ação. Fonte: Parker, 2008, p.04	41
Figura 12 : Filtro de retorno selecionado. Fonte: Parker, 2009.....	50
Figura 13 : Imagem da válvula de segurança escolhida. Fonte: Bosch, 2004	50
Figura 14 :Comando hidráulico selecionado com suas características. Fonte: Parker, 2000.	50
Figura 15 :Dispositivo Hidráulico para Elevação, Vista Superior. Escala 1:5	62
Figura 16 : Dispositivo Hidráulico para Elevação, Vista Frontal. Escala 1:5	64
Figura 17 : Dispositivo Hidráulico para Elevação, Vista Lateral. Escala 1:5	66
Figura 18 : Circuito para cilindro de Elevação. Fonte Autoria Própria, 2009.....	67
Figura 19 : Circuito para Cilindro de Posicionamento. Fonte: Autoria Própria	69

SUMÁRIO

1 . INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 ERGONOMIA NA INDÚSTRIA	17
2.1.1 Trabalho Muscular	17
2.1.2 Traumas Musculares	17
2.1.3 Força Para Puxar e Empurrar	17
2.1.4 Levantamento de Cargas.....	18
2.2 NORMA REGULAMENTADORA.....	18
2.3 DISPOSITIVO PARA ELEVAÇÃO DE EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIO	18
2.4 SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	19
2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	20
2.5 BOMBAS HIDRÁULICAS	20
2.5.1 Bombas de Engrenagens	21
2.6 CILINDROS HIDRÁULICOS	23
2.7 FILTROS.....	23
2.7.1 Filtros de Retorno.....	24
2.8 RESERVATÓRIO	25
2.8.1 Componentes do Reservatório	25
2.9 VÁLVULAS DE CONTROLE DIRECIONAL	26
2.9.1 Válvulas de Alívio.....	27
2.9.2 Válvula Reguladora de vazão	28
2.10 MOTOR ELÉTRICO DE INDUÇÃO TRIFÁSICO	28
2.11 FLUIDOS HIDRÁULICOS.....	29
2.11.1 Viscosidade dos Fluidos Hidráulicos.....	30
2.11.2 Número de Reynolds.....	30
2.11.3 Escoamento Laminar	32
2.11.4 Escoamento Turbulento.....	32
2.11.5 Escoamento Indeterminado.....	33
2.12 MANÔMETROS.....	33

2.13 MANGUEIRAS HIDRÁULICAS	34
3 MATERIAL E METODOS.....	36
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	36
3.2 MEMORIAL DE CÁLCULO	38
3.2.1 Escolha da Bomba Hidráulica	38
3.2.2 Concepção do Sistema Hidráulico.....	38
3.3 DIMENSIONAMENTO DOS CILINDROS HIDRÁULICOS	39
3.4 CÁLCULO DO DIÂMETRO MÍNIMO DA HASTE (dh)	42
3.4.1 Cálculo da Velocidade Mínima de Deslocamento da Haste do Cilindro	44
3.5 CÁLCULO DA VAZÃO NECESSÁRIA AO SISTEMA.....	45
3.6 CÁLCULO DA POTÊNCIA NECESSÁRIA AO SISTEMA.....	46
3.7 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	46
3.8 ESCOLHA DO ÓLEO HIDRÁULICO.....	47
3.9 DIMENSIONAMENTO DAS MANGUEIRAS HIDRÁULICAS.....	48
3.10 SELEÇÃO DOS FILTROS DE RETORNO	50
3.11 SELEÇÃO DAS VÁLVULAS HIDRÁULICAS	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
APÊNDICE A – Instrução de Uso para o Sistema Hidráulico	59
APÊNDICE B – Descrição do Projeto.....	61
Apêndice D - Desenho Representativo, Dispositivo Hidráulico, Vista Superior.....	63
Apêndice D - Desenho Representativo, Dispositivo Hidráulico, Vista Frontal.....	65
Apêndice D - Desenho Representativo, Dispositivo Hidráulico, Vista Lateral.	67
APÊNDICE F : Desenho do circuito de acordo com a simbologia definida na norma ISO 1219.	69
.....	69
APÊNDICE F : Desenho do circuito de acordo com a simbologia definida na norma ISO 1219.	71
.....	71
ANEXO A – Catálogo da Bomba de Engrenagem	73
ANEXO B – Catálogo do motor Elétrico	75
ANEXO C – Catálogo das Mangueiras Hidráulicas, Tubos e Conexões	77
ANEXO D – Carta Nomográfica.....	79
ANEXO E – Catálogo do Acessório.....	81
ANEXO G – Dados Técnicos da Válvula de Segurança Tipo KAV	83
ANEXO H – Especificação da Válvula Reguladora de Vazão.....	85

ANEXO I – Comprimentos Equivalentes dos Acessórios	87
ANEXO J – Catálogo da Unidade Hidráulica.....	89

1 . INTRODUÇÃO

O projeto para a elevação de equipamentos rodoviários é um dispositivo que realiza a função que antes era necessário dois macacos hidráulicos, posicionados individualmente em pontos inferiores do equipamento a ser elevado para a realização da manutenção. O dispositivo tem um reservatório, motor e bomba hidráulica, um cilindro na horizontal para posicionar o dispositivo no ponto a ser elevado, e dois cilindros na vertical que realiza o trabalho de elevar a carga ou equipamento (carreta para transporte de cana de açúcar). Em um segundo momento após o equipamento ser elevado, os mecânicos realizam a manutenção necessária na parte inferior do equipamento como, roda, eixo, suspensão entre outros. Essa manutenção é realizada com o equipamento sobre cavaletes que posicionado em pontos estratégicos por questão de segurança e para o equipamento não ficar suspenso apenas pelo dispositivo. Após este processo, o dispositivo é utilizado novamente para retirar os cavaletes e voltar o equipamento ao chão por gravidade com a ajuda dos pistões que estarão posicionados na vertical.

Existe um protótipo em uso na manutenção, porém sem um projeto dimensionado corretamente., É imprescindível o dimensionamento correto de cada componente para que não haja problemas como, rompimento de mangueiras hidráulicas, superaquecimento do sistema, perdas na vida útil dos componentes e a contaminação, a qual pode causar o desgaste, o travamento de válvulas e até mesmo vazamentos internos no sistema, além de evitar quedas ao realizar a elevação.

A realização deste trabalho justifica – se pelo fato que irá proporcionar benefício ergonômico aos mecânicos e reduzirá significativamente o tempo de manutenção dos equipamentos.

Afim, de responder o problema de pesquisa traçou-se os seguintes objetivos específicos:

- Estudou – se os componentes que irão compor o sistema;
- Realizou – se os equacionamentos para atingir o objetivo geral desta pesquisa;
- Apresenta – se os resultados após a realização dos cálculos.

As etapas que constituíram esse trabalho foram: primeiramente, uma revisão a partir de uma literatura adequada referida aos sistemas hidráulicos, a fim de possibilitar um bom conhecimento dos componentes que serão dimensionados, informando e identificar o equacionamento que compõe o dimensionamento proposto. Segundo, a escolha da metodologia para o trabalho descrevendo detalhadamente a maneira de como vai ser atingido o objetivo deste trabalho de pesquisa.

E, por último a aplicação do equacionamento e análise dos resultados, a qual gerou a escolha dos componentes hidráulicos para o projeto do dispositivo hidráulico para a elevação de equipamentos rodoviários. Cada etapa dessas constitui um capítulo do trabalho em questão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, será apresentado o embasamento teórico a partir de uma literatura adequada referente ao dispositivo hidráulico para elevação de equipamentos rodoviário, aos sistemas hidráulicos e os principais componentes hidráulicos que fez parte do tema deste trabalho de pesquisa.

2.1 ERGONOMIA NA INDÚSTRIA

A ergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais. Isso pode ser feito basicamente por três vias: aperfeiçoamento do sistema homem-máquina-ambiente, organização do trabalho e melhoria das condições de trabalho. (IIDA, 2005).

2.1.1 Trabalho Muscular

Em Iida (2005), é possível verificar que o corpo humano assemelha-se a um sistema de alavancas movidas pela contração muscular. São esses movimentos que permitem realizar diversos tipos de trabalho. Contudo, essa máquina humana possui 22 diversos tipos de limitações e fragilidades, que devem ser consideradas no projeto e dimensionamento do trabalho.

2.1.2 Traumas Musculares

Os traumas musculares são provocados pela incompatibilidade entre as exigências do trabalho e as capacidades físicas do trabalhador. Ocorrem devido a duas causas, impacto e esforço excessivo. (IIDA, 2005).

2.1.3 Força Para Puxar e Empurrar

Os movimentos humanos resultam das contrações musculares. As forças desses movimentos dependem da quantidade de fibras musculares contraídas. Em geral, apenas dois terços das fibras de um músculo podem ser voluntariamente

contraídos de cada vez. Para longos períodos, a contração muscular não deve ultrapassar a 20% da força máxima. (IIDA, 2005).

2.1.4 Levantamento de Cargas

O manuseio de cargas é responsável por grande parte dos traumas musculares entre os trabalhadores. Aproximadamente 60% dos problemas musculares são causados Por levantamento de cargas e 20%, puxando e empurrando (BRIDGER, 2003 apud, IIDA, 2005).

2.2 NORMA REGULAMENTADORA

NR – 12 significa por extenso norma regulamentadora número doze. É uma norma que engloba um conjunto de normas e leis para tornar seguro máquinas e equipamentos e assim melhorar o ambiente de trabalho, esta engloba muitas outras normas e leis como por exemplo a NR – 10. A NR – 12 foi feita por uma “aliança tripartite”, ou seja, teve o envolvimento de patrões, empregados e ministério do trabalho.

2.3 PROJETO DE UM DISPOSITIVO PARA ELEVAÇÃO DE EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIO

O protótipo do projeto para elevação de equipamentos rodoviário compõe se de um reservatório, motor e bomba hidráulica, um cilindro na horizontal para posicionar o dispositivo no ponto a ser elevado, e dois cilindros na vertical que realiza o trabalho de elevar a carga ou equipamento (carreta para transporte de cana de açúcar). A função básica do dispositivo é a mesma dos elevadores de automóveis, só que um pouco mais simples e móvel, ou seja não precisa do equipamento ir até o dispositivo ele pode ser removido até o equipamento a ser realizado a manutenção.



Fotografia 1: Protótipo do Dispositivo Hidráulico para Elevação de Equipamentos Rodoviários.
Fonte: Autoria própria.

2.4 SISTEMAS HIDRÁULICOS

Segundo Linsingen (2003), um sistema hidráulico é um conjunto de elementos físicos convenientemente associados que, utilizando um fluido como meio de transferência de energia, permite a transmissão e controle de forças e movimentos.

O mesmo autor afirma que um sistema hidráulico é, portanto, o meio através do qual uma forma de energia de entrada é convertida e condicionada de modo a ter como saída energia mecânica útil.

Serrano (2007), afirma que a maior evolução no controle dos sistemas hidráulicos ocorreu no século passado particularmente na segunda guerra mundial. Assim, este sistema foi evoluindo em diversas áreas como agricultura, transporte, aviação, náutica, máquinas para movimento de terra e máquinas de ensaios de fadiga. Atualmente, os sistemas de controle de sistemas hidráulicos continuam evoluindo devido ao avanço da eletrônica, da informática e da instrumentação.

2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS

Para Fialho (2011, a J.I.c. (Joint Industry Conference), afirma que os sistemas hidráulicos são classificados de acordo com a pressão nominal que pode ser observada na tabela 1:

Tabela 1:Classificação dos Sistemas Hidráulicos segundo a N.F.P.A.

Pressão		Classificação
Bar	Psi	
0 a 14	0 a 203,10	Sistema de Baixa Pressão
14 a 35	203,10 a 507,76	Sistema de Média Pressão
35 a 84	507,76 a 1218,68	Sist. de Média - Alta Pressão
84 a 210	1218,68 a 3046,62	Sistema de Alta-Pressão
Acima de 210	Acima de 3446,62	Sist. de Extra-Alta pressão

Fonte: Fialho, 2011, p.34.

2.5 BOMBAS HIDRÁULICAS

Segundo Palmieri (1974), a bomba hidráulica é responsável pela geração da vazão dentro de um sistema hidráulico. Portanto, também é responsável pelo acionamento dos atuadores.

Para Neves (2005), a bomba hidráulica tem como função empurrar o óleo hidráulico para dentro do cilindro. As bombas geralmente incorporam pistões, palhetas ou engrenagens, como elementos de bombeamento. Ao contrario do que normalmente se imagina, a bomba não gera pressão, ou seja, a pressão do óleo é resultado da resistência ao deslocamento do fluido. A bomba secciona, por diferença de pressão, óleo de um reservatório. Esta diferença de pressão é resultado de um “vácuo momentâneo”, gerado continuamente por um motor conectado a bomba.

2.5.1 Bombas de Engrenagens

Neves (2005), descreve que na bomba de engrenagens, o vácuo é criado quando os dentes se desengrenam, sendo forçado para a abertura de saída quando os dentes se engrenam novamente. Assim, o óleo é empurrado através de mangueiras para dentro do cilindro, que se movimenta, gerando força mecânica para, por exemplo, mover uma carga ligada à sua haste. O óleo retorna ao reservatório, para ser utilizado novamente.

Assim, observa-se na figura 2, um modelo de bomba de engrenagens fornecido pela (Parker, 2009).



Figura 2 : Bomba de engrenagens. Fonte: Parker, 2009

Henn (2012), As bombas de engrenagem operam com duas engrenagens, uma motriz e outra movida, com o fluxo de óleo transportado entre os dentes das engrenagens e a carcaça. Afirma que as bombas de engrenagens podem ser usadas para transportar uma grande variedade de líquidos, uma ampla faixa de vazões em diferentes pressões, viscosidade e temperaturas e são indicadas para o manejo de líquidos de qualquer viscosidade, para processos químicos, transmissão hidráulica de potencia, lubrificação sob pressão, refrigeração de máquinas ferramenta, manejo de graxas, bombas para queimadores de petróleo, para o transporte de óleos quentes, etc.

Linsigen (2003) ressalta, no entanto, que apesar das vantagens relativas a outros tipos de máquinas, a aplicação das bombas de engrenagens esta limitada

aos valores de pressão e vazão máximas admissíveis ao tipo construtivo em termos econômicos.

Linsingen (2003) demonstra na respectiva tabela 2 a relação entre vazões admissíveis e pressões máximas de regime com as respectivas faixas de potencia de acionamento, o qual será observado a seguir:

Tabela 2: Vazões admissíveis e pressões máximas de regime com as faixas de potência de acionamento

Vazão (m³/s)	Pressão máxima de regime (Pa)	Potência à pressão máxima (W)
0,3 a 2,4	25 x 10 ⁶	2000 a 20000
2,4 a 6	21 x 10 ⁶	16500 a 42000
6 a 9		29500 a 45000

Fonte: Linsingen, 2003, p.146.

O calculo para sabermos a vazão da bomba para o sistema hidráulico do dispositivo para elevação é fornecido pela Bosch (2012) na equação (1):

(1)

$$Q = v \times A$$

Q = Vazão (l/min)

V = Velocidade de avanço do cilindro (m/s)

A = Área do cilindro (m²)

2.6 CILINDROS HIDRÁULICOS

Segundo Tecnologia Hidráulica Industrial Apud Klug (2005), cilindros hidráulicos são atuadores lineares, pois convertem energia hidráulica em energia mecânica de forma linear. Com o óleo hidráulico impulsionado por uma bomba geram uma força, que é produto da pressão do óleo pela a área em contato com o êmbolo do cilindro. A pressão não é gerada pela bomba, ou seja, ela apenas impulsiona o fluido.

Segundo Klug (2005), êmbolo é normalmente fixado à haste por rosca. A pressão do óleo (P) agindo sobre o êmbolo (A), gera uma força que pode ser calculada pela seguinte equação (2). Esta equação é fundamental para sabermos a força que cada cilindro levantará o implemento.

(2)

$$F = P \times A$$

Onde:

F = Força em N;

P = pressão em $N/c\ m^2$;

A = área em $c\ m^2$

2.7 FILTROS

Caletti (2003), afirma que os filtros são os responsáveis pela redução a um nível aceitável do tamanho e da concentração de partículas contaminantes do fluido de trabalho, que acabariam diminuindo a vida útil dos componentes de um sistema hidráulico.

De acordo com Fialho (2014), existem dois tipos de filtros: o químico e o mecânico. O filtro químico é utilizado em raras ocasiões, quando se requer uma limpeza absoluta do fluido, isto é, a anulação da acidez, alcalinidade, adquiridas durante um longo intervalo de uso do fluido.

Palmieri (1997), orienta que em um sistema hidráulico novo, após 50 horas de uso, os filtros devem ser removidos e limpos, ou trocados. Após 500 horas, repetir novamente essa operação, e realizar também a operação após 1000 horas, sob condições normais de trabalho, nunca excedendo a 2000 horas. Para serviços mais pesados, estabeleça uma escala de troca de 500 horas ou 90 dias.

2.7.1 Filtros de Retorno

Palmieri (1997), afirma que esse filtro é o responsável pela filtragem de todo fluido que retorna ao tanque, carregado de impurezas que foram absorvidas no ciclo do trabalho. Na figura 3, observa-se um modelo de filtro de retorno.



Figura 3 : Filtro de retorno. Fonte: Rigoni Comercial, 2004

Para Fialho (2011), o fluido que entra é obrigado a passar pelo elemento filtrante condicionado a partir de um papel poroso especial de 10 micrômetros de abertura de poro, resultando assim em uma excelente filtragem.

2.8 RESERVATÓRIO

Conforme Fialho (2011), o reservatório parece ser o elemento mais trivial de um circuito hidráulico, mas na realidade, por não estar sujeito a nenhum critério prévio de unificação, pode causar futuramente ao projetista inexperiente, algumas dificuldades quanto ao seu dimensionamento e posicionamento de elementos e acessórios.

Fialho (2011), ressalta que o volume mínimo do reservatório em litros ou galões deve ser no mínimo igual a três vezes a vazão da bomba em m^3/s , demonstrada pela seguinte equação (9):

(9)

$$V_{res} = 3 \times Q_b$$

Onde:

V_{res} = Volume do reservatório em litros;

Q_b = Vazão da bomba em litros / min.

Palmieri (1997), destaca que o fluido utilizado num sistema hidráulico qualquer deve ser armazenado de tal forma que ele nunca seja insuficiente ou excessivo. O reservatório, portanto, deve suprir as necessidades mínimas como máximas do sistema hidráulico.

De acordo com Renner (2010), o emprego primário do reservatório é no armazenamento do fluido utilizado no sistema hidráulico dimensionado de acordo com a necessidade para a aplicação. Outras funções de reservatório são: dissipação de calor gerado no sistema hidráulico, separar o ar, água e materiais sólidos o fluido e, em alguns casos, suporte da bomba, motor de acionamento e outros componentes de controle de segurança.

2.8.1 Componentes do Reservatório

Renner (2010), afirma que os aspectos construtivos para a realização das funções do reservatório incluem chicanas, drenos, filtros de ar, ímãs e fundos

inclinados, conforme observa-se na figura 4, devendo ser seguidas algumas recomendações de posicionamento destes componentes, como não localizar o duto de sucção próximo ao duto de retorno e não localizar o duto de retorno acima do nível do fluido.

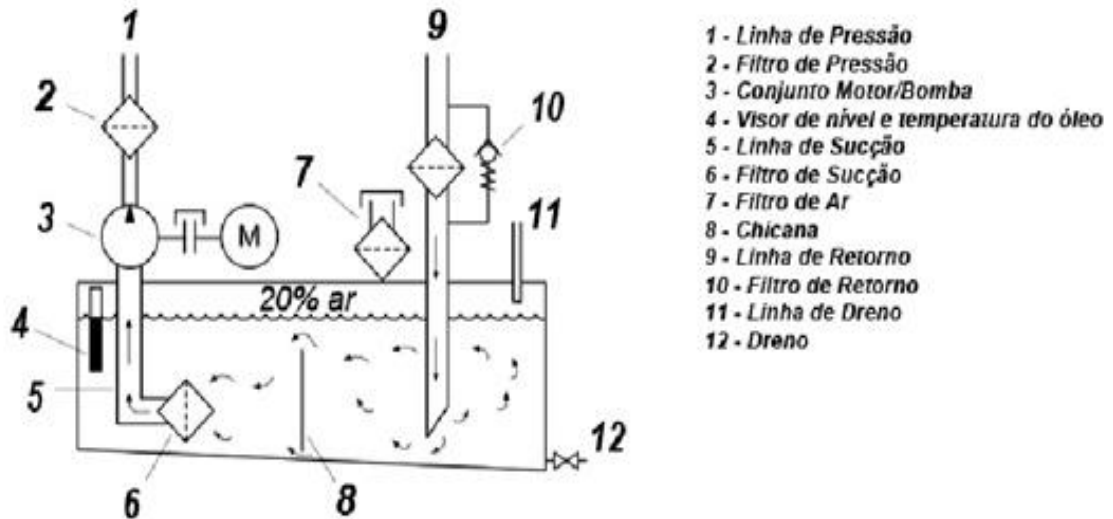


Figura 4 : Detalhes construtivos de um reservatório hidráulico. Fonte: Apostila de Hidráulica Industrial Parker.

2.9 VÁLVULAS DE CONTROLE DIRECIONAL

Linsingen (2003), afirma que a flexibilidade de direcionar o fluido a diferentes pontos do sistema hidráulico, promover desvios ou interromper o escoamento quando necessário constituem as características fundamentais do controle direcional clássico e são conseguidas por meio de válvulas de controle direcional que são tratadas como se possuíssem apenas comportamento discreto.

A BSB Automação Industrial (2010), empresa especializada na prestação de serviço e criada para atender o mercado do ramo da Automação Industrial, oferece muitos acessórios para os componentes hidráulicos entre eles, as válvulas de controle direcional, o qual se pode ver na figura 5.



Figura 5 : Modelos de válvulas de controle direcional. Fonte: BSB Automação Industrial, 2014

A função desta válvula segundo Negri (2001), é promover o direcionamento do fluido com uma vazão proporcional a um sinal de acionamento ou comando. Este sinal pode ser na forma de acionamento mecânico (alavanca, pedal, entre outros), pilotagem pneumática ou hidráulica ou, de natureza elétrica em corrente ou em tensão.

2.9.1 Válvulas de Alívio

Teles apud Hermes (2004), afirma que as válvulas de segurança ou alívio controlam a pressão a montante abrindo-se automaticamente, quando essa pressão ultrapassar um determinado valor para o qual a válvula foi calibrada, e que se denomina pressão de abertura, a válvula fecha-se em seguida, também automaticamente, quando a pressão cair abaixo da pressão de abertura.

Ainda o mesmo autor explica que o princípio de funcionamento baseia-se em uma mola calibrada podendo ser interna, dentro do castelo da válvula, ou externa, sendo que atualmente quase todas as válvulas tem a mola interna, por ser uma disposição construtiva mais fácil e segura. Essas válvulas são chamadas “de segurança” quando destinadas a trabalhar com líquidos, que são fluidos incompressíveis.

2.9.2 Válvula Reguladora de vazão

Para Linsingen (2003), o controle da vazão pode, em princípio, ser realizado em qualquer parte de um sistema hidráulico, seja nas linhas de transmissão principais – para controlar diretamente a velocidade de motores lineares ou rotativos, para controlar ou limitar a vazão para algum componente do sistema, como o controle da velocidade de comutação de válvulas de grande porte ou a velocidade de resposta de bomba de deslocamento variável, seja nos sistemas de controle secundário.

2.10 MOTOR ELÉTRICO DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

Catálogo de motores WEG, o motor de indução trifásico (figura 6) é composto fundamentalmente de duas partes: Estator e Rotor.

Onde Estator é formado pela carcaça que é a estrutura suporte do conjunto, de construção robusta e ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente a corrosão e com aletas. Núcleo de chapas, as chapas são de aço magnético tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas no ferro. Enrolamento trifásico, três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase formando um sistema trifásico ligado à rede trifásica de alimentação.

E o Rotor é composto pelo eixo que transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor. É tratado termicamente para evitar problemas como empenamento e fadiga. Também possui núcleo de chapas com as mesmas características das chapas do estator. Barras e anéis de curto-circuito, são de alumínio injetado sob pressão numa única peça.



Figura 6 : motor de indução trifásico. Fonte: Catálogo de motores WEG.

Segundo catálogo de motores WEG, no Brasil, o sistema de alimentação pode ser monofásico ou trifásico. O sistema monofásico é utilizado em serviços domésticos, comerciais e rurais, enquanto o sistema trifásico em aplicações industriais, ambos em 60Hz.

2.11 FLUIDOS HIDRÁULICOS

Para Linsingen (2003), os fluidos hidráulicos constituem o meio para a transferência de energia em qualquer sistema hidráulico, devendo possuir características que se combinam com as dos componentes de sistemas, e que favoreçam a operação adequada destes sob diversas circunstâncias como, por exemplo, em ambientes agressivos ou sujeitos a elevadas variações de temperatura, ou ainda em aplicações de sistemas que requeiram elevadas e rápidas variações de pressão.

A velocidade do fluido hidráulico em uma tubulação é calculada pela equação (10) fornecida por Fialho (2011):

(10)

$$Q = V \times A$$

Onde:

Q = vazão em cm^3/s ;

V = velocidade do fluido em cm/s ;

A = área da seção transversal da tubulação em cm^2 .

2.11.1 Viscosidade dos Fluidos Hidráulicos

Alé (2011), define que viscosidade é a propriedade de um fluido, devido à união e interação entre moléculas, que oferece resistência para deformação de cisalhamento.

De uma forma mais objetiva, Brunetti (2008), afirma que viscosidade é a propriedade que indica a maior ou a menor dificuldade de o fluido escoar.

Para Linsingen (2003), a viscosidade dos fluidos hidráulicos diminui significativamente com o aumento da temperatura e aumenta em menor proporção com o acréscimo de pressão para a faixa usual de utilização.

Para Neves (2005), a viscosidade do óleo hidráulico é muito importante para o bom funcionamento do fluido. Óleos de baixa viscosidade têm a capacidade de penetrar mais rapidamente nas tubulações metálicas do que os óleos de alta viscosidade.

Neves (2005), explica que os óleos de alta viscosidade têm melhores propriedades lubrificantes, pois compõem-se de moléculas maiores que tem maior capacidade de manter a separação entre as superfícies metálicas. A mesma autora supracitada conclui que o óleo hidráulico de baixa viscosidade é usado para penetração e refrigeração em superfícies metálicas e o óleo de alta viscosidade é usado geralmente em lubrificação.

2.11.2 Número de Reynolds

. De acordo com Fialho (2011), a relação estuda por Osborne Reynolds, ao analisar os perfis de velocidade desenvolvidos pelo fluido, quando em escoamento pelas tubulações, identificou claramente parâmetros numéricos que reconheciam limites de comportamento do fluido, os quais ele denominou de escoamento laminar,

escoamento indeterminado ou intermediário e escoamento turbulento, conforme será mostrado na tabela 3:

Tabela 3: Limite de Escoamento para Reynolds

Limites de Escoamento	
Escoamento Laminar	$Re \leq 2000$
Escoamento Intermediário	$2000 < Re < 2300$
Escoamento Turbulento	$Re \geq 2300$

Fonte: Fialho, 2011, p.83.

Carvalho e Silva (2011), afirma que não é só a velocidade do fluido, como fator importante para caracterizar o regime de escoamento, mas também o diâmetro da tubulação e do fluido escoante. Assim, os mesmos autores fornecem a equação (10) para o cálculo que caracteriza o regime do escoamento:

(10)

$$Re = \frac{v \times d}{V}$$

Onde:

Re = Número de Reynolds, adimensional;

v = Velocidade do fluido na tubulação em cm/s;

d = diâmetro interno da tubulação em cm;

V = a viscosidade cinética do fluido em cm²/s.

2.11.3 Escoamento Laminar

Carvalho e Silva (2011), afirma que Reynolds observou que o fluido escoava ordenadamente, como se lamínulas do fluido se deslizassem uma em relação às outras, e a este estado de movimento, ele denominou laminar, conforme será visto na figura 7:



Figura 7 : Escoamento Laminar. Fonte: Fialho, 2011, p.83

2.11.4 Escoamento Turbulento

De acordo com Carvalho e Silva (2011), no mesmo experimento, Reynolds aumentou a velocidade gradativamente, ele observou que o fluido passou a escoar de forma desordenada, com as trajetórias das partículas se cruzando, sem uma direção definida. A este estado de movimento, ele chamou de turbulento ou desordenado, o qual se observa na figura 8.

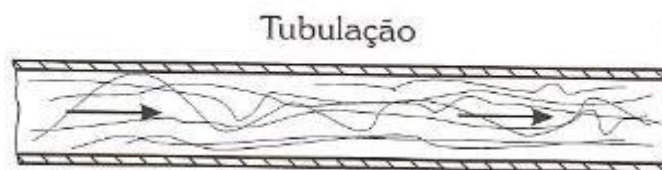


Figura 8 : Escoamento Turbulento. Fonte: Fialho, 2011, p.83

2.11.5 Escoamento Indeterminado

Para Carvalho e Silva (2011), Reynolds tentando repetir as suas experiências descritas anteriormente, em sentido contrário, começou de uma velocidade maior em regime turbulento e, gradativamente reduzindo a velocidade, ele observou que o fluido passou do regime turbulento para laminar, porém a velocidade que ocorreu nesta passagem era menor que aquela em que o regime passou laminar a turbulento.

Os mesmos autores supracitados relatam que Reynolds evidenciou uma faixa de velocidade onde não se pôde definir com exatidão qual o regime de escoamento. A esta faixa, chamou de zona de transição, o qual será observado na figura 9.

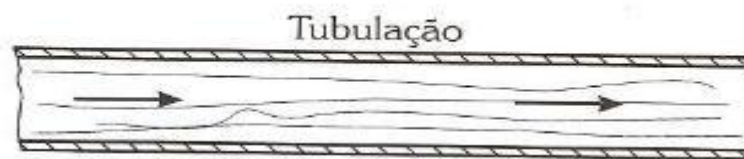


Figura 9 : Escoamento Indeterminado. Fonte: Fialho, 2011,p.83

2.12 MANÔMETROS

O manômetro é um aparelho que mede um diferencial de pressão. Dois tipos de manômetros são utilizados nos sistemas hidráulicos: o de Bourdon e o de núcleo móvel. Principal tipo de manômetro: Manômetro de Bourdon O tubo de Bourdon consiste de uma escala calibrada em unidades de pressão e de um ponteiro ligado, através de um mecanismo, a um tubo oval, em forma de "C". Esse tubo é ligado à pressão a ser medida.

Para Palmer (1997), os manômetros são instrumentos destinados a receber no seu interior uma determinada pressão e indicá-la, em termos de unidade de pressão, ao observador. Podem ter diferentes tipos de apresentação, porem os mais

utilizados em sistemas hidráulicos, são aqueles de mostrador circular e ponteiro. Observa-se na figura 10 um modelo de manômetro da empresa Stauff do Brasil.



Figura 10 : Modelo de um manômetro. Fonte: Stauff do Brasil, 2009.

2.13 MANGUEIRAS HIDRÁULICAS

Conforme Gates do Brasil (2012), com avançados sistemas hidráulicos sendo projetados e desenvolvidos a cada dia em mais alta potência para equipamentos de alta pressão, a importância de alta qualidade, flexibilidade e durabilidade do conjunto de mangueiras hidráulicas, já mais foi tão crítico.

Como serão usados tubos flexíveis, a equação (11) para o cálculo do fator de atrito é fornecido por Fialho (2011):

(11)

$$\gamma = \frac{90}{Re}$$

Onde:

γ = Fator de atrito (adimensional);

Re = Número de Reynolds (adimensional).

Para calcular a perda de carga na tubulação, Fialho (2011) fornece a seguinte equação (12):

(12)

$$\Delta P = \frac{(\gamma \times 5 \times (L1 + L2) \times \rho \times v^2)}{d \times 10^{10}}$$

Onde:

ΔP = Perda de carga na tubulação em bar;

γ = Fator de atrito (adimensional);

L1 = Comprimento retilíneo da tubulação em cm;

L2 = Comprimento equivalente dos acessórios em cm;

ρ = Massa específica do fluido em kg/m³

v = Velocidade do fluido na tubulação em cm/s

d = Diâmetro interno da tubulação em cm.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Como procedimentos metodológicos de pesquisa para a realização do protótipo proposto, definiu-se o seguinte:

- Identificou-se o embasamento teórico pertinente através dos conceitos necessários para dimensionar um dispositivo para elevação de equipamentos rodoviário ;
- Identificou-se o equacionamento necessário para o desenvolvimento do dimensionamento bem como as unidades utilizadas;
- Realizou-se uma análise técnica no dispositivo para a identificação dos elementos necessários para o dimensionamento;
- Realizou-se os cálculos para o dimensionamento através da definição da rotação dos motores hidráulicos no dispositivo;
- Definiu-se os componentes hidráulicos necessários através de catálogos dos fabricantes disponíveis;
- Analisou-se e avaliou-se os resultados encontrados no projeto proposto.

Definiu-se esta metodologia a melhor maneira para atingir o objetivo geral deste trabalho de pesquisa, pois a importância de um correto dimensionamento iniciou-se num estudo dos componentes do sistema hidráulico. Realizou-se também cálculos seguidos de análise dos fabricantes e, após, definiu-se a seleção correta de cada componente.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

A realização de uma análise técnica ao protótipo do dispositivo em funcionamento para coletar as informações necessárias do equipamento requerido e conhecer as principais características estruturais e funcionais do mesmo é o primeiro passo para começar a realizar esta pesquisa deste trabalho.

Para buscar um melhor entendimento do projeto, relata-se um breve embasamento teórico de sistemas hidráulicos, base de estudo deste trabalho de pesquisa, de modo a familiarizar-se com todos os elementos utilizados neste dimensionamento, estabelecendo um conhecimento prévio neste assunto.

O início deste embasamento teórico foi se conceitualizar o projeto requerido, bem como, descrever resumidamente seu princípio de funcionamento. Em seguida, relatou-se as informações técnicas e teóricas dos componentes hidráulicos utilizados neste projeto, base de estudo deste trabalho de pesquisa.

A demonstração dos princípios equacionamento utilizados neste dimensionamento no ramo hidráulico, bem como, as unidades utilizadas, é de fundamental importância para o início deste trabalho de pesquisa.

O projeto inicia-se pelo cálculo da vazão da bomba no sistema hidráulico do dispositivo para elevação de equipamentos rodoviário utilizando a equação (1) na revisão da literatura. Após conhecermos a vazão da bomba, pode-se escolher os três motores hidráulicos que serão utilizados no dispositivo requerido.

Utilizou-se a equação (1), para sabermos o volume de óleo recebido pelo motor através da bomba de engrenagem. Depois de calculado, buscou-se os catálogos dos fabricantes de motores hidráulicos qual é o melhor motor que obtêm melhor torque no dispositivo.

O próximo passo é dimensionar os dois cilindros hidráulicos que levantarão o implemento rodoviário (carga).

Realizou-se o equacionamento (2) para descobrir qual é a força mínima dos dois cilindros que elevarão a carga. Depois de calculado esta força, pesquisou-se em catálogos dos fabricantes o modelo do cilindro que melhor se configura no dispositivo.

Do mesmo modo, calculou-se o volume do reservatório utilizado pelo equacionamento (3) para determinar qual é a capacidade máxima de óleo dentro do reservatório. Seleccionemos também o óleo hidráulico que circulará em todo o sistema hidráulico, sendo um óleo especial para alta pressão.

Para o desenvolvimento do dimensionamento proposto, selecionou-se alguns componentes utilizados no dispositivo hidráulico para elevação de equipamento rodoviário mediante consulta de catálogos de empresas tradicionais do ramo hidráulico citando-se, por exemplo, os filtros de retorno e as válvulas hidráulicas utilizadas no dispositivo requerido.

Acrescenta-se que os cálculos foram efetuados, analisados através de bibliografias conhecidas no seguimento hidráulico.

3.2 MEMORIAL DE CÁLCULO

Escolha da Bomba Hidráulica

Para uma bomba com vazão volumétrica de $80 \text{ cm}^3/\text{rev}$, e com rotação de entrada 1735 rpm para que a bomba consiga gerar a pressão requerida no sistema hidráulico do dispositivo a ser dimensionado. Com a coletânea das fórmulas hidráulicas da Bosch (2012), utilizou-se a fórmula (1) para obter a vazão do sistema hidráulico.

(1)

$$Q = v \times A$$

$$Q = 0,1 \times 1,26039 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,126 \text{ m}^3 / \text{s} \iff Q = 75,60 \text{ L/min}$$

Com esta vazão, escolheu – se a bomba de engrenagens da Parker modelo PFH 1923 conforme Anexo A, porque esta bomba tem baixa manutenção e é eficiente à alta pressão do sistema.

3.2.1 Concepção do Sistema Hidráulico

O sistema hidráulico que deve elevar uma carga de massa $M = 10.000 \text{ kg}$ de uma altura de $H = 1 \text{ m}$ com tempo máximo de subida $t_s = 5 \text{ s}$. A pressão máxima do sistema não deve ultrapassar $p_s = 180 \text{ bar}$ e deve ser limitada a este valor por questões de segurança. Por questões construtivas, de economia e simplicidade, foi definido que o atuador utilizado será um cilindro hidráulico de haste simples ação (ou efeito) com retorno por gravidade.

O sistema hidráulico do dispositivo de elevação de cargas é formado pelos seguintes elementos hidráulicos: um reservatório hidráulico, um filtro, uma bomba hidráulica que é acionada por um motor elétrico, uma válvula direcional 3/3 acionada por solenoide e retorno por mola, um cilindro hidráulico de haste simples e de simples ação, uma válvula limitadora de pressão e uma válvula redutora de vazão.

Ao ser acionada a bomba hidráulica, através do motor elétrico, o fluido hidráulico succionado do reservatório é direcionado à válvula e posteriormente ao cilindro, impulsionando ao movimento do mesmo. O seu recuo é realizado pelo efeito da própria ação da gravidade.

3.3 DIMENSIONAMENTO DOS CILINDROS HIDRÁULICOS

A pressão de trabalho no sistema hidráulico do dispositivo para elevação de equipamentos rodoviários é estimada em 100 bar, pois existirá um comando de válvulas e, neste comando já estará estimada esta pressão descrita anteriormente. De acordo com a tabela (1) a pressão de 100 bar é classificada como sistema de alta pressão.

Cálculo da força necessária para elevação da carga $M = 10.000$ kg, na fórmula (2):

(2)

$$F = M \times g = 10.000 \times 9,81 = 98100N$$

Tendo encontrado o F, podemos encontrar a área do êmbolo do cilindro na fórmula.

(3):

$$P = \frac{F}{A}$$

Teremos a seguinte área na fórmula:

$$100 \times 10^5 = \frac{98100}{A}$$

$$A = 9,8100 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{D^2 \times \pi}{4}$$

$$A = \frac{11,175 \text{ cm} \times \pi}{4}$$

$$A = 111,75 \text{ cm}^2$$

Achamos o diâmetro do êmbolo pela fórmula (4):

(4)

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times F \times 0,1}{\pi \times P}}$$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 9,8100 \times 0,1}{\pi \times 100}}$$

$$D_{\min} = \sqrt{124,9 \text{ cm}}$$

$$D_{\min} = 11,175 \text{ cm}$$

$$D_{\min} = 111,75 \text{ mm} \quad \Longleftrightarrow \quad D_{\min} = 5'' = 127,00 \text{ mm}$$

Com o valor do diâmetro do cilindro estimado em 111,75 mm, verifica – se no catálogo da Parker e escolheu – se o cilindro hidráulico de dupla ação da série

2H com diâmetro de 127,00 mm que atende ao dispositivo de acordo com a figura 11. A figura 12 representa o curso do cilindro respectivamente:



Figura 11 : cilindro de dupla ação. Fonte: Parker, 2008, p.04

Tabela 4:Curso do cilindro de acordo com o diâmetro.

Diâmetro do cilindro	Curso
50.8 mm (2")	0 a 1500 mm
63.5 mm (2.1/2")	0 a 1500 mm
82.6 mm (3.1/4")	0 a 2000 mm
101.6 mm (4")	0 a 2000 mm
111,76 (4.13/32")	0 a 2000 mm
127.00 mm (5")	0 a 2000 mm
152.4 mm (6")	0 a 2000mm

Fonte: Parker, 2008.

3.4 CÁLCULO DO DIÂMETRO MÍNIMO DA HASTE (dh)

Pelo método de Euler, podemos obter a força de compressão axial responsável pela deformação da haste e é determinada na fórmula (5):

(5)

$$F_f = \frac{\pi^2 E_m J}{c^2}$$

Onde,

$$J = \frac{\pi d_h^4}{64}$$

E_m = módulo de elasticidade do aço, considerando $200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$;

c = comprimento livre de flambagem;

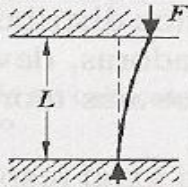
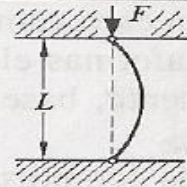
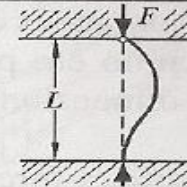
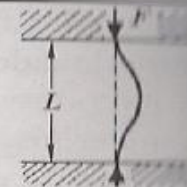
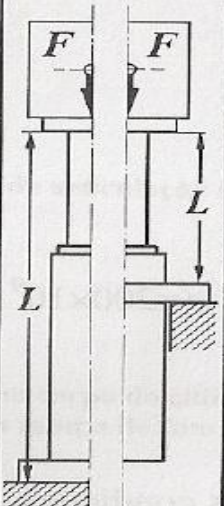
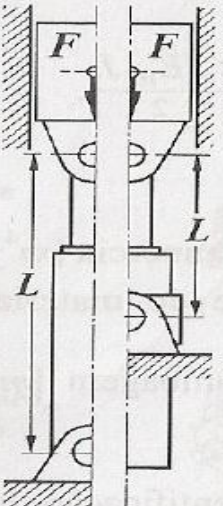
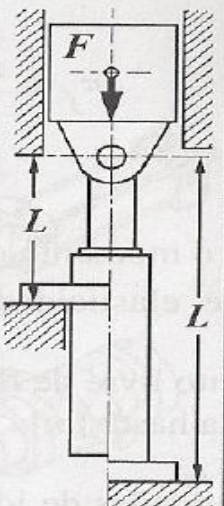
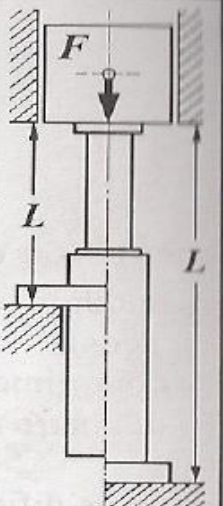
d_h = diâmetro da haste.

Segundo o método de Euler (p.202, LINSINGEN, 2003), para evitar as sequências e outros problemas de montagem, utiliza-se outro coeficiente de segurança da ordem de 3,5, ou seja, a força total a ser aplicada pode ser de no máximo:

$$F_T = \frac{F_f}{3,5}$$

O valor de flambagem, c , pode ser obtido conforme tabela abaixo:

Tabela 5: Comprimento livre de flambagem conforme montagem.

Tipo de carga	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Representação gráfica				
Comprimento livre de flambagem	$c = 2L$	$c = L$	$c = L \sqrt{1/2}$	$c = L / 2$
Situação de montagem para cilindros hidráulicos				

Fonte: LINSINGEN, p.202. 2003.

De acordo com método de Euler, o diâmetro da haste pode ser expresso por:

$$d_h = \left(7,22 \frac{F_T c^2}{E_m} \right)^{0,25}$$

Então para o cálculo do diâmetro da haste, será considerado:

$$F_f = F$$

Logo,

$$F_T = \frac{98100}{3,5}$$

$$F_T = 28028,57\text{N}$$

Usando o valor de flambagem $c = 2L$. Considerando que $l = h$, portanto, $c = 2m$. O valor para d_h fica:

$$d_h = \left(7,22 \frac{28028,57 \times 2^2}{200 \times 10^9}\right)^{0,25}$$

$$d_h = 0,045 \text{ m} \implies d_h = 45\text{mm}$$

3.4.1. Cálculo da Velocidade Mínima de Deslocamento da Haste do Cilindro

Para o cálculo mínimo da velocidade, a equação abaixo pode ser expressa na fórmula (6):

(6)

$$v = \frac{d}{t}$$

Onde v , será, conforme os requisitos estabelecidos pelo sistema:

$$v = \frac{1}{10}$$

$$v = 0,1 \text{ m/s}$$

De acordo com LISINGEN (2001), a velocidade recomendada para a durabilidade das vedações e bom funcionamento do cilindro é de 0,1 m/s quando há grandes massas a movimentar. Portanto, recomenda – se a utilização de amortecimento hidráulico para minimizar os efeitos de choque de fim de curso contra o cabeçote ou tampa de fundo, causado pela transformação de energia cinética em energia pressão e/ou pela a inércia da massa acoplada à haste.

3.5 CÁLCULO DA VAZÃO NECESSÁRIA AO SISTEMA

A partir da fórmula (7) abaixo será possível determinar a capacidade máxima de a válvula ser utilizada no sistema.

(7)

$$Q = v \times A$$

$$Q = 0,1 \times 1,26039 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,126 \text{ m}^3 / \text{s} \iff Q = 75,60 \text{ L/min}$$

Q = Vazão (lpm)

V = Velocidade de avanço do cilindro (m/s)

A = Área do cilindro (m^2)

3.6 CÁLCULO DA POTÊNCIA NECESSÁRIA AO SISTEMA

Para o cálculo da potência no sistema, tem-se como dados a pressão de trabalho e a vazão da bomba, conforme mostra a (8) abaixo:

(8)

$$P = \frac{P \times Q}{600}$$

$$P = \frac{100 \times 75,60 \text{ L/min}}{600}$$

$$P = 12,6 \text{ kw} \implies 17,14 \text{ CV}$$

3.7 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Referindo – se a afirmação de Fialho (2011) descritos nas referências bibliográficas ressaltando que o volume do reservatório deve ser no mínimo igual a três vezes a vazão da bomba, demonstrada pela fórmula (9):

(9)

$$V_{res} = 3 \times Q_b$$

$$V_{res} = 3 \times 80$$

$$V_{res} = 240 \text{ L}$$

3.8 ESCOLHA DO ÓLEO HIDRÁULICO

O óleo hidráulico escolhido que será utilizado no sistema hidráulico é o Agri Hidráulico ISO VG 68 da marca Castrol recomendado para uso em equipamentos de terraplanagem, concreteiras, implementos agrícolas e equipamentos hidráulicos que operam em regimes severos e altas pressões, utilizando bombas de palhetas e de engrenagens, conforme será observado na figura 13.

Grau ISO VG 68

DIN 51524, parte 2 (HLP)

Putzmeister, Schwing-Stetter e Sundstrand

ANP 1109

Tabela 6: Especificações e características do óleo utilizado.

Cor	Visual	Âmbar
Densidade 20/ 4 °C	Kg/dm ³	0,880
Viscosidade a 40 °C	CST	68,00
Viscosidade a 100 °C	CST	9,000
Índice de Viscosidade	-	107
Ponto de Fluidez	°C	-12

Fonte: Castrol, 2008

3.9 DIMENSIONAMENTO DAS MANGUEIRAS HIDRÁULICAS.

Escolheu – se a mangueira hidráulica de modelo Norma SAE 100R17 de diâmetro interno de 12,7 mm de acordo com o catalogo da empresa Gates do Brasil, conforme anexo E.

De acordo com o anexo F, determinou – se a velocidade do fluido na tubulação de acordo com a vazão do sistema e do diâmetro interno da tubulação já conhecidos, através da fórmula (10). Assim, a velocidade será de 500 cm/s.

O tipo de escoamento determina – se a seguir:

(10)

$$Re = \frac{v \times d}{\nu}$$

$$Re = \frac{500 \times 1,27}{0,68}$$

$$Re = 934 \text{ cm/s}$$

De acordo com a tabela (3) o escoamento é laminar.

As tubulações de sucção e de retorno são estimadas de acordo com a tabela 7. Assim, temos 100 cm/s e 300 cm/s. A tubulação de pressão é estimada conforme anexo P em relação à pressão do sistema já conhecido, e definiu – se a velocidade de 600 cm/s.

Tabela 7: Velocidades recomendadas nas tubulações.

Tubulações	Pressão (bar)				Velocidade (cm/s)
	20	50	100	>200	
Tubulações de Pressão	300	400	500	600	
Tubulações de retorno	300				
Tubulações de Sucção	100				

Fonte: Fialho, 2011

Os acessórios utilizados no dispositivo para elevação de equipamentos rodoviário são: Cotovelo 90 Raio Curto e curva 90 Raio Curto. De acordo com o anexo J fornecido por Fialho (2012) observa – se os comprimentos equivalentes desses acessórios conforme o diâmetro interno da tubulação. Após calcula – se o fator de atrito através da fórmula (11) sendo uma tubulação flexível:

(11)

$$\gamma = \frac{90}{Re}$$

$$\gamma = 0,096$$

Agora podemos calcular a perda de carga na tubulação, conforme fórmula (12):

(12)

$$\Delta P = \frac{(\gamma \times 5 \times (L1 + L2)) \times \rho \times v^2}{d \times 10^{10}}$$

$$\Delta P = \frac{0,096 \times 5 \times (1200 + 370,05) \times 880 \times 500^2}{1,27 \times 10^{10}}$$

$$\Delta P = 13,05 \text{ bar}$$

3.10 SELEÇÃO DOS FILTROS DE RETORNO

Escolheu-se o filtro de retorno de série 15P/30P com pressão máxima de 207 bar conforme observa – se na figura12.

Filtros de alta pressão

Série 15P/30P – filtros de alta pressão



- Na série 15P/30P, um compacto corpo de alumínio pode ter 2 tamanhos de cabeça e 2 comprimentos de copo.
- Agente filtrante Microglass III.
- Pressão máxima 207 bar. Caudal máximo: 200 litros/minuto.
- Um filtro de alta qualidade, para melhor controlo e duração máxima dos componentes.

Figura 12 : Filtro de retorno selecionado. Fonte: Parker, 2009

3.11 SELEÇÃO DAS VÁLVULAS HIDRÁULICAS

A válvula de alívio será utilizado é da Bosch conforme observa – se na figura 13. Para ter um conhecimento desta válvula selecionada, no anexo H, observa – se os dados técnicos.

Tipo KAV (alto desempenho)

Tamanho 2
Série A
Pressão máxima de operação 350 bar
Vazão máxima 140 l/min

H7200

Figura 13 : Imagem da válvula de segurança escolhida. Fonte: Bosch, 2004

A válvula reguladora de vazão utilizada é da marca Parker conforme especificação no anexo I.

O comando hidráulico direcional é da Parker 2000 conforme figura 14.

Comando Direcional Múltiplo ML42

Características Técnicas

Pressão Máxima de Trabalho	242 bar (3500 psi)
Pressão Máxima Linha de Tanque	35 bar (500 psi)
Pressão Máxima Tomadas de Cilindro	345 bar (5000 psi)
Vazão	160 l/min (42 GPM)

Especificações

Mínima Perda de Carga Através do Centro Aberto e das Tomadas de Cilindro

Vários Tipos de Hastes, a fim de Satisfazer a Quaisquer Exigências de Circuitos Hidráulicos

Mínimo Esforço no Acionamento das Hastes

Acionamento Manual, Elétrico, Pneumático e Controle Remoto Hidráulico (Tipo Joystick)

Fácil Instalação, Operação e Manutenção

Permite a Montagem de até 9 Corpos Centrais



Características de Performance

As curvas de performance foram obtidas em bancada de teste utilizando óleo hidráulico mineral com viscosidades de 150 SSU (32cts) à temperatura de 38°C (100°F). Devido às características de projeto, utilizando "By-Pass" em "Y", o comando Direcional Múltiplo ML 42 apresenta baixa perda de carga, como pode ser visto nos três gráficos abaixo.

Figura 14 : Comando hidráulico selecionado com suas características. Fonte: Parker, 2000

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das informações obtidas pelo embasamento teórico, iniciou-se os cálculos necessários para dimensionar o sistema hidráulico do dispositivo para elevação, bem como, apresenta-se os catálogos dos fabricantes de alguns componentes, sendo que alguns componentes foram definidos através dos catálogos.

A metodologia adotada é composta da análise das necessidades do problema proposto em termos de requisitos de desempenho, da concepção do sistema hidráulico com a elaboração do circuito hidráulico de acordo com a norma ISO 1219, dos cálculos dos parâmetros requeridos para o bom funcionamento dos componentes do circuito e da especificação destes a partir do catálogo de fabricantes e da disponibilidade do mercado.

Realizou – se um comparativo para entender a importância de investir em modernização e melhoria de máquinas e ferramentas no setor de manutenção. Além de reduzir o tempo de manutenção, e o principal ganho é na ergonomia dos funcionários. Segundo o Departamento de Pessoal de uma empresa, apresentava um quadro muito grande de afastamento por problemas de coluna e outros causados por trabalho ergonômico incorreto no setor de manutenção.

Com a utilização do Sistema hidráulico para elevação de carga, reduziu significativamente este problema, porque ele auxilia na manutenção com uma correta postura ergonômica. Sem a necessidade de arrastar, puxar, empurrar e levantar pesos manualmente, o equipamento conta com uma grande praticidade de movimentos e segurança aos manutentores.

Tabela 8: Planilha de valor e tempo de uma manutenção sem o dispositivo.

MANUTENÇÃO	VALOR / h	TEMPO	TOTAL Σ
Pneu Caminhão Leve	R\$ 12,00	2 h	R\$ 24,00
Pneu Caminhão Pesado	R\$ 12,00	3 h	R\$ 36,00
Peças inferiores Carreta Rodoviária	R\$ 12,00	16 h	R\$ 192,00
Peças inferiores Carreta transbordo	R\$ 12,00	16 h	R\$ 192,00
Total			R\$ 444,00

Fonte: PCM - Mecânica de implementos, 2014.

Tabela 9: Valor e tempo de uma manutenção utilizando o dispositivo.

MANUTENÇÃO	VALOR / h	TEMPO	TOTAL Σ
Pneu Caminhão Leve	R\$ 12,00	1,5 h	R\$ 18,00
Pneu Caminhão Pesado	R\$ 12,00	2,5 h	R\$ 30,00
Peças inferiores Carreta Rodoviária	R\$ 12,00	14 h	R\$ 168,00
Peças inferiores Carreta transbordo	R\$ 12,00	14 h	R\$ 168,00
Total			R\$ 384,00

Fonte: Mecânica de implementos, 2014 PCM

Tabela 10: Determinação de Valores e Metas do Projeto.

Tipo	VALOR	Avaliação
Custo de fabricação	R\$ 10.000 a 14.000	Total custo de Produção
Vida Útil	10 anos	Estipulado para Estrutura
Segurança Estrutural	90%	Estudo da melhor Estrutura
Segurança na Utilização	100%	Dispositivo de segurança
Custo de Manutenção	R\$ 3,00 /h	Análise visual
Praticidade de Uso	95 %	Análise visual

Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÃO

Na revisão da literatura, relatou – se os equacionamentos utilizados no projeto do dispositivo requerido bem como as unidades utilizadas, o que ajudou a atingir os resultados do trabalho. Com base nos objetivos propostos do trabalho de pesquisa, conseguiu – se realizar o dimensionamento do dispositivo hidráulico requerido, o qual pode – se concluir:

- Realizou – se os cálculos necessários para o dimensionamento de quase todos os componentes do sistema hidráulico através de dados iniciais fornecidos pela manutenção. Outros componentes hidráulicos como válvulas e filtros, foram selecionados através de catálogos sem necessidade de fazer equações. Analisou – se de acordo com a pressão do sistema de 100 bar;
- Após os cálculos, escolheu – se os componentes que possuem o melhor rendimento e especificação de acordo com os cálculos feitos. Os componentes selecionados são aqueles que fornecem maior durabilidade com baixo custo de manutenção;
- Utilizou – se uma bomba de engrenagem porque é uma bomba que opera em alta pressão e por ter baixa manutenção;
- Escolheu – se o motor elétrico de (14 ou 20 v) acoplado a bomba de engrenagem, porque para esse dispositivo é o acionamento que melhor nos foi viável pela praticidade;
- Apresentou – se a força de cada cilindro bem como a escolha das mangueira e acessórios utilizados.

Portanto, este projeto é válido porque através de equações feitas seguidas por análises de catálogos de componentes irão garantir o bom funcionamento do sistema hidráulico do dispositivo hidráulico para elevação de equipamentos rodoviários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FIALHO, A. B. **Automação Hidráulica Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 6. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.
- HENN, E. A. L. **Máquinas de Fluido**. 3. Ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2012.
- HERMES, A. G. **Projeto de Válvula de Alívio para um Sistema de Abastecimento de GLP**. 2004. Monografia – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- SERRANO, M. I. **Controle de Força de um Servoatuador Hidráulico através da Técnica de Linearização por Realimentação**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica/ Automação e Instrumentação Eletro – Mecânica) – Departamento de Metalurgia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- LINSINGEN, I. V. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003.
- MACHADO, A. L.T.; FERREIRA, M. F. P.; ALONÇO, A. S. **Máquinas Auxiliares para Silagem e Fenação**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária – UFPel, 2005.
- NEVES, C. A. **Melhoria na Estação de Tratamento de Efluentes de uma Empresa Metal Mecânica de Produção de Componentes Hidráulicos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia/ Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- PALMIERI, A. C. **Manual de Hidráulica Básica**. 10. ed. Porto Alegre: Albarus Sistemas Hidráulicos Ltda, 1997.
- RENNER, R. **Projeto e Construção de uma Unidade de Potência e Condicionamento Hidráulico**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Panambi, 2010.
- ALÉ, J. A. V. **Mecânica dos Fluidos Curso Básico**. 2011. Disponível em:< <http://www.feng.pucrs.br/lsvm/MecFlu/Mecanica-Dos-Fluidos/APOSTILA%20MECANICA%20DOS%20FLUIDOS%202011.pdf>>. Acesso em: 11 /05/ 2014.
- Parker. **Válvulas de Controle de Fluxo, de Agulha e de Retenção Série Colorflow**. 1997. Disponível em:< <http://www.extranetparker.com.br/download/hydraulics/pdf/3320.pdf>>. Acesso em: 10/05/2014

PARKER. **Comando Direcional Múltiplo Série ML 42**. 2000. Disponível em:< <http://www.hydraser.com.ar/Catalogos%20pdf/Comandos/ML%2042.pdf>>. Acesso em: 10/05/2014.

PARKER. **Cilindros Hidráulicos**. 2008. Disponível em:< http://www.extranetparker.com.br/download/hydraulics/pdf/HY_2017_BR.pdf>. Acesso em: 10/05/2014.

PARKER. **Divisão Filtros Hidráulicos Gama de Produtos, Europa. 2009**. Disponível em:< <http://www.parkerhfde.com/pdf/fdhb418PT.pdf>>. Acesso em: 10/05/2014.

PARKER. **Linha Completa Bombas de Engrenagens**. 2000. Disponível em:< <http://unimobil.com.br/f/a048356b70ceb94c57b9c3066f5d4f71.pdf>>. Acesso em: 11/05/2014.

http://www.boschrexroth.com/country_units/south_america/brasil/pt/catalogs/a_downloads_09/valvulas_direcionais/RP_23178.pdf - Acessado em: 11/05/2014.

Rigoni Comercial. **Peças de Reposição**. 2008. Disponível em:< <http://www.rigonicomercial.com.br/pecas/index.php>>. Acesso em: 11/05/ 2014.

Stauff do Brasil. **Diagtronics**. 2009. Disponível em:< <http://www.br.stauff.com/index.php?id=976>>. Acesso em: 11/05/2014.

Tetralon. **Bombas Viking**. 2009. Disponível em:< http://www.tetralon.com.br/viking_asfalto.htm>. Acesso em: 11/05/2014.

Zillmer Implementos Agrícolas. **Produtos**. 2012. Disponível em: <http://www.zillmer.ind.br/produto/desensiladeira/>. Acesso em: 11/05/ 2014.

Bosch. **Coletânea de Fórmulas Hidráulicas**. 2012. Disponível em:< http://www.boschrexroth.com/business_units/bri/de/downloads/hyd_formelsammlung.pdf>. Acesso em: 11/05/ 2014.

Bosch. **Válvula de Segurança e Descarga Pilotada**. 2004. Disponível em:< http://www.boschrexroth.com/country_units/south_america/brasil/pt/doc_downloads/catalogs/a_downloads_09/valvulas_pressao/RP_18107-0110.pdf>. Acesso em: 11/05/2014.

BSB Automação Industrial. 2010. Disponível em:< http://www.bsbautomacaoindustrial.com.br/produtos_exibe.php?produto=836>. Acesso em: 11/05/ 2014.

CALETTI, L. **Desenvolvimento de um Protótipo de Sistema Especialista para Projeto de Unidade de Potência Hidráulica**. 2003. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CARRARA, V. 2012 **Apostila de Robótica**. Disponível em:<
http://www2.dem.inpe.br/val/homepage/cursos/rb_apostila.pdf>. Acesso em: 11/05/2014.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. 2011 **Fundamentos de Hidráulica**. Disponível em:<

<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/IT503%20cap%207%20-%202011p.pdf>>. Acesso em: 11/05/2014.

CASTROL. **Castrol Agri Hidráulico 68**. 2008. Disponível em:<

http://www.castrol.com/liveassets/bp_internet/castrol/castrol_brazil/STAGING/local_assets/downloads/t/Agri_Hidraulico_68_DT.pdf>. Acesso em: 17/05/ 2014.

DE NEGRI, V. J. **Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos para Automação e Controle**. Florianópolis: Escritório de Direitos Autorais, 2001. Disponível em:<
www.laship.ufsc.br/PDF/ApostilaPDF/SistHPContAutP1eP3.pdf>. Acesso em: 17/05/2014.

GATES DO BRASIL. **Hidráulica Catálogo 2012**. 2012. Disponível em:<

http://www.gatesbrasil.com.br/signia/upload/catalogos/catalogo_hidraulica_2012_web5.pdf>. Acesso em: 18/05/ 2014.

APÊNDICE: PROCEDIMENTO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO

APÊNDICE A – Instrução de Uso para o Sistema Hidráulico

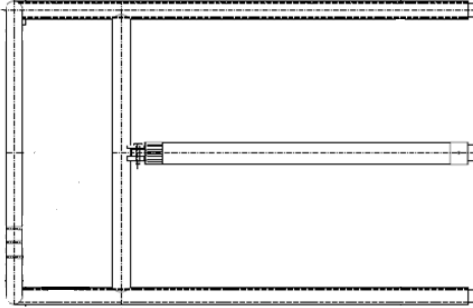

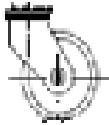
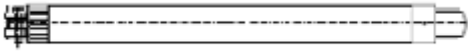
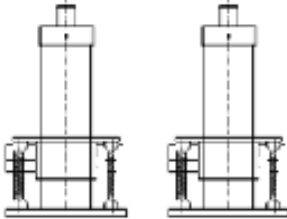
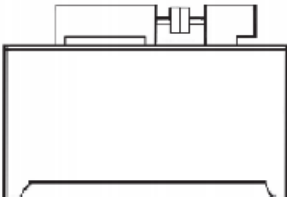
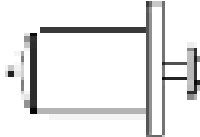
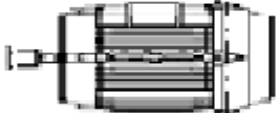
ANTES DE POR O SISTEMA HIDRÁULICO EM FUNCIONAMENTO, VERIFIQUE:

- 1 – O nível de óleo do reservatório ($\frac{3}{4}$ do fundo de escala do indicador). Todos os tampões, juntas e plugues devem estar apertados;
- 2 – As conexões de mangueira devem estar interligadas corretamente;
- 3 – Certifique de que as válvulas estejam conectadas corretamente;
- 4 – As mangueiras não devem interferir no movimento de avanço e recuo dos cilindros;
- 5 – Ajuste a válvula limitadora de pressão quando o sistema estiver ligado;
- 6 – O manômetro do sistema deve estar conectado adequadamente;
- 7 – A trajetória dos atuadores deve estar desimpedida, livre de sujeiras, panos, trapos, etc;
- 8 – Verifique se todas as proteções de segurança estão nos lugares certos;
- 9 – Verifique se os engates rápidos estão acoplados de maneira correta;
- 10 – Verifique se os circuitos estão conectados corretamente;
- 11 – Verifique se as especificidades do fabricante dos componentes estão dentro dos limites dos testes (confira os tamanhos dos componentes com a capacidade nominal requerida).
- 12 – Use óculos de proteção ao ligar os equipamentos;
- 13 – Inspeccione visualmente as mangueiras, os cilindros, as vedações e certifique-se de que os mecanismos das válvulas estejam livres de obstruções;
- 14 – O dispositivo hidráulico deve estar limpo antes do início das operações.

ATENÇÃO: Não ative a unidade até que o circuito tenha sido inspecionado.

APÊNDICE B – Descrição do Projeto

Tabela 11: Informações do Projeto.

Descrição	Especificações do Projeto	Representação
Estrutura, utilizou processo de soldagem MIG – MAG, e usinagem – torno.	Tubo de 50,8mm de diâmetro e 5 mm de espessura. Aço Carbono 1020	
Guia para posicionar cilindros	Cantoneira de 25,4mm Aço carbono 1020	
Roda giratória para movimentar Estrutura	Teflon	
Cilindro para posicionar	Parker 45 mm / 25mm	
Cilindros para Elevação	Parker Série 2H com sapata ajustável por mola. 127mm / 45m	
Reservatório	Chapa de aço 6 mm, capacidade para 240 litros	
Bomba hidráulica	Bomba de Engrenagem da Parker acionada por motor elétrico	
Motor elétrico	WEG 4 polos / 60 Hz / 20 CV	

Fonte autoria própria.

Apêndice D - Desenho Representativo, Dispositivo Hidráulico, Vista Superior.

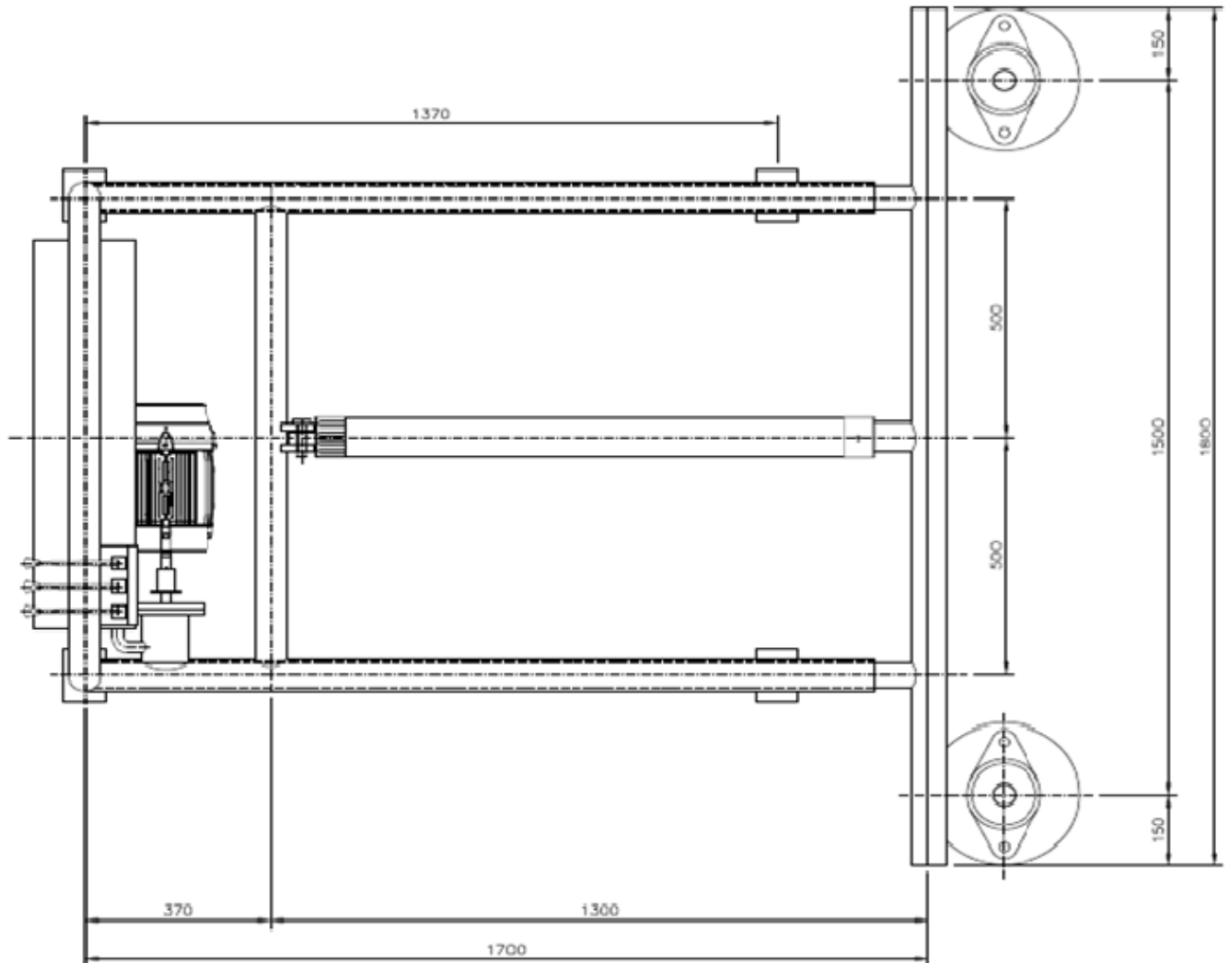


Figura 15: Dispositivo para Elevação, Vista superior. Escala 1:5, 2014.

Apêndice D - Desenho Representativo, Dispositivo Hidráulico, Vista Frontal.

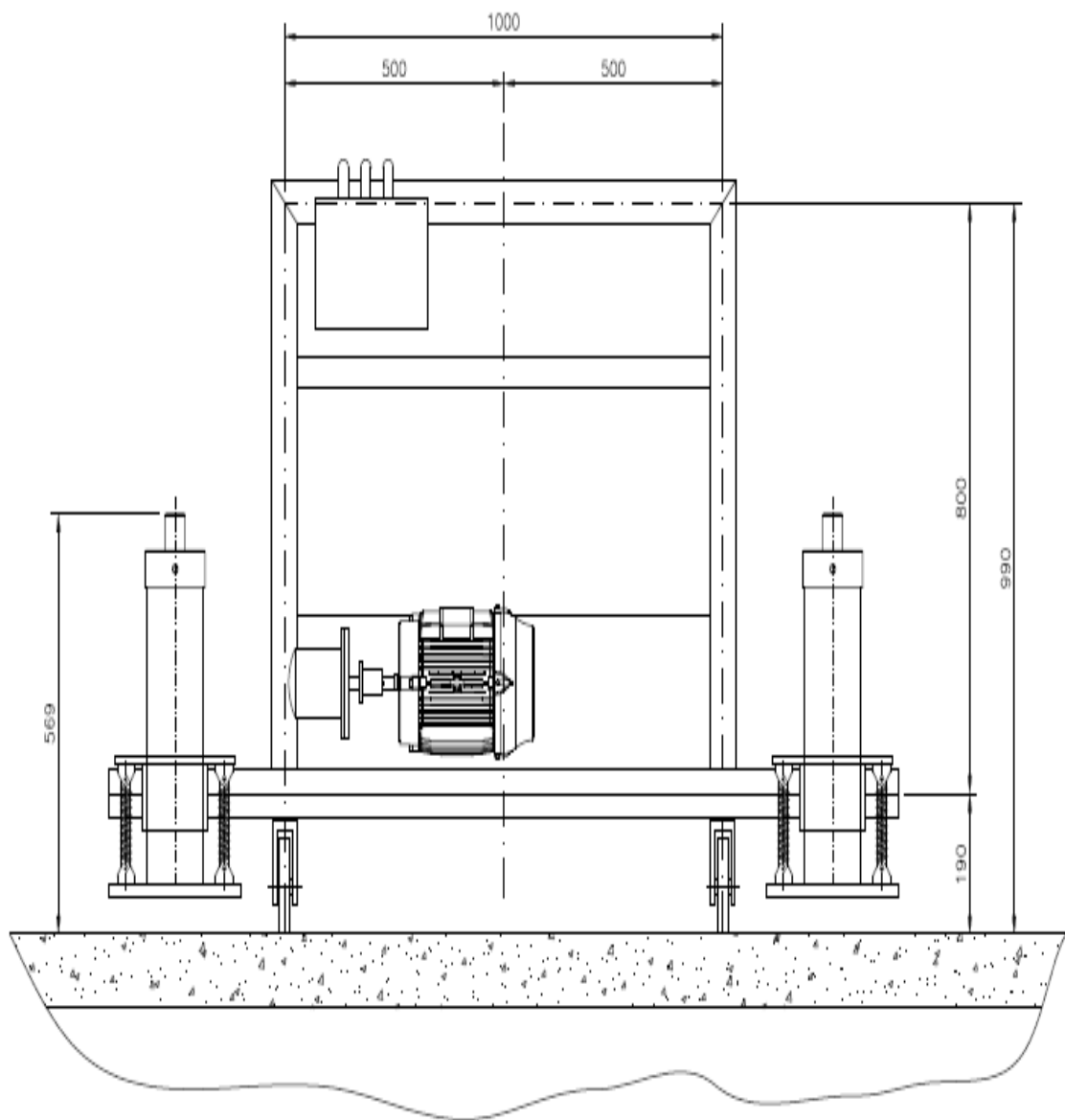


Figura 16: Dispositivo para Elevação, Vista Frontal. Escala 1:5, 2014.

Apêndice D - Desenho Representativo, Dispositivo Hidráulico, Vista Lateral.

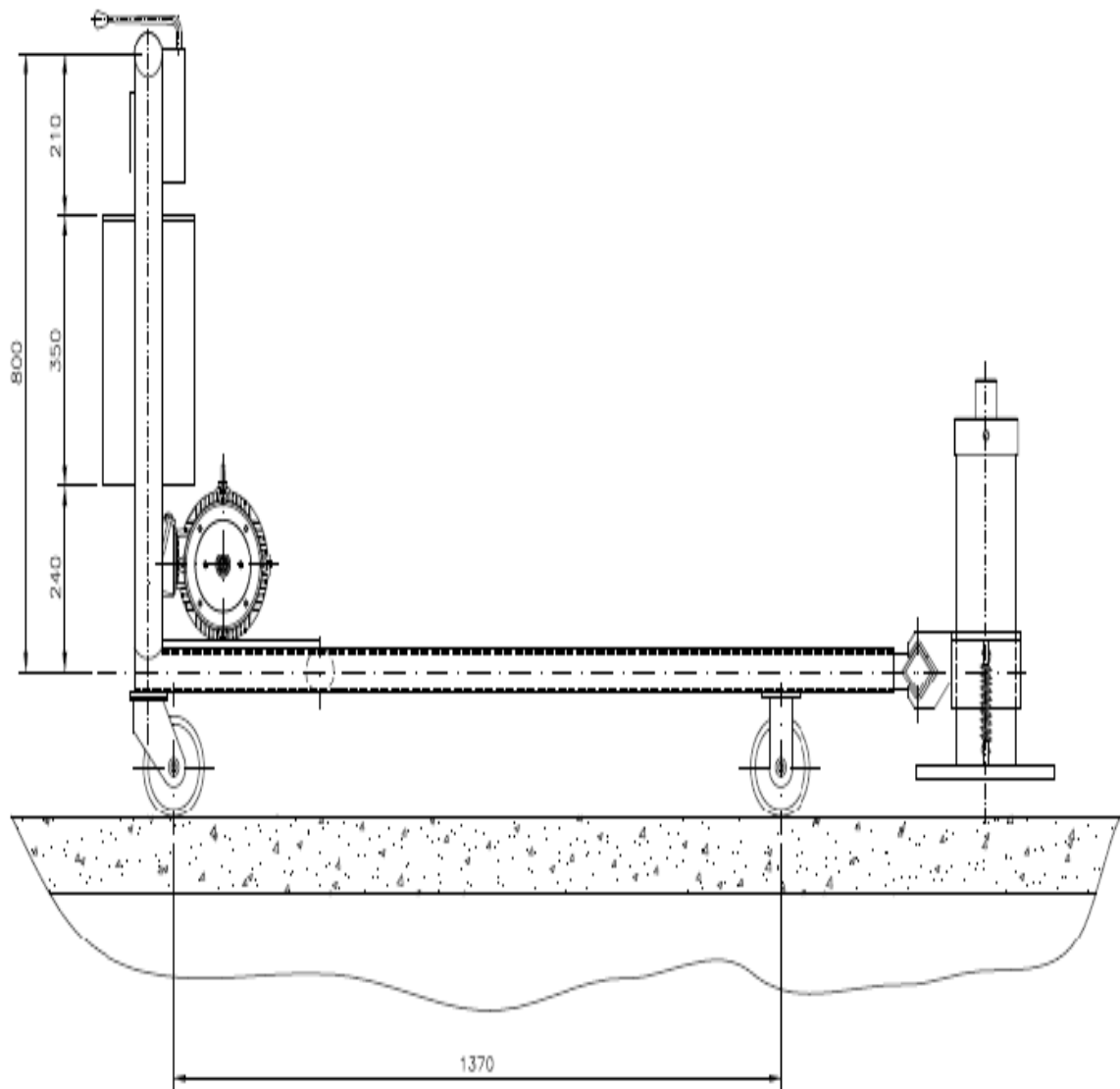


Figura 17: Dispositivo para Elevação, vista lateral. Escala 1:5, 2014.

APÊNDICE F : Desenho do circuito de acordo com a simbologia definida na norma ISO1219.

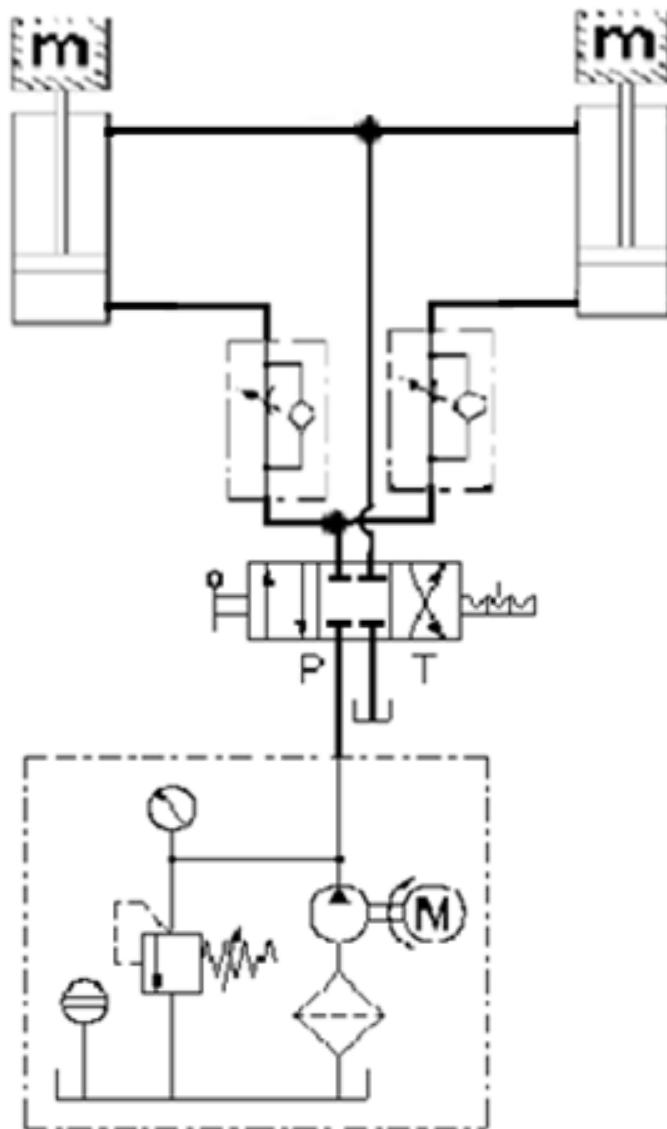


Figura 18: Circuito para cilindros de elevação. Fonte: Autoria própria

APÊNDICE F : Desenho do circuito de acordo com a simbologia definida na norma ISO1219.

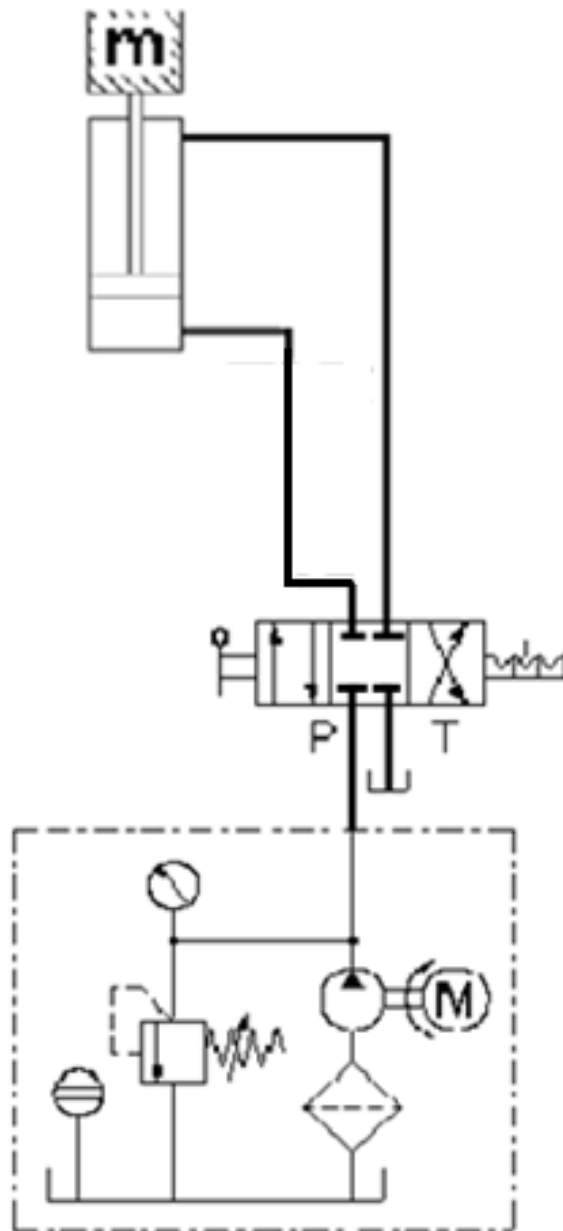


Figura 19: Circuito para cilindro de posicionamento. Fonte: Autoria própria

ANEXO A – Catálogo da Bomba de Engrenagem

Características Técnicas

Corpo e Flange de Montagem em Ferro Fundido

Mancais de Rolamentos de Roletes

Placas de Pressão Balanceadas

Engrenagens em Aço Tratado Termicamente

Vedações de Viton

Pressão Máxima de Trabalho:

1910 a 1916: 207 bar

1919: 172 bar

1923 a 1930: 138 bar

Deslocamento por Rotação:

Mínimo: 41,4 cm³

Máximo: 109,8 cm³



Especificações

Velocidade Mínima de Acionamento 800 rpm

Temperatura Máxima Recomendada de Operação 83°C

Depressão Máxima na Tomada de Sucção 0,16 bar

Pressão Máxima na Tomada de Sucção 1 bar

Viscosidade Recomendada na Temperatura de Operação de 15 a 54 cSt

Filtro de Retorno Recomendado 10 microns ou Melhor

Acoplamento Recomendado Coaxial com o Motor de Acionamento (veja a página 19)

► Para outros tipos de acionamento, consulte a fábrica.

Dados de Performance

Modelo de Bomba	Deslocamento Volumétrico/ Rotação (Teórico)			Pressão Máxima		rpm Máxima	Peso kg
	litros	galões	cm ³	bar	psi		
PFH 1910	0,0414	0,0109	41,47	207	3000	3000	18,1
PFH 1913	0,0518	0,0137	51,79	207	3000	3000	18,4
PFH 1916	0,0623	0,0164	62,28	207	3000	3000	18,6
PFH 1919	0,0742	0,0196	74,25	172	2500	3000	19,0
PFH 1923	0,0890	0,0235	89,00	138	2000	3000	19,5
PFH 1927	0,1016	0,0268	101,62	138	2000	2500	19,8
PFH 1930	0,1098	0,0290	109,81	138	2000	2500	20,1

Fonte: Parker, 2000, p. 12.

ANEXO B – Catálogo do motor Elétrico



Fonte: WEG, Motor Elétrico Trifásico.

Figura	Símbolo para				Carcaça	Fixação ou montagem
	Designação WEG	DIN 42950	IEC 60034 Parte 7			
			Código I	Código II		
	B3D	B3	IM B3	IM 1001	com pés	montada sobre subestrutura (*)
	B3E					
	B5D	B5	IM B5	IM 3001	sem pés	fixada pelo flange "FF"
	B5E					
	B35D	B3/B5	IM B35	IM 2001	com pés	montada sobre subestrutura pelos pés, com fixação suplementar pelo flange "FF"
	B35E					
	B14D	B14	IM B14	IM 3601	sem pés	fixada pelo flange "C"
	B14E					
	B34D	B3/B14	IM B34	IM 2101	com pés	montado sobre subestrutura pelos pés, com fixação suplementar pelo flange "C"
	B34E					

Fonte: Catálogo de motores elétricos WEG, Tabela de motores.

ANEXO C – Catálogo das Mangueiras Hidráulicas, Tubos e Conexões

M3K - MEGA3000PSI - SAE 100R17



Tubo Interno: Borracha sintética NBR.

Reforço: Um trançado de fios de aço de alta resistência nos diâmetros 1/4", 3/8" e 1/2" e dois trançados nos diâmetros 5/8", 3/4" e 1".

Cobertura: Borracha sintética NBR modificada.

Aplicação: Circuitos hidráulicos de alta pressão. Excede os requisitos da norma **SAE 100R17** e aos requisitos de performance da **EN 857 1 SC**. A mangueira M3K é do tipo compacta excedendo aos requisitos da norma **SAE 100R1AT** nas bitolas -4, -6 e -8 e **SAE 100R2AT** nas bitolas -10, -12 e -16.

Temperatura de Operação:

-40°C à +100°C para óleo.

Terminais: Prensáveis MegaCrimp®

Tubo Interno: Goma sintética NBR.

Refuerzo: Un trenzado de hilo de acero en los diámetros 1/4", 3/8" y 1/2" y dos trenzados en los diámetros 5/8", 3/4" y 1".

Cubierta: Goma sintética NBR modificada.

Aplicación: Líneas hidráulicas de alta presión. Excede a los requerimientos de la norma **SAE 100R17** y a los requerimientos de desempeño de la norma **EN 857 1SC**. La manguera M3K es del tipo compacta excediendo a los requerimientos de la norma **SAE 100R1AT** en los diámetros -4, -6 y -8 y **SAE 100R2AT** en los diámetros -10, -12 y -16.

Temperatura de Operación:

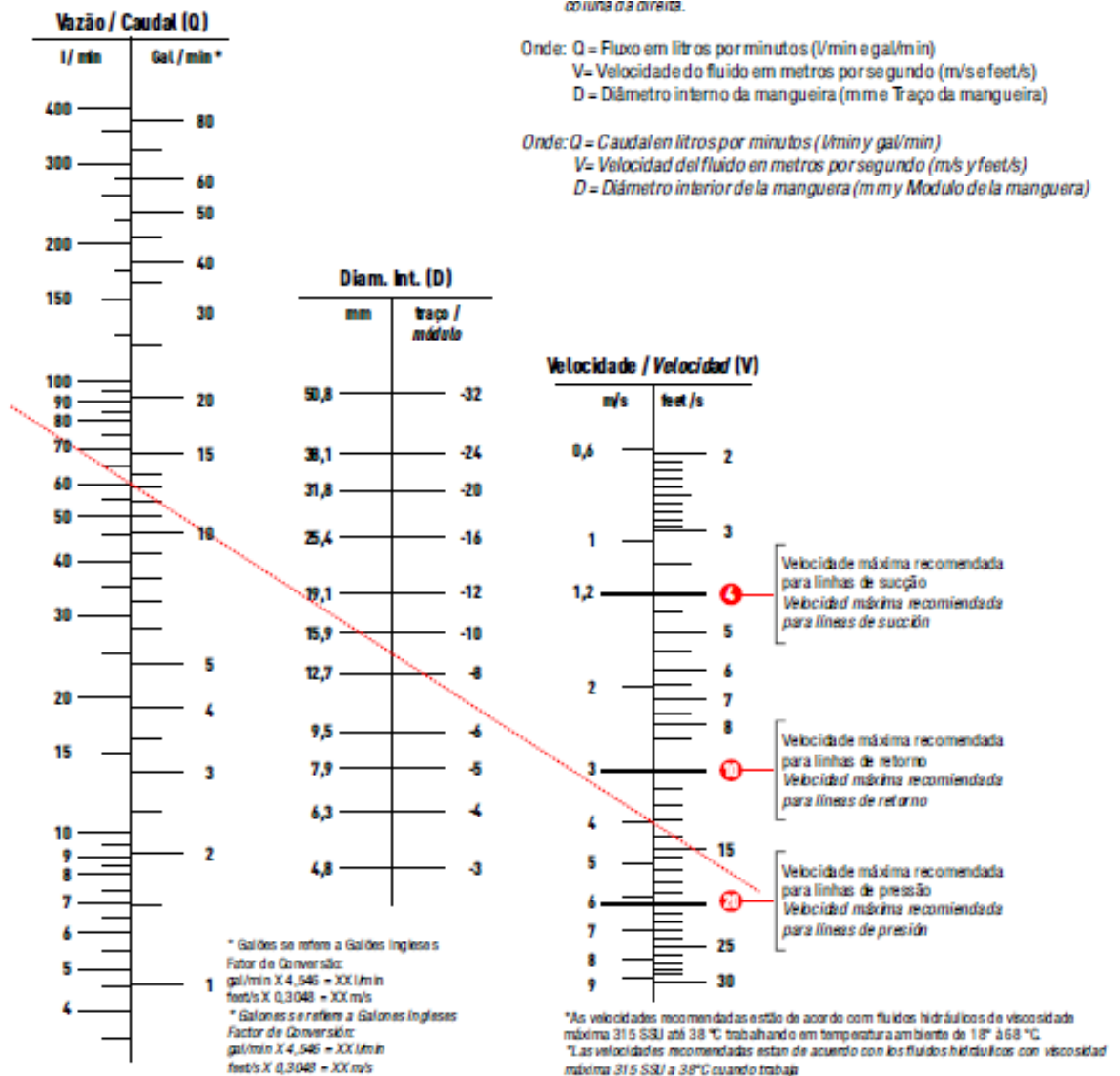
de -40°C à +100°C para aceite.

Conexiones: Prensables MegaCrimp®

Descrições Descripción	Pol ↔	mm ⊘	Psi ⌚	Kg/cm ² ⌚	Psi ⌚	Kg/cm ² ⌚	mm ⌚	Peso ⌚ kg
3M3K	3/16"	10,9	3.250	228	13.000	910	33	0,15
4M3K	1/4"	12,2	3.250	228	13.000	910	38	0,18
5M3K	5/16"	15,2	3.250	228	13.000	910	46	0,28
6M3K	3/8"	16,0	3.250	228	13.000	910	51	0,30
8M3K	1/2"	20,3	3.250	228	13.000	910	71	0,45
10M3K	5/8"	25,1	3.250	228	13.000	910	76	0,80
12M3K	3/4"	29,2	3.250	228	13.000	910	97	0,98
16M3K	1"	37,6	3.250	228	13.000	910	114	1,55

Fonte: Gates do Brasil, 2012, p. 38.

ANEXO D – Carta Nomográfica

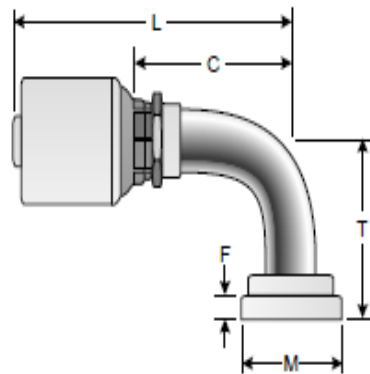


Fonte: Gates do Brasil, 2012, p.27.

ANEXO E – Catálogo do Acessório

Flange SAE Cód. 61 - Curva 90° [FL90]

Brida SAE con junta tórica. Código 61. Codo a 90°.



Descr.	⊖		M		T		L		C		F	
	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm
8G-8FL90M	1/2	12.7	1.19	30.2	1.57	40.0	3.59	91.2	2.11	53.7	.27	6.9
8G-12FL90M	1/2	12.7	1.50	38.1	2.28	58.0	3.60	91.5	2.13	54.0	.27	6.9
10G-10FL90	5/8	15.9	1.34	34.1	2.16	55.0	3.90	99.0	2.42	61.5	.26	?
10G-12FL90M	5/8	15.9	1.50	38.1	2.28	58.0	3.94	100.0	2.46	62.5	.27	6.9
12G-12FL90M	3/4	19.1	1.50	38.1	2.28	58.0	4.54	115.3	2.53	64.3	.27	6.9
12G-16FL90S	3/4	19.1	1.75	44.5	2.40	61.0	4.72	119.8	2.71	68.8	.32	8.1
16G-12FL90M	1	25.4	1.50	38.1	2.28	58.0	5.09	129.3	2.85	72.5	.27	6.9
16G-16FL90S	1	25.4	1.75	44.5	2.40	61.0	5.48	139.3	3.25	82.5	.32	8.1
16G-20FL90S	1	25.4	2.00	50.8	2.68	68.0	5.48	139.3	3.25	82.5	.32	8.1
16G-24FL90S-081	1	25.4	2.38	60.5	3.19	81.0	5.57	141.6	3.34	84.8	.32	8.1

Fonte: Gates do Brasil, 2012, p. 59.

ANEXO G – Dados Técnicos da Válvula de Segurança Tipo KAV

Dados técnicos (para aplicações fora destes parâmetros, favor consulte-nos!)

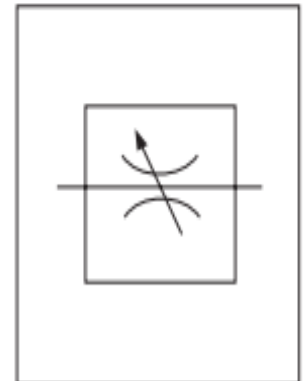
Geral		
Peso	kg	0.42
Instalação		Opcional
Hidráulica		
Pressão máxima de pressão (Entrada)	bar	350
Pressão máxima ajustável	- Versão "C"	bar 50
	- Versão "F"	bar 100
	- Versão "K"	bar 200
	- Versão "R"	bar 350
Pressão máxima de retorno permitida	- Conexão ② (T)	bar 200
	- Conexão ④ (Y)	bar 100 ¹⁾
Vazão máxima	l/min	140
Fluido hidráulico		Óleo mineral (HL, HLP) to DIN 51524; fluidos hidráulicos rapidamente bio-degradáveis conforme VDMA 24568 (veja também RE 90221); HETG óleo de colza); HEPG (poliglicóis); HEES (éster sintético); outros fluidos hidráulicos sob consulta.
Faixa de temperatura do fluido hidráulico	°C	-20 to +80
Viscosidade	mm ² /s	10 to 800
Contaminação máxima permitida do fluido hidráulico Classe de limpeza conforme ISO 4406 (c)		Classe 20/18/15 ²⁾
Ciclos de carga		10 milhões

Fonte: Bosch, 2004, p.04.

ANEXO H – Especificação da Válvula Reguladora de Vazão

Colorflow Série “MV” Válvulas de Agulha de Ajuste Fino

São válvulas de alta precisão de controle que possibilitam o fechamento completo do fluxo. Permitem o controle fino, em ambos os sentidos dos fluxos necessários para funcionamento e controle das máquinas de precisão. Fluxo bidirecional. Os anéis coloridos são características exclusivas da Série Colorflow e permitem ajuste rápido e preciso do fluxo. Também permitem retornar a um ajuste anterior.



Pressão Máxima de Operação

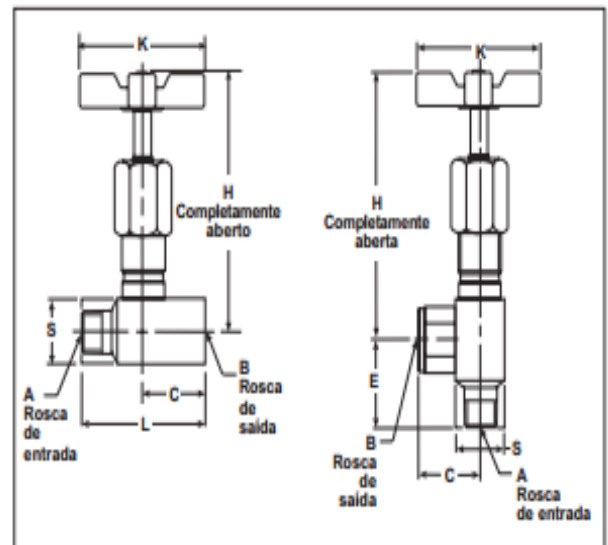
- Latão = até 2000 PSI (140 Bar); exceto o tamanho “MV” 1600 até 500 PSI (35 Bar).
- Aço = até 5000 PSI (345 Bar) para os tamanhos 200 até 1220, até 3000 PSI (207 Bar) para os demais tamanhos.

Material do Corpo

- Latão (ASTM B-16)
- Aço (ASTM 12L14)

Material dos componentes

- Agulha = Aço inoxidável (ASTM 416)
- Vedação da Agulha = Nitrile (normal)
Fluorcarbono (Opcional)
- Cobertura = Zinco (ASTM 12L14) estampado
- Manopla de Controle: Zamac



Dimensões / Tabela de Referências

Modelo	Dimensões Polegadas (mm)									Peso
	A	B	L	H	S ²	K	C	E	F	Libras (kg)
MV200	1/8-27 NPTF Fêmea	1/8-27 NPTF Fêmea	1.50 (38.1)	2.72 (69.1)	0.62 (15.7)	1.75 (44.5)	0.75 (19.1)		0.59 (15.0)	.3 (.1)
MV400	1/4-18 NPTF Fêmea	1/4-18 NPTF Fêmea	2.00 (50.8)	3.41 (86.6)	0.81 (20.6)	2.00 (50.8)	1.00 (25.4)		0.78 (19.8)	.7 (.3)
MV401	1/4-18 NPTF Macho	1/4-18 NPTF Fêmea	2.18 (55.4)	3.41 (86.6)	0.81 (20.6)	2.00 (50.8)	1.18 (29.9)		0.78 (19.8)	.7 (.3)
MV620	9/16-18 UNF 2B	9/16-18 UNF 2B	2.38 (60.4)	3.5 (89.2)	1.00 (25.4)	2.00 (50.8)	1.19 (30.2)		0.78 (19.8)	.8 (.4)
MV600	3/8-18 NPTF 2B Fêmea	3/8-18 NPTF Fêmea	2.50 (63.5)	4.22 (107.2)	1.00 (25.4)	2.50 (63.5)	1.25 (31.8)		0.90 (22.9)	1.2 (.5)
MV601	3/8-18 NPTF Macho	3/8 NPTF Fêmea	2.68 (68.1)	4.22 (107.2)	1.00 (25.4)	2.50 (63.5)	1.43 (36.3)		0.90 (22.9)	1.5 (.6)
MV820	3/4-16 UNF 2B	3/4-16 UNF 2B	3.00 (76.2)	4.28 (108.7)	1.12 (28.6)	2.50 (63.5)	1.50 (38.1)		0.90 (22.9)	2.5 (1.0)
MV800	1/2-14 NPTF Fêmea	1/2-14 NPTF Fêmea	2.62 (66.5)	5.09 (129.3)	1.25 (31.8)	3.25 (82.6)	1.31 (33.3)		1.15 (29.2)	2.5 (1.0)

Fonte: Parker, 1997, p.05.

ANEXO I – Complementos Equivalentes dos Acessórios

Diâmetro		Cotovelo 90° R. Longo	Cotovelo 90° R. Médio	Cotovelo 90° R. Curto	Cotovelo 45°	Curva 90° R. Longo	Curva 90° R. Curto	Curva 45°
Cm	Pol.	Comprimento equivalente - L ₂ (Cm)						
0,32	1/8	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01
0,64	1/4	19,99	20,24	30,00	10,01	10,01	19,99	10,01
0,95	3/8	19,99	30,00	40,01	19,99	19,99	19,99	19,99
1,27	1/2	30,00	40,01	50,01	19,99	19,99	30,00	19,99
1,59	5/8	30,00	50,01	59,99	19,99	19,99	30,00	19,99
1,91	3/4	40,01	59,99	70,00	30,00	30,00	40,01	19,99
2,22	7/8	40,01	59,99	70,00	30,00	30,00	40,01	40,01
2,54	1	50,01	70,00	80,01	40,01	30,00	50,01	19,99
2,86	1 1/8	60,02	80,01	100,00	50,01	40,01	59,99	30,00
3,18	1 1/4	70,00	89,99	110,01	50,01	40,01	59,99	30,00
3,49	1 3/8	80,01	100,00	119,99	59,99	50,01	69,85	30,00
3,81	1 1/2	88,58	110,01	181,18	59,99	50,01	69,85	30,00
4,13	1 5/8	100,00	119,99	140,00	70,00	50,01	80,01	30,00
4,45	1 3/4	108,28	130,00	150,01	70,00	59,99	80,01	40,01
4,76	1 7/8	110,01	130,00	159,99	83,16	59,99	89,99	40,01
5,08	2	108,28	140,00	170,00	83,16	59,99	84,91	40,01
0,32	1/8	10,01	30,00	30,00	10,01	80,01	70,00	89,99
0,64	1/4	10,01	50,01	50,01	10,01	240,00	130,00	180,01
0,95	3/8	19,99	80,01	80,01	10,01	370,00	200,00	270,00
1,27	1/2	30,00	100,00	100,00	10,01	489,99	259,99	359,99
1,59	5/8	30,00	119,99	119,99	10,01	580,01	310,01	459,99
1,91	3/4	40,01	140,00	140,00	10,01	670,00	436,19	559,99

Fonte: Fialho, 2011, p. 89.

ANEXO J – Catálogo da Unidade Hidráulica

Industrial
HydraulicsElectric Drives
and ControlsLinear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service
AutomationMobile
Hydraulics**Rexroth**
Bosch Group**RP 51107/09.04**

Substitui: 09.03

**Unidades hidráulicas
padronizadas
Tipo ABUP
Série 12**

Tamanhos nominais de reservatórios:

063; 100; 160; 250

Pressão máxima de trabalho até 460 bar

Vazão até 55 L/min

**Fonte: Rexroth, Unidade Hidráulica.**

Reservatório com dimensões conforme DIN 24339. Grupo moto – bomba, motor elétrico com pés e flange, forma B35 ou V1, 4 polos (60 Hz), filtro de retorno ABZFR conforme RP 50088, filtro de ar, tampa de inspeção, bujão para dreno e indicador visual de nível.