

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
ALEARDO ALVES MOREIRA

DIMENSIONAMENTO DE UM MACACO PNEUMÁTICO DE MÉDIO PORTE
APLICADO PARA ELEVAÇÃO DE VEÍCULOS

CASCABEL – PR

2017

ALEARDO ALVES MOREIRA

**DIMENSIONAMENTO DE UM MACACO PNEUMÁTICO DE MÉDIO PORTE
APLICADO PARA ELEVAÇÃO DE VEÍCULOS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor orientador: Carlos Alberto Breda.

CASCADEL – PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

ALEARDO ALVES MOREIRA

DIMENSIONAMENTO DE UM MACACO PNEUMÁTICO DE MÉDIO PORTE

APLICADO PARA ELEVAÇÃO DE VEÍCULOS

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Professor (a) Carlos Alberto Breda.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Ms. Carlos Alberto Breda
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico

Professor Dr.
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico

Professor Dr.
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Laércio Dias e Márcia Fernandes, meu padrinho Elço Dias, que me apoiaram nessa jornada e que mesmo nos momentos mais difíceis me incentivaram ainda mais para que eu seguisse em frente e alcançasse meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força para superar todas as dificuldades.

A este centro universitário, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Carlos Alberto Breda, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

O tema do trabalho consiste em desenvolver um equipamento pneumático focado no setor automotivo para oficinas mecânicas, com a função de elevação de veículos auxiliando na manutenção. Os constantes atrasos nas manutenções e o risco que o operador se expõe são problemas que o projeto deve solucionar. A realização da pesquisa tem como objetivo buscar maneiras para que o processo de manutenção seja realizado de forma mais eficaz proporcionando menos riscos ao operador. Através do estudo do planejamento de projeto, projeto informacional e projeto conceitual desenvolveram-se especificações e ideias que resultarão em um equipamento para a elevação de veículos dedicadas a mecânica leve e médio porte. Uma vez que os objetivos estabelecidos foram alcançados e bem sucedidos através da aplicação do método em questão, o estudo permitiu utilizar como parâmetro para o desenvolvimento das etapas do projeto afim de fabricar o protótipo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As fases de projeto, identificando as diversas realimentações e repetições.....	13
Figura 2 – Ar sujeito a compressão.....	16
Figura 3 – Elasticidade do ar.....	17
Figura 4 – Difusibilidade do ar.....	17
Figura 5 – Expansibilidade do ar.....	18
Figura 6 – Simbologia das válvulas de controle direcional.....	19
Figura 7 – Vias de uma válvula de controle direcional.	19
Figura 8 – Exemplo de identificação das válvulas de controle direcional.	20
Figura 9 – Exemplos de válvulas de controle direcional.....	20
Figura 10 – Ciclo de trabalho de um compressor de parafuso.....	22
Figura 11 – Ciclo de trabalho de um compressor de pistão.....	23
Figura 12 – Símbolos dos tipos de soldas.....	25
Figura 13 – Solda de uma junta de topo típica.	26
Figura 14 – Mola pneumática Conti Tech FT 530-32 CI.	28
Figura 15 – Gráfico de condições de trabalho da mola pneumática FT 530-32 CI.....	28
Figura 16 – Esboço plano lateral da estrutura do macaco pneumático.	29
Figura 17 – Prancha superior do macaco pneumático.....	30
Figura 18 – Diagrama pneumático.....	30
Figura 19 – Esboço da prancha superior com barras de sustentação.....	33
Figura 20 – Esboço da prancha superior com barras de sustentação e travejamento.....	34

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Tensão normal.....	23
Equação 2 – Tensão de cisalhamento	24
Equação 3 – Fator de segurança	24
Equação 4 – Fator de segurança	25
Equação 5 – Tensão normal de soldas.....	26
Equação 6 – Momento fletor máximo na prancha superior.....	31
Equação 7 – Somatório dos momentos na prancha superior.....	31
Equação 8 – Momento fletor máximo para o dimensionamento das barras.....	31
Equação 9 – Modulo de resistência a flexão.....	32
Equação 10 – Momento de flexão máximo das barras selecionadas.....	32
Equação 11- Comprimento máximo das barras.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.2 Objetivos específicos	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	11
1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 PROJETO MECÂNICO	13
2.1.1 Considerações de projeto	14
2.2 PNEUMÁTICA	14
2.2.1 Propriedades físicas do ar	16
2.2.2 Compressibilidade	16
2.2.3 Elasticidade	17
2.2.4 Difusibilidade	17
2.2.5 Expansibilidade	18
2.2.6 Válvulas de controle direcional	18
2.2.7 Identificação das válvulas	19
2.3 COMPRESSORES	21
2.3.1 Compressor de parafuso	21
2.3.2 Compressor alternativo de pistão	22
2.4 RESISTÊNCIA DOS MATERIAS	23
2.4.1 fator de segurança	24
2.4.2 Soldagem	25
2.4.3 Soldas de topo e filete	26
3 METODOLOGIA	27
3.1 PROJETO ESTRUTURAL	27
3.1.1 Mola pneumática	27
3.1.2 Estrutura do equipamento	29
3.1.3 Controle de atuação	30
3.1.4 Cálculo da estrutura da prancha superior	31

3.1.5 Lista de materiais.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 PROJETO DIMENSIONAL	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
6 SUJESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta de elevação de carga para a aplicação no setor de manutenção automotiva, esse dispositivo facilitará ao operador na execução de atividades rápidas, como exemplo, substituição de pastilhas de freios, reparos de suspensões e outros componentes. O projeto será designado para utilização em veículos de pequeno e médio porte (carros populares, utilitários e caminhonetes).

A abordagem teórica no dimensionamento de elementos de máquinas, resistência dos materiais, soldagem e pneumática, no decorrer deste trabalho facilitará para um melhor entendimento objetivando a definição do conceito do equipamento.

A fundamentação desse trabalho busca o desenvolvimento do projeto, o processo de fabricação e montagem de um protótipo “macaco” pneumático para levantamento de veículos em empresas que atuam na área de manutenção mecânica automotiva.

O dispositivo pneumático que será fabricado poderá atender as necessidades de carga, porem somente com sua estrutura totalmente definida irá ser calculado os esforços mecânicos.

O maior desafio do projeto será a seleção e adaptação do atuador pneumático na estrutura do dispositivo, visto que esses dispositivos são utilizados como componentes de suspensões de ônibus e caminhões. Outro ponto é a relação de momento fletor que implica diretamente na carga máxima de atuação.

Para que facilite o processo de fabricação do protótipo e visando um menor custo do equipamento após o dimensionamento da estrutura superior, será utilizado a estrutura inferior de um macaco jacaré hidráulico usado, feito assim apenas algumas modificações.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um dispositivo de elevação de carga com atuador pneumático com finalidade de aplicação para oficinas mecânicas.

1.1.2 Objetivos específicos

- Dimensionar o dispositivo para capacidade de carga de até 1,5 toneladas.
- Realizar o projeto conceitual objetivando a definição do conceito do equipamento.
- Desenvolver o equipamento visando baixo custo e alta qualidade de projeto.
- Descrição do projeto informacional objetivando a definição das especificações do dispositivo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na maioria das oficinas mecânicas e concessionárias são utilizados comumente equipamentos hidráulicos de acionamento manual para o levantamento de veículos em serviços rápidos, o que implica para o reparador ficar em posições desconfortáveis e se submeter a esforços físicos constantes no momento de elevação da carga.

Todas as oficinas mecânicas possuem instalações de ar comprimido para a realização de diversas atividades, esses equipamentos produzem ar comprimido numa pressão média de trabalho de 125 lbs/pol², portanto facilita a aplicação do “macaco” pneumático.

Além disso, vazamentos de fluidos hidráulicos num ambiente de serviços automotivos são completamente indesejáveis, o local se torna sujo e poluído visualmente o que também não é bem visto pelos clientes.

Visualizando todos esses fatores podemos substituir esses equipamentos hidráulicos por um dispositivo de acionamento pneumático que irá aumentar a produtividade da empresa e trazer benefícios para os funcionários otimizando as condições de trabalho bem como a segurança e a ergonomia.

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 contraídas de cada vez. Para longos períodos, a contração muscular não deve ultrapassar a 20% da força máxima (IIDA, 2005, p.175).

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O dispositivo trará aumento de produtividade da empresa que o faça uso, além de reduzir o esforço físico e fadiga do trabalhador?

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O projeto delimita-se a um dispositivo de elevação de carga de aproximadamente 920 mm de comprimento, 420 mm de largura, com capacidade de até 1500 kg, altura máxima de curso 560 mm, com acionamento pneumático que se propõe a atender veículos de pequeno e médio porte (carros populares, utilitários e caminhonetes), suspendendo parcialmente o chassi do veículo em relação ao solo.

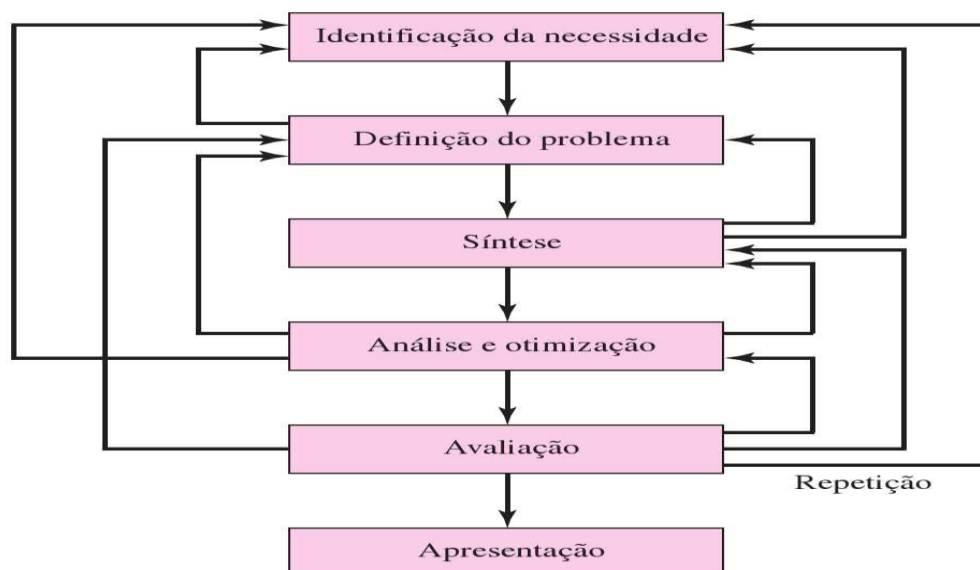
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROJETO MECÂNICO

Um projeto mecânico é um empreendimento complexo que exige várias habilidades. Relações abrangentes precisam ser subdivididas em uma série de tarefas mais simples. A complexidade do assunto requer uma sequência em que os conceitos são introduzidos e reiterados. Primeiro tratamos da natureza do projeto em geral, e depois, do projeto de engenharia mecânica em particular (SHIGLEY, 2011).

Há papéis a serem cumpridos por códigos e padrões, os sempre presentes aspectos econômicos, a segurança e as considerações de responsabilidade pelo produto. A subsistência de um componente mecânico muitas vezes está relacionada à tensão de e à resistência. Incertezas estão sempre presentes em projetos de engenharia e são resolvidos por meio do fator do projeto e do fator de segurança, sejam em termos determinísticos ou estatísticos. Assim, projetar é formular um plano para atender uma necessidade específica ou resolver um problema. Se o plano resultar na criação de algo concreto, então o produto deverá ser funcional, seguro, confiável, competitivo e próprio para ser usado, fabricado e comercializado (SHIGLEY, 2011).

Figura 1 – As fases de projeto, identificando as diversas realimentações e repetições.



Fonte: Shigley (2011).

2.1.1 Considerações de Projeto

Algumas vezes a resistência exigida de um elemento em um sistema é um fator importante na determinação da geometria e das dimensões desse elemento. Em tal situação, dizemos que a resistência é uma consideração de projeto importante. Ao usarmos a expressão consideração de projeto, estamos nos referindo a alguma característica que influi no projeto do elemento ou, talvez, todo o sistema. Normalmente, um bom número de tais características deve ser considerado e priorizado em uma dada situação de projeto. Muitas das características importantes compreendem não necessariamente em ordem de importância:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1- Funcionalidade. | 14- Superfície. |
| 2- Ruído. | 15- Fabricabilidade. |
| 3- Resistência/tensão. | 16- Lubrificação. |
| 4- Estilo. | 17- Utilidade. |
| 5- Distorção/deflexão/rigidez. | 18- Mercantilidade. |
| 6- Forma. | 19- Custo. |
| 7- Desgaste. | 20- Manutenção. |
| 8- Tamanho. | 21- Atrito. |
| 9- Corrosão. | 22- Volume. |
| 10- Controle. | 23- Peso. |
| 11- Segurança. | 24- Vida. |
| 12- Propriedades térmicas. | 25- Responsabilidade pelo produto. |
| 13- Confiabilidade. | 26- Refabricação/recuperação de recursos. |

Algumas dessas características estão diretamente relacionadas com as dimensões, o material, o processamento e a junção dos elementos do sistema. Várias características podem estar inter-relacionadas, afetando a configuração do sistema como um todo (SHIGLEY, 2011).

2.2 PNEUMÁTICA

O termo pneumática é derivado do grego Pneumos ou Pneuma (respiração, sopro) e é definido como a parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuos. É também o estudo da conservação da energia pneumática em energia mecânica, através dos respectivos elementos de trabalho. Embora a

base da pneumática seja um dos mais velhos conhecimentos da humanidade, foi preciso aguardar o século XIX para que o estudo do seu comportamento e propriedades se tornasse sistemático. Porém, pode-se dizer que somente após o ano de 1950 é que ela foi realmente introduzida no meio industrial (PARKER, 2000).

Hoje, o ar comprimido tornou-se indispensável, e nos mais diferentes ramos industriais instalam-se equipamentos pneumáticos.

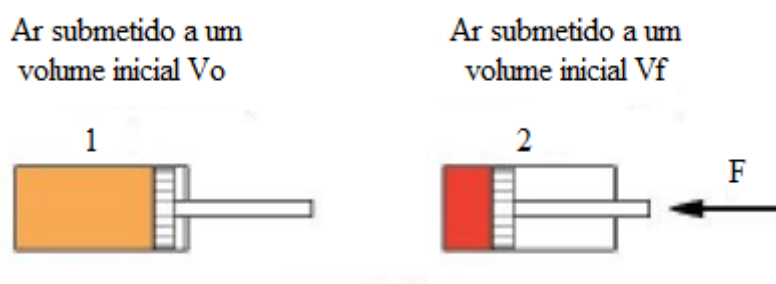
2.2.1 Propriedades físicas do ar

Apesar de insípido, inodoro e incolor, percebemos o ar através dos ventos, aviões e pássaros que nele flutuam e se movimentam. Sentimos também o seu impacto sobre o nosso corpo. Concluimos facilmente que o ar tem existência real e concreta, ocupando lugar no espaço (PARKER, 2006).

2.2.2 Compressibilidade

O ar, assim como todos os gases, tem a propriedade de ocupar todo o volume de qualquer recipiente, adquirindo seu formato, já que não tem forma própria. Assim, podemos encerrá-lo num recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando umas de suas propriedades a compressibilidade. Podemos concluir que o ar permite reduzir seu volume quando sujeito à ação de força exterior (PARKER, 2006).

Figura 2 – Ar sujeito a compressão.

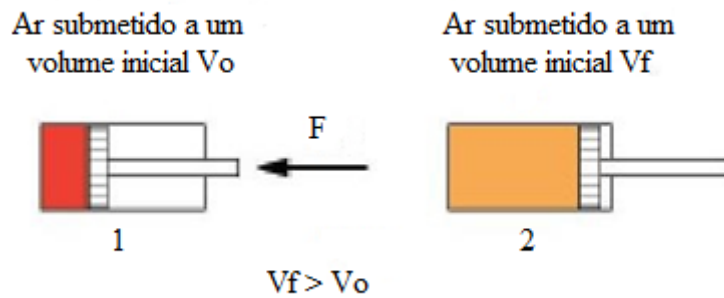


Fonte: Parker (2006).

2.2.3 Elasticidade

Propriedade que possibilita ao ar voltar ao seu volume inicial uma vez extinto o efeito (força) responsável pela redução do volume (PARKER, 2006).

Figura 3 – Elasticidade do ar.

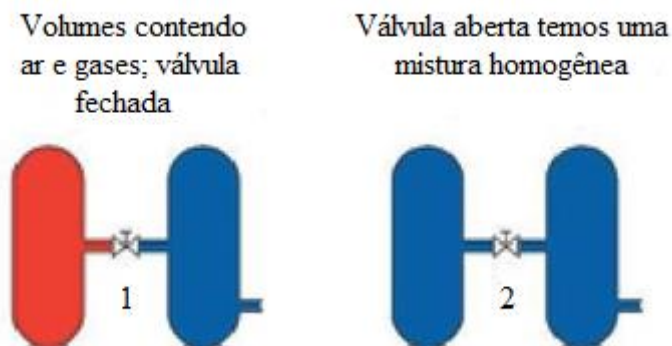


Fonte: Parker (2006).

2.2.4 Difusibilidade

Propriedade do ar que lhe permite misturar-se homogeneamente com qualquer meio gasoso que não esteja saturado (PARKER, 2006).

Figura 4 – Difusibilidade do ar.



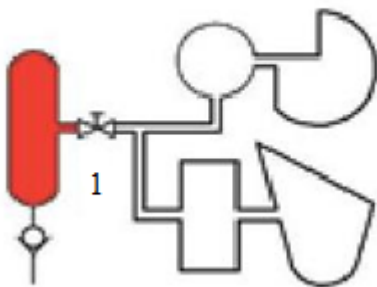
Fonte: Parker (2006).

2.2.5 Expansibilidade

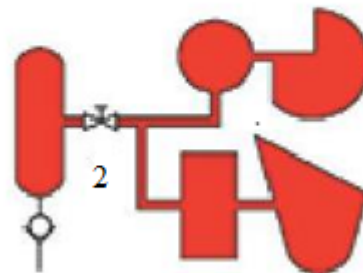
Propriedade do ar que lhe possibilita ocupar totalmente o volume de qualquer recipiente, adquirindo o seu formato (PARKER, 2006).

Figura 5 – Expansibilidade do ar.

Possuímos um recipiente contendo ar; a válvula na situação 1 esta fechada



Quando a válvula é aberta o ar expande, assumindo o formato dos recipientes; porque não possui forma própria



Fonte: Parker (2006).

2.2.6 Válvulas de controle direcional

A válvula é um componente do circuito pneumático que se destina a controlar a direção, pressão e/ou vazão do ar comprimido. Elas podem ser de controle direcional de 2, 3, 4 ou 5 vias, reguladores de vazão ou pressão e de bloqueio, com diversos tipos de atuadores.

Os atuadores pneumáticos, componentes das máquinas de produção, para desenvolverem suas ações produtivas, devem ser alimentados ou descarregados convenientemente, no instante em que desejarmos, ou de conformidade com o sistema programado.

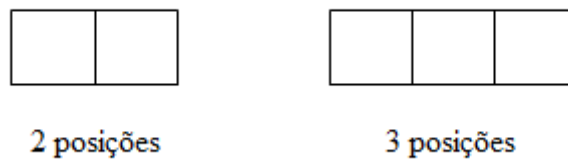
Portanto, basicamente, de acordo com seu tipo, as válvulas servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios, controlar suas intensidades de vazão ou pressão (PARKER, 2000).

2.2.7 Identificação das válvulas

As válvulas de controle direcional são selecionadas de acordo com suas características de construção:

- Posição inicial: É a posição de repouso da válvula, onde não está submetida a nenhum acionamento.
- Tipo de retorno: Pode ser escape provido para conexão canalizada ou livre.
- Vazão: É um parâmetro que determinará a velocidade do atuador.
- Número de posições: É a quantidade de manobras distintas que uma válvula direcional pode executar ou permanecer sob a ação de seu acionamento.

Figura 6 – Simbologia das válvulas de controle direcional.



Fonte: Parker (2000).

- Número de vias: É o número de conexões de trabalho que a válvula possui. São consideradas como vias a conexão de entrada de pressão, conexões de utilização e as de escape.

Figura 7 – Vias de uma válvula de controle direcional.



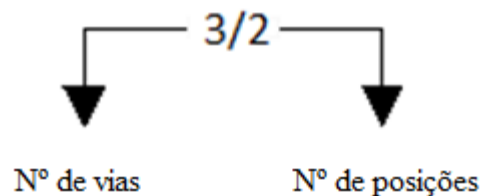
Fonte: Parker (2000).

- Tipo de acionamento: As válvulas exigem um comando que desloque suas partes internas de uma posição para outra, ou seja, que altere as direções do fluxo, efetue os bloqueios e liberação de escapes. Assim os acionamentos podem ser, musculares, mecânicos, pneumáticos, elétricos ou combinados.

Uma regra prática para a determinação do número de vias consiste em separar um dos quadrados (posição) e verificar quantas vezes o(s) símbolo(s) interno(s) toca(m) os lados do quadro, obtendo-se, assim, o número de orifícios e em correspondência o número de vias (PARKER, 2000).

Designação: a primeira cifra da designação indica o nº de vias (excluindo-se os orifícios de pilotagem), a segunda cifra indica o número de posições.

Figura 8 – Exemplo de identificação das válvulas de controle direcional.



Fonte: Parker (2000).

Preferencialmente, os pontos de conexão deverão ser contados no quadro da posição inicial.

Figura 9 – Exemplos de válvulas de controle direcional.



Fonte: Parker (2000).

2.3 COMPRESSORES

Compressores são máquinas destinadas a elevar a pressão de um certo volume de ar, admitido nas condições atmosféricas, até uma determinada pressão, exigida na execução dos trabalhos realizados pelo ar comprimido (PARKER, 2000).

São duas as classificações fundamentais para os princípios de trabalho:

Deslocamento positivo que baseia-se fundamentalmente na redução de volume. O ar é admitido em uma câmara isolada do meio exterior, onde seu volume é gradualmente diminuído, processando-se a compressão. Quando uma certa pressão é atingida, provoca a abertura de válvulas de descarga, ou simplesmente o ar é empurrado para o tubo de descarga durante a contínua diminuição do volume da câmara de compressão (PARKER, 2000).

Deslocamento dinâmico, a elevação da pressão é obtida por meio de conversão de energia cinética em energia de pressão, durante a passagem do ar através do compressor. O ar admitido é colocado em contato com impulsores (rotor laminado) dotados de alta velocidade (PARKER, 2000).

2.3.1 Compressor de parafuso

Este compressor é dotado de uma carcaça onde giram dois rotores helicoidais em sentidos opostos. Um dos rotores possui lóbulos convexos, o outro uma depressão côncava e são denominados, respectivamente, rotor macho e rotor fêmea (PARKER, 2000).

Os rotores são sincronizados por meio de engrenagens; entretanto existem fabricantes que fazem com que um rotor acione o outro por contato direto. O processo mais comum é acionar o rotor macho, obtendo-se uma velocidade menor do rotor fêmea. Estes rotores revolvem-se numa carcaça cuja superfície interna consiste de dois cilindros ligados como um "oito". Nas extremidades da câmara existem aberturas para admissão e descarga do ar. O ciclo de compressão pode ser seguido pelas figuras a, b, c e d (PARKER, 2000).

Figura 10 – Ciclo de trabalho de um compressor de parafuso.



a - O ar entra pela abertura de admissão preenchendo o espaço entre os parafusos.



b - À medida que os rotores giram, o ar é isolado, tendo início a compressão.



c - O movimento de rotação produz uma compressão suave, que continua até ser atingido o começo da abertura de descarga.



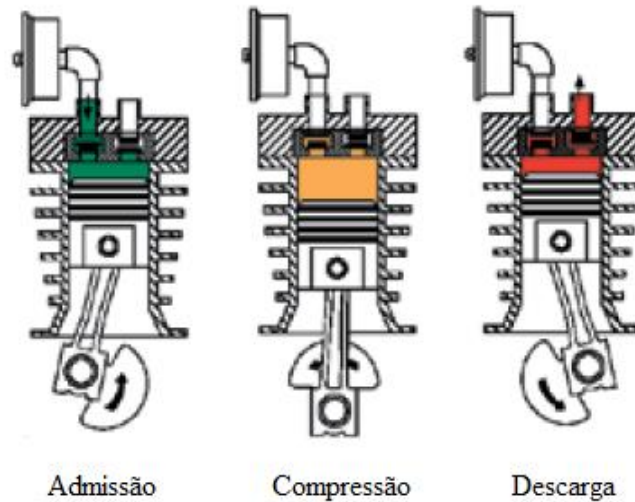
d - O ar comprimido é suavemente descarregado do compressor, ficando a abertura de descarga selada, até a passagem do volume comprimido no ciclo seguinte.

Fonte: Parker (2000).

2.3.2 Compressor alternativo de pistão

Este tipo de compressor é composto por um pistão que está ligado diretamente ao virabrequim por uma biela que proporciona um movimento alternativo de sobe e desce ao pistão, e o empuxo é totalmente transmitido ao cilindro de compressão. Iniciado o movimento descendente, o ar é aspirado por meio de válvulas de admissão, preenchendo a câmara de compressão. A compressão do ar tem início com o movimento da subida, após obter-se uma pressão suficiente para abrir a válvula de descarga, o ar é expulso para o sistema (PARKER, 2000).

Figura 11 – Ciclo de trabalho de um compressor de pistão.



Fonte: Parker (2000).

2.4 RESISTÊNCIA DOS MATERIAS

Resistência é uma propriedade de um material ou de um elemento mecânico. A resistência de um elemento depende da escolha, do tratamento e do processamento do material. Então a resistência é uma propriedade inerente a uma peça, uma propriedade incorporada a peça em razão do emprego de um determinado material e processo (SHIGLEY, 2011).

A distribuição uniforme de tensão num material é utilizada como conceito frequente em projetos mecânicos. O resultado é denominado como, tração pura, compressão pura ou cisalhamento puro, dependendo de como a carga externa é aplicada no corpo de prova.

Assim a tensão σ normal, uniformemente distribuída pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Onde:

σ = Tensão normal (Pa)

F = Força aplicada (N)

A = Área de secção transversal (m^2)

Em caso de esforços tendendo ao cisalhamento, a essa possibilidade deve ser eliminada antes de a equação (1) ser usada.

Aplica-se a seguinte equação para tensão de cisalhamento:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Onde:

τ = Tensão de cisalhamento (Pa)

F = Força aplicada (N)

A = Área de secção transversal (m^2)

2.4.1 fator de segurança

Uma abordagem geral para o problema de carga admissível versus carga de perda de função é o método de fator de projeto determinístico. Todos os modos de perda de função devem ser analisados e o modo que conduz ao menos fator de projeto impera. Depois do projeto ter sido determinado, o fator de projeto real pode mudar em razão de mudanças como arredondamento para um tamanho padrão de uma secção transversal ou o emprego de componentes saídos de prateleiras com valores maiores em vez de empregar o que é calculado usando-se o fator de projeto (SHIGLEY, 2011).

Portanto o calcula para fator de segurança de projeto pode ser descrito como:

$$C_s = \frac{\text{resistência de perda de função}}{\text{tensão admissível}} = \frac{\sigma_u}{\sigma} \quad (3)$$

Onde:

C_s = fator de segurança

σ_u = Resistência de perda de função (tensão última)

σ = Tensão normal admissível

Se substituirmos a equação (1) na equação (3), obteremos a seguinte equação:

$$C_s = \frac{\sigma_u \cdot A}{F} \quad (4)$$

Onde:

C_s = fator de segurança

σ_u = Resistência de perda de função (tensão última)

F = Força aplicada (N)

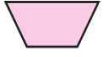
A = Área de secção transversal (m²)

2.4.2 Soldagem

Uma solda é fabricada ao soldar, junto, uma coleção de formas metálicas cortadas a configurações particulares. Durante a soldagem, as várias partes são mantidas juntas de forma segura, frequentemente por grampo ou fixador. As soldas devem ser precisamente especificadas nos desenhos de trabalho, o que é feito usando símbolos de soldagem, como padronizado pela American welding Society (AWS), (SHIGLEY, 2011).

Para elementos gerais de máquinas a maiorias das soldas é de filete, embora soldas de topo sejam bastante usadas em projeto de vasos de pressão. Visto que o calor é usado na operação de soldagem, há mudanças metalúrgicas no metal original nas cercanias da solda. Além disso, tensões residuais podem ser introduzidas por causa da fixação ou sustentação ou, às vezes, pela ordem de soldagem. Usualmente essas tensões residuais não são severas o bastante para causar preocupação, (SHIGLEY, 2011).

Figura 12 – Símbolos dos tipos de soldas.

Conta (ou cordão)	Filete	Tampão ou fenda	Sulco				
			Quadrada	V	Biselada	U	J
							

Fonte: Shigley (2011).

2.4.3 Soldas de topo e filete

Uma solda de entalhe V simples carregada por uma força de tração F , quer para carregamento de tração, quer para de compressão, a tensão normal média, conforme Shigley (2011), pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad (5)$$

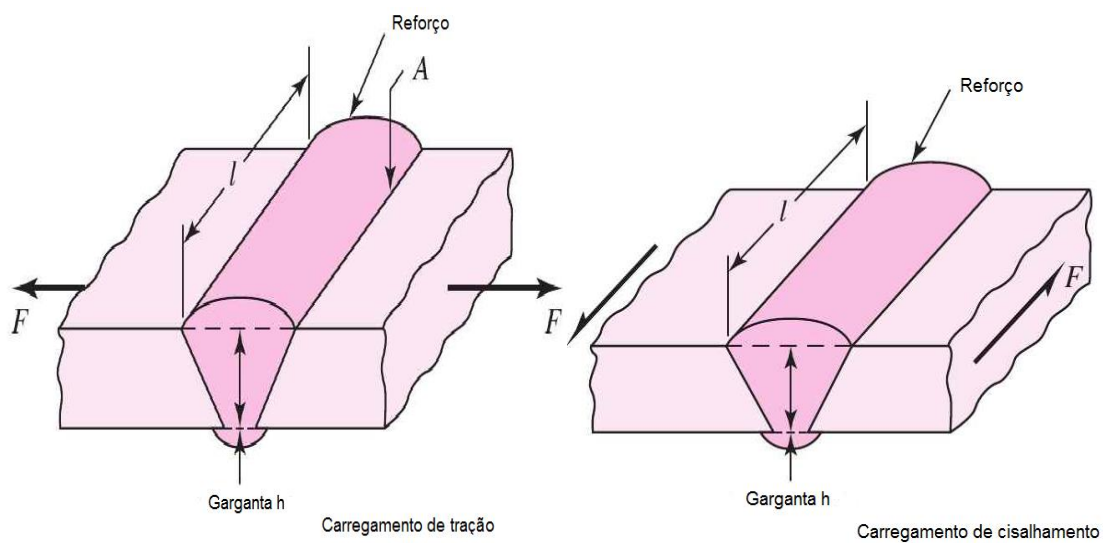
Onde:

σ = Tensão normal (Pa);

h = Garganta de solda (m);

l = Comprimento de solda (m).

Figura 13 – Solda de uma junta de topo típica.



Fonte: Shigley (2011).

O reforço pode ser desejável, mas ele varia um tanto e produz concentração de tensão no ponto A na figura. Se cargas de fadiga existirem, é aconselhável esmerilhar ou retirar o reforço (SHIGLEY, 2011).

3 METODOLOGIA

3.1 PROJETO ESTRUTURAL

Com base nos estudos anteriores, dos conceitos e fatores que envolvem o projeto, será detalhada a estrutura do dispositivo de levantamento de carga “macaco” pneumático.

A seleção de chapas de aço para a construção do dispositivo será baseada em equipamentos já existentes, especificações como espessuras e tipo do aço serão basicamente os mesmos. O foco do dimensionamento será voltado a condição mais crítica do dispositivo que é a seleção e adaptação da mola pneumática de tripla convolução para a elevação da carga.

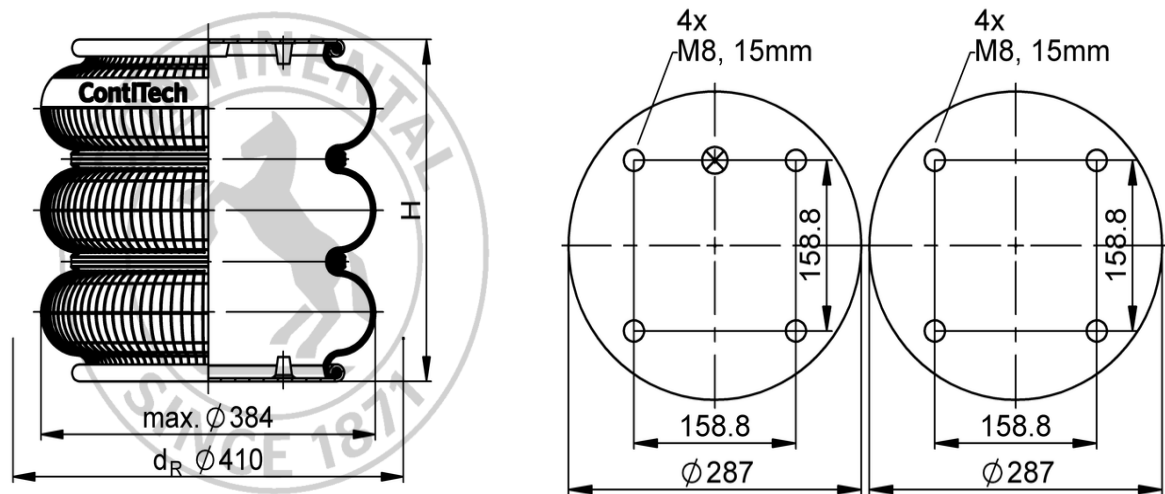
3.1.1 Mola pneumática

Para a seleção da mola pneumática foram consultados catálogos de alguns fabricantes, visto isso a melhor relação custo desempenho que atenderam as necessidades para esse projeto foi obtido pela fabricante Continental.

Assim a bolsa escolhida para adaptação no dispositivo será Conti Tech de tripla convolução código FT 530-32 CI, que segue as seguintes especificações:

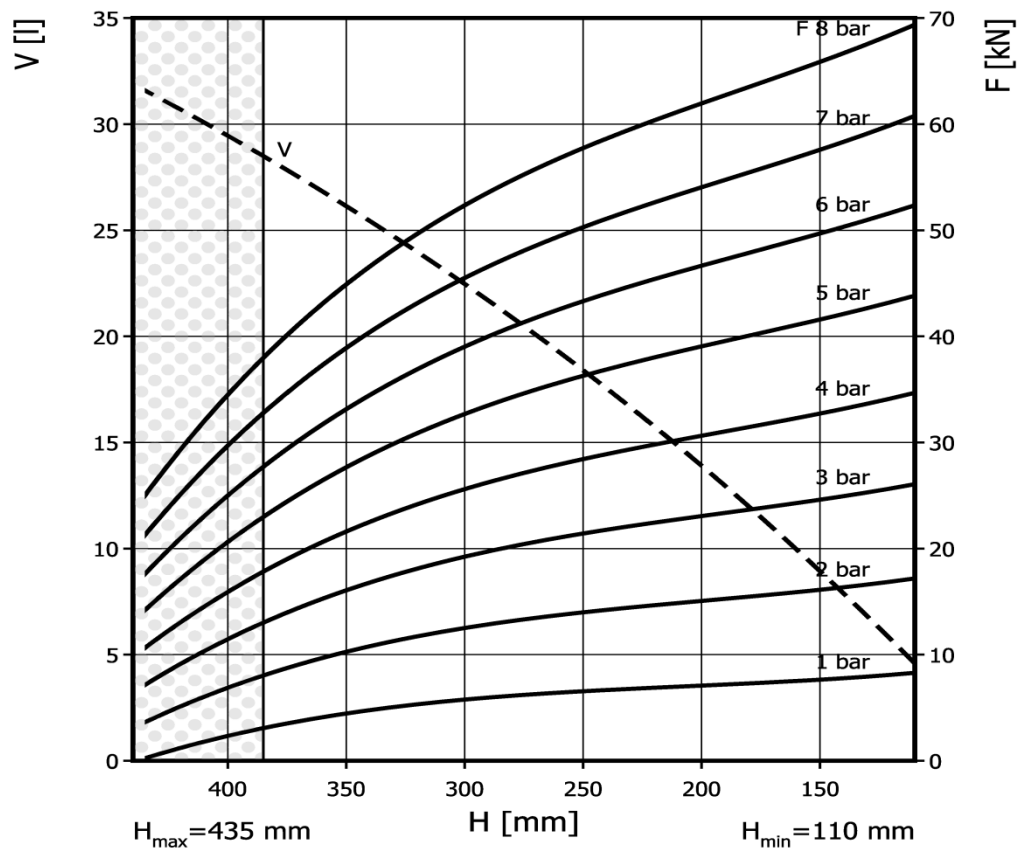
- Diâmetro máximo 384 mm;
- Diâmetro mínimo necessário para instalação 410 mm;
- Altura máxima de expansão 385 mm;
- Altura mínima 110 mm;
- pressão máxima de trabalho 8 bar;
- Carga máxima 40 kN.

Figura 14 – Mola pneumática Conti Tech FT 530-32 CI.



Fonte: Continental (2014).

Figura 15 – Gráfico de condições de trabalho da mola pneumática FT 530-32 CI.



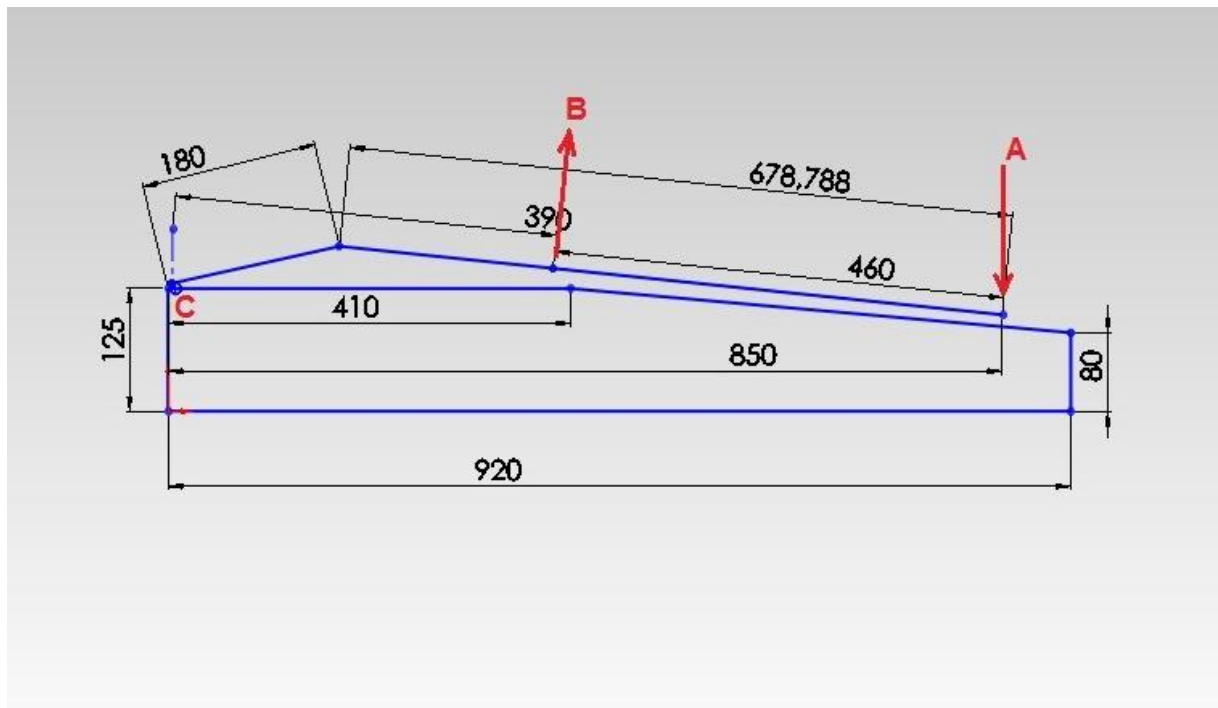
Fonte: Continental (2014).

3.1.2 Estrutura do equipamento

O desenho da estrutura, elementos mecânicos e dimensões serão realizados e desenvolvidos com recursos a partir de ferramentas computacionais de desenhos técnicos.

Primeiramente foi feito um esboço da estrutura para partir dos cálculos de resistência do equipamento, após todo esse detalhamento será criado o desenho dos elementos mecânicos do macaco pneumático e finalmente a montagem dessas partes, para visualizar as características dimensionais do projeto como um todo antes da fabricação, sendo possível assim alterações conforme necessidade.

Figura 16 – Esboço plano lateral da estrutura do macaco pneumático (cotas em mm).



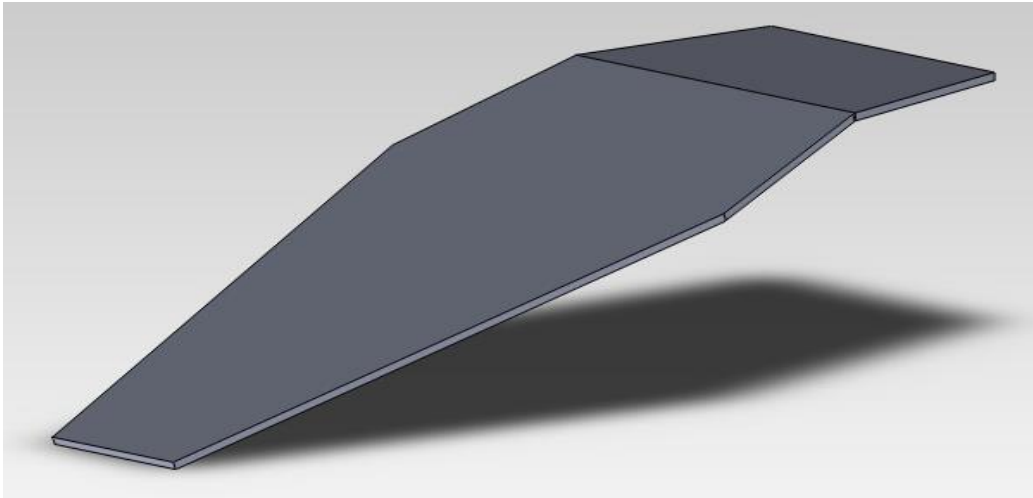
Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto A, é a posição em que será submetido a carga de trabalho, ou seja, a posição de engaste em que o veículo será levantado, com limite de carga máxima de 14,7 kN.

O ponto B representa a posição em que será instalada a mola pneumática, que segundo fabricante possui capacidade máxima de carga de 40 kN.

O ponto C representa o pino de articulação da prancha superior do macaco.

Figura 17 – Prancha superior do macaco pneumático.

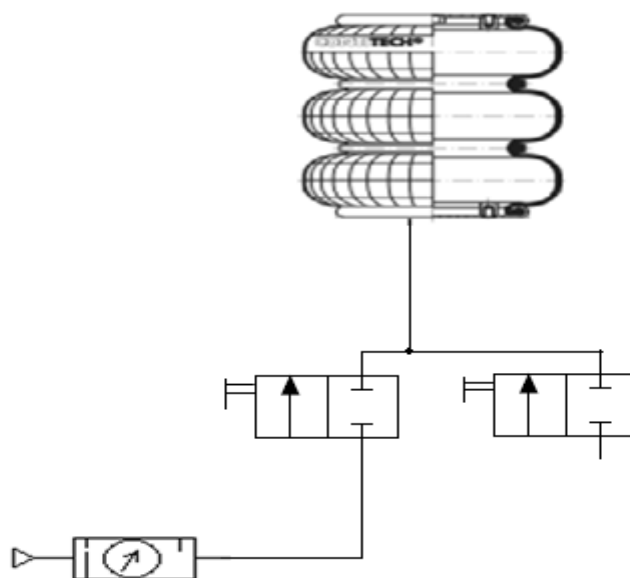


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.3 Controle de atuação

Para o acionamento da mola pneumática será necessário válvulas de controle de fluxo, sendo assim esse sistema possuirá duas válvulas de configuração 2/2 vias de acionamento por alavanca manual.

Figura 18 – Diagrama pneumático.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.4 Cálculo da estrutura da prancha superior

Será necessário barras dispostas no comprimento da prancha para evitar a flexão da mesma de acordo com a carga máxima requerida de 14,7 kN.

Com a carga que já foi definida, nas condições iniciais do projeto pode ser calculado o momento fletor máximo de acordo com o comprimento da prancha para a adaptação da mola pneumática.

- comprimento da prancha (L): 850 mm => 0,85 m
- carga máxima requerida (F): 14,7 kN

$$\begin{aligned} M_{\text{máx}} &= F_{\text{máx}} \cdot L_{\text{ac}} \\ M_{\text{máx}} &= 14,7 \cdot 0,85 = 12,495 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (6)$$

A partir dos dados da fig.14 calculamos o somatório dos momentos em “C”:

$$\sum M_c = 0$$

$$\begin{aligned} - F_a \cdot L_{\text{ac}} + F_b \cdot L_{\text{bc}} &= 0 \\ - F_a \cdot 850 + 40 \cdot 390 &= 0 \\ - F_a &= - \frac{15600}{850} \\ F_a &= 18,35 \text{ kN} \end{aligned} \quad (7)$$

De acordo com a carga máxima requerida de 14,7 kN, é possível colocar a mola pneumática a 390 mm do ponto “C” no comprimento da prancha já que a carga requerida máxima é menor que a carga que mantem o dispositivo estático.

Cálculo do momento fletor do ponto “A” até o ponto “B” aonde será parafusada a mola pneumática:

$$\begin{aligned} M_{\text{máx}} &= F_{\text{máx}} \cdot L_{\text{ab}} \\ M_{\text{máx}} &= 14,7 \cdot 0,46 = 6,76 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (8)$$

Para o travamento da prancha será utilizado barras trefiladas de secção quadrada norma ASTM (American Society for Testing and Materials) A36/NBR7007/MR250:

- Limite de escoamento mínimo 250 MPa.
- Limite de resistência 400-550 MPa.

Visando o menor custo para a escolha das barras, já que este é proporcional ao peso das mesmas adotaremos barras 7/8" que proporcionará uma boa alocação da mola pneumática.

Cálculo do momento de flexão para barras de secção quadrada 7/8" aço trefilado:

$$W_x = \frac{l^3}{6} \quad (9)$$

Onde:

l = Comprimento do lado da barra (m);

W_x = Modulo de resistência a flexão (m^3).

$$W_x = \frac{(0,022225)^3}{6} = 1,82 \cdot 10^{-6} m^3$$

$$M_{f\text{máx}} = \sigma_e \cdot W_x \quad (10)$$

Onde:

$M_{f\text{máx}}$ = Momento de flexão máximo (Nm);

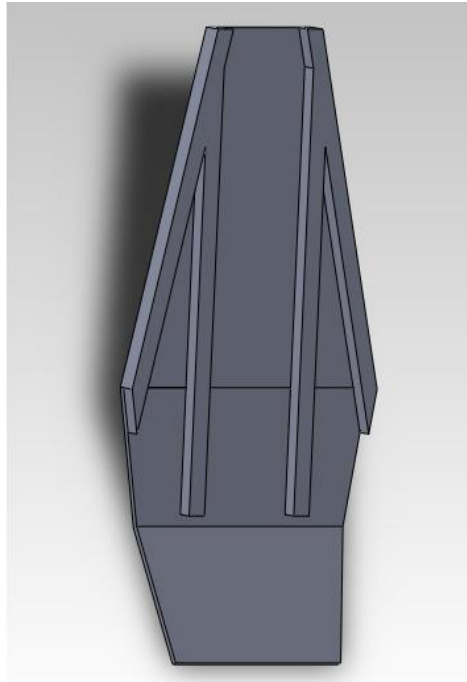
σ_e = Limite de escoamento (Pa).

$$M_{f\text{máx}} = 250 \cdot 10^6 \cdot 1,82 \cdot 10^{-6}$$

$$M_{f\text{máx}} = 457,42 \text{ Nm}$$

Assim verificamos que uma barra de secção transversal quadrada 7/8" segundo as especificações acima, suporta um momento de flexão máximo de 457,42 Nm.

Figura 19 – Esboço da prancha superior com barras de sustentação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como mostra a figura acima serão dispostas quatro barras ao longo da prancha do “macaco pneumático”. Assim podemos verificar o comprimento máximo das barras de acordo o momento de flexão máximo de 457,42 Nm, para que essas não flexionem com a carga máxima requerida de 14,7 kN.

Cálculo do comprimento máximo das barras:

$$F_{\text{máx}} = \frac{14,7 \text{ kN}}{4} = 3,675 \text{ kN}$$

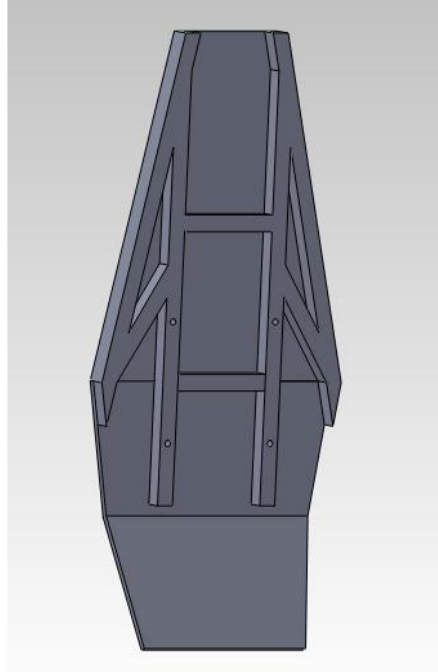
$$M_{\text{f máx}} = F_{\text{máx}} \cdot L_{\text{máx}} \quad (11)$$

$$457,42 = 3,675 \cdot 10^3 \cdot L_{\text{máx}}$$

$$L_{\text{máx}} = 0,124 \text{ m} \Rightarrow 124 \text{ mm}$$

Portanto como foi definido no início a prancha possui um comprimento de 850 mm, assim para que a disposição de quatro barras ao longo da prancha suporte a força máxima de 14,7 kN sem flexionar é necessário que seja feito um travejamento a cada 124 mm do comprimento das barras.

Figura 20 – Esboço da prancha superior com barras de sustentação e travejamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.5 Lista de materiais

Para a montagem do equipamento será utilizado os seguintes itens:

- chapas de aço laminado de espessura 3/16”;
- Eletrodos revestidos E6013 para a soldagem e união das chapas;
- Eletrodos revestidos E312-16 para a soldagem e união dos eixos e articulações;
- Barras de aço A36/MR250 de secção transversal circular de 20 mm de diâmetro;
- Barras de aço A36/MR250 de secção transversal quadrada 7/8 de polegadas;
- Mola pneumática Conti Tech de tripla convolução, código FT 530-32 CI;
- 2 metros de mangueira poliuretano Pu 10 mm;
- 2 Válvulas de controle de fluxo 2/2 vias de acionamento por alavanca manual;
- Conexões de rosca 1/4 de polegadas;

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROJETO DIMENSIONAL

O projeto consistiu no desenvolvimento de um sistema de elevação de carga para aplicação em oficinas dedicadas ao setor automotivo. Com o planejamento do projeto, desenvolvimento conceitual, obteve-se a identificação da oportunidade de negócio e demandas do mercado contribuindo para o desenvolvimento de um produto que atenda o vasto número de requisitos. Com a análise dos produtos já existentes em mercado foi possível coletar suas qualidades e deficiências para o desenvolvimento de um mecanismo diferenciado.

O projeto não apresentou grandes dificuldades no setor da pesquisas, visto que foram abordados os conceitos teóricos de resistência dos materiais, elementos de máquinas, soldagem e pneumática, que possui uma grande abrangência na literatura e facilidade de acesso desses materiais.

O macaco pneumático para a elevação de veículos deverá realizar a sua função com eficiência, transmitido segurança e de fácil manuseio. Utilizando as especificações e os resultados do dimensionamento desse trabalho, será fabricado um protótipo para a avaliação desses resultados, podendo assim fazer algumas alterações visando melhorias no dispositivo se necessário.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo foi testado em alguns veículos de pequeno e médio porte (carros populares, utilitários e caminhonetes). Em todas as aplicações que foi submetido obteve-se êxito na elevação sem avarias do equipamento, visto que os veículos aos quais foram testados não ultrapassam peso bruto de 14,7 kN entre eixos. Obteve-se uma altura máxima de 560 mm como foi definido no início nas condições de projeto.

Além disso foi verificado uma grande facilidade e eficiência na elevação visto que o acionamento do macaco se dá por válvulas pneumáticas de controle manual, não exigindo maior esforço do operador como em macacos hidráulicos convencionais.

Alguns cuidados que operador deve ter são no momento de posicionar o macaco na estrutura do veículo, para que não ocorra deslizamento da base de engaste do macaco com a estrutura do veículo podendo assim então ocorrer um acidente, porem esse cuidado é necessário em qualquer equipamento que execute essa função de elevação de veículos.

Outra atenção necessária é ficar atento para que não se ultrapasse a pressão máxima de trabalho permissível da mola pneumática, pois há risco de explosão e danos físicos ao operador. Esse risco pode ser eliminado instalando um regulador de pressão na linha de ar comprimido.

Observação: Não é indicado que esse equipamento seja utilizado como travamento de sustentação permanente no veículo, para isso existem outros equipamentos como cavaletes que após a elevação do veículo são posicionados no chassis para a retirada do macaco pneumático e a permanência do veículo na altura desejada para a realização do reparo mecânico.

Especificações do equipamento:

- Carga máxima = 14,7 kN
- Altura mínima = 120 mm;
- Altura máxima = 560 mm;
- Pressão máxima de operação 800 kPa;

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para o protótipo pode ser feito algumas alterações de projeto que agrega maior confiabilidade e segurança, como o desenvolvimento de uma trava de segurança automática que em caso de falha ou vazamento da mola pneumática, esse dispositivo sustentará o veículo erguido evitando o acidente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONTINENTAL. **Catálogo de aplicações de molas pneumáticas**. 2014. Disponível em: <www.contitech.com>. Acesso em: 25 março 2017.

G. BUDYNAS, Richard; NISBETT, J. Keith. **Elementos de máquinas de Shigley**. 8.ed. Porto Alegre RS: AMGH Editora Ltda, 2011.

MELCONIAM, Sarkis. **Mecânica técnica e resistências dos materiais**. São Paulo: Érica, 1999.

PARKER HANNIFIN. **Tecnologia pneumática industrial**. 2000. Disponível em: <www.parker.com.br/training>. Acesso em: 25 março 2017.

_____. **Dimensionamento de redes de ar comprimido**. 2006. Disponível em: <www.parker.com.br/training>. Acesso em: 26 março 2017.

STEMCO. **Catálogo de molas pneumáticas**. 2016. Disponível em: <www.stemco.com/literature>. Acesso em: 29 abril 2017.