

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO ENGENHARIA MECÂNICA**

PAULO DANIEL JAZYNSKI

**REDIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES DE UMA
CALANDRA DE TRÊS ROLOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2019**

PAULO DANIEL JAZYNSKI

**REDIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES DE UMA
CALANDRA DE TRÊS ROLOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Laercio Javarez Junior

PONTA GROSSA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

REDIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES DE UMA CALANDRA DE TRÊS ROLOS

por

PAULO DANIEL JAZYNSKI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 2 de dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Laercio Javarez Junior
Orientador

Prof. Dr. Felipe Barreto Campelo Cruz
Membro Titular

Prof. Dr. Luciano Augusto Lourençato
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho
Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer ao bom Deus por ter me ajudado e amparado desde a entrada no curso de engenharia mecânica e até este momento tão esperado, tanto me dando forças, paciência, inteligência e guiando meu caminho.

Agradeço a minha mãe do céu Maria Santíssima, pela interseção junto a Jesus Cristo.

Agradeço também a minha mãe por sempre ter me dado forças, ter tido paciência e nunca ter desistido de mim. Agradeço também pelo apoio de meu pai. Agradeço aos meus demais familiares que de algum modo me ajudaram.

Agradeço todos os meus amigos e colegas que estudaram comigo, sempre me ajudando, me ensinando e me dando forças. Agradeço a Alessandro Machado e família.

Agradeço aos professores que passaram pelo meu caminho, tendo paciência e me ajudando a adquirir todo conhecimento obtido.

Ao Prof. Dr. Laercio Javarez Junior por aceitar me orientar, pela paciência, pelo incentivo, por toda ajuda.

Resumo

DANIEL JAZYNSKI, Paulo. **Redimensionamento de componentes de uma calandra de três rolos**. 2019. 102 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Atualmente, devido à grande concorrência para se permanecer no mercado, faz-se necessário que a produtividade esteja aliada a redução de custos, tais como a diminuição de peças perdidas durante o processo. Para que este desperdício seja evitado é necessário se ter equipamentos adequados aos processos. Este estudo partiu da necessidade encontrada numa calandra, equipamento de conformação de chapas. Para tanto, foi redimensionada uma correia responsável pela transmissão do torque do motor até os rolos. Já as molas que sustentam o rolo superior, foram redimensionadas de modo a proporcionar mais segurança durante o processo de remoção da chapa já conformada. Os resultados mostram que com redimensionamento das correias, o modelo Super HC é o mais indicado, contudo, é necessário trocar o conjunto de polias. Após a análise das molas para diferentes materiais e extremidades, tem-se que a mola de material SAE 1085 com extremidade em esquadro atende a necessidade do equipamento.

Palavras Chave: Calandragem. Calandra de três rolos. Conformação de chapas. Dobramento através de rolos. Redimensionamento.

ABSTRACT

DANIEL JAZYNSKI, Paulo. **Resizing components of a three-roll calender**. 2019. 102 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica - Federal Technological University - Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Nowadays, due to the great competition to stay in the market, it is necessary that productivity is combined with cost reduction, such as the reduction of lost parts during the process. In order to avoid this waste, it is necessary to have equipment suitable for the processes. This study was based on the necessity found in a calender, sheet metal forming equipment. To this end, a belt has been resized to transmit the torque from the motor to the rollers. The springs that support the upper roll have been resized to provide more security during the removal process of the already formed sheet. The results show that with belt resizing, the Super HC model is the most suitable, however, it is necessary to change the set of pulleys. After analyzing the springs for different materials and ends, the SAE 1085 square-ended material spring meets the need for the equipment.

Keywords: Calendering. Three roller calender. Sheet metal forming. Folding through rollers. Resizing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Primeira Calandra patenteada - E. M. Chaffee (1836).....	18
Figura 2 - Componentes básicos de uma calandra – a) rolos; b) estrutura metálica; c) conjunto de engrenagens.....	19
Figura 3 - Calandra Manual de Dois Rolos	20
Figura 4 - Calandra de Três Rolos	20
Figura 5 - Calandra de Quatro Rolos	21
Figura 6 - Calandra de Três Rolos – a) Calandra de Passo; b) Calandra Piramidal ..	22
Figura 7 - Topologia de Calandra: a) 3 cilindros assimétrica.....	22
Figura 8 - Processo de Calandragem.....	23
Figura 9 - Sequência Curvamento de Chapas	23
Figura 10 - Etapas de Curvamento de Chapas – Calandragem Tradicional	24
Figura 11 - Calandra três rolos e componentes – vista frontal	26
Figura 12 - Redutor de Velocidade.....	26
Figura 13 - Componentes da Calandra – Vista lateral.....	27
Figura 14 - Sistema para retirada da chapa conformada – a) castelo calandra, b) castelo.....	28
Figura 15 - Castelo móvel para retirada da chapa conformada.....	29
Figura 16 - Calandra - Localização da mola helicoidal.....	29
Figura 17 - Calandra – Componentes Transmissão.....	30
Figura 18 - Molas Helicoidais	31
Figura 19 - Tipos de Molas Prato	32
Figura 20 - Molas de Lâminas	32
Figura 21 - Molas de Torção	33
Figura 22 - Diferentes tipos de Molas Helicoidais de Compressão	33
Figura 23 - Resistências mínimas sob tração de fios de mola	35
Figura 24 - Mola helicoidal sujeita à compressão e tração.....	36
Figura 25 - Aços de mola de liga e alto carbono	37
Figura 26 - Tipos de extremidades de mola helicoidal de compressão.....	38
Figura 27 - Tipos de correias.....	39
Figura 28 - Esforços na transmissão	41
Figura 29 - Bucha vazada – encaixe do cilindro.....	45
Figura 30 - Detalhe diâmetros diferentes do cilindro – Calandra.....	46
Figura 31 - Correia utilizada na Calandra.....	51
Figura 32 - Motor utilizado na Calandra – a) vista frontal; b) vista superior	52
Figura 33 - Identificação do Motor utilizado na Calandra – a) motor calandra, b) placa	52
Figura AN - 34 A - Dados disponíveis para materiais de eixos das calandras - Calandra de Chapas Manual de 1,5m x 0,8mm CCHMN115	99

Figura AN - 35 A - Dados disponíveis para materiais de eixos das calandras - Calandra de Chapas Manual de 2m x 0,8mm CCHMN22	99
Figura AN - 36 A - Dados disponíveis para materiais de eixos das calandras - Calandra Inicial Manual ou Motorizada - 525 x 2mm	100
Figura AN - 37 B - Dados disponíveis para materiais de buchas das calandras - Calandra Manual 3 Rolos Para Chapa 5/16"	102
Figura AN - 38 B - Dados disponíveis para materiais de buchas das calandras - CALANDRA MECANICA JTR 2540 X 1/2 "	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aços de mola de liga e alto carbono	34
Tabela 2 - Aços de mola de liga e alto carbono	35
Tabela 3 - Tensões Admissíveis e Tensões com a Mola Fechada	50
Tabela 4 - Coeficiente de atrito (μ)	53
Tabela 5 - Diâmetros Pitch mínimos recomendados – correias Hi-Power (polegadas)	56
Tabela 6 - Diâmetros externos mínimos recomendados para correias Super HC (em polegadas).....	57
Tabela 7 - Fator de correção da distância entre centros	58
Tabela 8 - Comprimento das correias Hi-Power II.....	59
Tabela 9 - Comprimento das correias Super HC.....	60
Tabela 10 - Classificação de CV por correia (mm) para correias Hi-Power II perfil A61	
Tabela 11 - Classificação de CV por correias (mm) para correias Super HC perfil 3 V	61
Tabela 12 - Fator de correção do arco de contato	62
Tabela 13 - Fator de correção de comprimento de correias Hi-Power II	63
Tabela 14 - Fator de correção de comprimento de correias Super HC	64
Tabela 15 - Valores aferidos buchas de bronze	67
Tabela 16 - Valores aferidos cilindro de aço maciço	67
Tabela 17 - Valores para dimensionamento mola	68
Tabela 18 - Diâmetros de arames e barras normalizados DIN 2076 – 2077.....	68
Tabela 19 - Valores do módulo de cisalhamento (G) para os matérias escolhidos... 68	
Tabela 20 - Valores obtidos para extremidade da mola em esquadro, d = 4,5 mm – SAE 1085	69
Tabela 21 - Valores obtidos para extremidade da mola em esquadro, d = 5,0 mm – SAE 1085	70
Tabela 22 - Valores determinados para dimensionamento correia	70
Tabela 23 - Dados das variáveis, valores de acordo com a figura/tabela/quadro respectiva	71
Tabela 24 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Hi-Power II.....	72
Tabela 25 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Super HC.....	73
Tabela 26 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Hi-Power II (novos diâmetros)	74
Tabela 27 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Super HC (novos diâmetros)	75
Tabela AP - 28 A - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço SAE 1065	84
Tabela AP - 29 A - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço SAE 1065	84

Tabela AP - 30 B - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço SAE 1085	87
Tabela AP - 31 B - Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço SAE 1085	87
Tabela AP - 32 C - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Inoxidável A-313.....	90
Tabela AP - 33 C - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço Inoxidável A-313.....	90
Tabela AP - 34 C - Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço Inoxidável A-313	91
Tabela AP - 35 D - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	93
Tabela AP - 36 D - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	93
Tabela AP - 37 D - Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	94
Tabela AP - 38 E - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço SAE 1065 – d = 5,00 mm	96
Tabela AP - 39 E - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Inoxidável A-313 – d = 5,00 mm.....	96
Tabela AP - 40 E - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150 – d = 5,00 mm	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Variáveis fixas para dimensionamento mola	47
Quadro 2 - Número de espiras e comprimento da mola, de acordo com a extremidade	49
Quadro 3 - Variáveis definidas para dimensionamento da correia	51
Quadro 4- Fator de serviço (f_s) para dimensionamento de correias	53

LISTA DE ACRÔNIMOS

SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 CONFORMAÇÃO MECÂNICA.....	16
2.2 MÁQUINA CALANDRA	17
2.2.2 Tipos de Calandras.....	19
2.2.3 Processo de Calandragem	23
2.2.4 Calandra de Três Rolos - Piramidal	25
2.3 MOLAS	31
2.3.1 Materiais para Molas.....	34
2.3.2 Projetos de Molas	36
2.4 CORREIAS	39
2.4.1 Dimensionamento de correias.....	40
3 METODOLOGIA	42
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	42
3.2. APLICAÇÃO DA PESQUISA.....	42
3.3 REDIMENSIONAMENTO DAS MOLAS	43
3.4 REDIMENSIONAMENTO DA CORREIA.....	51
4 RESULTADOS	67
5 CONCLUSÃO	77
5.1 SUGESTÃO DE ESTUDOS FUTUROS.....	77

6 REFERÊNCIAS.....	78
APÊNDICE A – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em esquadro, ponta esmerilhada e em esquadro e esmerilhada para o Aço SAE 1065	83
APÊNDICE B – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em ponta esmerilhada e em esquadro e esmerilhada para o Aço SAE 1085.....	86
APÊNDICE C – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em esquadro, ponta esmerilhada e em esquadro e esmerilhada para o Aço inoxidávelA-313.....	89
APÊNDICE D – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em esquadro, ponta esmerilhada e em esquadro e esmerilhada para o Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150.....	92
APÊNDICE E – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em esquadro para o Aço SAE 1065, Aço inoxidávelA-313 e Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	95
ANEXO A – Dados disponíveis em sites de empresas com as características das máquinas calandras.....	98
ANEXO B – Dados disponíveis em sites de empresas com as características das buchas das máquinas calandras	101

1. INTRODUÇÃO

Em meados do século XVIII na Europa a população habitava os campos e produziam seus bens de forma artesanal, com suas próprias mãos, sem emprego de máquinas sofisticadas. Contudo, em parte do século XVIII e XIX, tem-se início a chamada Revolução Industrial onde teve-se a substituição da mão-de-obra artesanal pelo uso de máquinas. Com o passar dos anos ocorreram a segunda e terceira fase da Revolução Industrial, promovendo diversos avanços tecnológicos.

Atualmente, com os avanços tecnológicos, a necessidade de atender o usuário final de um produto faz com que as empresas procurem meios para produção de seu produto de forma rápida, eficaz, com baixo custo de operação e evitando o desperdício. Contudo, para que isto seja possível, é necessário investir em equipamentos, fazendo com que a empresa permaneça ativa no mercado (SHIBAO; MOORI; SANTOS, 2010).

Incontáveis companhias, de diferentes ramos, necessitam curvar diferentes materiais, desde tubos, chapas e perfis. No mercado estão disponíveis diferentes tipos de máquinas curvadoras, desde modelos mais simples até automatizados, de diferentes tamanhos de elevada produção (POLL, 2008).

Tal cenário possibilitou o desenvolvimento deste estudo de caso. Foi analisado uma máquina, utilizada para conformação de chapas de aço, a qual necessita de melhorias. O equipamento é uma calandra mecânica de três rolos, de modelo simples se comparado com os disponíveis no mercado atualmente que são automatizados e com maior custo para compra.

No processo de calandragem o volume e a massa do material se mantêm, permitindo obter peças com superfícies de revolução, cilindros, cones, bem como é possível curvar diferentes tipos de perfis, como barras, cantoneiras, entre outros. As peças produzidas através deste processo podem ser usadas em tanques, silos e reservatórios, caldeiras, trocadores de calor, vasos de pressão, na área aeronáutica e naval.

O equipamento em estudo não possui informações sobre o fabricante do equipamento, não deixando claro se foi produzido por uma empresa ou de modo artesanal. O presente trabalho procura descrever os passos para dimensionamento

de dois elementos da calandra, considerando as características necessárias que cada um deve possuir.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, conforme apresentado a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Fazer o dimensionamento de uma correia e mola de uma calandra de três rolos por meio de cálculos, de modo a possibilitar o emprego dos mesmos no equipamento.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar a mola helicoidal que suporta o rolo superior, adaptando-a à restrição de espaço imposta pelo equipamento;
- Dimensionar a correia responsável pela transferência de torque do motor elétrico para os rolos.

1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Difusão da máquina nos métodos de fabricação e necessidade de manutenção de máquinas e equipamentos não padronizados sem comprometer a segurança do operador, são fatores levados em conta para tal estudo.

Devido a simplicidade deste equipamento, empregado na conformação de chapas, observa-se a necessidade de a mola helicoidal ser substituída de modo a

facilitar a retirada da chapa já conformada. O dimensionamento da correia é outro aspecto a ser considerado, acarretando na clareza de qual modelo é o adequado para o equipamento. Espera-se que tais melhorias influenciem posteriormente no processo produtivo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentado um referencial teórico descrevendo o processo de conformação mecânica, apresentando os equipamentos que podem ser empregados para tal processo, os tipos, materiais e normas para dimensionamento de uma correia e molas helicoidais.

2.1 CONFORMAÇÃO MECÂNICA

O procedimento de conformação de materiais metálicos é definido como o método de alteração do formato desse material para um determinado formato. Estes métodos podem ser através de procedimentos mecânicos, onde as alterações de formato são através da utilização de tensões externas, podendo ser em temperaturas elevadas, porém sem a fusão do metal e o outro pode ser por métodos metalúrgicos, onde as mudanças de formato podem ser relacionadas às tensões externas, e a temperaturas elevadas com fusão do metal ou por meio de difusão de fragmentos metálicos (BRESCIANI FILHO, 2011).

Estes formatos alcançados através de procedimentos mecânicos são compostos por métodos de deformação plástica, onde o volume e a massa do metal não são alterados e as tensões aplicadas são comumente menores ao limite de resistência a ruptura que o material suporta. Já pelos métodos de remoção metálica ou usinagem, onde é removido parte do material para alcançar a configuração esperada, onde as tensões apostas são consecutivamente altas ao limite suportado pelo material (DIETER, 1981; BRESCIANI FILHO, 2011).

Bresciani Filho (2011) explica que os procedimentos de conformação plástica podem ser qualificados segundo diferentes critérios, conforme:

- A espécie de esforço predominante;
- À temperatura de trabalho;
- À configuração do material trabalhado ou do resultado final;
- A dimensão da região de deformação (restrita ou total);
- A espécie de fluxo do material (imóvel ou alternado);

- A espécie de produto obtido (semiacabados ou acabado).

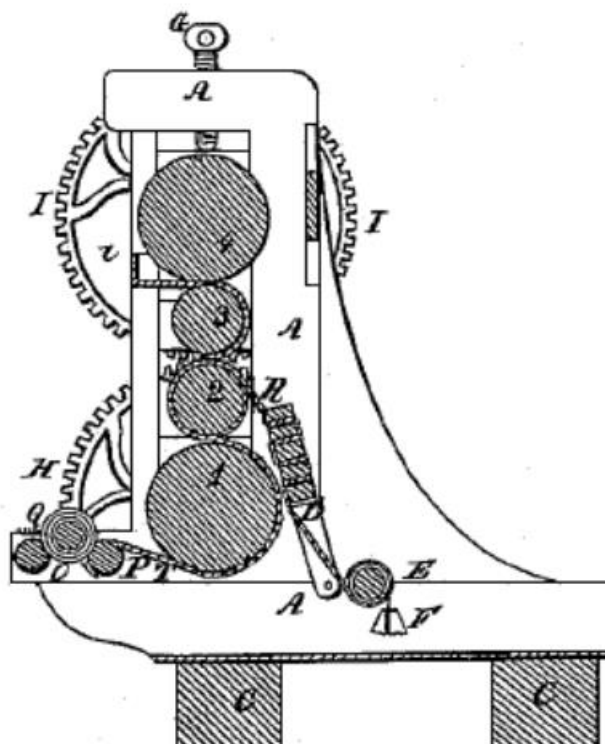
Com relação a temperatura de trabalho, o trabalho a frio se trata da deformação que ocorre na temperatura fria, ou seja, deformação ocorrida abaixo da temperatura de recristalização do metal, produzindo um aumento na resistência, contudo diminuição da ductilidade. O trabalho a quente é realizado com temperaturas superiores à da temperatura de recristalização, o qual possibilita um elevado número de modificações, pois o material continua macio e dúctil (CALLISTER, 2002).

O processo de dobramento, assim como o de calandragem são concretizados a frio, ou seja, deformados a temperatura ambiente. As vantagens da conformação a esta temperatura são o acabamento superficial e uma maior produtividade (GONZÁLEZ, 2000). O processo de dobramento por rolos é realizado através da calandra, o qual possui diferentes tipos de arranjos para este equipamento, o qual é detalhado nos tópicos a seguir.

2.2 MÁQUINA CALANDRA

Calandragem é um procedimento de ampla relevância para a indústria em geral e com grande importância em diferentes departamentos da produção. A calandragem teve início na Inglaterra, 1825 em meio a Revolução Industrial, com o arquivo da primeira patente deste tipo de equipamento, inventada por Thomas Hancock, somente com dois rolos utilizada na produção de tecidos carregados com borracha. Em 1836, Edwin Chaffee consignou a patente de sua Calandra de quatro rolos, com duas dimensões de raios desiguais. (TADMOR; GOGOS, 2006; SILVA et al., 2017). Na figura 1, pode-se observar a primeira calandra patenteada.

Figura 1 - Primeira Calandra patenteada - E. M. Chaffee (1836)



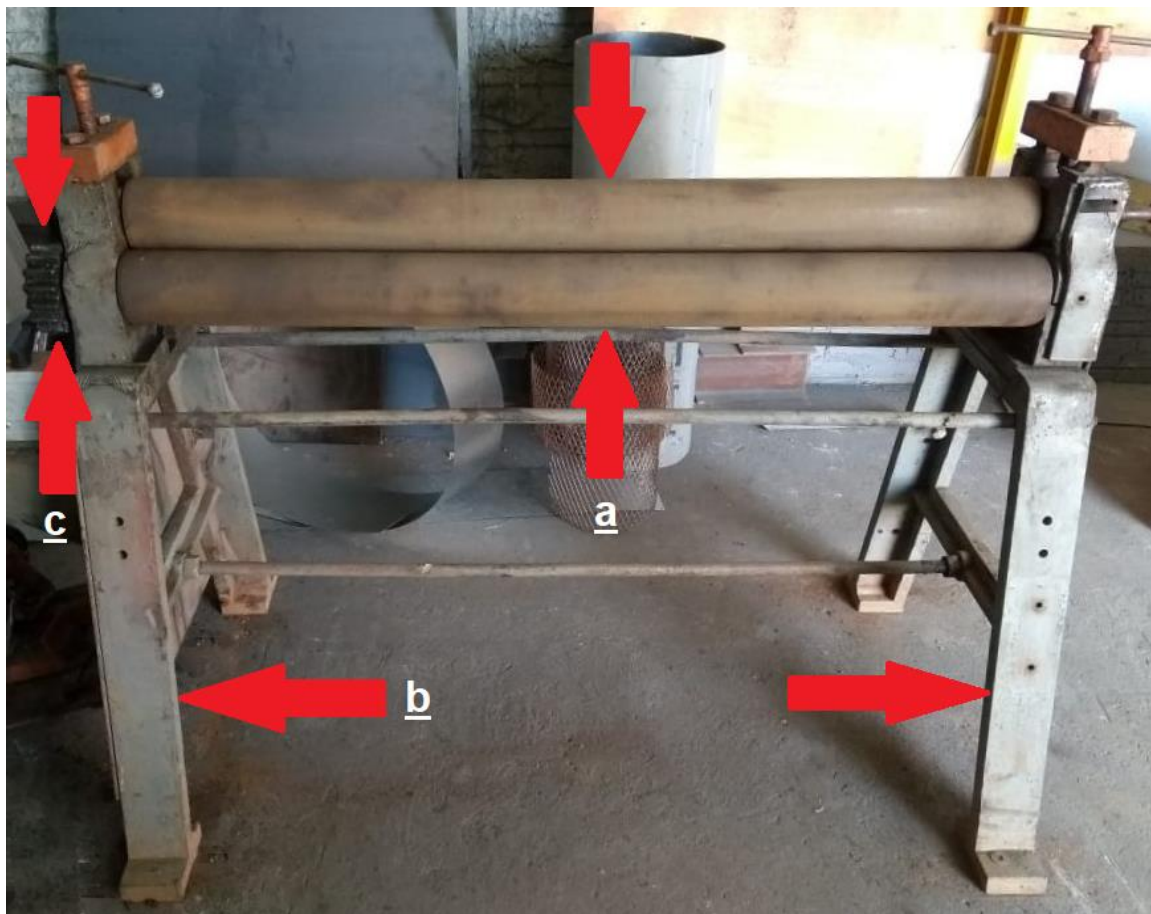
Fonte: Silva et al. (2017, p. 11)

O ato mecânico de curvar chapas, tubos de espessura fina, produzindo perfis curvos, denomina-se calandragem e os equipamentos usados para tal, são as calandras. Algumas calandras, induzidas por motor admitem curvar chapas com espessura de até mesmo 40mm, extensão de 6 metros e largura de 2 metros (DIETER, 1981; FRANCO, 1991).

As calandras induzidas por motor são classificadas como calandras mecânicas, devido ao seu acionamento, havendo também as calandras manuais, empregadas para curvamento de chapas com espessura menor e para uma demanda e peças de pequena escala, devido a sua potência ser restrita e possuir menor precisão.

Uma calandra é composta por dois ou mais rolos de ferro fundido, conforme a aplicação estes rolos possuem um furo passante no centro, o qual permite a transição de água ou vapor, usados para o controlar a temperatura. Estes cilindros estão dispostos em uma armação metálica, adequada ao seu tamanho e configuração. Este equipamento possui engrenagens que movimentam os rolos, permitindo controle da velocidade dos mesmos, conforme a tarefa a ser realizada. Na figura 2 pode-se observar estes componentes.

Figura 2 - Componentes básicos de uma calandra – a) rolos; b) estrutura metálica; c) conjunto de engrenagens



Fonte: Autoria própria

2.2.2 Tipos de Calandras

A calandra é formada por um grupo de rolos, com deslocamento rotativo e pressão ajustável. Este equipamento comumente contém de 3 ou 4 rolos, de modo que o de 3 rolos é mais usual na indústria, onde os rolos permanecem organizados em formato piramidal (PALMEIRA, 2005).

A calandra possui diferentes modelos disponíveis no mercado, podendo ser de dois (Figura 3), três (Figura 4) ou mais rolos (Figura 5), fabricados geralmente em ferro fundido, dependendo da área de aplicação (chapas de aço, borracha, polímeros, entre outros). Os cilindros rotacionam em velocidade ajustada e possuem certa distância entre si, à medida que sua pressão pode ser regulada por meio de manípulos elevados e um fuso fundamental, ajustados manualmente ou de forma automática, fornecendo a curvatura da chapa (OLIVEIRA, 2011; POLL, 2008).

Figura 3 - Calandra Manual de Dois Rolos



Fonte: Direct Industry (2019)

Na figura 4 tem-se uma calandra de três rolos com acionamento mecânico.

Figura 4 - Calandra de Três Rolos



Fonte: Costamaq (2019)

Na figura 5, tem-se uma calandra de quatro rolos com dobra inicial.

Figura 5 - Calandra de Quatro Rolos

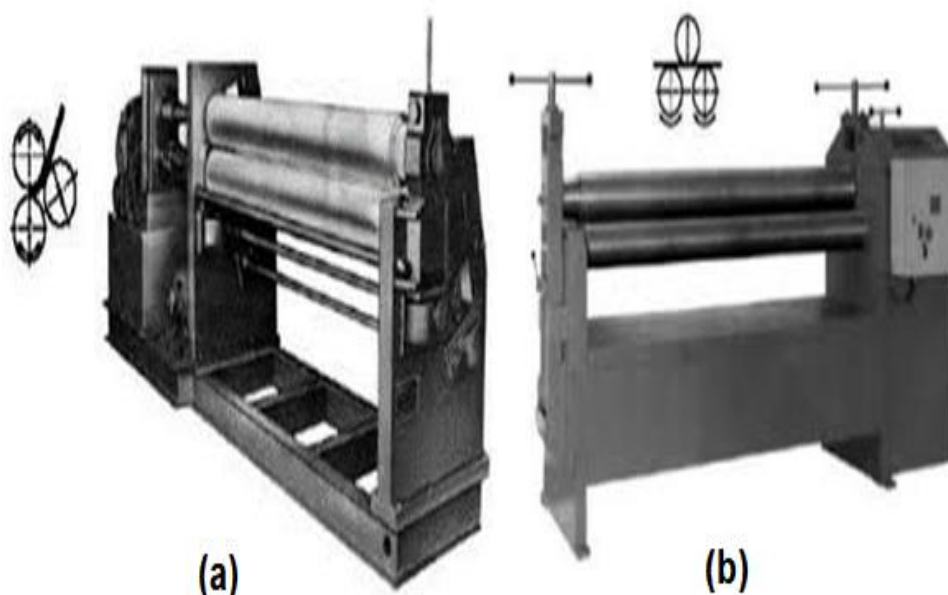


Fonte: Silva (2007, p. 6)

Os cilindros presentes no equipamento não estão em paralelo, estando levemente arqueados ou dotados de arqueador hidráulico, de modo que este venha a equilibrar a diferença de espessura na peça em processo. Os cilindros podem ser fixos ou móveis. O cilindro fixo pode apenas rotacionar em seu eixo, já o cilindro móvel, pode rotacionar, movimentar-se horizontalmente e verticalmente. (OLIVEIRA, 2011; PALMEIRA, 2005).

Os modelos de calandras mais simples, são as calandras de passo e a piramidal apresentadas na figura 6. Na calandra de passo, a distância entre os cilindros alinhados é regulável para diferentes espessuras e o mesmo se desloca fornecendo diferentes diâmetros. Este tipo de calandra é mais precisa que a piramidal. Na calandra piramidal, o cilindro superior é ajustado de modo a fornecer diferentes pressões sobre a chapa, alcançando chapas com diferentes diâmetros de curvatura (PALMEIRA, 2005).

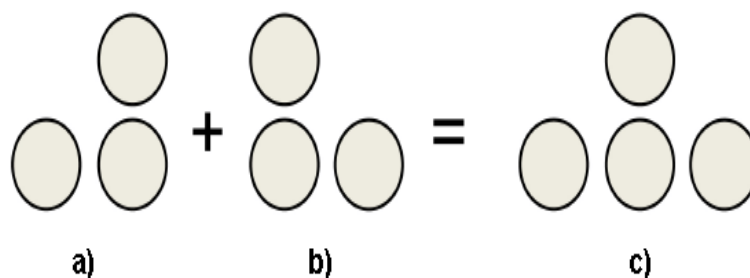
Figura 6 - Calandra de Três Rolos – a) Calandra de Passo; b) Calandra Piramidal



Fonte: Palmeira (2005, p. 25; p. 26)

A calandra de 4 cilindros é mais utilizado atualmente, onde este equivale a uma sobreposição de duas calandras assimétricas de 3 cilindros, esquerda e direita, como pode ser observado na Figura 7. Este modelo de calandra, possui a vantagem de um melhor arremate dos perfis calandrados, à presença de um cilindro a mais aceita que os dois extremos do perfil estejam com mínima área de parte reta, a agilidade de comprimento dos afazeres é superior (SILVA, 2007).

Figura 7 - Topologia de Calandra: a) 3 cilindros assimétrica esquerda; b) 3 cilindros assimétricos direita; c) 4 cilindros



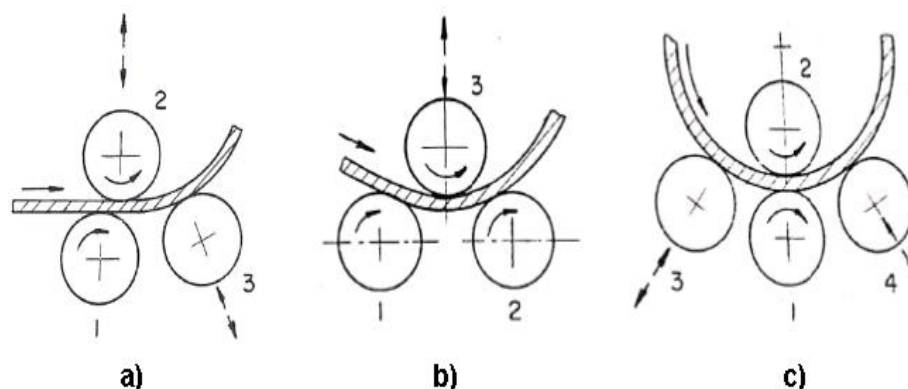
Fonte: Silva (2007, p. 13)

Estes equipamentos, possuem em uma das extremidades, um dispositivo, o qual permite que o rolo superior se solte facilitando a retirada da peça já curvada. Os cilindros podem ser acionados de forma manual ou mecânica. Para as máquinas com acionamento manual, este é realizado através de uma manivela. Já a acionada mecanicamente é por meio de um motor elétrico (PALMEIRA, 2005).

2.2.3 Processo de Calandragem

O processo de curvamento da chapa é realizado através de uma associação rolos arranjos de diversas maneiras (FRANCO, 1991), conforme apresentado na Figura 8.

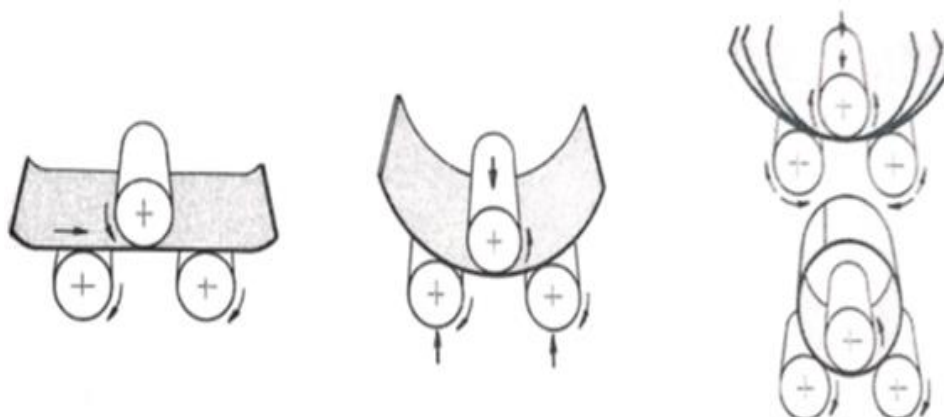
Figura 8 - Processo de Calandragem



Fonte: Franco (1991, p. 2.35)

Conforme observado na figura 8 - a), os rolos 1 e 2 são movedores. Empregados para curvar placas finas com raio semelhante ao do rolo. Já na figura 8 – b), os dois rolos 1 e 2 são movedores e rotacionam segundo as setas, o rolo 3 comprime a placa. Este rolo é ajustado verticalmente. E na figura 8 – c), os dois rolos 1 e 2 são movedores e os rolos 3 e 4 definem o raio de dobramento. Este arranjo oferece o benefício de alcançar curvados conformes e ainda de raio semelhante ao do rolo (FRANCO, 1991). Na figura 9, pode-se observar a série de curvamento das placas.

Figura 9 - Sequência Curvamento de Chapas

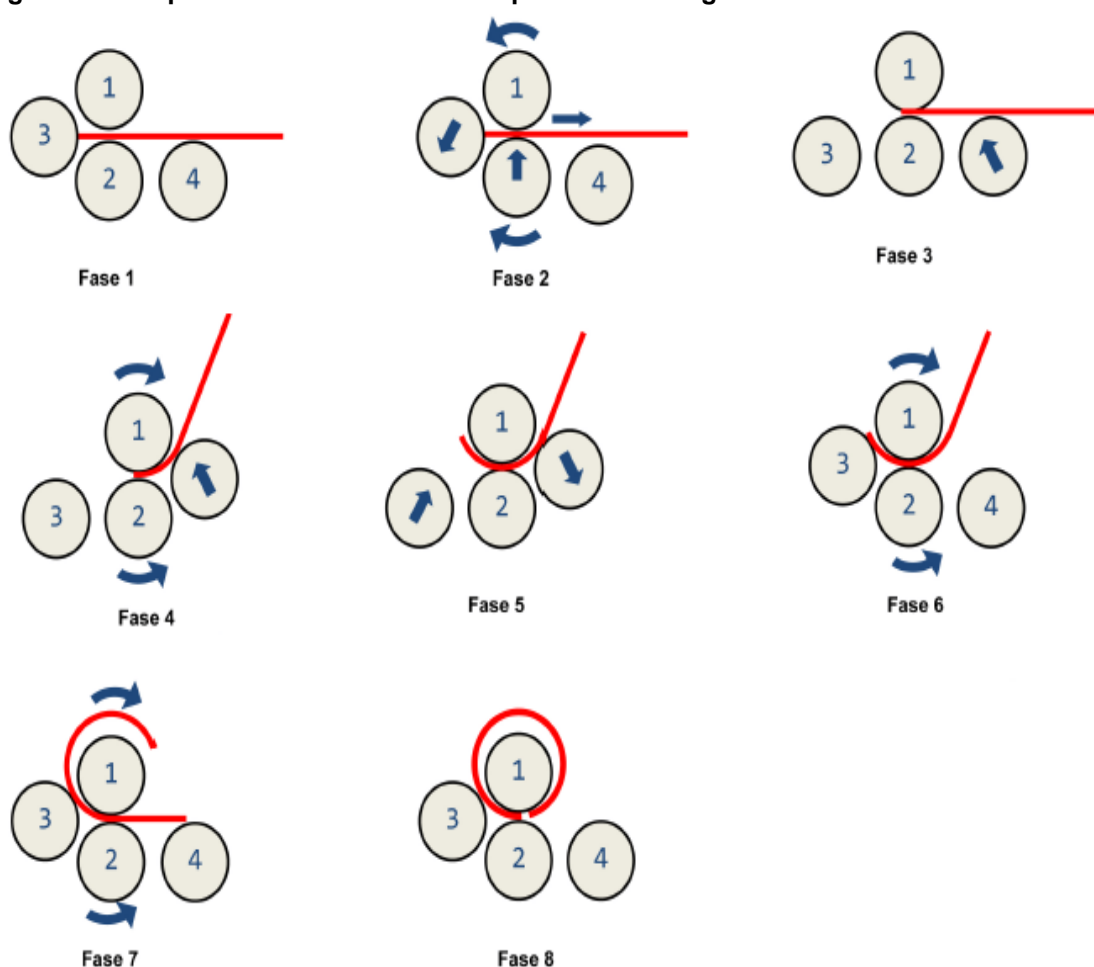


Fonte: Franco (1991, p. 2.35)

Na carga tripoiada (3 cilindros), o maior momento fletor incide no ponto mediano da seção livre dentre os apoios, podendo ocasionar, em determinadas situações, que o limite de configuração esteja alcançado nesta região antes que as demais regiões da peça a ser curvada até atingir o aspecto almejado. (DIETER, 1981).

O processo tradicional de curvamento de chapas é composto por diferentes etapas, a seguir Silva (2007) descreve tais passos e os mesmos são representados na figura 10.

Figura 10 - Etapas de Curvamento de Chapas – Calandragem Tradicional



Fonte: Silva (2007, p. 18)

Primeiramente é introduzida a chapa entre os cilindros, que estão arranjados de maneira a puxar a chapa para o interior da máquina. Em seguida é verificado se a chapa está bem presa entre os cilindros superior e inferior, iniciando o processo. Na etapa seguinte os cilindros rotacionam dando início a curvatura da chapa. Na quarta etapa, o cilindro indicado pela seta é elevado e rotacionado para esquerda, ocasionando o curvamento no item inicial da chapa. Na sequência a chapa é

conformada por um cilindro e na continuação é curvada por outro cilindro contrário. Na sexta etapa, o cilindro esquerdo superior curvava a sobra da placa. Em seguida os cilindros rotacionam para esquerda, concluindo a operação de curvamento da chapa.

2.2.4 Calandra de Três Rolos - Piramidal

A calandra de três rolos piramidal, mostrada na figura 11, é composta basicamente por uma estrutura metálica, item 1. Esta é composta por quatro pés que dão sustentação para os demais componentes, ligados entre si por duas travessas metálicas e três tirantes, que travam a estrutura. Os tirantes em suas pontas possuem roscas, que facilitam a fixação nos pés da estrutura com a ajuda de porcas. Os demais componentes são ligados entre si por solda.

Na figura 11, está acoplado a estrutura, três cilindros de aço, representados pelos itens 2 e 3, que estão presos em estruturas metálicas (itens 6 e 6.1), conhecidas como castelos ou pirâmides. Dos três cilindros presentes na estrutura, dois são fixos (item 3) e um superior (item 2) é ajustável, por dois fusos que regulam a pressão aplicada no mesmo, o qual define o diâmetro de curvamento da chapa.

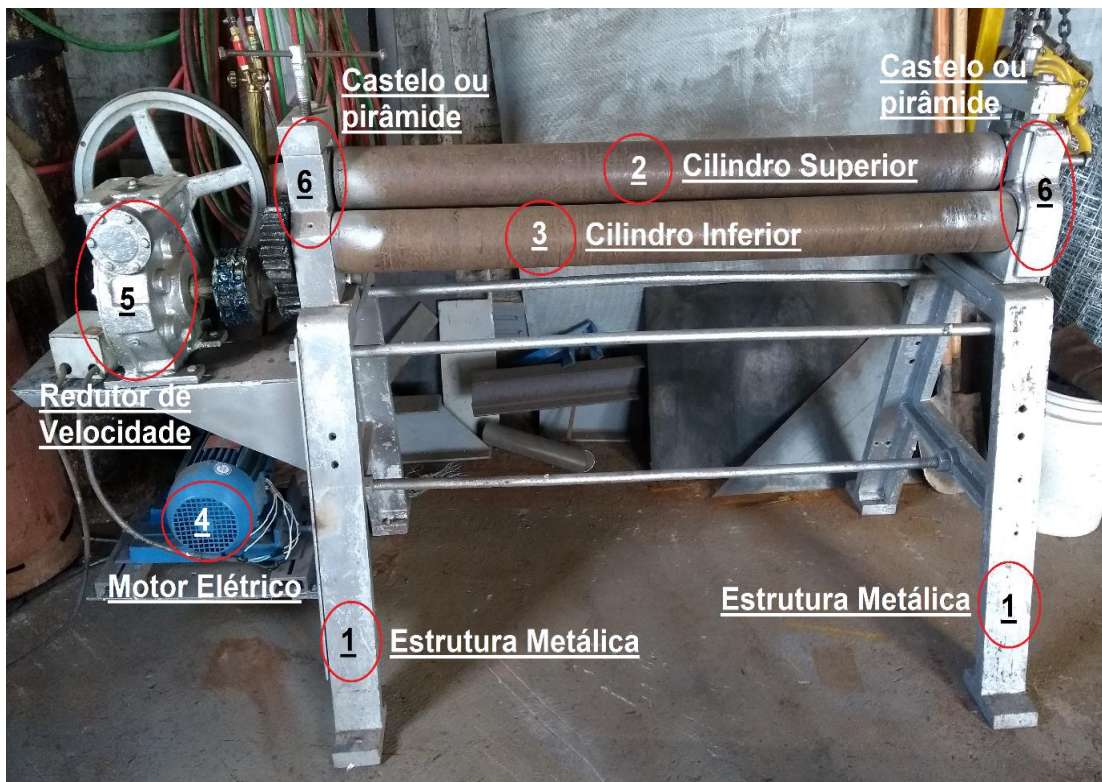
O cilindro superior tem seu movimento restrito horizontalmente, contudo verticalmente é possível deslizar para cima e para baixo. Este cilindro é mantido preso nas pirâmides ou castelos, por meio de buchas de bronze colocadas em cada ponta do cilindro.

O motor elétrico, item 4 na figura 11, é um aparelho que converte energia elétrica em energia mecânica, geralmente, energia cinética, ou seja, em um motor, a influência da corrente elétrica, sendo corrente contínua ou alternada, provoca rotação do eixo, que pode ser empregado para diferentes usos, de acordo com o emprego do motor (FRANCHI, 2008).

O redutor de velocidade, representado pelo item 5 na figura 11, é um mecanismo, que tem a função de reduzir a velocidade angular transmitida pelo motor elétrico, em consequência aumentar o torque transmitido aos cilindros (MANFRINATO, 2015). O redutor de velocidade pode possuir diferentes configurações, onde estas podem variar para cada modelo e fornecedor do equipamento. Estas reduções são apresentadas na forma de: 1:10; 1:20; 1:30 e assim por diante. Esta simbologia significa que para uma redução de 1:10, a velocidade

angular de entrada foi reduzida 10 vezes e conseqüentemente o torque foi aumentado em 10 vezes, isto para um caso ideal desconsiderando as perdas durante o processo.

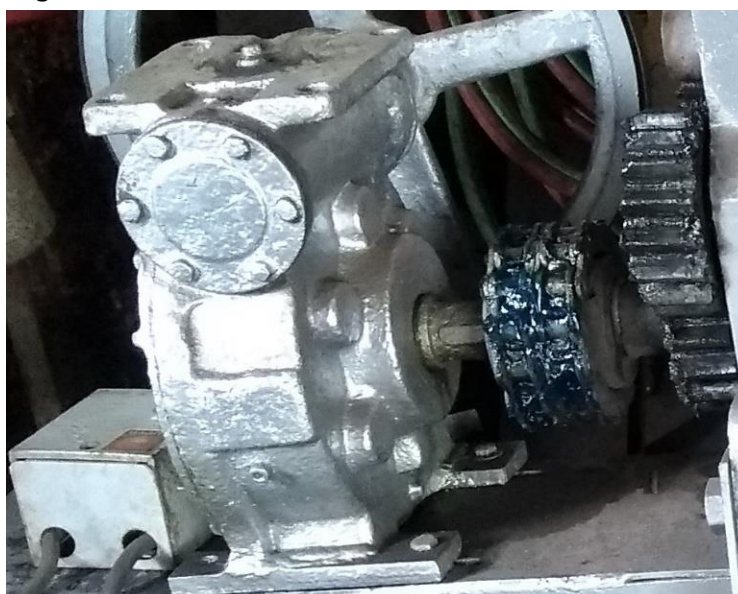
Figura 11 - Calandra três rolos e componentes – vista frontal



Fonte: Autoria própria

Na figura 12, observa-se um modelo de redutor de velocidade.

Figura 12 - Redutor de Velocidade

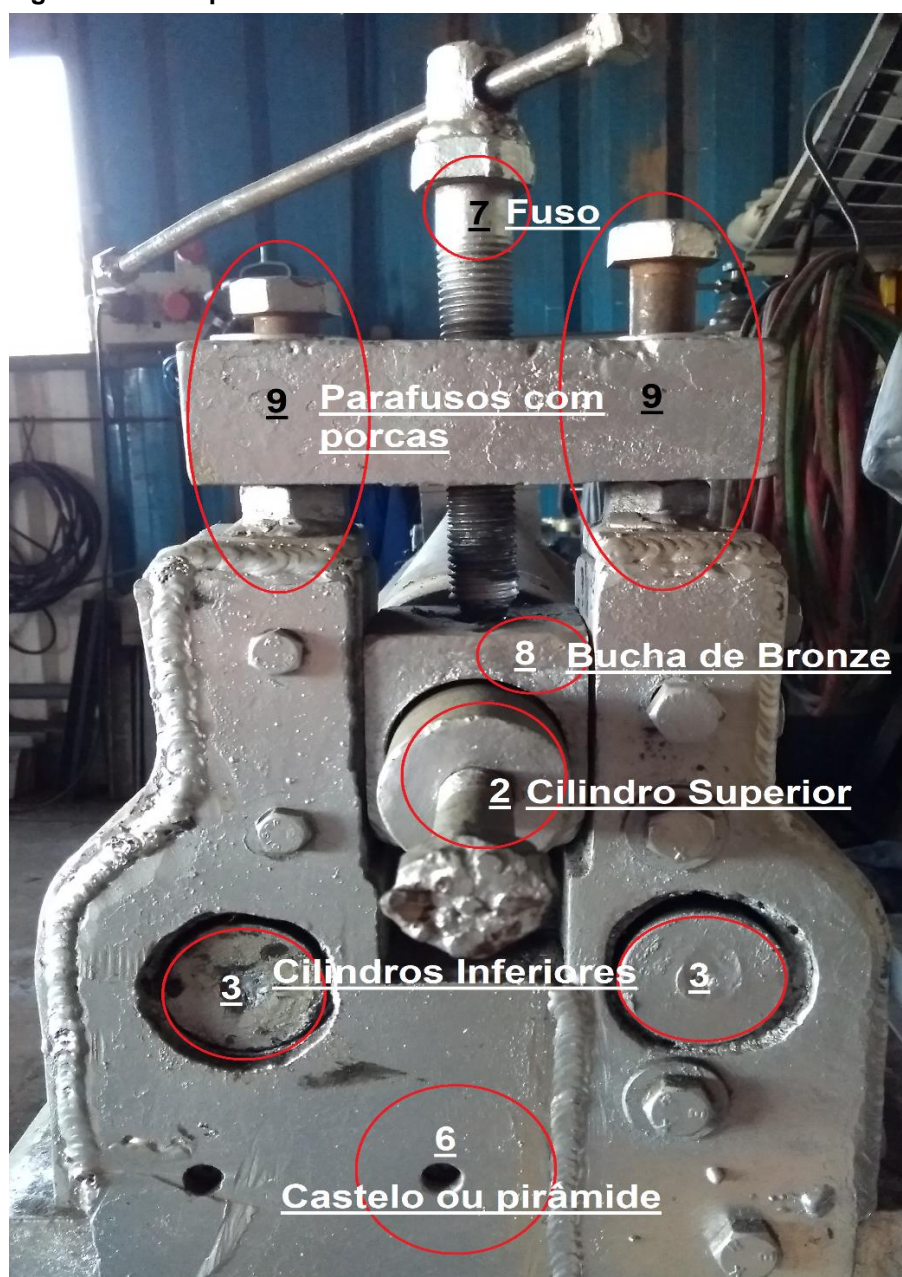


Fonte: Autoria própria

Os itens 6 e 6.1, estão fixados na estrutura da base da calandra por meio de solda. Os castelos ou pirâmides sustentam os cilindros para que seja possível a conformação da chapa. Contudo o item 6, além de estar acoplado aos cilindros ele também está ligado a um redutor de velocidade (item 5).

O item 6.1, pode ser observado na figura 13, possui dois parafusos com porcas (item 9), os quais são móveis e podem ser retirados ao término da operação de calandragem, em seguida é retirada a chapa já curvada.

Figura 13 - Componentes da Calandra – Vista lateral

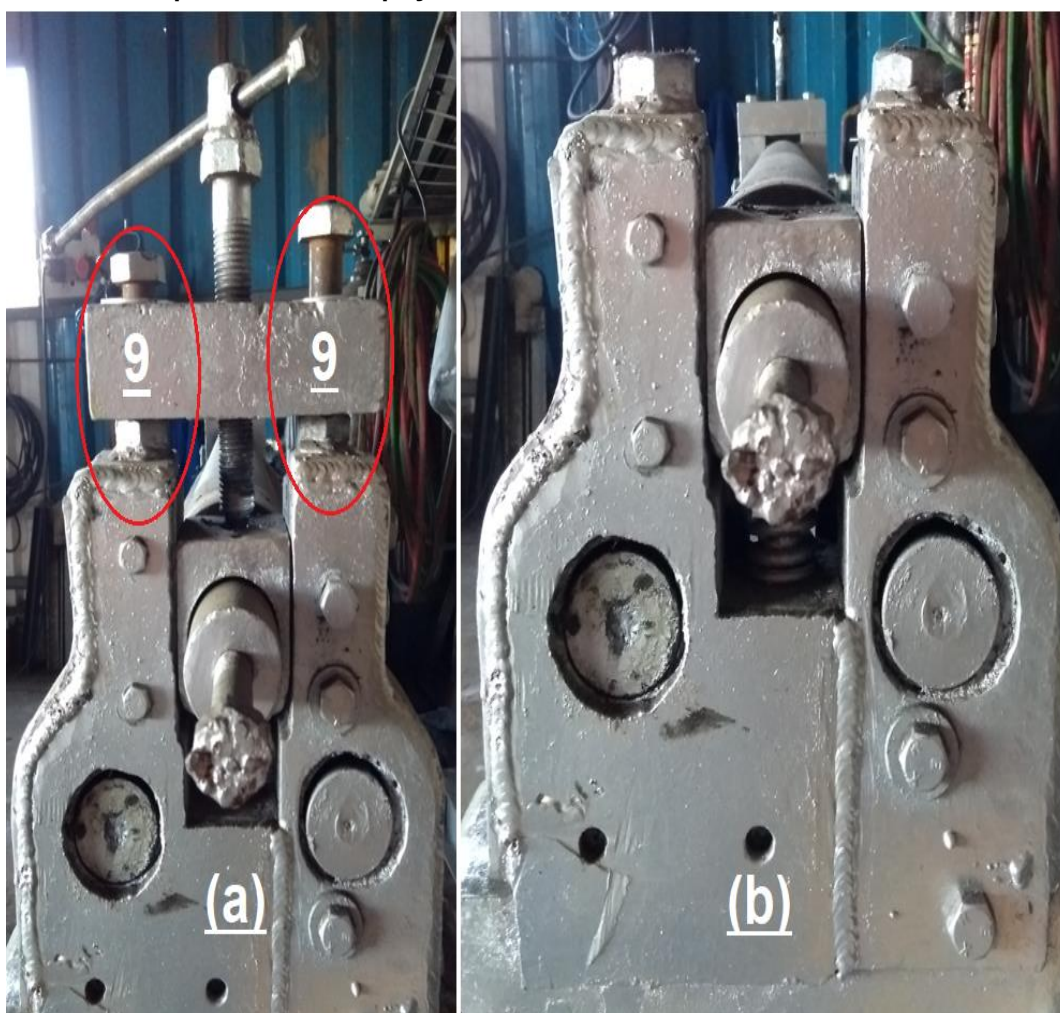


Fonte: Autoria própria

Na figura 13, tem-se o item 7, trata-se de um fuso, o qual é usado para regular a pressão sobre o cilindro superior, dando forma a chapa a ser calandrada. Este fuso está em contato com o item 8, que se trata de uma bucha de bronze, que está encaixada na ponta do cilindro. Esta bucha possui o tamanho do canal do castelo/pirâmide e desliza verticalmente.

Na figura 14 é possível observar o castelo/pirâmide desmontada para retirada da chapa. Este processo para retirada da peça conformada varia conforme o modelo da calandra.

Figura 14 - Sistema para retirada da chapa conformada – a) castelo calandra, b) castelo desmontado para retirada da peça conformada



Fonte: Autoria própria

Em alguns modelos este castelo é móvel e há casos em que tal processo é realizado hidraulicamente. Na figura 15, pode-se observar o deslocamento do castelo.

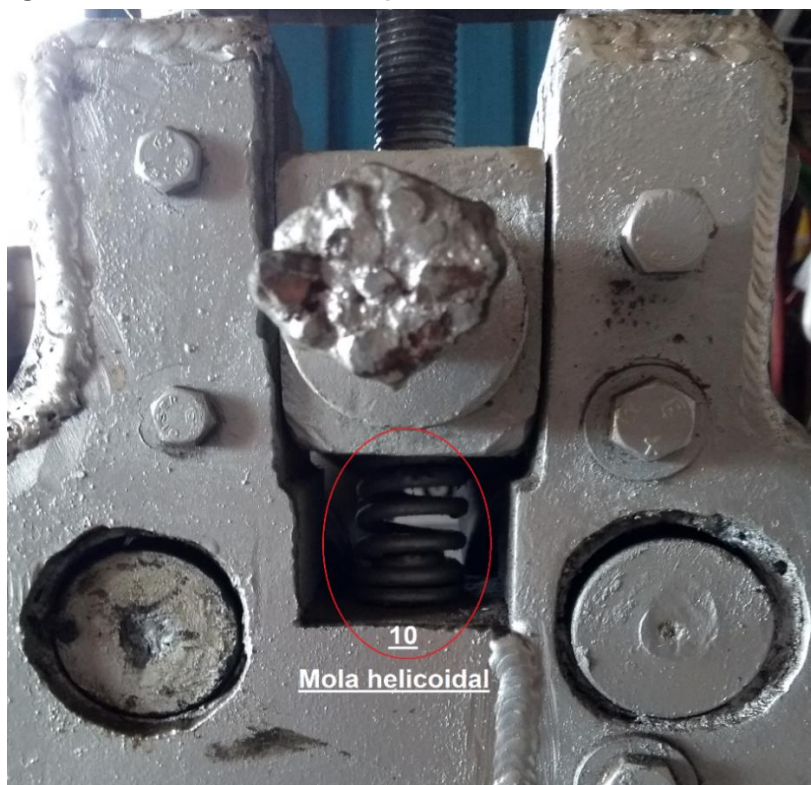
Figura 15 - Castelo móvel para retirada da chapa conformada



Fonte: Braniva (2019)

Para manter o cilindro superior suspenso, sem que permaneça todo tempo em contato com os outros cilindros, há uma mola helicoidal, representada pelo item 10 na figura 16. Ou seja, a mola permite que a medida que o fuso é rotacionado seja aplicada uma força controlada do cilindro superior sobre a chapa.

Figura 16 - Calandra - Localização da mola helicoidal



Fonte: Autoria própria

Na figura 17, temos os demais componentes presentes na calandra. Os itens 11 e 14, tratam-se de polias, a que está acoplada ao eixo do motor é a polia motora e outra está acoplada ao eixo do redutor de velocidades é a polia movida. A ligação entre as duas polias é feita por uma correia (item 12).

Figura 17 - Calandra – Componentes Transmissão



Fonte: Autoria própria

Na difusão de força através da correia, está permanente em torno de duas ou mais polias, transmitindo a energia tangencial por meio do atrito dentre a correia e a polia. A força de apoio na polia precisa ser causada pela tensão satisfatória na correia (NIEMANN, 1971). Enquanto a potência é sobreposta na polia movedora, o tracionamento de um lado da correia é elevado para um valor acima ao de pré-carga, devido ao estiramento da correia, de modo que do outro lado ocorre o contrário, a tração da correia diminui para um valor inferior ao de pré-carga. As transições por

correias, comumente, têm um custo reduzido e são usadas de modo vantajoso caso os eixos de início e de fim estão distantes (COLLINS, 2006).

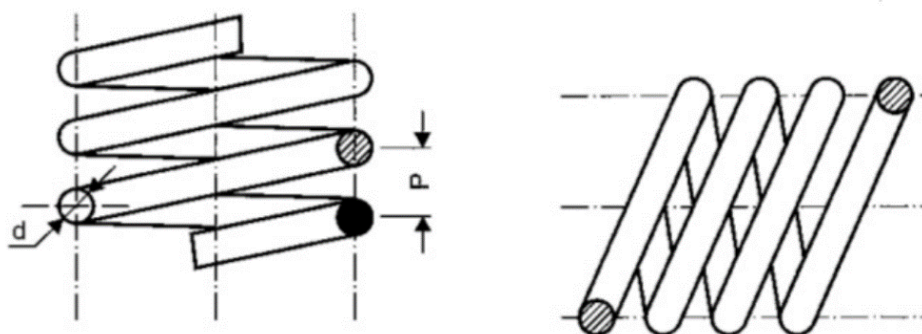
Na figura 17, tem-se o item 13, que é um conjunto de engrenagens. As correias assim como as engrenagens conduzem potência e/ou velocidade angular de um elemento para outro (COLLINS, 2006; NORTON, 2013). Neste evento, uma das engrenagens conecta-se no eixo do redutor de velocidade, que está conectada a outra engrenagem através de um acoplamento constituído por corrente. A rotação do eixo do redutor rotaciona o par de engrenagens, replicando o movimento a outro conjunto de engrenagens que estão acopladas aos cilindros inferiores da calandra. Esta velocidade tangencial junto com o torque gerada pelo motor elétrico enfim chega aos cilindros, possibilitando a conformação da chapa metálica.

2.3 MOLAS

As molas são componentes de equipamentos, tendo como umas das principais características, apresentar grande deformação de modo que o material não exceda o limite elástico. Estes elementos, geralmente, são empregados para receber forças de tração, compressão, flexão e torção (MELCONIAN, 2012).

As molas podem ser qualificadas de diferentes modos. Uma delas, pode ser quanto ao seu tipo, sendo: helicoidais, apresentadas na figura 18, são submetidas há forças de tração e compressão.

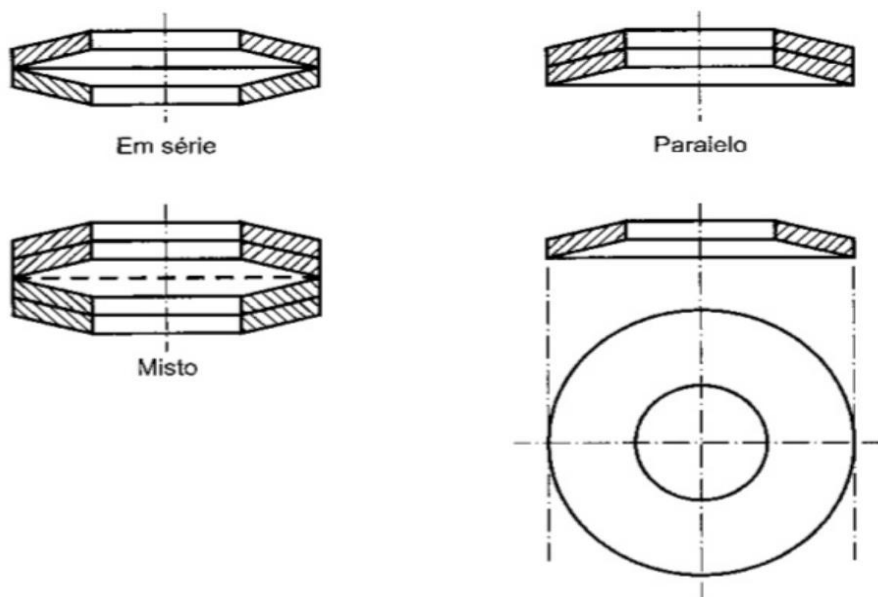
Figura 18 - Molas Helicoidais



Fonte: Melconian (2012, p. 177)

Molas tipo prato, apresentadas na figura 19, são submetidas a forças axiais, empregadas como alternativa para as molas helicoidais, em casos em que haja restrição de espaço.

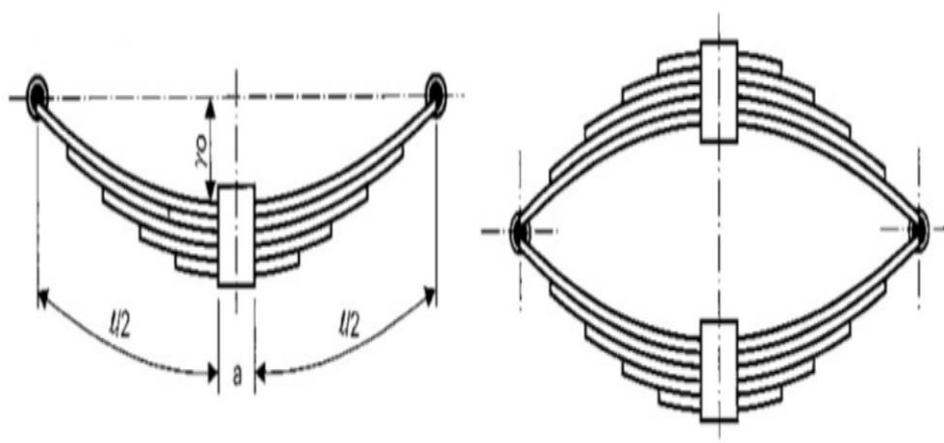
Figura 19 - Tipos de Molas Prato



Fonte: Melconian (2012, p. 178)

As molas de lâminas, apresentadas na figura 20, são submetidas há forças de flexão (MELCONIAN, 2012).

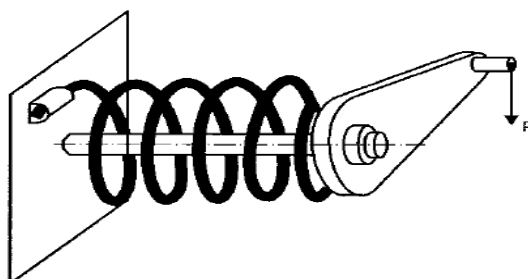
Figura 20 - Molas de Lâminas



Fonte: Melconian (2012, p. 178)

E as molas de torção, apresentadas na figura 21, são empregadas, quando houver a necessidade de absorção de um carregamento P , de modo que ocorra pouca deformação (MELCONIAN, 2012).

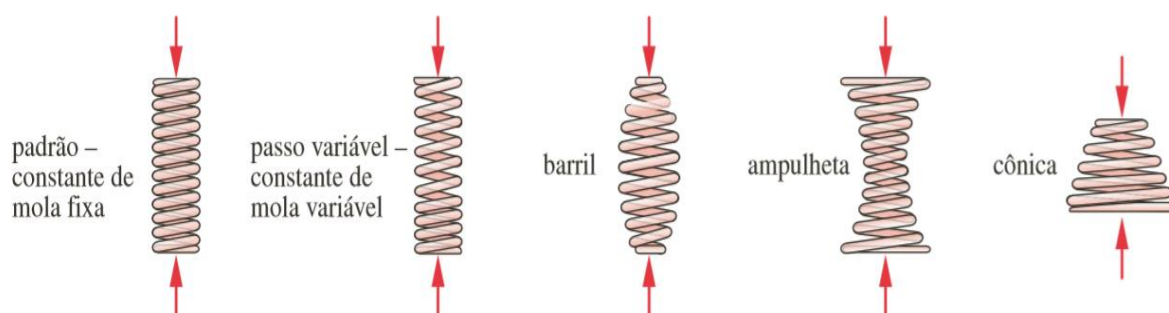
Figura 21 - Molas de Torção



Fonte: Melconian (2012, p. 179)

Segundo a classificação quanto à configuração física da mola, as molas de fio estão dispostas na forma de helicoidal de compressão, de tração, de torção. Na figura 19, temos cinco formas de molas helicoidais de compressão, as quais fornecem um esforço compressivo e suportam grandes deflexões. Sua forma mais comum, é com um diâmetro de espira, passo uniforme e o parâmetro de constante de mola fixo. Este tipo de mola comumente produzido de fio redondo. A intervalo axial entre as espiras, pode variar, de modo a produzir uma mola de constante alterável, sendo que quanto menor a constante da mola, as espiras encostaram antes, ocasionando num aumento da constante efetiva (NORTON, 2013).

Figura 22 - Diferentes tipos de Molas Helicoidais de Compressão



Fonte: Norton (2013, p. 789)

As molas cônicas podem ter uma razão de mola uniforme ou crescente. As constantes de mola geralmente são não lineares, crescendo devido a deflexão, pois as espiras com diâmetro menor possuem máxima oposição à deflexão, de modo que as espiras com diâmetro maior defletem antes. As molas do tipo barril e ampulheta, tem uma constante de mola não linear, onde são empregadas especialmente para alterar a frequência natural de mola, comparado com a mola de formato comum (NORTON, 2013).

2.3.1 Materiais para Molas

O material adequado para fabricação de molas tem de possuir elevada resistência à tração, resistência à fadiga, elevado ponto de escoamento e baixo módulo de elasticidade, elevada resiliência, adequada resistência à fluência e ainda em alguns casos adequada resistência à corrosão e altas temperaturas, de modo que a energia armazenada seja a máxima possível. Propriedades como elevada resistência a tração e elevado escoamento, se pode conseguir em aços com médio e elevado teor de carbono, em aços liga e latão para mola. Já as ligas de aço inoxidável utilizadas para esta finalidade, são mais empregadas as ligas de cobre berílio, bronze fósforo e ligas de níquel (COLLINS, 2006; NORTON, 2013). Na tabela 1, observa-se alguns materiais e suas descrições.

Tabela 1 - Aços de mola de liga e alto carbono

(continua)

Materiais comuns para fio de mola			
N° ASTM	Material	N° SAE	Descrição
A227	Fio repuxado a frio (encruado)	1066	Fio de mola mais barato e de uso mais geral. Adequado para carregamento, porém inadequado para carga de fadiga ou impacto. O intervalo de temperaturas vai de 0 a 120 °C (250°F).
A228	Fio musical	1085	Material mais tenaz e de uso mais generalizado para molas de pequenas espiras. Resistência mais alta de tração e fadiga de todos os fios musicais. Intervalo de temperaturas de 0 a 120 °C (250°F).
A229	Fio revenido em óleo	1065	Aço de uso geral para molas. Menos custoso e disponível em tamanhos maiores que os fios musicais. Adequados para carga estática, mas inadequados para carga de fadiga ou impacto. Intervalo de temperatura de 0 °C a 180 °C (350°F).
A230	Fio revenido em óleo	1070	Qualidade de mola para válvula - adequado para carga de fadiga.
A232	Cromo vanádio	6150	Liga mais popular de aço para mola. Qualidade de mola para válvula - adequada para carga de fadiga. Também boa para cargas de choque e impacto. Para temperaturas até 220 °C (425 °F). Disponível na forma recozido e pré-revenido.
A313 (302)	Aço inoxidável	30302	Adequado para aplicações de fadiga.
A401	Cromo de silício	9254	Qualidade de mola de válvula - adequado para carregamento de fadiga. Segunda resistência mais alta para fio musical e tem resistência mais elevada à temperatura máxima de até 220 °C (425 °F).
B134, 260	Latão de mola	CA-260	Baixa resistência - boa resistência à corrosão.
B159	Fósforo bronze	CA-510	Resistência mais alta que a do latão - melhor resistência à fadiga - boa resistência à corrosão. Não pode ser tratado termicamente ou dobrado ao longo dos grãos.

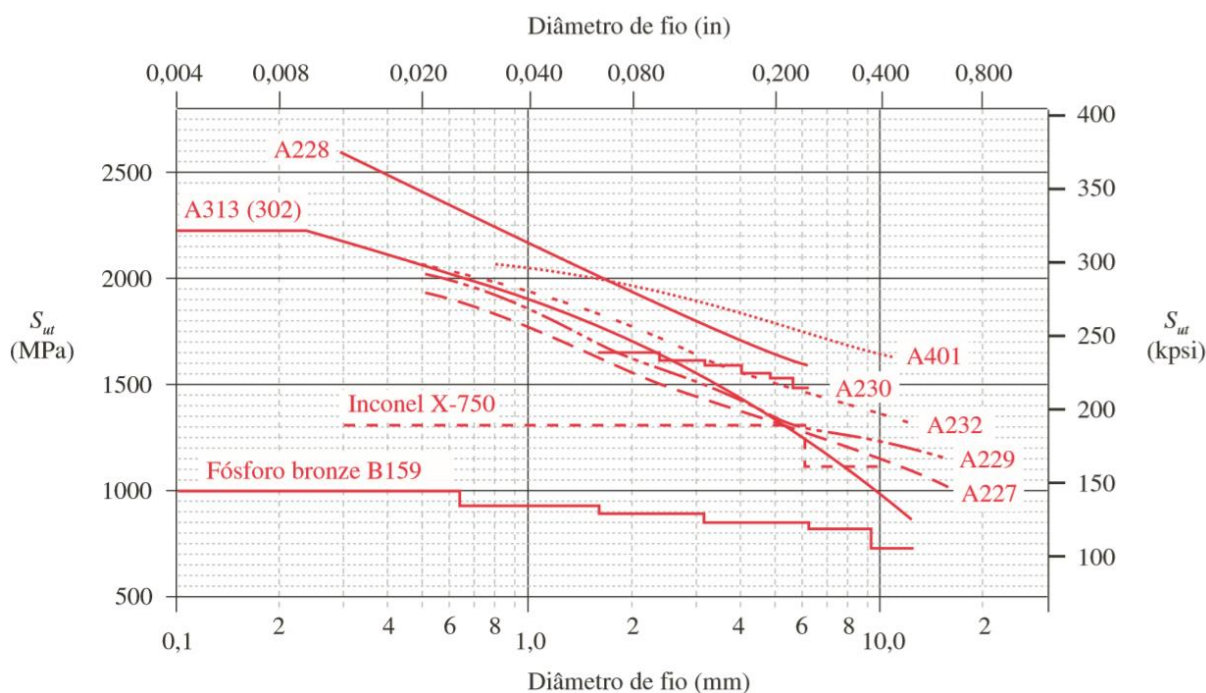
Tabela 2 - Aços de mola de liga e alto carbono

			(conclusão)
B197	Berílio cobre	CA-172	Resistência mais alta que a do latão - melhor resistência à fadiga - boa resistência à corrosão. Pode ser tratado termicamente ou dobrado ao longo dos grãos.
-	Inconel X-750	-	Resistência à corrosão.

Fonte: Adaptado de Norton (2013, p. 791)

De acordo com a solicitação que a mola é exposta, é feita a sua produção. Para molas com baixa solicitação o processo de fabricação é a frio, utilizando fios de arame circular ou retangular e para solicitações intensas na mola, utilização o processo de fabricação a quente ou forjado. Para alcançar certas propriedades na mola, esta pode passar por tratamentos térmicos, como: têmpera, revenido, entre outros (NORTON, 2013). Na figura 23, podemos observar alguns materiais empregados na fabricação de molas.

Figura 23 - Resistências mínimas sob tração de fios de mola



Fonte: Norton (2013, p. 792)

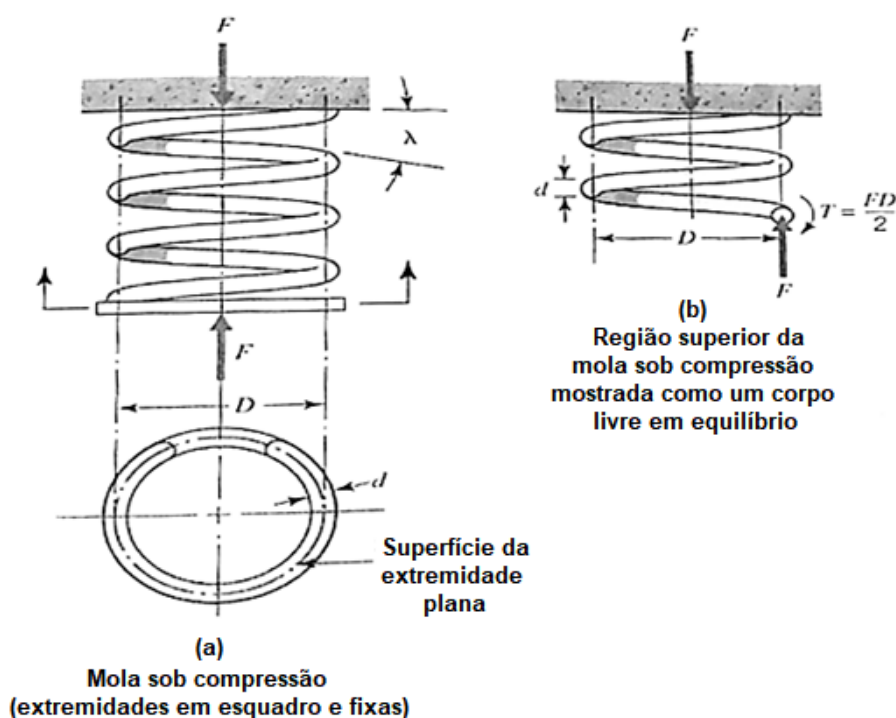
Como apresentado a analogia dentre o diâmetro do fio e a resistência a tração, esta resistência é maior para arames com espessuras menores (NORTON, 2013).

2.3.2 Projetos de Molas

Para projetar uma mola, são necessários alguns passos a seguir, desde o tipo de mola mais adequado para tal situação, como material empregado na fabricação e outras variáveis. A seguir se observa os conceitos empregados para o projeto de uma mola de compressão tipo helicoidal.

Na figura 24 (b), observa-se que independente do lugar em que a superfície de corte é feita, as circunstâncias de equilíbrio marcam uma energia cisalhante oblíqua e um torque semelhante a $FD/2$ atuando no fio, onde a força de cisalhamento tem mínimas implicações. Já o torque atua no arame no meio das espiras que estão em contato com os extremos das placas. (JUVINALL; MARSHEK, 2008).

Figura 24 - Mola helicoidal sujeita à compressão e tração

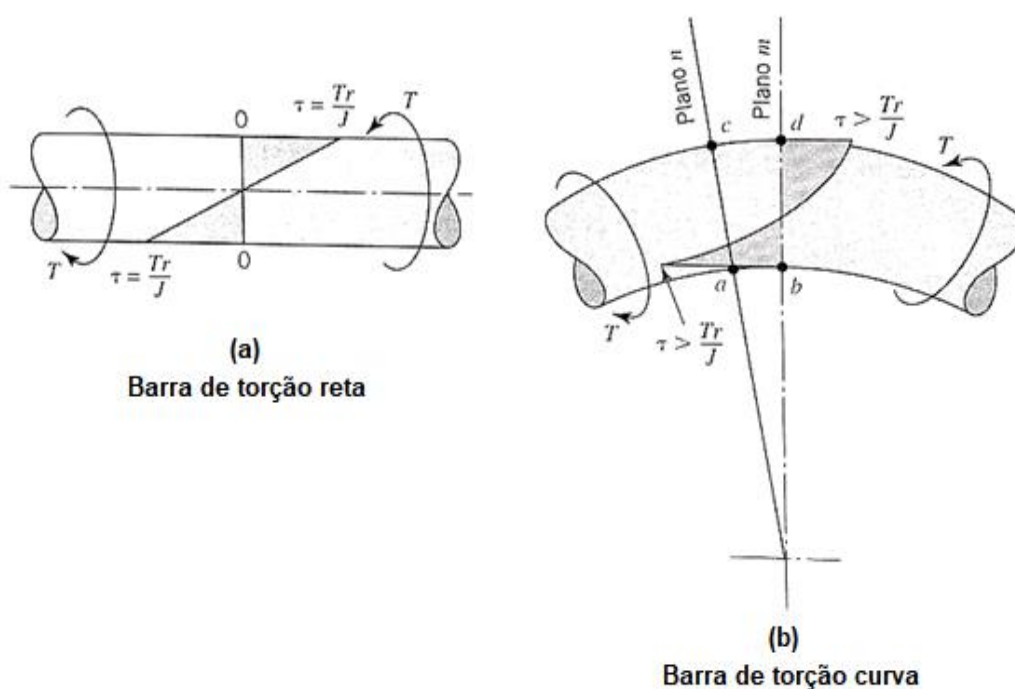


Fonte: Adaptado de Juvinal; Marshek (2008, p. 267)

Além da tensão de cisalhamento fundamental, as faces interiores da mola helicoidal são submetidos há dois elementos suplementares da tensão de cisalhamento, sendo uma tensão de cisalhamento oblíqua consequente da força F . Na face interior da espira a direção desta tensão ajustada com a da tensão torcional para cargas de compressão como de tração. O segundo elemento faz surgir um acréscimo na magnitude da tensão torcional em virtude do arqueamento da mola

helicoidal, conforme ilustrado na figura 25. O ângulo de inclinação é disseminado no comprimento da fração ab projetado na face interna da espira e na extensão da fração cd , projetado na face exterior da espira, originando um gradiente de tensões (JUVINALL; MARSHEK, 2008). Estas duas tensões se acumulam inteiramente e a maior tensão cisalhante incide na fibra interior do item diagonal do arame (NORTON, 2013).

Figura 25 - Aços de mola de liga e alto carbono



Fonte: Juvinall; Marshek (2008, p. 268)

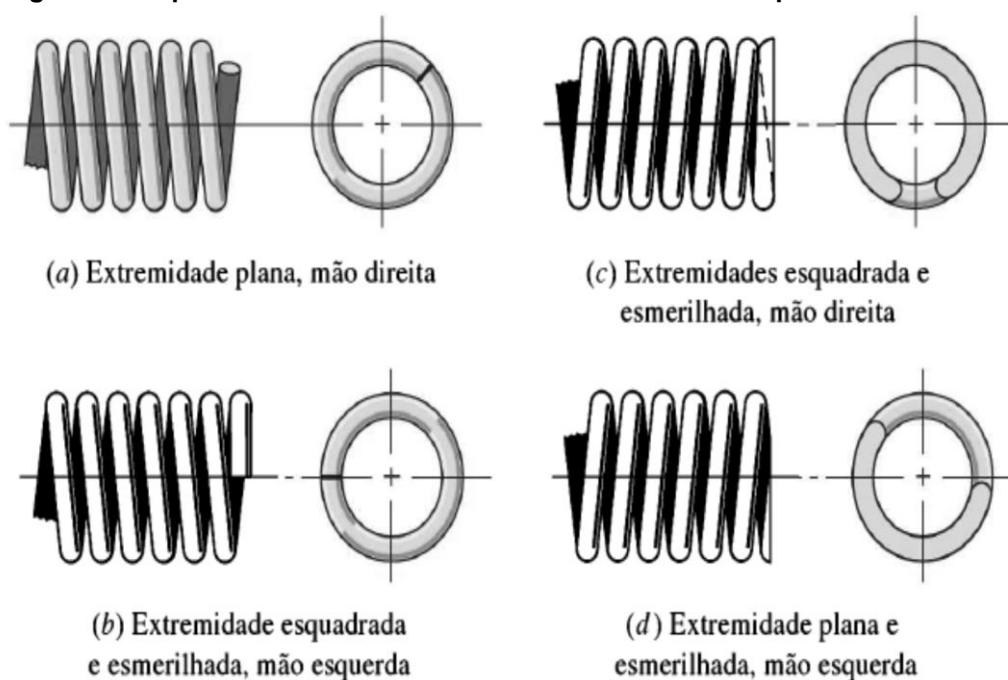
Outro fator importante é o de Wahl, que expressa a centralização de tensões para o arame circular, que abrange tão a decorrência das tensões diretas de cisalhamento como a centralização de tensões em virtude da curvatura (NORTON, 2013).

A deflexão para a mola helicoidal pode ser encontrada através da metodologia de Castigliano, onde se admite que a influência da tensão cisalhante oblíqua no deslocamento pode ser rejeitada, levando em conta somente a força de torção (JUVINALL; MARSHEK, 2008).

A mola helicoidal do tipo compressão padrão com espira semelhante possui uma constante de mola k que é necessariamente linear em boa parte da fração de seu período de operação (NORTON, 2013). Com a relação entre a constante da mola

ou deflexão da mola e o número de espiras ativas, N , nota-se que o tipo da extremidade da espira induz localmente a flexibilidade completa da mola. O número total de espiras, N_t , se refere a quantidade de contornos entre cada um dos extremos do fio e a porção de espiras ativas, N , é a quantidade de contornos às quais o fio torce sob a carga, contribuindo para a deflexão axial da mola. Para a mola de compressão, a totalidade de espiras é a soma da quantidade de espiras inativas com a porção de espiras ativas (COLLINS, 2006). Na figura 26, temos quatro situações de extremidade da mola helicoidal de compressão comumente usadas em dimensionamento. As molas de extremidade plana ou em ponta se possível devem ser evitadas, conforme a necessidade. Bem como a com extremidade plana esmerilhada, não apresenta muita vantagem comparada com a anterior. As com extremidade esquadrada e esmerilhadas são aconselhadas à medida que necessite de perfeição no emprego da mola. E as com extremidade em esquadro apresentam um bom desempenho, sendo suficientes (MELCONIAN, 2012).

Figura 26 - Tipos de extremidades de mola helicoidal de compressão



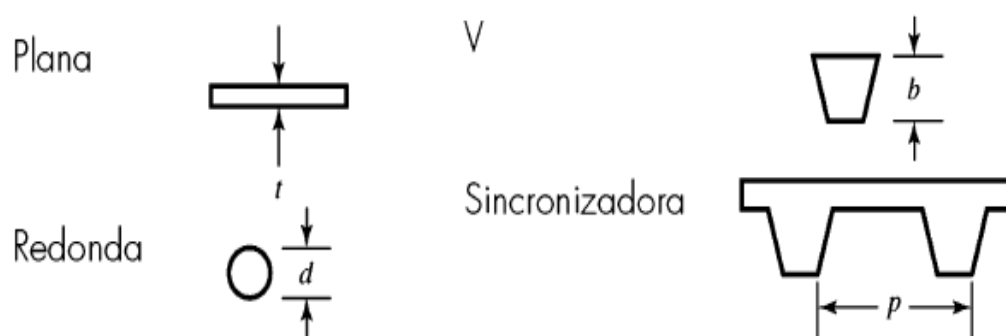
Fonte: Budynas; Nisbett (2011, p. 529)

A menor dimensão da mola precisa possuir uma folga de pelo menos 15% da deflexão máxima, bem como a folga instituída por norma é também de 15% da deflexão por espira ativa (MELCONIAN, 2012).

2.4 CORREIAS

No mercado é possível encontrar diferentes tipos de correias, as mais comuns são a correia plana, a redonda, a sincronizada e a correia em V, que foi empregada para este estudo. Na figura 27, é apresentado estes quatro diferentes tipos de correias.

Figura 27 - Tipos de correias



Fonte: Budynas; Nisbett (2011, p. 886)

As correias em V são empregadas com motores elétricos para acionamento de diferentes equipamentos, tais como mecânicos, agrícolas, ferramentas, entre outros. As correias são produzidas em comprimentos e tamanhos de seção transversal padrões. Em casos em que apenas uma correia em V não é suficiente, podem ser empregadas mais correias, principalmente em aplicações onde ocorre uma solicitação maior da mesma. Contudo é necessário que estejam dispostas na configuração de conjuntos acoplados, fazendo com que a carga seja dividida de forma igual. Havendo necessidade de troca de uma das correias, todas devem ser substituídas (JUVINALL; MARSHEK, 2008).

A correia em V é fabricada com tecido ou corda, geralmente de algodão, raiom ou náilon e estes são introduzidos em uma matriz de borracha sintética, permitindo uma limitação elástica para os cordões e um grau de atrito elevado na face da correia, aumentando a passagem de torque e potência. (COLLINS, 2006; BUDYNAS; NISBETT, 2011).

2.4.1 Dimensionamento de correias

Para o dimensionamento das transferências por meio de correias em V, são necessários ter clareza de dados como: o modelo do motor a ser empregado, a sua potência e a rotação do mesmo, o modelo de aparelho ou equipamento em que foi utilizada, bem como a rotação deste, a extensão entre centros das polias e o período de tarefas diárias da máquina (MELCONIAN, 2012).

Disponível no mercado tem dois modelos de perfis de correias em V, sendo uma delas a correias Super HC e a outra são as correias Hi-Power II. A correia Super HC possui em seu segmento três tipos diferentes de perfis para correias sendo a 3V, a 5V e a 8V. Para a correia Hi-Power II estes perfis são cinco, sendo o A, B, C, D e E (MELCONIAN, 2012).

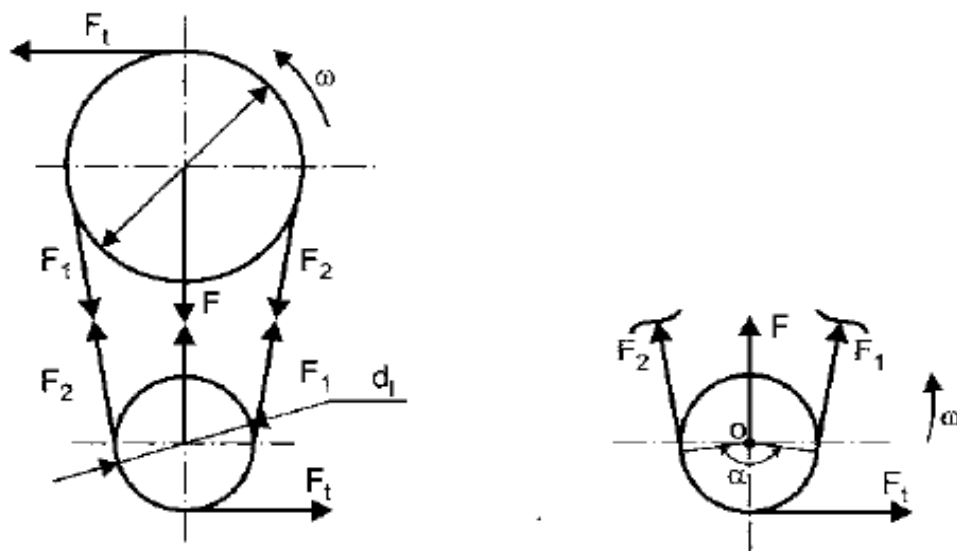
A seleção do tipo do perfil da correia é feita por meio de gráficos ou tabelas. Na seleção por meio de gráficos é relacionado a rotação do eixo mais rápido com a potência projetada do equipamento. O diâmetro menor é determinado por tabelas relacionando a potência do motor com a rotação do eixo mais rápido (MELCONIAN, 2012).

Para classificar uma correia em V, por meio de tabela, se relaciona o tipo de perfil (A, B, C, D ou E), seguindo da largura, bem como a espessura da correia, depois se tem o diâmetro mínimo da polia e ainda a potência para cada um dos perfis da correia (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

O comprimento inicial da correia é encontrado por meio de cálculo, relacionando a distância entre centros e os diâmetros das polias. Contudo após obter este valor é necessário consultar tabelas, para a adequação deste valor, pois tem-se um padrão de comprimentos para as correias. Outro fator importante a ser determinado é a quantidade de correias necessárias para que ocorra a transferência do movimento, sendo estas calculadas pela razão entre a potência projetada e a potência por correia (MELCONIAN, 2012).

O motor elétrico ativa a transferência através de uma força F_1 , contudo, indiferente do modelo de transmissão, se tem diminuição do rendimento devido a objeção ao movimento. Estas forças de objeção são representadas por F_2 . Realizando uma soma vetorial entre F_1 e F_2 , se tem como consequência uma força tangencial F_t , que é a energia consequente responsável pela circulação. Na figura 28 se pode observar tais forças agindo sobre a correia e polias (MELCONIAN, 2012).

Figura 28 - Esforços na transmissão



Fonte: Melconian (2012, p. 75)

Como observado acima, tem-se atuando sobre as polias uma força de tração, uma de compressão, uma tangencial e uma força resultante F , causados pelo abraçamento da correia na polia.

3. METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada as equações e procedimentos realizados para dimensionamento da correia e mola, com base no referencial teórico.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta seção aborda as metodologias utilizadas no cumprimento da pesquisa, exibindo o procedimento de abordagem, a categorização da pesquisa, a população e a porção, a ferramenta de recolha de informações e para concluir a maneira como as informações são ajustados.

De acordo com Gil (1991), classificamos esta pesquisa como:

- Quanto a sua natureza: pesquisa aplicada, pois forneceu sugestões para melhoramento e uma possível solução para o problema enfrentado na operação do equipamento;
- Quanto à abordagem do problema: qualitativa, pois apresenta proposta de melhoria estabelecidas de modo que possam melhorar a atuação de um equipamento.
- Quanto aos seus objetivos: pesquisa explicativa, por se tratar do tipo de pesquisa que mais adentra a compreensão da realidade, pois explica a razão, o porquê dos fatos;
- Quanto aos procedimentos técnicos: estudo de caso, pois procura apresentar a situação do equipamento em que está sendo estudado.

3.2. APLICAÇÃO DA PESQUISA

O estudo foi concretizado em uma empresa de manutenção industrial, que trabalha com a manutenção e reparação de outras máquinas e equipamentos para usos industriais, situada em território brasileiro.

A empresa entre seus equipamentos possui uma calandra, um modelo simples se comparado aos disponíveis atualmente no mercado atualmente. Esta foi utilizada como instrumento de estudo e trata-se do tipo de três rolos.

Para estudo deste equipamento observa-se certa dificuldade, pois não há certas identificações, tais como os dados do motor, material dos rolos, informação do fabricante e nem manual.

A calandra atende as necessidades da empresa, porém notou-se a dificuldade em retirar a chapas, após a conclusão da dobra e observou-se que o dimensionamento de uma nova mola facilitaria o procedimento.

3.3 REDIMENSIONAMENTO DAS MOLAS

As molas têm a função de suportar o rolo superior e a pressão exercida sobre elas à medida que fuso é apertado, o qual resultará na inclinação da chapa.

Primeiramente foi necessário encontrar as dimensões do cilindro e das buchas que são responsáveis pelas forças atuantes na mola. Como são usadas duas molas, uma em cada extremidade do cilindro, podemos definir uma mola equivalente, onde temos duas molas em paralelo, por meio da equação 1, descrita abaixo.

$$K_{eq} = k_1 + k_2 \quad (1)$$

Onde k_{eq} é a mola equivalente, k_1 a mola 1 e k_2 a mola 2.

Contudo as duas molas devem ser iguais e dimensionando uma, conseqüentemente, tem-se o valor da outra.

Para encontrar a força axial resultante no cilindro foi empregado o procedimento descrito nesta seção, porém, outro método que poderia ser empregado através de uma balança, fazendo a aferição das massas dos componentes. Contudo como era necessário desmontar o equipamento para tal procedimento e levando em

conta o tamanho e peso do cilindro, seria necessário uma balança com capacidade maior para aferição.

O cilindro, devido a não possuir informações sobre ele, foi consultado os modelos disponíveis no mercado, encontrando cilindros fabricados com o aço carbono, aço SAE 1045. Na seção de anexos, o anexo A apresenta os dados referente às características das máquinas, para diferentes empresas.

Após o levantamento dessas informações, foi verificado a densidade dos tipos de aço e na tabela 2 é apresentado o valor de referência utilizado para os cálculos.

Tabela 2 - Valor da densidade para Aço carbono

Material dos cilindros	Densidade em massa (ρ) - Mg/m³
Aço Carbono	7,8

Fonte: Adaptado de Norton (2013, p. 988)

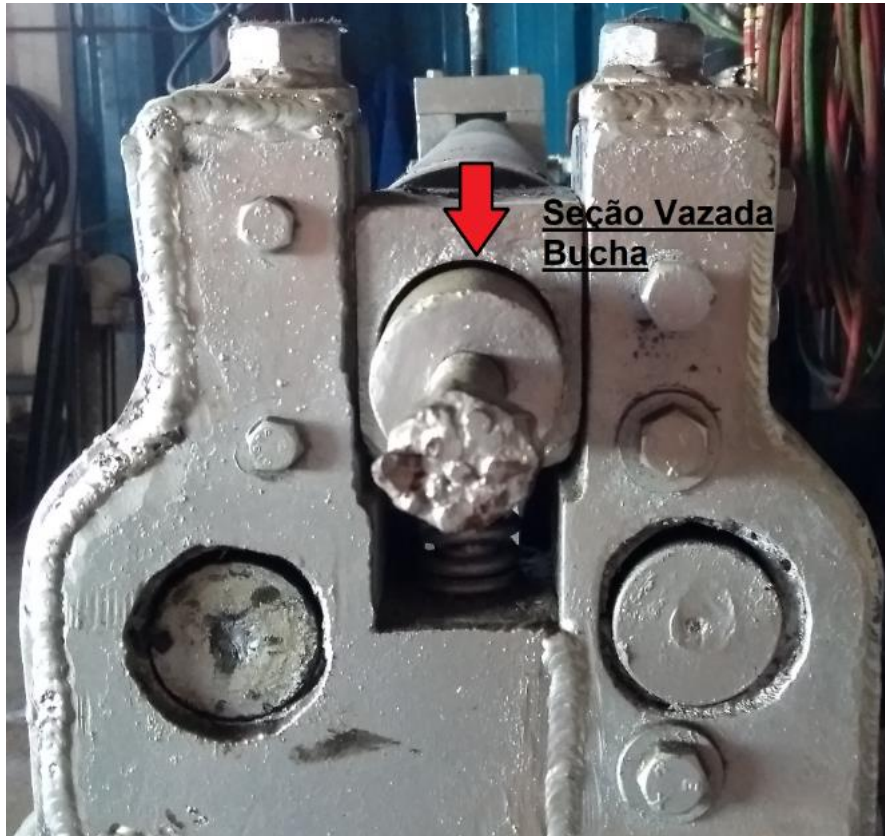
Para encontrar as dimensões das buchas e cilindros, foi necessária utilização de um equipamento de medição, onde todas as medidas foram aferidas por uma trena. As variáveis aferidas da bucha foram: a altura, o comprimento e a largura. Com estas foi possível determinar o volume da mesma, por meio da equação 2.

$$V_{bucha} = bac \quad (2)$$

Onde b é a base, a é a altura e c o comprimento.

Contudo, na figura 29, se observa que a bucha possui uma seção vazada, onde é encaixado o cilindro. Foi necessário fazer a aferição desta seção, de modo a ser descontado do volume da bucha para obtenção de valores mais próximos do real. O valor do furo presente na bucha foi aproximado pelo comprimento da seção do cilindro que atravessa a bucha, bem como o valor aferindo do diâmetro do furo e utilizado a equação 3, para encontrar esta área.

Figura 29 - Bucha vazada – encaixe do cilindro



Fonte: Autoria Própria

$$A = \pi r^2 \quad (3)$$

Com o valor que foi encontrado da área, utilizou-se a equação 4 para encontrar o volume da seção vazada da bucha.

$$V_{furo\ bucha} = \pi(r)^2c \quad (4)$$

Com os valores calculados do volume da bucha e da seção vazia dentro da mesma, foi calculado o volume total da bucha, por meio da equação 5.

$$V_{total} = V_{bucha} - V_{furo\ bucha} \quad (5)$$

A massa do cilindro teve seu valor aproximado, por meio das equações 6 e 7.

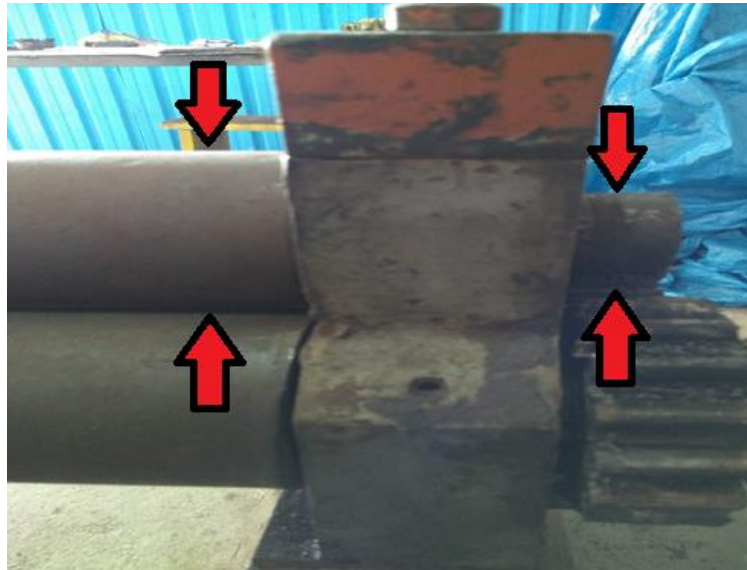
$$m = V\rho \quad (6)$$

$$P = mg \quad (7)$$

Onde m é a massa do objeto (Kg), V o volume do objeto (m^3), ρ a densidade do material (Kg/m^3), P o peso do objeto (N) e g a aceleração da gravidade (m/s^2).

Na figura 30, se observa um cilindro com diâmetro maior, por onde é passado a chapa e nas extremidades o diâmetro é menor, o qual atravessa a seção vazada da bucha.

Figura 30 - Detalhe diâmetros diferentes do cilindro – Calandra



Fonte: Autoria Própria

Para encontrar o volume do cilindro foi aferido as dimensões do mesmo. Os valores encontrados foram o do comprimento e diâmetro, ou ainda o perímetro da circunferência do cilindro. Ao optar por medir o perímetro da circunferência do cilindro foi necessário utilizar a equação 8 e manipulando matematicamente foi isolado o valor do raio.

$$P_{er} = 2\pi r \quad \leftrightarrow \quad r = P_{er}/(2\pi) \quad (8)$$

Ao realizar tal procedimento descrito anteriormente, tanto para o cilindro maior como a extremidade com circunferência menor, foi encontrado o valor do volume para ambos os cilindros, por meio das equações 9 e 10. Para encontrar o valor do volume total, que se trata da soma dos volumes, foi usada a equação 11.

$$V_{cil\ maior} = \pi(r)^2 l_{cil\ maior} \quad (9)$$

$$V_{cil\ menor} = \pi(r)^2 l_{cil\ menor} \quad (10)$$

$$V_{total} = V_{cil\ maior} + V_{cil\ menor} \quad (11)$$

Com o valor do volume dos cilindros, foi feita uma aproximação da massa e em seguida do peso. Através da equação 12, foi determinado o valor da força atuando sobre as molas.

$$F_{mola} = P_{buchas} + P_{cilindros} \quad (12)$$

Com o valor da força atuante na mola e as demais variáveis apresentadas no quadro 1, iniciou-se o dimensionamento da mola. As variáveis como diâmetro externo, diâmetro do arame, comprimento fechado, comprimento livre, foram impostas após analisar se o equipamento possuía alguma restrição para as dimensões da mola. Com relação às propriedades mecânicas do material, foi definido o módulo de cisalhamento (G) do material empregado para fabricação da mola.

Quadro 1 - Variáveis fixas para dimensionamento mola

Dados: dimensionamento mola
Diâmetro externo (D_e) – mm
Diâmetro do arame (D_a) – mm
Diâmetro médio (D_m) – mm
Comprimento Fechado (L_f) – mm
Comprimento Livre (L) – mm
G aço - N/mm ² ou MPa
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N
Carga Axial Aplicada p/ uma mola – N

Fonte: Autoria Própria

O diâmetro médio foi determinado pela equação 13.

$$D_m = D_e - D_a \quad (13)$$

O tipo de mola escolhida para atender a necessidade da máquina é do tipo helicoidal. O primeiro valor a que foi encontrado é o valor de tensão de cisalhamento, por meio da equação 14.

$$\tau = k_w (8FC)/(\pi d_a^2) \quad (14)$$

Onde τ é a tensão de cisalhamento atuante na mola (N/mm²), F a carga axial atuante (N), C o índice de curvatura, k_w o fator de Wahl e d_a o diâmetro do arame.

Para o cálculo do índice de curvatura, foi usada a equação 15.

$$C = d_m/d_a \quad (15)$$

Onde d_m é o diâmetro médio da mola (mm).

O ângulo de inclinação da espira, junto com o arqueamento, acresce a tensão de cisalhamento. Desse modo, para este caso, um valor adequado de C foi de $8 \leq C \leq 10$.

O fator de Wahl foi calculado pela equação 16.

$$k_w = (4C - 1)/(4C - 4) + (0,615/C) \quad (16)$$

Outro fator que foi calculado trata-se do ângulo de inclinação da espira (λ), que foi empregado a equação 17.

$$\lambda = \tan^{-1} p/(\pi d_m) < 12^\circ \quad (17)$$

Onde p é o passo das espiras (mm), d_m o diâmetro médio da mola (mm), λ o ângulo de inclinação da espira (graus).

Em seguida, foi calculado a deflexão da mola (flecha) por espira ativa, dado pela equação 18.

$$(\delta/n_a) = (8F d_m^3)/(d_a^4 G) \quad (18)$$

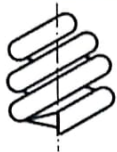
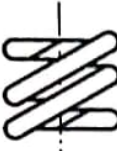


Onde δ é a deflexão da mola (mm), F a carga axial atuante (N), n_a o número de espiras ativas, G o módulo de elasticidade transversal do material (N/mm²).

O próximo passo foi calcular o passo da mola, com uma folga estabelecida de 15%, de acordo com a norma, resultando na equação 19.

$$p = d_a + (\delta/n_a) + ((0,15 \delta)/n_a) \quad (19)$$

Após o cálculo do passo da mola, foi calculado o valor do comprimento da mola, o número de espiras, onde para os diferentes tipos de extremidade da mola, tem-se uma fórmula, conforme apresentado no quadro 2.

Quadro 2 - Número de espiras e comprimento da mola, de acordo com a extremidade

Tipos de Extremidade		Espiras		Comprimento da Mola	
		Total	Inativas	Livre l	Fechada l_f
Em ponta		$n_T = n_a$	0	$l = pn_a + d_a$	$l_f = d_a (n_a + 1)$
Em ponta esmerilhada		$n_T = n_a$	0	$l = pn_a$	$l_f = d_a \cdot n_a$
Em esquadro		$n_T = n_a + 2$	2	$l = pn_a + 3d_a$	$l_f = d_a (n_a + 3)$
Em esquadro e esmerilhada		$n_T = n_a + 2$	2	$l = pn_a + 2d_a$	$l_f = d_a (n_a + 2)$

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 182)

Contudo, ao encontrar o valor do comprimento livre (l) e fechado (l_f) da mola, de acordo com a extremidade da mola, foi necessário verificar se tais dimensões encontradas não se deparam com alguma restrição do equipamento.

Após tal procedimento, foi calculado a deflexão máxima da mola (fechada), por meio da equação 20.

$$\delta_{max} = l - l_f \quad (20)$$

Onde δ_{max} é a deflexão máxima da mola (mm), l o comprimento da mola (mm) e l_f o comprimento da mola fechada (mm).

Outro passo a seguir, foi determinar a força máxima atuante sobre a mola (fechada), que dada por meio da equação 21.

$$F_{max} = (\delta_{max}d_aG)/(8C^3n_a) \quad (21)$$

Sendo G o módulo de elasticidade transversal do material (N/mm^2), N_a o número de espiras ativas.

Após isso, foi calculado a tensão máxima atuante com a mola fechada, através da equação 22.

$$\tau_{max} = (8F_{max}Ck_w)/(\pi d_a^2) \quad (22)$$

Na tabela 3, são apresentadas apresentados alguns valores de referência para as tensões admissíveis para alguns materiais de molas.

Tabela 3 - Tensões Admissíveis e Tensões com a Mola Fechada

Tensões Admissíveis e Tensões com a Mola Fechada												
Diâmetro do Fio	Corda de Piano ASTM - A 228 SAE 1095			Temperado em Óleo ASTM - A - 229 SAE 1065				Aço Cromo vanádio ASTM - A - 231 SAE 6150				
	Serviço			Mola Fechada	Serviço			Mola Fechada	Serviço			Mola Fechada
	P	M	L	MPa	P	M	L	MPa	P	M	L	MPa
d (mm)	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
d = 1,0	700	900	1050	1150	580	770	875	980	630	840	950	1050
1,0 < d = 2,0	600	800	900	1000	500	670	740	820	560	740	840	910
2,0 < d = 3,0	540	740	850	920	450	600	680	760	500	670	760	850
3,0 < d = 4,0	510	700	800	860	420	560	640	710	480	630	710	800
4,0 < d = 6,0	-	-	-	-	390	520	570	640	430	600	670	740
6,0 < d = 7,5	-	-	-	-	360	500	560	630	420	570	640	710
7,5 < d = 10,0	-	-	-	-	360	490	550	610	390	560	630	700

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 189)

Outro fator importante que foi determinado é a constante elástica da mola (k), por meio da equação 23.

$$k = F/\delta \text{ ou } k = (d_aG)/(8(C)^3n_a) \quad (23)$$

Com os valores encontrados por meio das equações anteriores, foi feito o dimensionamento de uma mola helicoidal do tipo compressão.

3.4 REDIMENSIONAMENTO DA CORREIA

Para o dimensionamento da correia, foi necessário fazer o levantamento de alguns dados, conforme apresentado no quadro 3. Os valores do diâmetro da polia movida e da polia motora, foram aferidos com uma trena.

Quadro 3 - Variáveis definidas para dimensionamento da correia

Dados: Dimensionamento Correia
Potência do motor - CV
Rotação do motor (nm) - rpm
Diâmetro da polia movida (D) - mm
Diâmetro da polia motora (d) - mm

Fonte: Autoria Própria

Na figura 31 pode-se observar a correia presente no equipamento.

Figura 31 - Correia utilizada na Calandra

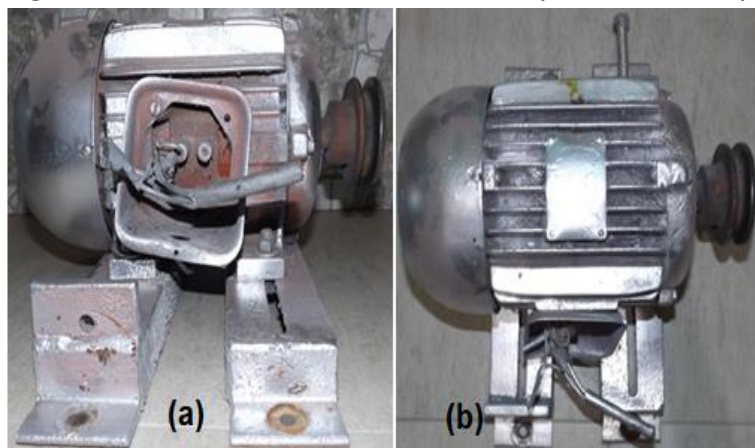


Fonte: Autoria Própria

Para realizar os cálculos, referente a correia, são necessários dados sobre o motor elétrico que fornece torque para que ocorra o processo de conformação.

Contudo, como o motor não possuía identificação, como se observa na figura 32, este foi encaminhado a uma empresa especializada em motores elétricos para fazer a identificação.

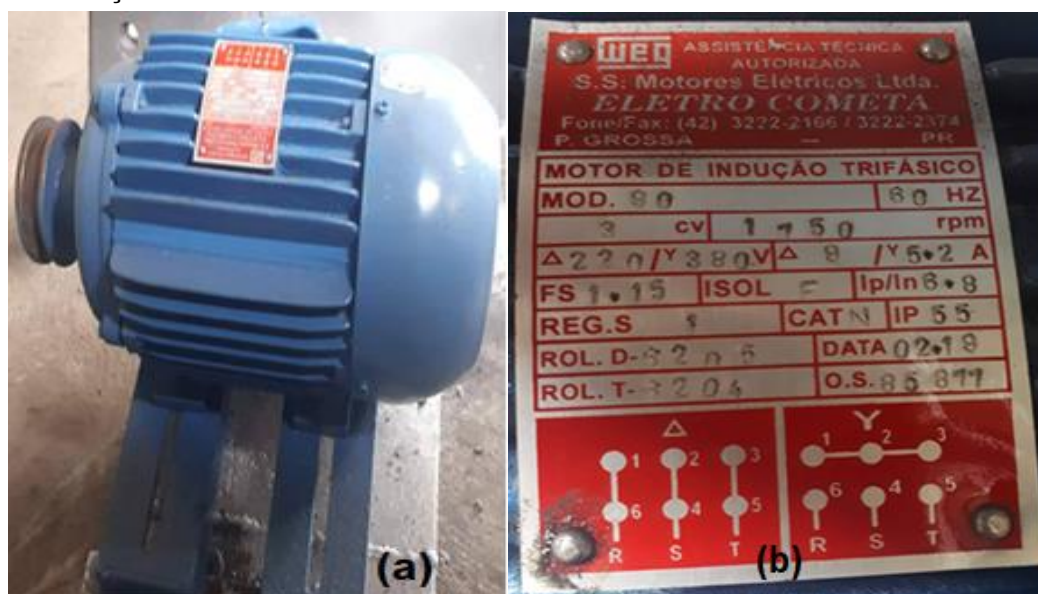
Figura 32 - Motor utilizado na Calandra – a) vista frontal; b) vista superior



Fonte: Autoria Própria

Na figura 33, se observa o motor elétrico devidamente identificado. Com a obtenção dos dados referente ao motor, foi possível dar sequência no dimensionamento da correia.

Figura 33 - Identificação do Motor utilizado na Calandra – a) motor calandra, b) placa identificação com os dados do motor da calandra



Fonte: Autoria Própria

Outro fator determinado foi o fator de serviço, fornecido pelo quadro 4, com base nos dados apresentados na figura 33. Nesta tabela foi verificado o tipo de máquina condutora, neste caso um motor elétrico e a máquina conduzida, a calandra, assim como o período de funcionamento do equipamento.

Quadro 4- Fator de serviço (fs) para dimensionamento de correias

Máquina Conduzida	Máquina Condutora					
As máquinas relacionadas são apenas exemplos representativos. Escolha o grupo cujas características sejam mais semelhantes à máquina em consideração	Motores AC: Torque Normal, Rotor Gaiola de Anéis, Sincrônicos, Divisão de Fase			Motores AC: Alto Torque, Alto Escorregamento, Repulsão-Indução, Monofásico, Trifásico Enrolado em Série, Anéis Coletores		
	Motores DC: Enrolados em Derivação			Motores DC: Enrolados em Série, Enrolados Mistos		
	Motores Estacionários: Combustão interna de Múltiplos Cilindros			Motores Estacionários: Combustão interna de um cilindro*		
	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo
	3-5h diárias ou periodicamente	8-10h diárias	16-24h diárias	3-5h diárias ou periodicamente	8-10h diárias	16-24h diárias
Britadores (Giratórios e de Mandíbulas) Guindastes Misturadores, Calandras e Moinhos para Borracha	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 55)

Outro fator importante determinado através da tabela 4, foi o coeficiente de atrito da correia, em relação a matéria prima da mesma e o material da polia.

Tabela 4 - Coeficiente de atrito (μ)

Tipos de Correia		MATERIAL DAS POLIAS			
		Papel	Madeira	Aço	Fofo
De couro	Curtimento vegetal	0,35	0,30	0,25	0,25
	Curtimento mineral	0,50	0,45	0,40	0,40
De algodão	Tecidos	0,28	0,25	0,20	0,22
	Costurados	0,25	0,23	0,20	0,20
De lã	Emborrachada	0,35	0,32	0,20	0,30

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 75)

Com o valor da rotação da polia do motor e com a equação 24, foi determinado o valor da rotação da polia movida.

$$(n_{\text{maior}})/(n_{\text{menor}}) = D/d \quad (24)$$

Onde n_{maior} é a rotação da polia movida (rpm), n_{menor} a rotação da polia motora (rpm), D o diâmetro da polia movida (mm) e d o diâmetro da polia motora (mm).

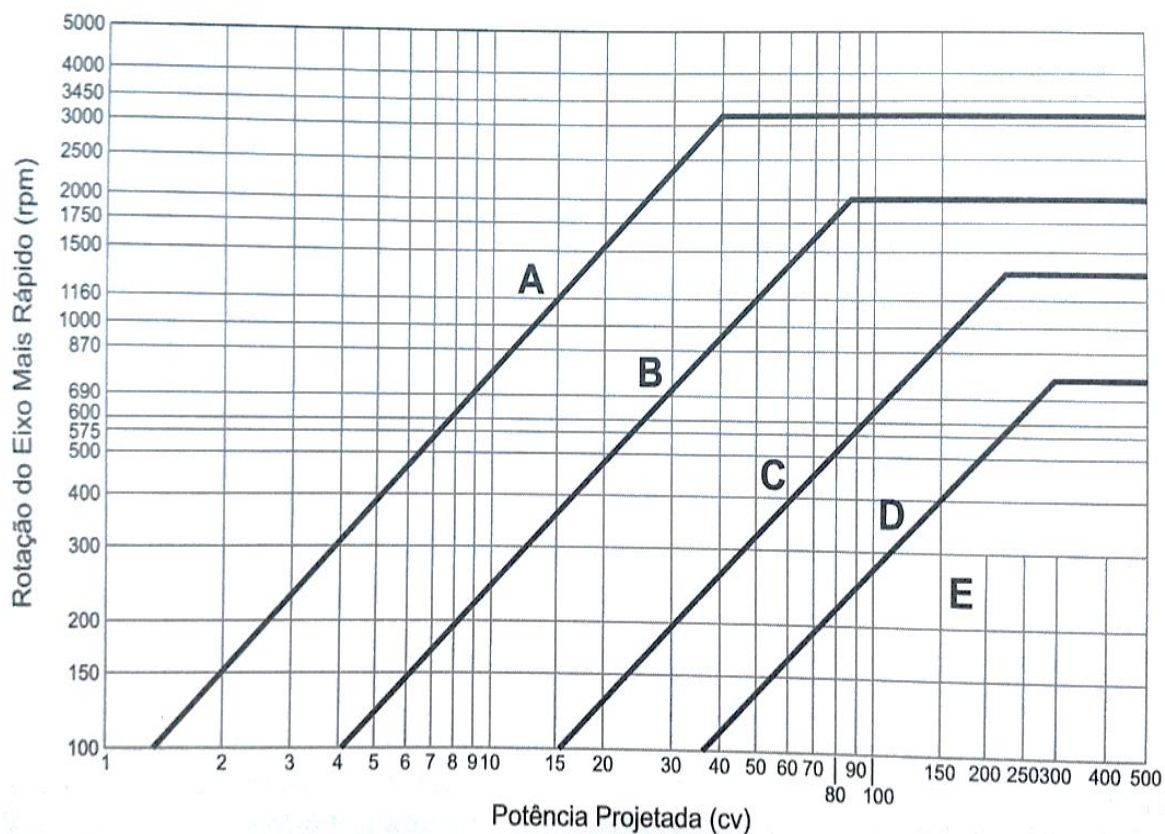
Em seguida, foi calculada a potência projetada, por meio da equação 25:

$$P_p = P_{\text{motor}} f_s \quad (25)$$

Onde P_p é a potência projetada (CV), P_{motor} a potência do motor (CV), f_s o fator de serviço.

Com esses dados foi definido o perfil da correia, para os modelos Hi-Power II e Super HC, através das figuras 34 e 35, entrando com os dados da rotação da polia do motor no eixo y e a potência projetada no eixo x.

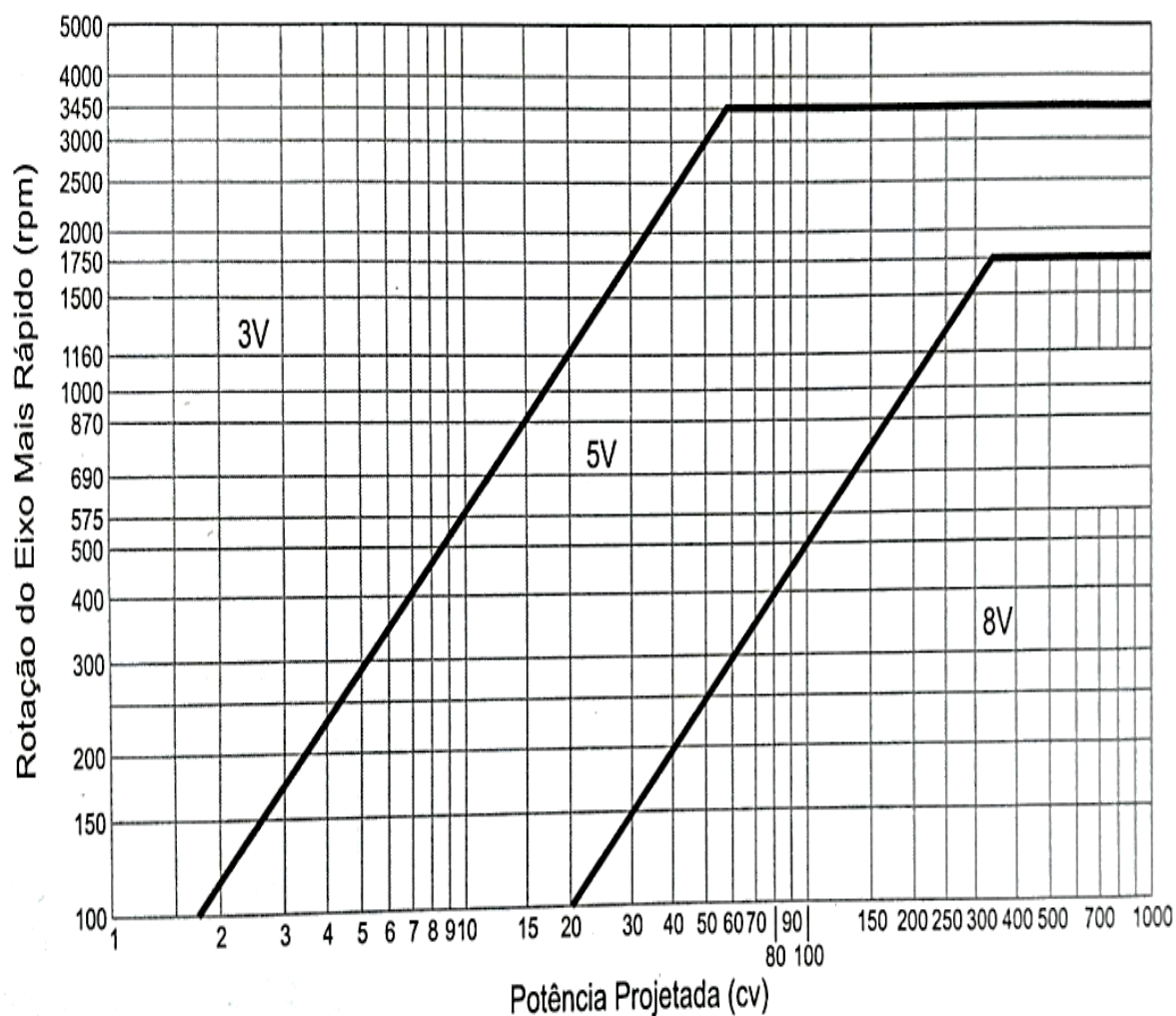
Figura 34 - Seleção de perfil de correias Hi-Power II



Fonte: Melconian (2012, p. 56)

Uma das principais características que diferem os dois tipos de correias são as medidas das seções. Na figura 35, é apresentada as três faixas de perfis para as correias tipo Super HC.

Figura 35 - Seleção de perfil de correias Super HC



Fonte: Melconian (2012, p. 56)

Após a definição do perfil da correia, quando não se tem a medida das polias motora e movida, faz-se necessário recalculer o diâmetro da polia motora, por meio da equação 26 e dos dados da tabela 5 e tabela 6, onde nestas tabelas foi encontrado o valor de d , de acordo com a potência do motor e a rotação do seu eixo.

$$d_{(mm)} = 25,4d_{(pol)} \quad (26)$$

Tabela 5 - Diâmetros Pitch mínimos recomendados – correias Hi-Power (polegadas)

CV do motor	RPM do motor (50 e 60 ciclos)						CV do motor
	575 485*	690 575*	870 725*	1160 950*	1750 1425*	3450 2850*	
1/2	2,5	2,5	2,2	-	-	-	1/2
3/4	3	2,5	2,4	2,2	-	-	3/4
1	3	3	2,4	2,4	2,2	-	1
1 1/2	3	3	2,4	2,4	2,4	2,2	1 1/2
2	3,8	3	3,0	2,4	2,4	2,4	2
3	4,5	3,8	3,0	3,0	2,4	2,4	3
5	4,5	4,5	3,8	3,0	3,0	2,6	5
7 1/2	5,2	4,5	4,4	3,8	3,0	3,0	7 1/2
10	6,0	5,2	4,6	4,4	3,8	3,0	10
15	6,8	6	5,4	4,6	4,4	3,8	15
20	8,2	7	6,0	5,4	4,6	4,4	20
25	9	8	6,8	6,0	5,0	4,4	25
30	10	9,0	6,8	6,8	5,4	-	30
40	10	10	8,2	6,8	6,0	-	40
50	11	10	9,0	8,2	6,8	-	50
60	12	11	10,0	9,0	7,4	-	60
75	14	13	10,5	10,0	9,0	-	75
100	18	15	12,5	11,0	10,0	-	100
125	20	18	15,0	12,5	11,5	-	125
150	22	22	18,0	13,0	-	-	150
200	22	22	22,0	-	-	-	200
250	22	22	-	-	-	-	250
300	27	27	-	-	-	-	300

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 58)

Na tabela 6, se tem os valores de diâmetro externos para as correias modelo Super HC.

Tabela 6 - Diâmetros externos mínimos recomendados para correias Super HC (em polegadas)

CV do motor	RPM do motor (50 e 60 ciclos)						CV do motor
	575 485*	690 575*	870 725*	1160 950*	1750 1425*	3450 2850*	
1/2	-	-	2,2	-	-	-	1/2
3/4	-	-	2,4	2,2	-	-	3/4
1	3,0	2,5	2,4	2,4	2,2	-	1
1 1/2	3,0	3,0	2,4	2,4	2,4	2,2	1 1/2
2	3,8	3,0	3,0	2,4	2,4	2,4	2
3	4,5	3,8	3,0	3,0	2,4	2,4	3
5	4,5	4,5	3,8	3,0	3,0	2,4	5
7 1/2	5,2	4,5	4,4	3,8	3,0	3,0	7 1/2
10	6,0	5,2	4,4	4,4	3,8	3,0	10
15	6,8	6,0	5,2	4,4	4,4	3,8	15
20	8,2	6,8	6,0	5,2	4,4	4,4	20
25	9,0	8,2	6,8	6,0	4,4	4,4	25
30	10	9,0	6,8	6,8	5,2	-	30
40	10	10	8,2	6,8	6,0	-	40
50	11	10	8,4	8,2	6,8	-	50
60	12	11	10	8,0	7,4	-	60
75	14	13	9,5	10	8,6	-	75
100	18	15	12	10	8,6	-	100
125	20	18	15	12	10,5	-	125
150	22	20	18	13	10,5	-	150
200	22	22	22	-	13,2	-	200
250	22	22	-	-	-	-	250
300	27	27	-	-	-	-	300

* Rotação para motores elétricos de 50 ciclos.

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 57)

Com o diâmetro da polia menor, foi calculado o valor da polia movida através da equação 27.

$$D = di \quad (27)$$

Onde i é a relação de transmissão, dado pela fórmula 28.

$$i = n_{maior}/n_{menor} \quad (28)$$

Onde n_{maior} é a rotação da polia motora (polia menor) (rpm), n_{menor} a rotação da polia movida (polia maior) (rpm).

Através da equação 29, foi encontrado o valor da distância entre centros.

$$C = (3d + D)/2 \quad (29)$$

Onde C é a distância entre centros (mm).

O valor do comprimento da correia, foi encontrado por meio da equação 30.

$$l = 2C + 1,57(D + d) + (D - d)^2/(4C) \quad (30)$$

Onde l é o comprimento da correia (mm).

Com o valor do comprimento da correia, foi calculado o valor o tamanho da correia que não permanece ligado as polias (l_a), que é fornecido pela equação 31.

$$l_a = l_c - 1,57(D + d) \quad (31)$$

Onde l_c é o comprimento da correia escolhida (mm), l_a o comprimento de ajuste da correia (mm).

O valor do ajuste da distância entre centros, através da equação 32.

$$C = (l_a - h)(D - d)/2 \quad (32)$$

Onde h é o fator de correção da distância entre centros.

O valor do fator de correção da distância entre centros foi fornecido pela tabela 7, relacionando o diâmetro maior e menor, dividido pelo comprimento de ajuste da correia, caso o resultado não esteja disponível na tabela, faz-se necessário interpolar os valores, obtendo o valor do fator h .

Tabela 7 - Fator de correção da distância entre centros


$\frac{D-d}{l_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{l_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{l_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{l_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{l_A}$	Fator h	$\frac{D-d}{l_A}$	Fator h
0,00	0,00	0,12	0,06	0,23	0,12	0,34	0,18	0,43	0,24	0,51	0,30
0,02	0,01	0,14	0,07	0,25	0,13	0,35	0,19	0,44	0,25		
0,04	0,02	0,16	0,08	0,27	0,14	0,37	0,20	0,46	0,26		
0,06	0,03	0,18	0,09	0,29	0,15	0,39	0,21	0,47	0,27		
0,08	0,04	0,20	0,10	0,30	0,16	0,40	0,22	0,48	0,28		
0,10	0,05	0,21	0,11	0,32	0,17	0,41	0,23	0,50	0,29		


Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 63)

Os valores do comprimento da correia padrão, é encontrado através da tabela 8 e 9, onde estás relacionam o valor de referência, com o tipo de perfil de correia.

Tabela 8 - Comprimento das correias Hi-Power II

Perfil A			Perfil B			Perfil C			Perfil D			Perfil E		
CIRCUNF. PITCH			CIRCUNF. PITCH			CIRCUNF. PITCH			CIRCUNF. PITCH			CIRCUNF. PITCH		
Ref.	Pol.	mm	Ref.	Pol.	mm	Ref.	Pol.	mm	Ref.	Pol.	mm	Ref.	Pol.	mm
A-26	27,3	695	B-35	36,8	935	C-51	53,9	1370	D-120	123,3	3130	180	184,5	4685
27	28,3	720	37	38,8	985	55	57,9	1470	128	131,3	3335	195	199,5	5065
31	32,3	820	38	39,8	1010	58	60,9	1545	136	139,3	3540	202	206,5	5245
32	33,3	845	39	40,8	1035	60	62,9	1600	144	147,3	3740	210	214,5	5450
33	34,3	870	42	43,8	1115	63	65,9	1675	158	161,3	4095	225	229,5	5830
35	36,3	920	46	47,8	1215	68	70,9	1800	162	165,3	4200	240	241,0	6120
37	38,3	975	48	49,8	1265	71	73,9	1875	173	176,3	4480	270	271,0	6885
38	39,3	1000	50	51,8	1315	72	74,9	1900	180	183,3	4655	300	301,0	7645
41	42,3	1075	51	52,8	1340	73	75,9	1930	195	198,3	5035	325	326,0	8280
42	43,3	1100	52	53,8	1365	75	77,9	1980	210	213,3	5420	330	331,0	8405
45	46,3	1175	53	54,8	1390	81	83,9	2130	225	225,8	5735	360	361,0	9170
46	47,3	1200	55	56,8	1445	85	87,9	2235	240	240,8	6115	390	391,0	9930
47	48,3	1225	60	61,8	1570	90	92,9	2360	250	250,8	6370	420	421,0	10695
49	50,3	1280	63	64,8	1645	96	98,9	2510	270	270,8	6880	480	481,0	12215
50	51,3	1305	64	65,8	1670	100	102,9	2615	300	300,8	7640			
51	52,3	1330	65	66,8	1695	105	107,9	2740	330	330,8	8400			
53	54,3	1380	68	69,8	1775	112	114,9	2920	360	360,8	9165			
54	55,3	1405	71	72,8	1850	120	122,9	3120	390	390,8	9925			
55	56,3	1430	73	74,8	1900	128	130,9	3325	420	420,8	10690			
57	58,3	1480	75	76,8	1950	136	138,9	3530	480	480,8	12210			
60	61,3	1555	78	79,8	2025	144	146,9	3730						
62	63,3	1610	81	82,8	2105	158	160,9	4085						
64	65,3	1660	85	86,8	2205	162	164,9	4190						
66	67,3	1710	90	91,8	2330	173	175,9	4470						
68	69,3	1760	93	94,8	2410	180	182,9	4645						
69	70,3	1785	95	96,8	2460	195	197,9	5025						
71	72,3	1835	97	98,8	2510	210	212,9	5410						
75	76,3	1940	105	106,8	2715	225	225,9	5740						
80	81,3	2065	112	113,8	2890	240	240,9	6120						
85	86,3	2190	120	121,8	3095	255	255,9	6500						
90	91,3	2320	124	125,8	3195	270	270,9	6880						
96	97,3	2470	128	129,8	3295	300	300,9	7645						
105	106,3	2700	136	137,8	3500	330	330,9	8405						
112	113,3	2880	144	145,8	3705	360	360,9	9165						
120	121,3	3080	158	159,8	4060	390	390,9	9930						
128	129,3	3285	162	163,8	4160	420	420,9	10690						
136	137,3	3485	173	174,8	4440									
144	145,3	3690	180	181,8	4620									
158	159,3	4045	195	196,8	5000									
162	163,3	4150	210	211,8	5380									
173	174,3	4425	225	225,3	5725									
180	181,3	4605	240	240,3	6105									
			270	270,3	6865									
			300	300,3	7630									
			330	330,3	8390									
			360	360,3	9150									

 Somente na construção individual

 Nas construções individual e PowerBand

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 62)

Na tabela 9 é apresentado uma tabela para seleção de correias Super HC.

Tabela 9 - Comprimento das correias Super HC

3V				5V				8V								
Circunferência externa - mm	Correia Super HC Ref.	Circunferência externa - mm	Correia Super HC Ref.	Circunferência externa - mm	Correia Super HC Ref.	Circunferência externa - mm	Correia Super HC Ref.	Circunferência externa - mm	Correia Super HC Ref.	Circunferência externa - mm	Correia Super HC Ref.					
25	3V250	71	1805	3V710	50	1270	5V500	140	3355	5V1400	100	2540	8V1000	280	7110	8V2800
26 1/2	3V265	75	1905	3V750	53	1345	5V530	150	3810	5V1500	106	2690	8V1060	300	7620	8V3000
28	3V280	80	2030	3V800	56	1420	5V560	160	4065	5V1600	112	2845	8V1120	315	8000	8V3150
30	3V300	85	2160	3V850	60	1525	5V600	170	4320	5V1700	118	2995	8V1180	335	8510	8V3350
31 1/2	3V315	90	2285	3V900	63	1600	5V630	180	4570	5V1800	125	3175	8V1250	355	9017	8V3550
33 1/2	3V355	95	2415	3V950	67	1700	5V670	190	4825	5V1900	132	3355	8V1320	375	9525	8V3750
35 1/2	3V355	100	2540	3V1000	71	1805	5V710	200	5080	5V2000	140	3555	8V1400	400	10160	8V4000
37 1/2	3V375	106	2690	3V1060	75	1905	5V750	212	5385	5V2120	150	3810	8V1500	425	10795	8V4250
40	3V400	112	2845	3V1120	80	2030	5V800	224	5690	5V2240	160	4065	8V1600	450	11430	8V4500
42 1/2	3V425	118	2995	3V1180	85	2160	5V850	236	5995	5V2360	170	4320	8V1700	475	12065	8V4750
45	3V450	125	3175	3V1250	90	2285	5V900	250	6350	5V2500	180	4570	8V1800	500	12700	8V5000
47 1/2	3V475	132	3355	3V1320	95	2415	5V950	265	6730	5V2650	190	4858	8V1900	560	14225	8V5600
50	3V500	140	3555	3V1400	100	2540	5V1000	280	7110	5V2800	200	5080	8V2000			
53	3V530				106	2690	5V1060	300	7620	5V3000	212	5385	8V2120			
56	3V560				112	2845	5V1120	315	8000	5V3150	224	5690	8V2240			
60	3V600				118	2995	5V1180	335	8510	5V3350	236	5995	8V2360			
63	3V630				125	3175	5V1250	355	9015	5V3350	250	6350	8V2500			
67	3V670				132	3355	5V1320				265	6730	8V2650			

Comprimento das correias super HC.

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 60)

A capacidade de transmissão de potência por correia, é calculada através da equação 33.

$$P_{pc} = (P_b + P_a)f_{cc}f_{cac} \quad (33)$$

Onde P_b é a potência básica (CV), P_a a potência adicional (CV), f_{cc} o fator de correção do comprimento, f_{cac} o fator de correção do arco de contato, P_{pc} a capacidade de transmissão de potência por correia (CV).

Para usar a equação 33, foi necessário consultar a tabela 10 e tabela 11, fornecendo os valores da potência básica e a potência adicional.

Tabela 10 - Classificação de CV por correia (mm) para correias Hi-Power II perfil A

RPM do eixo mais rápido	Potência Básica																	
	CV básico por correia para diâmetro Pitch das polias menores, em milímetros																	
	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	140	150	165	180	190
950	0,55	0,74	0,92	1,11	1,29	1,47	1,65	1,83	2,01	2,19	2,37	2,54	2,71	3,23	3,57	4,07	4,56	4,89
1160	0,61	0,84	1,06	1,28	1,50	1,71	1,93	2,14	2,35	2,56	2,77	2,98	3,19	3,79	4,19	4,78	5,36	5,74
1425	0,67	0,94	1,21	1,47	1,73	1,99	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,49	3,74	4,45	4,92	5,61	6,28	6,71
1750	0,73	1,05	1,37	1,68	1,99	2,30	2,60	2,90	3,20	3,49	3,78	4,07	4,35	5,19	5,73	6,51	7,27	7,76
2850	0,77	1,25	1,71	2,17	2,62	3,07	3,50	3,93	4,34	4,75	5,15	5,54	5,91	6,99	7,65	8,56	9,36	9,83

RPM do eixo mais rápido	Potência adicional									
	CV adicional por correia, para relação de velocidade									
	1,00 a 1,01	1,02 a 1,03	1,04 a 1,05	1,06 a 1,08	1,09 a 1,12	1,13 a 1,16	1,17 a 1,22	1,23 a 1,30	1,31 a 1,48	1,49 em diante
950	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
1160	0,00	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22
1425	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27
1750	0,00	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,22	0,25	0,29	0,33
2850	0,00	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,35	0,41	0,47	0,53

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 64)

Tabela 11 - Classificação de CV por correias (mm) para correias Super HC perfil 3 V

RPM do eixo mais rápido	Potência Básica																	
	CV básico por correia para diâmetro Pitch das polias menores, em milímetros																	
	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
1160	0,55	0,74	0,92	1,11	1,29	1,47	1,65	1,83	2,01	2,19	2,37	2,54	2,71	3,23	3,57	4,07	4,56	4,89
1425	0,61	0,84	1,06	1,28	1,50	1,71	1,93	2,14	2,35	2,56	2,77	2,98	3,19	3,79	4,19	4,78	5,36	5,74
1750	0,67	0,94	1,21	1,47	1,73	1,99	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,49	3,74	4,45	4,92	5,61	6,28	6,71
2850	0,73	1,05	1,37	1,68	1,99	2,30	2,60	2,90	3,20	3,49	3,78	4,07	4,35	5,19	5,73	6,51	7,27	7,76
3450	0,77	1,25	1,71	2,17	2,62	3,07	3,50	3,93	4,34	4,75	5,15	5,54	5,91	6,99	7,65	8,56	9,36	9,83

RPM do eixo mais rápido	Potência adicional									
	CV adicional por correia, para relação de velocidade									
	1,00 a 1,01	1,02 a 1,05	1,06 a 1,11	1,12 a 1,18	1,19 a 1,26	1,27 a 1,38	1,39 a 1,57	1,58 a 1,94	1,95 a 3,38	3,39 em diante
1160	0,00	0,02	0,06	0,10	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,25
1425	0,00	0,03	0,07	0,12	0,17	0,20	0,24	0,27	0,29	0,31
1750	0,00	0,03	0,09	0,15	0,21	0,25	0,29	0,33	0,36	0,38
2850	0,00	0,05	0,14	0,25	0,34	0,41	0,48	0,54	0,59	0,62
3450	0,00	0,06	0,17	0,30	0,41	0,50	0,58	0,65	0,71	0,75

Fonte: Adaptado Melconian (2012, p. 69)

O valor de fator de correção do arco de contato (f_{cac}), o valor do incremento do fator de correção do arco de contato (i_{ac}), o valor do incremento do arco de contato (α) e o valor do arco de contato da polia menor foi encontrado por meio da tabela 12. A medida que se encontra o valor do arco de contato em graus, faz-se a conversão do mesmo para radianos por meio da equação 34.

Tabela 12 - Fator de correção do arco de contato

$\frac{D - d}{C_{(a)}}$	Arco de contato da polia menor (graus)	Fator "fcac"
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77
1,30	99	0,73
1,40	91	0,70
1,50	83	0,65

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 73)

$$\alpha_{rad} = (\pi/180)\alpha^{\circ} \quad (34)$$

Onde α_{rad} é o arco de contato ou ângulo de abraçamento (rad), α° o arco de contato ou ângulo de abraçamento (graus).

Já o fator de correção do comprimento (f_{cc}) foi encontrado por meio das tabelas 13 e tabela 14. Com o modelo e a identificação do perfil da correia, tem-se o valor do fator de correção correspondente, caso o valor calculado não aparece explícito na tabela, mas se encontre no intervalo dos valores apresentados na tabela, foi necessário fazer uma interpolação com os valores.

Tabela 13 - Fator de correção de comprimento de correias Hi-Power II

Perfil A		Perfil B		Perfil C		Perfil D		Perfil E	
Ref. Hi-Power II	Fator de Correção	Ref. Hi-Power II	Fator de Correção	Ref. Hi-Power II	Fator de Correção	Ref. Hi-Power II	Fator de Correção	Ref. Hi-Power II	Fator de Correção
A-26	0,75	B-35	0,77	C-51	0,77	D-120	0,86	E-180	0,92
A-27	0,76	B-37	0,78	C-55	0,79	D-128	0,88	E-195	0,93
A-31	0,79	B-38	0,79	C-60	0,81	D-144	0,90	E-210	0,95
A-32	0,80	B-39	0,80	C-68	0,83	D-158	0,92	E-240	0,97
A-33	0,81	B-42	0,81	C-71	0,84	D-162	0,92	E-270	0,99
A-35	0,82	B-46	0,83	C-75	0,86	D-173	0,94	E-300	1,01
A-37	0,84	B-48	0,84	C-81	0,87	D-180	0,94	E-330	1,03
A-38	0,85	B-52	0,86	C-85	0,88	D-195	0,96	E-360	1,04
A-41	0,86	B-55	0,88	C-90	0,90	D-210	0,98	E-390	1,06
A-42	0,87	B-60	0,90	C-96	0,91	D-225	0,99	E-420	1,07
A-45	0,89	B-64	0,92	C-100	0,92	D-240	1,00	E-480	1,09
A-46	0,90	B-68	0,93	C-105	0,93	D-270	1,02		
A-49	0,91	B-71	0,94	C-112	0,95	D-300	1,04		
A-53	0,93	B-75	0,95	C-120	0,96	D-330	1,06		
A-57	0,95	B-78	0,96	C-128	0,97	D-360	1,08		
A-60	0,97	B-85	0,99	C-136	0,99	D-390	1,10		
A-64	0,99	B-90	1,00	C-144	1,00	D-420	1,11		
A-68	1,00	B-95	1,01	C-158	1,02	D-480	1,14		
A-71	1,01	B-97	1,02	C-162	1,03				
A-75	1,03	B-105	1,04	C-173	1,04				
A-80	1,04	B-112	1,05	C-180	1,05				
A-85	1,06	B-120	1,07	C-195	1,07				
A-90	1,08	B-128	1,09	C-210	1,08				
A-96	1,09	B-136	1,10	C-225	1,10				
A-105	1,12	B-144	1,12	C-240	1,11				
A-112	1,13	B-158	1,14	C-255	1,13				
A-120	1,15	B-162	1,15	C-270	1,14				
A-128	1,17	B-173	1,16	C-300	1,16				
		B-180	1,17	C-330	1,18				
		B-195	1,19	C-360	1,20				
		B-210	1,22	C-390	1,22				
		B-225	1,23	C-420	1,24				
		B-240	1,24						
		B-270	1,27						
		B-300	1,30						

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 73)

Na tabela 14, são apresentados os valores de fator de correção de comprimento para as 3 faixas de modelo de correias Super HC.

Tabela 14 - Fator de correção de comprimento de correias Super HC

3V		5V		8V	
Ref. Super HC	Fator de Correção	Ref. Super HC	Fator de Correção	Ref. Super HC	Fator de Correção
3V250	0,83	5V500	0,85	8V1000	0,87
3V265	0,84	5V530	0,86	8V1060	0,88
3V280	0,85	5V560	0,87	8V1120	0,88
3V300	0,86	5V600	0,88	8V1180	0,89
3V315	0,87	5V630	0,89	8V1250	0,90
3V335	0,88	5V670	0,90	8V1320	0,91
3V355	0,89	5V710	0,91	8V1400	0,92
3V375	0,90	5V750	0,92	8V1500	0,93
3V400	0,92	5V800	0,93	8V1600	0,94
3V425	0,93	5V850	0,94	8V1700	0,94
3V450	0,94	5V900	0,95	8V1800	0,95
3V475	0,95	5V950	0,96	8V1900	0,96
3V500	0,96	5V1000	0,96	8V2000	0,97
3V530	0,97	5V1060	0,97	8V2120	0,98
3V560	0,98	5V1120	0,98	8V2240	0,98
3V600	0,99	5V1180	0,99	8V2360	0,99
3V630	1,00	5V1250	1,00	8V2500	1,00
3V670	1,01	5V1320	1,01	8V2650	1,01
3V710	1,02	5V1400	1,02	8V2800	1,02
3V750	1,03	5V1500	1,03	8V3000	1,03
3V800	1,04	5V1600	1,04	8V3150	1,03
3V850	1,06	5V1700	1,05	8V3350	1,04
3V900	1,07	5V1800	1,06	8V3550	1,05
3V950	1,08	5V1900	1,07	8V3750	1,06
3V1000	1,09	5V2000	1,08	8V4000	1,07
3V1060	1,10	5V2120	1,09	8V4250	1,08
3V1120	1,11	5V2240	1,09	8V4500	1,09
3V1180	1,12	5V2360	1,10	8V4750	1,09
3V1250	1,13	5V2500	1,11	8V5000	1,10
3V1320	1,14	5V2650	1,12	8V5600	1,12
3V1400	1,15	5V2800	1,13		
		5V3000	1,14		
		5V3150	1,15		
		5V3350	1,16		
		5V3550	1,17		

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 72)

A medida que os valores forem definidos, foi calculado o número de correias a serem utilizadas, por meio da equação 35.

$$n_{co}^p = P_p/P_{pc} \quad (35)$$

Onde n_{co}^p é o número de correias, P_p a potência projetada (CV), P_{pc} a potência por correia (CV).

A velocidade periférica da correia, foi fornecida por meio da equação 36, levando em conta que para a correia Hi-Power II admite-se uma velocidade periférica máxima de $v \leq 30$ m/s e para a correia Super HC $v \leq 33$ m/s.

$$V_p = (\pi r_1 n_1)/30 = (\pi r_2 n_2)/30 \quad (36)$$

Onde v_p é a velocidade periférica (m/s), r_1 o raio da polia 1 (m), r_2 o raio da polia 2 (m), n_1 a rotação da polia 1 (rpm), n_2 a rotação da polia 2 (rpm), π a constante trigonométrica 3,1415926...

Os esforços na transmissão são representados por F_1 e F_2 . Quando o motor iniciar o funcionamento tem-se uma força F_1 atuando, ou seja, uma força motora. Conseqüentemente tem-se perdas geradas por movimentos opostos, neste caso F_2 . Ao fazer uma soma vetorial da força F_1 e F_2 , tem se uma força tangencial F_t , responsável pela circulação.

As equações 37 e 38, fornecem o torque nas duas polias (motora e movida).

$$M_{T1} = 30P/(\pi n_1) \quad (37)$$

$$M_{T2} = 30P/(\pi n_2) \quad (38)$$

Onde M_{T1} é o torque do motor polia 1, M_{T2} o torque polia 2, P a Potência do motor (Watts).

O cálculo da força tangencial, foi calculada por meio da razão entre o torque e diâmetro da polia 1 ou polia 2, como observa-se nas equações 39 e 40.

$$F_T = (2M_{T1})/d_1 \quad (39)$$

$$F_T = (2M_{T2})/d_2 \quad (40)$$

Para encontrar o valor da força motriz F_1 e força resistiva F_2 foi necessário manipular as equações 41 e 42. Primeiro foi isolado o valor de F_1 em um lado da equação 41. Em seguida, foi substituído o valor de F_1 na equação 42.

$$F_1/F_2 = e^{\mu*\alpha_{rad}} \quad (41)$$

Onde μ é o coeficiente de atrito (correia - polia).

$$F_1 - F_2 = F_T \quad (42)$$

Após encontrar o valor de F_1 e F_2 , foi calculado o valor da força resultante no sistema, através da equação 43.

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2|\cos\alpha|} \quad (43)$$

Onde F é a força resultante (N).

Seguindo os passos descritos anteriormente foi possível determinar o modelo de correia Hi-Power II e Super HC, bem como os demais fatores atuantes neste processo.

4. RESULTADOS

Os valores usados nos cálculos, parte foram obtidos por meio da medição, outros valores foram encontrados por meio de uma pesquisa em site de fabricantes ou fornecedores destes componentes, disponíveis na seção de apêndices, com objetivo de determinação do peso específico do material. As buchas são comumente produzidas em bronze, conforme se observa no apêndice B. Contudo, são poucos os fabricantes que especificam e disponibilizam o tipo de bronze utilizado na fabricação das mesmas. Na tabela 15, se verifica os valores aferidos e os valores encontrados na internet para a densidade da bucha de bronze.

Tabela 15 - Valores aferidos buchas de bronze

Buchas de bronze	
Base – m	0,065
Altura – m	0,080
Comprimento – m	0,065
Comprimento da circunferência do rasgo bucha - $2\pi r$ – m	0,070
Comprimento rasgo bucha – m	0,065

Fonte: Autoria Própria

Na tabela 16, tem-se alguns valores obtidos por meio de medições no equipamento.

Tabela 16 - Valores aferidos cilindro de aço maciço

Cilindro	
Comprimento – m	1,24
Comprimento da circunferência do cilindro - $2\pi r$ - m	0,33
Diâmetro cilindro menor – m	0,07
Comprimento do Cilindro menor – m	0,01

Fonte: Autoria Própria

Abaixo tem-se a tabela 17, com os dados iniciais estimados para o cálculo, onde os valores de D_e , D_m , l_f e L , serão pré-determinados, devido a uma restrição do equipamento.

Tabela 17 - Valores para dimensionamento mola

Dados: Dimensionamento mola	
Diâmetro externo (D_e) – mm	40
Diâmetro do arame (D_a) – mm	4,5
Diâmetro médio (D_m) – mm	35,5
Comprimento Fechado (L_f) – mm	40
Comprimento Livre (L) – mm	70
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente – N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola – N	441,28

Fonte: Aatoria Própria

O diâmetro do arame foi definido conforme tabela 18, a qual apresenta valores normalizados.

Tabela 18 - Diâmetros de arames e barras normalizados DIN 2076 – 2077

Diâmetros Normalizados d [mm]						
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
9,0	9,5	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
16,0	18,0	20,0	22,5	25,0	28,0	32,0
36,0	40,0	45,0	50,0			

Fonte: Adaptado de Melconian (2012, p. 190)

Foi dimensionado a mola para o material SAE 1065, SAE 1085, Aço inoxidável A-313 e Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150 e na tabela 19 tem-se os valores do módulo de cisalhamento (G).

Tabela 19 - Valores do módulo de cisalhamento (G) para os matérias escolhidos

Dados: Valores do módulo de cisalhamento (G)	
G aço - SAE 1065	77200 MPa
G aço - SAE 1085	80000 MPa
G aço Inoxidável A-313	68950 MPa
G aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	77200 MPa

Fonte: Adaptado de Carlson (1978, p. 31 - 76)

Os cálculos foram feitos para os três tipos de extremidades de molas: em ponta esmerilhada, em esquadro e em esquadro e esmerilhada, apresentados no quadro 2 e para quatro diferentes tipos de materiais.

Na tabela 20 são apresentados os valores calculados para o aço SAE 1085, sendo que este material foi o qual melhor se enquadrou nos valores de restrição do equipamento. Os demais cálculos para os diferentes tipos de extremidades e materiais são apresentados na seção de apêndices.

Tabela 20 - Valores obtidos para extremidade da mola em esquadro, $d = 4,5 \text{ mm}$ – SAE 1085

Cálculo para extremidade da mola em esquadro	
Diâmetro externo (D_e) – mm	40,00
Diâmetro do arame (D_a) – mm	4,50
Diâmetro médio (D_m) – mm	35,50
Comprimento Fechado (L_f) – mm	40,00
Comprimento Livre (L) – mm	70,00
Número de espiras ativas (N_a)	5,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente – N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola – N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (k_W)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/n_a) - mm/espira ativa	4,81
Passo da mola (p) – mm	10,04
Comprimento da mola (l) – mm	72,60
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) – mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (F_{max}) – N	466,93
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	549,76
Deflexão da mola (δ) – mm	28,35
Constante elástica da mola (k) - N/mm	15,56
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,14
Número Total de espiras (N_t)	7,89

Fonte: Autoria Própria

Na tabela 21, são apresentados os resultados para o mesmo aço, mas para o diâmetro do arame de 5,0 mm, o qual se enquadra no valor de comprimento livre da mola, contudo os valores de tensões se alteram.

Tabela 21 - Valores obtidos para extremidade da mola em esquadro, d = 5,0 mm – SAE 1085

Cálculo para extremidade da mola em esquadro	
Diâmetro externo (De) – mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) – mm	5,00
Diâmetro médio (Dm) – mm	35,00
Comprimento Fechado (Lf) – mm	40,00
Comprimento Livre (L) – mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	5,00
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente – N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola – N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,00
Fator de Wahl (kw)	1,21
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	381,61
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	3,03
Passo da mola (p) – mm	8,48
Comprimento da mola (l) – mm	57,41
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) – mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (F_{max}) – N	874,64
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	756,37
Deflexão da mola (δ) – mm	15,14
Constante elástica da mola (k) - N/mm	29,15
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	4,41
Número Total de espiras (Nt)	7,00

Fonte: Autoria Própria

Para dimensionamento da correia, predetermina-se os valores abaixo, conforme tabela 22.

Tabela 22 - Valores determinados para dimensionamento correia

Dados: Dimensionamento Correia	
Potência do motor - CV	3,00
Rotação do motor (nm) - Rpm	1750,00
Diâmetro da polia movida (D) - mm	370,00
Diâmetro da polia motora (d) - mm	80,00

Fonte: Autoria Própria

O valor do tipo de serviço / fator de serviço, foi obtido com a identificação do tipo da máquina conduzida, o tipo de serviço e a máquina condutora, que se trata de um motor AC.

Já o valor do coeficiente de atrito foi encontrado com base no tipo de correia a ser usado e o material da polia.

Para fazer a seleção de perfil de correia foi pegado o valor da potência projetada e a rotação do eixo mais rápido.

Para obter o diâmetro externo ou pitch mínimo para os dois tipos de correias, foi usada a potência e rotação do eixo do motor. Contudo para análise foram feitos os cálculos para os diâmetros das polias presentes na calandra e para novos diâmetros obtidos pelos cálculos e tabelas.

O fator de correção da distância entre centros (h), foi encontrado por meio da diferença entre os diâmetros das polias dividido pelo comprimento de ajuste da correia. Com esses valores foi possível determinar o comprimento da correia.

Para avaliar a competência de transmissão de potência através de correia, foi encontrado os valores da potência adicional e potência básica.

O fator de correção do comprimento (f_{cc}) e o fator de correção do arco de contato (f_{cac}), foram através da diferença de diâmetros das polias dividido pelo valor de ajuste da distância entre centros (C_a).

Na tabela 23 são apresentados os valores das variáveis descritas anteriormente, as quais foram obtidas por meio de figuras/tabelas/gráficos.

Tabela 23 - Dados das variáveis, valores de acordo com a figura/tabela/quadro respectiva (continua)

Variável	Valor	Figura / Tabela / Quadro
Fator de serviço (f_s)	1,3	Quadro 4
Coeficiente de atrito (μ)	0,25	Tabela 2
Perfil de correias Hi-Power II	A	Figura 34
Perfil de correias Super HC	3V	Figura 35
Diâmetros Pitch mínimos recomendados – correias Hi-Power	2,4	Tabela 3
Diâmetros externos mínimos recomendados - correias Super HC	2,4	Tabela 4
Fator de correção da distância entre centros (h) - correias Hi-Power	0,233	Tabela 5

Tabela 23 - Dados das variáveis, valores de acordo com a figura/tabela/quadro respectiva (conclusão)

Fator de correção da distância entre centros (h) - correias Super HC	0,230	Tabela 5
Comprimento selecionado das correias Hi-Power II	A-54	Tabela 6
Comprimento selecionado das correias Super HC	3V560	Tabela 7
Potência básica para correias Hi-Power II perfil A	1,68	Tabela 8
Potência adicional para correias Hi-Power II perfil A	0,33	Tabela 8
Potência básica para correias Super HC perfil 3V	2,49	Tabela 9
Potência adicional para correias Super HC perfil 3V	0,38	Tabela 9
Fator de correção do arco de contato - correias Hi-Power (fcac)	0,847	Tabela 10
Fator de correção do arco de contato - correias Super HC (fcac)	0,851	Tabela 10
Fator de correção de comprimento de correias Hi-Power II - (Fcc)	0,935	Tabela 11
Fator de correção de comprimento de correias Super HC - (Fcc)	0,980	Tabela 12

Fonte: Autoria Própria

Com esses valores foi possível concluir o dimensionamento da correia e de valores para os esforços na transmissão, força tangencial, F_1 e F_2 e carga resultante. Na tabela 24, se observa os resultados encontrados através das tabelas e cálculos apresentados para o modelo de correia Hi-Power II com os diâmetros das polias presentes na calandra.

Tabela 24 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Hi-Power II

(continua)

Dados: Dimensionamento correia Hi-Power II	
Tipo de serviço / fator de serviço	1,30
Potência do motor	3,00
Rotação do motor (nm)	1750
Rotação da Polia (nreductor)	378,38
Diâmetro da polia movida (D)	370,00
Diâmetro da polia motora (d)	80,00
Coefficiente de atrito (μ)	0,25
RESULTADOS	
Potência projetada (P_p)	3,90
Perfil da Correia	A - 54
Relação de transmissão (i)	4,63
Distância entre centros (C)	305,00

Tabela 24 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Hi-Power II

	(conclusão)
Comprimento da Correia (l)	1385,43
Comprimento de ajuste da correia (l _a)	698,50
Fator de correção (h)	0,233
Distância entre centros (ajustada) (C _a)	315,53
Capacidade de transmissão de potência por correia (P _{pc})	1,59
Potência básica (P _b)	1,68
Potência adicional (P _a)	0,33
Fator de correção de comprimento (F _{cc})	0,93
Fator de correção do arco de contato (f _{cac})	0,85
Ângulo do arco de contato (α _{rad})	2,31
Ângulo do arco de contato (α°)	132,07
Número de correias necessárias para transmissão (n _{cc})	2,45
Esforços na transmissão (M _t) – Nm	12,04
Fator tangencial (F _t) – N	370,47
Esforço F1	845,80
Esforço F2	475,33
Carga resultante (F)	1216,59

Fonte: Autoria Própria

Na tabela 25, são apresentados os resultados encontrados para o modelo de correia Super HC com os diâmetros das polias presentes na calandra.

Tabela 25 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Super HC

	(continua)
Dados: Dimensionamento correia Super HC	
Tipo de serviço / fator de serviço	1,30
Potência do motor	3,00
Rotação do motor (nm)	1750
Rotação da Polia (nredutor)	378,38
Diâmetro da polia movida (D)	370,00
Diâmetro da polia motora (d)	80,00
Coeficiente de atrito (μ)	0,25
RESULTADOS	
Potência projetada (P _p)	3,90
Perfil da Correia	3V560
Relação de transmissão (i)	4,63
Distância entre centros (C)	305,00

Tabela 25 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Super HC

	(conclusão)
Comprimento da Correia (l)	1385,43
Comprimento de ajuste da correia (l _a)	713,50
Fator de correção (h)	0,41
Distância entre centros (ajustada) (C _a)	323,40
Capacidade de transmissão de potência por correia (P _{pc})	2,39
Potência básica (P _b)	2,49
Potência adicional (P _a)	0,38
Fator de correção de comprimento (F _{cc})	0,98
Fator de correção do arco de contato (f _{cac})	0,85
Ângulo do arco de contato (α _{rad})	2,22
Ângulo do arco de contato (α°)	127,19
Número de correias necessárias para transmissão (n _{co})	1,63
Esforços na transmissão (M _t)	12,04
Fator tangencial (F _t)	316,02
Esforço F1	746,28
Esforço F2	430,27
Carga resultante (F)	1058,99

Fonte: Autoria Própria

Como observado nas tabelas 24 e 25, são necessárias mais de uma correia para cada modelo. Na tabela 26 foi apresentado um novo conjunto de valores para diâmetros recalculados das polias motora e movida.

Tabela 26 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Hi-Power II (novos diâmetros)
(continua)

Dados: Dimensionamento correia Hi-Power II	
Tipo de serviço / fator de serviço	1,30
Potência do motor	3,00
Rotação do motor (nm)	1750
Rotação da Polia (nredutor)	378,38
Diâmetro da polia movida (D)	300,63
Diâmetro da polia motora (d)	65,00
Coefficiente de atrito (μ)	0,25
RESULTADOS	
Potência projetada (P _p)	3,90
Perfil da Correia	A - 45
Relação de transmissão (i)	4,63
Distância entre centros (C)	247,81

**Tabela 26 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Hi-Power II (novos diâmetros)
(conclusão)**

Comprimento da Correia (l)	1125,67
Comprimento de ajuste da correia (l _a)	600,97
Fator de correção (h)	0,21
Distância entre centros (ajustada) (C _a)	275,50
Capacidade de transmissão de potência por correia (P _{pc})	0,81
Potência básica (P _b)	0,73
Potência adicional (P _a)	0,33
Fator de correção de comprimento (F _{cc})	0,89
Fator de correção do arco de contato (f _{cac})	0,86
Ângulo do arco de contato (α _{rad})	2,263
Ângulo do arco de contato (α°)	129,65
Número de correias necessárias para transmissão (n _{co})	4,81
Esforços na transmissão (M _t)	12,04
Fator tangencial (F _t)	370,47
Esforço F1	857,49
Esforço F2	487,02
Carga resultante (F)	1226,96

Fonte: Autoria Própria

Na tabela 27, são apresentados os resultados encontrados para o modelo de correia Super HC com os diâmetros recalculados.

**Tabela 27 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Super HC (novos diâmetros)
(continua)**

Dados: Dimensionamento correia Super HC	
Tipo de serviço / fator de serviço	1,3
Potência do motor	3
Rotação do motor (nm)	1750
Rotação da Polia (nreductor)	378,38
Diâmetro da polia movida (D)	325
Diâmetro da polia motora (d)	70
Coefficiente de atrito (μ)	0,25
RESULTADOS	
Potência projetada (P _p)	3,9
Perfil da Correia	3V500
Relação de transmissão (i)	4,63
Distância entre centros (C)	267,5
Comprimento da Correia (l)	1215,92
Comprimento de ajuste da correia (l _a)	649,85
Fator de correção (h)	0,21
Distância entre centros (ajustada) (C _a)	298,15

Tabela 27 - Valores obtidos para o dimensionamento da correia Super HC (novos diâmetros)
(conclusão)

Capacidade de transmissão de potência por correia (P_{pc})	1,8
Potência básica (P_b)	1,8
Potência adicional (P_a)	0,38
Fator de correção de comprimento (F_{cc})	0,96
Fator de correção do arco de contato (f_{cac})	0,86
Ângulo do arco de contato (α_{rad})	2,263
Ângulo do arco de contato (α°)	129,67
Número de correias necessárias para transmissão (n_{co})	2,17
Esforços na transmissão (M_t)	12,04
Fator tangencial (F_t)	344,01
Esforço F1	812,38
Esforço F2	468,37
Carga resultante (F)	1170,22

Fonte: Autoria Própria

Com os dados apresentados anteriormente, tem-se o dimensionamento para correias do modelo Hi-Power II e Super HC.

5. CONCLUSÃO

Com a análise dos resultados observa-se que os quatro materiais comparados, aços SAE 1065, SAE 1085, Aço inoxidável A-313 e Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150 para um diâmetro de mola de 4,5 mm, todos atingem um valor superior ao comprimento livre da mola imposto, contudo a tensão atuante na mola é menor.

A medida que se aumenta o diâmetro do arame para 5,0 mm, todos os materiais satisfazem as restrições de comprimento livre, contudo a tensão atuante na mola fechada aumenta o que pode causar falha da mesma.

Portanto, pode se concluir que o aço SAE 1085 e a extremidade em esquadro, para o diâmetro de 4,5 mm de arame é a escolha a ser feita. Quando é aumentando o diâmetro do arame ocorre a diminuição do comprimento livre e o objetivo deste estudo é aumentar o comprimento da mola.

Para o dimensionamento da correia pode-se concluir que a escolha a ser feita é do modelo Super HC, pois apresenta o menor número de correias necessárias para transmissão e um menor esforço na transmissão. Contudo, será necessário trocar o conjunto de polias, para algum modelo com mais canais.

5.1 SUGESTÃO DE ESTUDOS FUTUROS

Para as molas, verificar o custo benefício, através da cotação do material aço SAE 1085 para a extremidade da mola com ponta em esquadro e para o diâmetro do arame de 4,5mm.

Para as correias, verificar o custo benefício, através de cotação da correia do modelo Super HC para os dois diâmetros de polias verificados e de um conjunto de polias.

6. REFERÊNCIAS

BASSO, Igor F. **PROJETO DE UMA DOBRADEIRA DE TUBOS**. 2014. 132 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2014. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/bitstream/riu/921/1/Projeto%20de%20uma%20dobradeira%20de%20tubos.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

BORBA, Antônio P. **ESTUDO DE MATERIAIS METÁLICOS PARA A FABRICAÇÃO DE BIORREACTORES ANAERÓBICOS**. 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96329/000918735.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

BRANIVA INDÚSTRIA MECÂNICA LTDA. **CALANDRAGEM E SEU PAPEL NO PROCESSO**. Disponível em: <<https://braniva.com/calandragem/>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

BRESCIANI FILHO, Ettore. **Conformação plástica dos metais**. 6. ed. Campinas, SP: UNICAMP- Universidade Estadual de Campinas, 2011. 254p. ISBN 9788586686641 (Primeira digital). Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~sergio1/CONFORMACAOPLASTICADOSMETAIS.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. **Elementos de máquinas de Shigley**: projeto de engenharia mecânica. 8. ed. Porto Alegre, RS: AMGH, 2011. 1084 p.

CALLISTER, William D. **Ciência e engenharia de materiais**: uma introdução. 5. ed. Rio Janeiro: LTC, 2002. 589 p.

CARLSON, Harold. **SPRING DESIGNER'S HANDBOOK**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1978. 350 p. Disponível em: <<https://automaterials.files.wordpress.com/2018/09/spring-designers-handbook-harold-carlson-0824766237.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CASA DA CALANDRA. **Calandra de Chapas Manual de 1,5m x 0,8mm CCHMN115**. Disponível em: <<https://www.casadacalandra.com.br/produto/Calandra-de-Chapas-Manual-de-1,5m-x-0,8mm-CCHMN115>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

CASA DA CALANDRA. **Calandra de Chapas Manual de 2m x 0,8mm CCHMN22**. Disponível em: <<https://www.casadacalandra.com.br/produto/Calandra-de-Chapas-Manual-de-2m-x-0,8mm-CCHMN22>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

CASTRO, Telmo R. da S. e. **OPTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE CALANDRAGEM DA TELA TÊXTIL**. 2017. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.22/12779>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

COLLINS, J. A. **Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção da falha**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2006. 740 p.

COSTAMAQ MÁQUINAS E USINAGEM. CT 3,75 - **Calandra chapas e tubos 3,75mm**. Disponível em: <<https://costamaq.com.br/site/produtos/calandras-mecanicas/ct-3-75-calandra-chapas-e-tubos-3-75mm>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

DIETER, George Ellwood. **Metalurgia mecânica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 653 p.

DIRECT INDUSTRY. **CALANDRA DE 2 ROLOS / MANUAL**. Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/tennsmith/product-112233-1164169.html>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

FRANCHI, Claiton M. **Acionamentos elétricos**. 3. ed. São Paulo, SP: Érica, 2008. 250 p.

FRANCO, Antônio G. J.; Escola Pro-Tec. **Conformação de elementos de máquinas**. São Paulo, SP: F. Provenza, 1991. [162] p.

GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2008. 200 p.

GONZÁLEZ, Paula C. S. **TÉCNICA NÃO CONVENCIONAL PARA DOBRAMENTO DE TUBOS DE PAREDE FINA USANDO ELASTÔMERO**. 2000. 150 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica e Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutico, São José dos Campos, 2000. Disponível em: <<http://www.bd.bibl.ita.br/tesesdigitais/000444759.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2019.

ILKIU, Anselmo M. **MECANISMOS DO PROCESSO DE DOBRAMENTO CONTÍNUO POR ROLOS**. 2000. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2000. Disponível em: <<http://161.24.11.4/tesesdigitais/000445270.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

JUVINALL, Robert C.; MARSHEK, Kurt M. **Fundamentos do projeto de componentes de máquinas**. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2008. 500 p. ISBN 9788521615781.

LILO REDUTORES. **LILO REDUTORES: Redutor de velocidade, motoredutor, motor elétrico, microredutor e acoplamento**. Disponível em: <<https://www.liloredutores.com.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MANFRINATO, Larissa F. M. **UTILIZAÇÃO DE PROGRAMA COMERCIAL DE PROJETOS MECÂNICOS NA CONSOLIDAÇÃO DAS HABILIDADES DE PROJETO DE MÁQUINAS**. 2015. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Mecânica, Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6366/1/CT_COEME_2015-1_06.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de máquinas**. 10. ed. São Paulo, SP: Érica, 2012. 376 p.

MORATO, Alan F.; MAGACHO, Anderson V.; CUNHA, Isaac S. A.; OIKAWA, Mariane Y.; RETAMAL, Nicolás H. dos S. **Calandra: Curvadora de tubos**. 2014. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Técnico em Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São José dos Campos, 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/user/Downloads/calandra%20curvadora%20de%20tubos%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/calandra%20curvadora%20de%20tubos%20(3).pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2019.

MV MAQ EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS. **CALANDRA MANUAL 3 ROLOS PARA CHAPA ½"**. Disponível em: <<https://www.mvmaq.com.br/calandra-piramidal-para-chapas/calandra-manual-para-chapa-1-2-produto.html>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

NIEMANN, Gustav. **Elementos de máquinas**. São Paulo, SP: E. Blücher, 1971. 3 v.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. xxx, 1028 p.

OLIVEIRA, Marcelo B. **Relatório de Calandra**. 2011. 19 f. Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Anhanguera, Jundiaí, SP – 2011. Disponível em: <<http://joinville.ifsc.edu.br/~antonio.dias/201702%20PDM14304%20Concomitante/Material%20Sobre%20a%20Calandra/Relatorio%20de%20calandra.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2019.

PALMEIRA, Alexandre A. **PROCESSOS DE DOBRAMENTO & CALANDRAGEM**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/10812362-Campus-regional-de-resende-engenharia-de-producao-enfase-em-producao-mecanica.html>>. Acesso em: 07 mai. 2019.

POLL, Marcia T. **UMA METODOLOGIA PARA AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE CONFORMAÇÃO POR CALANDRAS**. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, RS, 2008.

SALVADOR, Rodrigo *et al.* Inovação e Avaliação do Ciclo de Vida no Contexto Sustentável. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 4., 2013, São Paulo. **Integrating Cleaner Production Into Sustainability Strategies**. São Paulo, 2013.

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 960 p.

SILVA, Giovanna C. C. et al. **CALANDRA MANUAL DE TRÊS EIXOS CURVADORA DE CHAPAS E TUBOS**. 2017. 49 f. Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Campus Arcos, Arcos - Mg, 2017. Disponível em: <<https://www2.ifmg.edu.br/arcos/documentos-do-site/tai-2017-1/tai1-calandra-manual.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

SILVA, Paulo J. F. A. da. **Aplicação de Controle Distribuído numa Calandra de Accionamento Hidráulico**. 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Electrónica e Telecomunicações, Electrónica Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007. Disponível em:

<<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/2175/1/2009001057.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

SOUZA, Hélio A. da S. **PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE RESERVATÓRIO METÁLICO DE AÇO CARBONO SOLDADO PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA POTÁVEL**. 2016. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário Luterano de Manaus da Universidade Luterana do Brasil, Manaus, 2016. Disponível em: <<http://www.ulbra.br/upload/6c4b07b76d8afbd1d5f0a34ff2b041e2.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

TADMOR, Zehev; GOGOS, Costas G.. **PRINCIPLES OF POLYMER PROCESSING**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 961 p. Disponível em: <<http://www3.fi.mdp.edu.ar/procesamiento1/material/Tadmor-Gogos.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

SHIBAO, Fábio Y.; MOORI, Roberto G.; SANTOS, Mário R. dos. **A Logística reversa e a sustentabilidade Empresarial**. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 13., 2010, São Paulo. Anais. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://web-resol.org/textos/a_logistica_reversa_e_a_sustentabilidade_empresarial.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2019.

VEGA. **Calandra Inicial Manual ou Motorizada - 525 x 2mm**. Disponível em: <<https://www.casadacalandra.com.br/produto/Calandra-de-Chapas-Manual-de-2m-x-0,8mm-CCHMN22>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

WINNER MÁQUINAS. **CALANDRA MECÂNICA JTR 2540 X 1/2 "**. Disponível em: <<https://www.casadacalandra.com.br/produto/Calandra-de-Chapas-Manual-de-2m-x-0,8mm-CCHMN22>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

APÊNDICE A – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em esquadro, ponta esmerilhada e em esquadro e esmerilhada para o Aço SAE 1065

Tabela AP - 28 A - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço SAE 1065

Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço SAE 1065	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,50
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,50
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	5,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	4,99
Passo da mola (p) - mm	10,24
Comprimento da mola (l) - mm	73,79
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	450,59
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	530,52
Deflexão da mola (δ) - mm	29,38
Constante elástica da mola (k) - N/mm	15,02
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,24
Número Total de espiras (Nt)	7,89

Fonte: Autoria Própria

Tabela AP - 29 A - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço SAE 1065**(continua)**

Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço SAE 1065	
Diâmetro externo (De) - mm	40
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,5
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,5
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40
Comprimento Livre (L) - mm	70
Número de espiras ativas (Na)	8,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	4,99
Passo da mola (p) - mm	10,24
Comprimento da mola (l) - mm	91,00
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	298,51
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	351,47

Tabela AP – 29 A - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço SAE 1065

	(conclusão)
Deflexão da mola (δ) - mm	44,35
Constante elástica da mola (k) - N/mm	9,95
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,24
Número Total de espiras (Nt)	8,89

Fonte: Autoria Própria

Tabela AN - 30 A - Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço SAE 1065

Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço SAE 1065	
Diâmetro externo (De) - mm	40
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,5
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,5
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40
Comprimento Livre (L) - mm	70
Número de espiras ativas (Na)	6
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28

RESULTADOS

Índice de curvatura (C)	7,00
Fator de Wahl (kw)	1,21
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	381,61
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	3,14
Passo da mola (p) - mm	8,61
Comprimento da mola (l) - mm	61,65
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	703,35
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	608,25
Deflexão da mola (δ) - mm	18,82
Constante elástica da mola (k) - N/mm	23,45
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	4,48
Número Total de espiras (Nt)	8,00

Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE B – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em ponta esmerilhada e em esquadro e esmerilhada para o Aço SAE

1085

Tabela AP - 30 B - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço SAE 1085

Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço SAE 1085	
Diâmetro externo (De) - mm	40
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,5
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,5
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40
Comprimento Livre (L) - mm	70
Número de espiras ativas (Na)	8,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	4,81
Passo da mola (p) - mm	10,04
Comprimento da mola (l) - mm	89,22
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	309,34
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	364,21
Deflexão da mola (δ) - mm	42,80
Constante elástica da mola (k) - N/mm	10,31
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,14
Número Total de espiras (Nt)	8,89

Fonte: Autoria Própria

Tabela AP - 31 B - Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço SAE 1085**(continua)**

Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço SAE 1085	
Diâmetro externo (De) - mm	40
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,5
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,5
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40
Comprimento Livre (L) - mm	70
Número de espiras ativas (Na)	6,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	4,81
Passo da mola (p) - mm	10,04
Comprimento da mola (l) - mm	78,14
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	399,15
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	469,95

Tabela AP – 31 B - Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço SAE 1085

	(conclusão)
Deflexão da mola (δ) - mm	33,17
Constante elástica da mola (k) - N/mm	13,31
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,14
Número Total de espiras (Nt)	8,89

Fonte: Aatoria Própria

APÊNDICE C – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em esquadro, ponta esmerilhada e em esquadro e esmerilhada para o Aço inoxidávelA-313

Tabela AP - 32 C - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Inoxidável A-313

Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Inoxidável A-313	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,50
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,50
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	5,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	5,59
Passo da mola (ρ) - mm	10,92
Comprimento da mola (l) - mm	77,83
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	402,44
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	473,82
Deflexão da mola (δ) - mm	32,90
Constante elástica da mola (k) - N/mm	13,41
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,59
Número Total de espiras (Nt)	7,89

Fonte: Autoria Própria

Tabela AP - 33 C - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço Inoxidável A-313
(continua)

Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço Inoxidável A-313	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,50
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,50
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	8,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	5,59
Passo da mola (ρ) - mm	10,92
Comprimento da mola (l) - mm	97,10
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	266,61
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	313,91

Tabela AP - 33 C - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço Inoxidável A-313

	(conclusão)
Deflexão da mola (δ) - mm	49,65
Constante elástica da mola (k) - N/mm	8,89
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,59
Número Total de espiras (Nt)	8,89

Fonte: Autorial Própria

Tabela AP - 34 C - Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço Inoxidável A-313

Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço Inoxidável A-313	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,50
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,50
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	6,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28

RESULTADOS

Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	5,59
Passo da mola (p) - mm	10,92
Comprimento da mola (l) - mm	84,25
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	344,02
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	405,04
Deflexão da mola (δ) - mm	38,48
Constante elástica da mola (k) - N/mm	11,47
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,59
Número Total de espiras (Nt)	8,89

Fonte: Autorial Própria

APÊNDICE D – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em esquadro, ponta esmerilhada e em esquadro e esmerilhada para o Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150

Tabela AP - 35 D - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150

Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,50
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,50
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	5,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	4,99
Passo da mola (p) - mm	10,24
Comprimento da mola (l) - mm	73,79
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	450,59
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	530,52
Deflexão da mola (δ) - mm	29,38
Constante elástica da mola (k) - N/mm	15,02
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,24
Número Total de espiras (Nt)	7,89

Fonte: Autoria Própria

Tabela AP - 36 D - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150

Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,50
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,50
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	8,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	4,99
Passo da mola (p) - mm	10,24
Comprimento da mola (l) - mm	91,00
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00

(continua)

Tabela AP - 36 D - Cálculo para extremidade da mola ponta esmerilhada - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150

	(conclusão)
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	298,51
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	351,47
Deflexão da mola (δ) - mm	44,35
Constante elástica da mola (k) - N/mm	9,95
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,24
Número Total de espiras (Nt)	8,89

Fonte: Autoria Própria

Tabela AP - 37 D - Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150

Cálculo para extremidade da mola em esquadro e esmerilhada - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	4,50
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,50
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	6,89
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28

RESULTADOS

Índice de curvatura (C)	7,89
Fator de Wahl (kw)	1,19
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	519,56
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	4,99
Passo da mola (p) - mm	10,24
Comprimento da mola (l) - mm	79,53
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	385,18
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	453,51
Deflexão da mola (δ) - mm	34,37
Constante elástica da mola (k) - N/mm	12,84
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	5,24
Número Total de espiras (Nt)	8,89

Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE E – Resultados do dimensionamento da mola helicoidal para as extremidades em esquadro para o Aço SAE 1065, Aço inoxidávelA-313 e Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150

Tabela AP - 38 E - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço SAE 1065 – d = 5,00 mm

Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço SAE 1065	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	5,00
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,00
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	5,00
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,00
Fator de Wahl (kw)	1,21
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	381,61
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	3,14
Passo da mola (p) - mm	8,61
Comprimento da mola (l) - mm	58,04
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	844,02
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	729,90
Deflexão da mola (δ) - mm	15,68
Constante elástica da mola (k) - N/mm	28,13
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	4,48
Número Total de espiras (Nt)	7,00

Fonte: Autoria Própria

Tabela AP - 39 E - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Inoxidável A-313 – d = 5,00 mm

Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Inoxidável A-313	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	5,00
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,00
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	5,00
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28
RESULTADOS	
Índice de curvatura (C)	7,00
Fator de Wahl (kw)	1,21
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	381,61
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	3,51
Passo da mola (p) - mm	9,04
Comprimento da mola (l) - mm	60,20
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	753,83

(continua)

Tabela AP - 39 E - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Inoxidável A-313 – d = 5,00 mm

	(conclusão)
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	651,90
Deflexão da mola (δ) - mm	17,56
Constante elástica da mola (k) - N/mm	25,13
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	4,70
Número Total de espiras (Nt)	7,00

Fonte: Autorial Própria

Tabela AP - 40 E - Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150 – d = 5,00 mm

Cálculo para extremidade da mola em esquadro - Aço Cromo vanádio A-231 SAE 6150	
Diâmetro externo (De) - mm	40,00
Diâmetro do arame (Da) - mm	5,00
Diâmetro médio (Dm) - mm	35,00
Comprimento Fechado (Lf) - mm	40,00
Comprimento Livre (L) - mm	70,00
Número de espiras ativas (Na)	5,00
Carga Axial Aplicada p/ uma mola equivalente - N	882,57
Carga Axial Aplicada p/ uma mola - N	441,28

RESULTADOS

Índice de curvatura (C)	7,00
Fator de Wahl (kw)	1,21
Tensão de Cisalhamento (τ) - N/mm ²	381,61
Deflexão por espira ativa (δ/na) - mm/espira ativa	3,14
Passo da mola (p) - mm	8,61
Comprimento da mola (l) - mm	58,04
Deflexão máxima da mola (δ_{max}) - mm	30,00
Carga máxima atuante (mola fechada) (Fmax) - N	844,02
Tensão máxima atuante (mola fechada) (τ_{max}) - N/mm ²	729,90
Deflexão da mola (δ) - mm	15,68
Constante elástica da mola (k) - N/mm	28,13
Ângulo de inclinação da espira (λ) - °	4,48
Número Total de espiras (Nt)	7,00

Fonte: Autorial Própria

ANEXO A – Dados disponíveis em sites de empresas com as características das máquinas calandras

Figura AN - 34 A - Dados disponíveis para materiais de eixos das calandras - Calandra de Chapas Manual de 1,5m x 0,8mm CCHMN115

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Código: CCHMN115
 Marca: Casa da Calandra
 Modelo: CCHMN115
 Garantia: 3 meses

Calandra de Chapas Inicial com acionamento manual

Área útil - 1,5 metros (1.500 milímetros)

Espessuras máximas:

- 0,8mm (N.22) de chapas em aço carbono 1020, galvanizada ou preta
- 0,4mm de chapa em aço Inox.

Características:

- Acompanha bancada de trabalho de altura padrão 75cm.
- Eixo maciço de 2" em aço 1045.
- Sistema de movimentação do eixo móvel por gravidade. Muito mais durabilidade para seu equipamento.

Fonte: Casa da Calandra (2019)

Figura AN - 35 A - Dados disponíveis para materiais de eixos das calandras - Calandra de Chapas Manual de 2m x 0,8mm CCHMN22

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Código: 1474048583319
 Marca: Casa da Calandra
 Modelo: CCHMN22
 Garantia: 3 meses

Calandra de Chapas Inicial com acionamento manual

Área útil - 2 metros (2000 milímetros)

Espessuras máximas:


- 0,8mm (N.22) de chapas em aço carbono 1020, galvanizada ou preta
- 0,4mm de chapa em aço Inox.

Características:

- Acompanha bancada de trabalho de altura padrão 75cm.
- Eixo maciço de 2,5" em aço 1045.
- Sistema de movimentação do eixo móvel por gravidade. Muito mais durabilidade para seu equipamento.

Fonte: Casa da Calandra (2019)

Figura AN - 36 A - Dados disponíveis para materiais de eixos das calandras - Calandra Inicial Manual ou Motorizada - 525 x 2mm

				
Calandras Iniciais com cilindros de 45mm		WL-525/45		
		Manual sem bancada	manual com bancada	motorizada com bancada
Capacidade	mm	2	2	2
Dâmetro dos eixos	mm	45	45	45
Largura máx. de trabalho	mm	525	525	525
Motor	cv	--	--	0,75
Peso aprox.	kg	35	55	95
Largura	mm	140	590	590
Altura	mm	310	1170	1170
Comprimento	mm	850	850	1140

Fonte: Vega (2019)

ANEXO B – Dados disponíveis em sites de empresas com as características das buchas das máquinas calandras

Figura AN - 37 B - Dados disponíveis para materiais de buchas das calandras - Calandra Manual 3 Rolos Para Chapa 5/16"

Descrição	Opiniões
<ul style="list-style-type: none"> • Calandra Manual 3 Rolos Para Chapa de Espessura 5/16" ou 8 mm • Calandra de 3 Rolos (Eixos) • Potência do Motor: 7,5 CV Trifásico 220V/380V 60 Hz • Motor WEG com Redutor de Engrenagem • Velocidade Dos Rolos: de 10 a 15 rpm • Largura de Trabalho (Comprimento do Eixo): 2.050 mm • Diâmetro do Eixo Superior: 170 mm • Diâmetro dos Eixos Inferiores: 160 mm • Eixo Superior Acionado Manualmente Por 2 Roscas Trapezoidais Independentes • Mancal com Bucha de Bronze Especial Lubrificada • Lateral Móvel Acionada Manualmente Para Retirada da Chapa Calandrada • Equipado com Chave Reversora • Peso: 2.250 Kg 	

Fonte: MV MAQ Equipamentos Hidráulicos (2019)

Figura AN - 38 B - Dados disponíveis para materiais de buchas das calandras - CALANDRA MECANICA JTR 2540 X 1/2 "

Calandras

CALANDRA MECANICA JTR 2540 X 1/2 "

Categoria pai: [MAQUINAS - winnermaquinas@uol.com.br](mailto:winnermaquinas@uol.com.br) - 11 3277 1119

© Criado em Quinta, 13 Fevereiro 2014 15:20

CÓDIGO: DM 2

CALANDRA PIRAMIDAL MECANICA C/ PROLONGAMENTO

Marca: JTR

Capacidade: 2540 x 1/2

Ø Rolo Superior: 245 mm

Ø Rolo Inferiores: 195 mm

Motor: 10 cv

Rolos fabricados em SAE 1045

Mancais embuchados em bronze

Redutor com coroa de bronze e rosca sem fim em banho de óleo.

Fonte: Winner Máquinas (2019)