

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA  
FONSECA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - DEMEC  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**LIVIA DOS SANTOS PEREIRA PAIVA SEGMILLER**

**PROJETO BÁSICO DE UMA PRENSA  
HIDRÁULICA DE PRATOS QUENTES PARA  
FABRICAÇÃO DE COMPÓSITOS**

**PROJETO FINAL**

**RIO DE JANEIRO**

**2025**

**LIVIA DOS SANTOS PEREIRA PAIVA SEGMILLER**

**PROJETO BÁSICO DE UMA PRENSA  
HIDRÁULICA DE PRATOS QUENTES PARA  
FABRICAÇÃO DE COMPÓSITOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia Mecânica, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Orientador: Prof. Dr. Felipe do Carmo Amorim

**RIO DE JANEIRO**

**2025**

Folha destinada à inclusão da **Ficha Catalográfica** (elemento obrigatório somente para teses e dissertações) a ser solicitada à Biblioteca Central do CEFET/RJ e posteriormente impressa no verso da Folha de Rosto (folha anterior).

Espaço destinado a elaboração da ficha catalográfica sob responsabilidade exclusiva da Biblioteca Central do CEFET/RJ.

Dedico este trabalho à minha família,  
meus amigos, ao crossfit e ao café por  
não desistirem e sempre me  
acompanharem.

## **AGRADECIMENTOS**

Seguramente as palavras aqui escritas não descreverão todo o sentimento de gratidão pelos anos de paciência e compreensão que todos tiveram comigo durante os anos de estudos na graduação.

Foram longos anos, onde diversos momentos de dificuldade foram encarados. Mudança de endereço, perda de emprego, retorno a casa da família, mudança de unidade, um novo círculo de colegas de estudos, término de relacionamento, uma pandemia, mudanças na forma de enxergar a vida através da terapia, começo em um novo emprego depois de tantos anos fora do mercado de trabalho e com as inseguranças de que os erros do passado voltem a acontecer. Mas não posso deixar de agradecer ao meu padrinho José Asdrubal que foi incansável comigo e meu deu todo o suporte para seguir na graduação durante a fase mais difícil de perda do emprego. A minha falecida madrinha Maria Helena, gostaria que ela estivesse aqui nesse momento e tivesse orgulho de sua afilhada formada depois de todo acolhimento que tive dela.

Aos amigos de longa data, gratidão por todas as cobranças para terminar esse ciclo que se tornou tão longo por motivos que não são possíveis de serem explicados. Vocês foram incríveis em todos os sentidos e deixaram todo o ciclo mais leve.

Aos amigos mais recentes com quem compartilhei minhas inseguranças sobre a conclusão do projeto, sou muito grata pelo suporte, incentivo e ajuda nos momentos de insegurança.

Ao meu namorado, que renunciou aos seus finais de semana para me dar todo o suporte e incentivo que precisava para conseguir concluir projeto para apresentação. Sem você, sei que não seria capaz de concluir

Aos meus pais, que seguem sendo os meus maiores incentivadores.

Ao meu orientador, por toda sua paciência e compreensão em relação a minha situação no curso e por ter me dado todo o suporte necessário nos momentos que mais precisei. Sua parceria foi primordial para conseguir concluir esse projeto.



## RESUMO

SEGMILLER, Livia dos Santos Pereira Paiva. **Projeto básico de uma prensa hidráulica de pratos quentes para fabricação de compósitos**. 2025. 71 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2025.

Este trabalho de conclusão de curso descreve o desenvolvimento de uma prensa hidráulica de pratos quentes para a fabricação de compósitos em um laboratório universitário, buscando uma alternativa acessível às prensas comerciais de alto custo. O projeto, fundamentado na experiência adquirida na disciplina de Construção de Máquinas, tem como objetivo criar um equipamento com controle preciso de temperatura e pressão. A abordagem inclui uma revisão teórica sobre o funcionamento das prensas hidráulicas, além do detalhamento e dimensionamento dos componentes hidráulicos, estruturais e elétricos. Os resultados indicam a viabilidade técnica do projeto, embora ainda sejam necessários ajustes para sua implementação completa.

**Palavras-chave:** Prensa Hidráulica. Especificação de *Design*. Protótipo. Dimensionamentos.

## ABSTRACT

SEGMILLER, Livia dos Santos Pereira Paiva. **Basic Design of a Hot Plate Hydraulic Press for Composite Manufacturing**. 2025. 71 pages. Course Completion Work – Federal Center of Technological Education – Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2025.

This paper describes the development of a hot plate hydraulic press for the manufacturing of composites in a university laboratory, aiming to provide an affordable alternative to high-cost commercial presses. The project, based on the experience gained in the Machine Design course, aims to create equipment with precise temperature and pressure control. The approach includes a theoretical review of the operation of hydraulic presses, as well as the detailing and sizing of hydraulic, structural, and electrical components. The results indicate the technical feasibility of the project, although further adjustments are still needed for its full implementation.

**Keywords:** Hydraulic Press. *Design. Specification. Prototype. Dimensioning.*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 MOTIVAÇÃO.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	15
1.4 METODOLOGIA.....	16
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
2.1 IDENTIFICAÇÃO DA NECESSIDADE.....	21
2.2 PESQUISA DE SUPORTE.....	21
2.3 NORMAS.....	23
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	25
3.2 ANÁLISES.....	26
<b>4. DISCUSSÃO E RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
4.1 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	29
4.2 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....	39
4.2.1 Cálculo estrutural dos pratos quentes.....	40
4.2.2 Cálculo estrutural das colunas.....	42
4.3 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO.....	44
4.3.1 Circuito de potência.....	45
4.3.1.1 Resistência elétrica.....	47
4.3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE.....	51
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>56</b>

<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO A – CATÁLOGO DE ATUADOR HIDRÁULICO BOSCH REXROTH .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO B – CATÁLOGO DA VÁLVULA LIMITADORA DE VAZÃO DA BOSCH REXROTH .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO C – CATÁLOGO DA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESSÃO DA BOSCH REXROTH.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO D - CATÁLOGO DE VÁLVULA DIRECIONAL BOSCH REXROTH .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO E – CATÁLOGO DA BOMBA DE ENGRENAGENS.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO F - CATÁLOGO DE MOTOR ELÉTRICO DA WEG .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO G – CATÁLOGO DE ACOMPLAMENTOS WEG .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO H – CATÁLOGO DE FILTROS PARKER.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO I – CATÁLOGO DE MANGUEIRAS PARKER .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO J – CATÁLOGO DE DISJUNTORES WEG.....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1. Funcionamento de uma prensa hidráulica.</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2. Prensa hidráulica de bancada.</b>	<b>21</b>
<b>Figura 3. Prensa hidráulica em H.</b>	<b>22</b>
<b>Figura 4. Prensa termo-hidráulica.</b>	<b>23</b>
<b>Figura 5. Fluxograma do projeto de uma prensa hidráulica.</b>	<b>25</b>
<b>Figura 6. Projeto básico de uma prensa hidráulica de pratos quentes.</b>	<b>26</b>
<b>Figura 7. Cilindro de dupla ação modelo CDT3ME5/100/45/300Z3X/S11HTDMAWWFW.</b>	<b>29</b>
<b>Figura 8. Bomba de engrenamento externo modelo AZPF.</b>	<b>30</b>
<b>Figura 9. Vista em corte de bomba de engrenamento externo modelo AZPF.</b>	<b>31</b>
<b>Figura 10. Motor WEG W21.</b>	<b>33</b>
<b>Figura 11. Acoplamento WEG Multiflex M5.</b>	<b>34</b>
<b>Figura 12. Válvula direcional 4/3 vias modelo 4WE6.</b>	<b>35</b>
<b>Figura 13. Válvula limitadora de pressão ZDBD6_1_B/315.</b>	<b>36</b>
<b>Figura 14. Válvula limitadora de vazão modelo 2FRM 6 A76-3X/32QRV.</b>	<b>36</b>
<b>Figura 15. Esboço do reservatório de óleo hidráulico.</b>	<b>37</b>
<b>Figura 16. Mangueira Parker modelo 461LT-16.</b>	<b>37</b>
<b>Figura 17. Filtro de alta pressão Parker 50P.</b>	<b>38</b>
<b>Figura 18. Esquema hidráulico da prensa.</b>	<b>39</b>
<b>Figura 19. Esboço do prato inferior.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 20. Esboço do detalhe de furos para embutir as resistências.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 21. Esboço do detalhe de rebaixo na face superior para receber ponta da haste.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 22. Esboço da base superior.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 23. Esboço da coluna feita em aço SAE 1045.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 24. Porca sextavada M39 com passo de 4mm em aço carbono.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 25. Arruela de pressão M39 em aço carbono.</b>	<b>43</b>
<b>Figura 26. Minidisjuntor WEG modelo MDW-C50-3.</b>	<b>46</b>
<b>Figura 27. Contatora WEG modelo CWB 50-11-30.</b>	<b>47</b>
<b>Figura 28. Resistência tipo cartucho com corpo em aço inox.</b>	<b>50</b>

<b>Figura 29. Minidisjuntor WEG modelo MDWS-C4-1.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 30. Termostato N1030T. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 31. Termopar tipo J. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 32. Pressostato PSD-4.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 33. Dimensões do pressostato PSD – 4.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 34. Sensor magnético Atork modelo SEH20.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 35. Projeto básico de uma prensa hidráulica de pratos quentes.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 36. Cilindro dupla ação modelo CDT3. ....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 37. Válvula controladora de vazão tipo 2FRM. ....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 38. Válvula limitadora de pressão modelo ZDBD 6. ....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 39. Válvula direcional com solenóide tipo WE 6.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 40. Bomba de engrenamento externo modelo AZPF RP 10 031D/03.05. ....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 41. Motor elétrico WEG W21. ....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 42. Acoplamento WEG Multiflex M5.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 43. Catálogo de filtro Parker série 50P. ....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 44. Catálogo Parker de mangueiras modelo 461LT .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 45. Dados técnicos minidisjuntor WEG MDW-C50.....</b>	<b>71</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Criadas no final do século XVIII pelo inglês Joseph Bramah, as prensas hidráulicas são equipamentos mecânicos amplamente utilizados na indústria. Seu princípio de funcionamento é dado através da aplicação da lei de Pascal.

A lei de Pascal descreve que:

“Uma variação de pressão provocada num ponto de um fluido em equilíbrio transmite-se a todos os pontos do fluido e às paredes que o contêm”

A prensa de Bramah consistia em um cilindro principal e um pistão acionado por fluido hidráulico, permitindo a aplicação de forças elevadas com esforço reduzido. Usando uma bomba manual, o operador gerava a pressão necessária para mover o pistão e aplicar uma força considerável. Esse conceito foi uma revolução para época, pois permitia que grandes forças fossem geradas com um esforço mínimo.

As prensas hidráulicas começaram a ser utilizadas em diversos ramos da indústria, principalmente para conformação de metais. Com a Revolução Industrial, seu uso foi amplamente difundido pois havia a necessidade de uso de máquinas de precisão e com alta capacidade de produção.

A partir do século XX, as prensas hidráulicas tiveram evoluções significativas como a inclusão de válvulas, sistemas de controle mais sofisticados para se tornarem mais precisas e eficientes. Em paralelo, com a evolução dos materiais, foi possível o desenvolvimento de novas tecnologias de vedação e proteção dos sistemas hidráulicos utilizados nas prensas, gerando uma vida útil mais longa e reduzindo as manutenções necessárias.

Com o avanço da automação e o uso de robôs inteligentes integrados, foi possível a aplicação de prensas em setores industriais mais específicos como ramo alimentício, farmacêutico e na produção de energia renovável. Essas melhorias permitem que as prensas hidráulicas tenham uma maior precisão e flexibilidade no processo de fabricação.

O avanço tecnológico e a ampla disponibilidade de componentes no mercado tornam viável o desenvolvimento de uma prensa hidráulica de pratos quentes adaptada ao ambiente laboratorial. Desde o início, são consideradas especificações essenciais, como dimensões compactas, custos moderados e adequação ao

ambiente laboratorial. Além disso, o projeto segue especificações comuns, como segurança operacional e eficiência térmica, além de requisitos técnicos, incluindo capacidade de pressão, controle preciso de temperatura e materiais resistentes ao calor. Dessa forma, garante-se a viabilidade, a funcionalidade e a confiabilidade da prensa para aplicações acadêmicas e experimentais.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

A motivação para este projeto, focado no desenvolvimento mecânico de uma prensa hidráulica de pratos quentes, surgiu das pesquisas realizadas ao longo do processo de aprendizagem e do conhecimento adquirido na disciplina de Construção de máquinas realizada durante a graduação de Engenharia Mecânica no CEFET/RJ. Durante o curso, foi possível aprofundar a compreensão dos conceitos e metodologias relacionados ao dimensionamento de máquinas, com destaque para a análise estrutural, o cálculo de forças, o ajuste de parâmetros mecânicos e a pesquisa de mercado para aquisição dos componentes da prensa hidráulica. Além disso, o aprendizado proporcionou uma visão clara sobre as necessidades específicas de equipamentos destinados a laboratórios universitários de estudos de compósitos. Esse conjunto de conhecimentos despertou um grande interesse em explorar os aspectos técnicos e práticos do projeto de prensas hidráulicas, que desempenham um papel essencial em diversas aplicações industriais. A disciplina ofereceu uma base sólida para o desenvolvimento de soluções mecânicas eficientes, seguras e adequadas às necessidades funcionais e operacionais de prensas hidráulicas voltadas para laboratórios de ensaios.

A proposta visa suprir a demanda por equipamentos acessíveis e adaptados às condições de um laboratório universitário de estudo de compósitos, permitindo a realização de experimentos e pesquisas com materiais avançados. Dessa forma, o projeto busca aliar funcionalidade, segurança e viabilidade econômica, garantindo que a prensa atenda às exigências acadêmicas e possibilite a realização de testes e estudos de maneira eficiente e controlada.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este projeto tem como finalidade contribuir para o desenvolvimento de um laboratório dedicado ao estudo de compósitos e adesivos, suprimindo a ausência de uma máquina com as especificações necessárias no laboratório universitário de estudos de compósitos. A implementação da prensa hidráulica se justifica pelo alto custo de aquisição de equipamentos comerciais específicos para esse tipo de aplicação, tornando inviável a compra para muitas instituições de ensino e pesquisa. Dessa forma, o desenvolvimento de um modelo acessível e funcional possibilita a ampliação das capacidades experimentais do laboratório sem comprometer seu orçamento.

A prensa hidráulica permitirá otimizar o processo de cura dos compósitos, oferecendo controle preciso da temperatura e da pressão, fatores essenciais para aumentar a resistência final e a qualidade dos materiais produzidos. Além disso, a compressão proporcionada pelos pratos quentes auxilia na eliminação de bolhas no molde do compósito, garantindo um acabamento mais uniforme e evitando defeitos estruturais.

Com isso, a implementação dessa máquina no laboratório não apenas aprimorará o processo de fabricação dos compósitos, mas também contribuirá para a obtenção de produtos finais com maior desempenho e durabilidade. Além de melhorar a qualidade dos estudos sobre compósitos, o projeto viabiliza o desenvolvimento de novas pesquisas e metodologias, impulsionando o avanço tecnológico na área de materiais compósitos dentro do ambiente acadêmico.

## 1.3 OBJETIVOS

Desenvolver o dimensionamento de um projeto mecânico de uma prensa hidráulica de pratos quentes para fabricação de compósitos para uso em laboratório universitário de ensaios.

O projeto tem como objetivo aplicar os conhecimentos técnicos adquiridos ao longo do curso de graduação para o desenvolvimento de uma prensa hidráulica de pratos quentes. O foco está no controle preciso da pressão durante os processos de

conformação mecânica da matéria-prima do compósito, utilizando equipamentos de monitoramento avançados e garantindo o alinhamento eficiente dos pratos. Além disso, busca-se assegurar a regulação e a manutenção uniforme da temperatura dos pratos quentes, por meio de termômetros de alta precisão e automação integrada. Com a integração desses parâmetros é possível ter no projeto soluções que minimizem a formação de vazios internos, assegurando a integridade estrutural e a qualidade superior do compósito fabricado.

#### 1.4 METODOLOGIA

Este projeto básico utiliza uma abordagem básica e qualitativa, fundamentada em uma pesquisa bibliográfica para a concepção e desenvolvimento de uma prensa hidráulica de pratos quentes para fabricação de compósitos.

A pesquisa bibliográfica é realizada a partir da análise de livros, artigos científicos, normas técnicas e trabalhos acadêmicos relacionados à engenharia mecânica, materiais compósitos e processos de conformação térmica. O objetivo é compreender os princípios de funcionamento das prensas hidráulicas, os parâmetros envolvidos na fabricação de compósitos e as melhores práticas para o projeto e construção do equipamento. O estudo qualitativo permite a interpretação dos dados coletados, possibilitando a definição dos principais requisitos técnicos do equipamento, como materiais adequados para a estrutura e sistemas de controle térmico.

#### 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 6 capítulos. Sendo o primeiro capítulo composto pela breve descrição sobre o assunto, sua relevância prática, a metodologia, a justificativa, os principais objetivos, além da organização geral do projeto para facilitar o entendimento dos capítulos seguintes.

Já o segundo capítulo aborda a fundamentação teórica envolvendo a identificação da necessidade, a pesquisa de suporte contendo diversos artigos,

normas, estudos, fabricantes de prensas hidráulicas, além do referencial bibliográfico sobre os tipos de prensas.

No terceiro capítulo é apresentado materiais e métodos, isto é, como foram realizadas as pesquisas de mercado, as especificações do projeto, as análises, seleção e as características e componentes da prensa hidráulica.

O quarto capítulo apresenta as discussões e resultados onde será dimensionado o projeto básico. A coerência entre os resultados e os objetivos propostos além de suas possíveis limitações ou melhorias a serem aplicadas serão analisadas.

E o capítulo cinco envolve a conclusão e os trabalhos futuros que podem ser construídos a partir do dimensionamento deste projeto básico. Seu objetivo é recapitular os pontos de desenvolvimento e dimensionamento do projeto e sugerir possibilidades de novos projetos ampliando os horizontes de novas pesquisas.

Finalizando com o capítulo seis, onde é possível encontrar a referência bibliográfica utilizada no projeto.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As prensas hidráulicas são máquinas normalmente utilizadas para conformação mecânica ou montagem de componentes. Ao ser acionada, o martelo (punção) recebe o movimento de um cilindro hidráulico que se desloca pela ação do fluido, que é injetado por bombas hidráulicas de alta pressão e motores potentes. (GOMES, 2012, pg. 74)

O funcionamento dos cilindros hidráulicos é baseado no princípio da lei de Pascal, definida por: “A pressão exercida em um ponto qualquer de um líquido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais em áreas iguais”. Sendo assim, a força que a prensa exercerá depende de dois fatores: da área do êmbolo do cilindro hidráulico e da pressão da bomba. Dessa forma, para atingir forças maiores, o cilindro deve possuir êmbolo com área maior, ou também que a pressão da bomba seja maior, sempre respeitando a pressão máxima que o cilindro opera (MICHELS, pg. 2).

Em hidrostática, pressão é a força exercida pelo fluido por unidade de área do recipiente que a contém. No sistema internacional de medidas (SI) sua unidade é dada em  $N/m^2$  ou Pa. Também é utilizado unidades como: atm., bar,  $kgf/cm^2$ ,  $lib./in^2$ , etc. (FIALHO, 2004, pg. 14).

“A pressão exercida em um ponto qualquer de um líquido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais em áreas iguais”. Considerando um recipiente cheio de um líquido, que é praticamente incompressível, aplicando-se uma força de 100kgf sobre uma área de  $10cm^2$ , obtém-se uma pressão de  $10kgf/cm^2$ , agindo em toda parede do recipiente com mesma intensidade (GOMES, 2008, pg. 4). A figura 1 ilustra o exemplo citado:

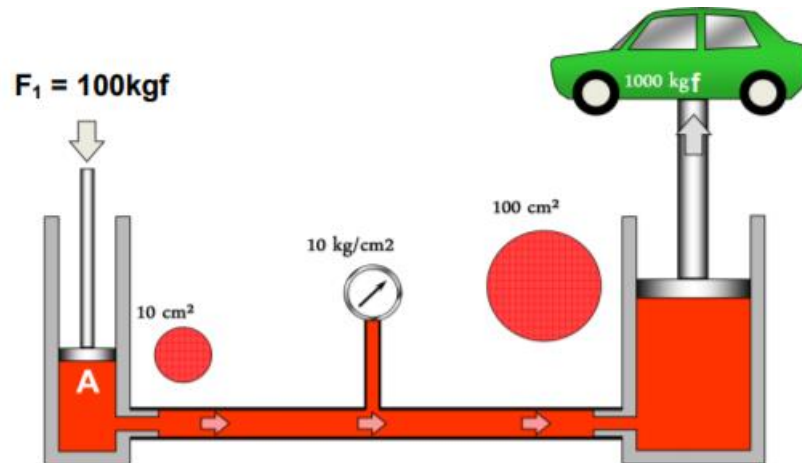


Figura 1. Funcionamento de uma prensa hidráulica.  
Fonte: GOMES, 2008.

Na equação 1, é possível observar:

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

Onde  $P$  é a pressão em MPa,  $F$  é a força em N e  $A$  é a área do pistão em mm<sup>2</sup>.

As prensas hidráulicas são amplamente utilizadas na indústria por sua versatilidade de aplicação. Sua evolução durante os anos, permitiu uma maior precisão no controle de pressão, temperatura, tempo de atuação conforme a necessidade do setor aplicado. São usadas para realizar processos de conformação mecânica como compressão e estampagem.

A prensa hidráulica é um equipamento versátil e sua classificação pode ser feita de acordo com sua aplicação, estrutura ou modo de funcionamento. Seus principais tipos são:

- Prensa hidráulica de coluna: estrutura composta por colunas que guiam o movimento do pistão, oferecendo alta precisão e estabilidade;
- Prensa hidráulica tipo C: *design* semelhante à letra C, possui fácil acesso à área de trabalho. É indicada para trabalhos que exigem manipulação rápida ad peça;

- Prensa tipo H: de estrutura fechada, proporciona maior resistência e uniformidade na aplicação da força. Mais utilizada para forjamento e moldagem;
- Prensa hidráulica de mesa: pequena e compacta. Utilizada em trabalhos de menor escala e pequenos processos de prensagem;
- Prensa hidráulica de dupla ação: por possuir dois cilindros hidráulicos, tem um maior controle do movimento e da força aplicada;
- Prensa hidráulica de quatro colunas: utilizada em processos de industriais pesados, como moldagem de borrachas e metais, ela possui estrutura reforçada com 4 colunas para garantir alinhamento e distribuição uniforme da força;
- Prensa hidráulica de embutimento: específica para realizar embutimento profundo. É comum na fabricação de recipientes metálicos;

Ainda existe o modelo tipo prensa hidráulica de pratos quentes que é o tema deste projeto básico. Equipada com placas aquecidas para moldagem e cura de materiais como compósitos, é possível um controle preciso de temperatura e pressão conforme a necessidade da operação. Por outro lado, seu custo inicial é elevado, possui um consumo energético mais alto, seu desgaste e manutenção são elevados devido ao seu sistema de aquecimento e de controle.

Para a fabricação de compósitos, é relevante considerar alguns fatores relativos a prensa hidráulica. Kakar (2015) cita alguns pontos cruciais para um bom resultado na fabricação de compósitos como o tempo de processamento, tempo de arrefecimento do compósito e a metodologia de aquecimento considerando o pré-aquecimento das chapas. Atsuno (2018) descreve que a velocidade de deslizamento influencia a temperatura da chapa o que resulta em um produto com maior qualidade e menos vazios internos. Wei (2016), por sua vez, explica que a medição do ambiente interno, como temperatura, pressão e umidade, é importante para controlar a qualidade do produto. Além disso, não pode ser desconsiderada a composição da resina utilizada pois afeta os parâmetros citados acima.

## 2.1 IDENTIFICAÇÃO DA NECESSIDADE

Conforme metodologia do Norton (2013), foi feita uma pesquisa sobre os tipos de prensas e seus componentes, além de verificar qual seriam os sistemas de aquecimento/refrigeração mais viáveis e aplicáveis ao projeto, foi feito um levantamento quanto a definição de materiais, tanto estruturais quanto das chapas e por fim o passo a passo para realizar o dimensionamento de um sistema hidráulico, dimensionamento dos eixos e estruturas etc.

## 2.2 PESQUISA DE SUPORTE

Foram inicialmente feitas as pesquisas de mercado com três tipos de prensas hidráulicas diferentes. A primeira da *Direct Industry*, conforme Figura 2, possui o acionamento hidráulico e possui como funções: conformação, de compressão, para moldagem e de teste. Além disso, tem como características ser sob medida, contendo placas de aquecimento, servindo para elaboração de plástico, materiais compósitos, borracha e automática.



**Figura 2. Prensa hidráulica de bancada.**  
**Fonte: DIRECT INDUSTRY, 2020.**

Sua abertura máxima é de 1.000 mm (39 in) e mínima de 200 mm (8 in). E a força máxima é de 3.000 kN e a mínima é de 50 kN. Sua temperatura máxima é de 700°C.

A segunda máquina da *NOWAK* modelo PH100-2A mostrada na Figura 3, possui estrutura em H e consiste basicamente em uma prensa hidráulica tendo a mesa de trabalho com altura ajustável, manômetro posicionado sobre a prensa, válvula com indicação de sobrecarga e pistão com retorno automático.

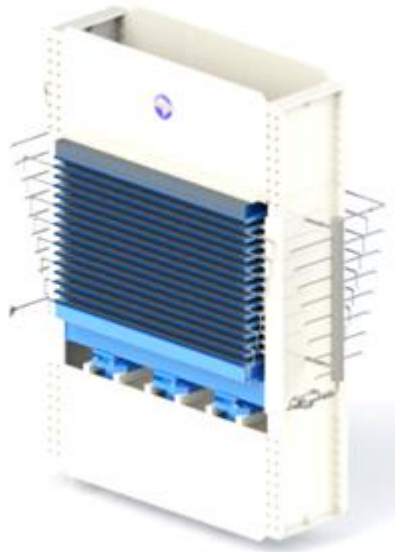


**Figura 3. Prensa hidráulica em H.**  
**Fonte: NOWAK, 2020.**

Sobretudo, seus dados técnicos são: a altura da estrutura é de 1788 mm, capacidade de 100 ton., comprimento da base de 850 mm, comprimento interno de 218,5 mm, curso do pistão de 150 mm, dimensões (A x L x C) de 1788 mm x 1200 mm x 850 mm, distância entre mesa e pistão 27,7/753 mm, largura da mesa (int./ext.) de 218,5/255 mm, largura interna de 895 mm, massa de 685 kg.

Já a terceira prensa hidráulica *INDUMEC*, ilustrada na Figura 4, refere-se a uma construção inteiramente com chapas perfiladas de aço, colunas de perfil reforçados e vigas de chapas de aço. Suas características consistem em seis cilindros de aço, com sistema prático para a colocação e substituição da gaxeta de vedação, seis pistões cromados, pratos maciços ou compostos, quantidade variável conforme necessidade, dimensões dos pratos variáveis conforme necessidade, bombas, uma de alta vazão (15 cv) para fechamento da prensa e outra de alta pressão (10cv), trabalhando com

óleo hidráulico.



**Figura 4. Prensa termo-hidráulica.**  
Fonte: *INDUMEC, 2020.*

Além disso, possui um painel com instrumentos de controle e segurança para pressões e temperaturas, com os contactores e fusíveis, abertura automática, programável por relê de tempo, com pré-alívio de pressão, sua temperatura é por aquecimento dos pratos a vapor ou água quente, a pressão de trabalho é regulada automaticamente através de pressostato, e por fim ela é equipada com elevador para carregamento e descarregamento da prensa, se necessário.

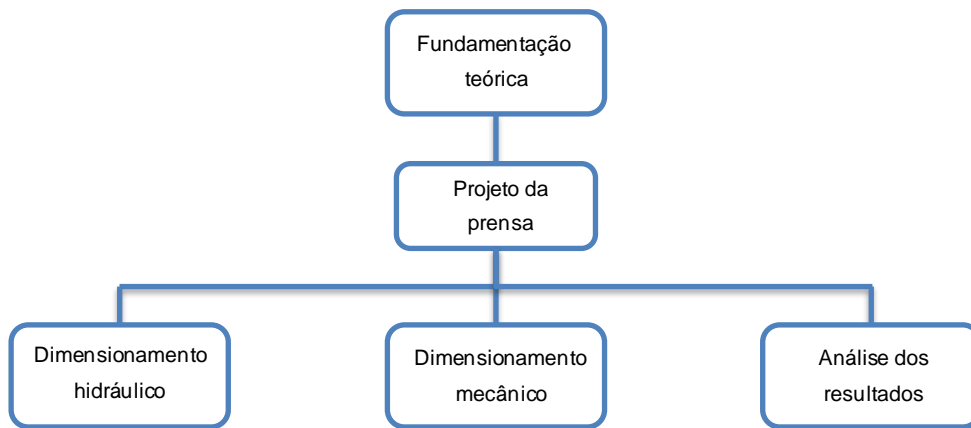
### 2.3 NORMAS

No projeto, a aplicação da norma NR 12 é essencial para garantir a segurança operacional e a integridade do equipamento. A NR 12 (Norma Regulamentadora de Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos) estabelece diretrizes fundamentais para a proteção dos trabalhadores contra riscos associados ao uso de máquinas, incluindo prensas hidráulicas. Ela exige, por exemplo, que o projeto da máquina contemple dispositivos de segurança como barreiras, botões de emergência, e sistemas de bloqueio, além de garantir que os operadores recebam treinamento

adequado e utilizem equipamentos de proteção individual (EPIs). A conformidade com essa norma assegura que o projeto da prensa hidráulica de pratos quentes seja não apenas eficiente, mas também seguro e confiável para o ambiente de trabalho, prevenindo acidentes e aumentando a vida útil da máquina.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a idealização do projeto básico de uma prensa hidráulica de pratos quentes, foi realizada uma pesquisa básica, onde há procura por ampliar os conhecimentos teóricos. As análises adiante serão baseadas na pesquisa básica e não será construído um protótipo e não serão feitas análises práticas dos componentes determinados. O fluxograma da figura 5 facilita o entendimento do processo de criação do projeto básico.



**Figura 5. Fluxograma do projeto de uma prensa hidráulica.**

**Fonte: Autor.**

As especificações do projeto abrangem os requisitos essenciais para o dimensionamento de uma prensa hidráulica de pratos quentes, destinada à fabricação de compósitos. O desenvolvimento foi baseado em uma pesquisa de mercado, analisando prensas com aplicações similares ao objetivo do projeto.

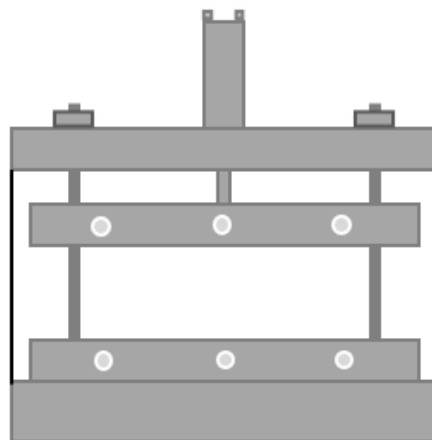
#### 3.1 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

Para atendimento às necessidades da fabricação de compósitos, serão estabelecidas as seguintes condições de projeto:

- Prensa hidráulica tipo 4 colunas;
- Largura da mesa: 500mm;
- Comprimento da mesa: 500mm;
- Atingir uma temperatura de até 240 °C, em ambas as chapas;
- Capacidade de controlar e manter constante a temperatura e pressão;
- Produzir uma pressão de 20 MPa;
- Deve ter movimento vertical, sendo a placa inferior fixa, com abertura entre placas de 300mm;
- Sistema de segurança com um auto travamento de porta em vidro para temperatura e pressão;
- Sistema de aquecimento: resistência elétrica;
- Bancada quadrada;
- Sistema de Elevação: hidráulico;

### 3.2 ANÁLISES

O projeto básico desenvolvido neste trabalho é para uma prensa hidráulica de 4 colunas com pratos quentes para a fabricação de compósitos. Este tipo de equipamento proporciona melhor precisão para alinhamento dos pratos aquecidos ideal para a fabricação de compósitos que necessitam de estabilidade durante a cura da resina, ilustrado na figura 6.



**Figura 6. Projeto básico de uma prensa hidráulica de pratos quentes.**

**Fonte: Autor.**

Foram levantadas análises diante das especificações do projeto, a primeira baseou-se no vidro que foi o material utilizado para ocorrer o isolamento. O principal ponto na escolha da utilização do vidro ao invés do acrílico no isolamento, foram as altas temperaturas em que seriam expostos. Além disso, o vidro possui maior resistência ao calor, podendo trabalhar até 520 °C, assim como um menor coeficiente de dilatação do que o acrílico, representando uma menor distorção de suas dimensões em razão das elevadas temperaturas, menor custo e maior durabilidade.

O sistema de segurança com auto travamento da porta de vidro, projetado para suportar condições de temperatura e pressão, atende ao item A do Anexo I e às especificações do Anexo VIII da NR 12 (Norma Regulamentadora 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, especificamente sobre prensas e similares). O auto travamento está em conformidade com os requisitos descritos nos itens 12.38 a 12.55 e seus respectivos subitens dessa norma

Quanto ao material estrutural da prensa foi selecionado o Aço SAE 1045, por ser mais versátil, isto é, usado em engrenagens, eixos, mancais, pinos e componentes estruturais. Devido ao seu alto valor de carbono na composição, não é recomendada a solda extensiva pois pode haver trincas na zona termicamente afetada. Possui boa tenacidade e resistência mecânica por isso é amplamente usado em componentes estruturais. Suas propriedades estão descritas na tabela 1.

**Tabela 1. Propriedades Físicas e Mecânicas do aço SAE 1045.**

Propriedade	Valor	Unidades
Módulo elástico	205000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.29	N/A
Módulo de cisalhamento	80000	N/mm <sup>2</sup>
Massa específica	7850	kg/m <sup>3</sup>
Resistência de tração	625	N/mm <sup>2</sup>
Resistência à compressão		N/mm <sup>2</sup>
Limite de escoamento	530	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansão térmica	1.15e-05	/K
Condutividade térmica	49.8	W/(m·K)
Calor específico	486	J/(kg·K)
Coefficiente de amortecimento do material		N/A

**Fonte: Biblioteca de materiais SolidWorks, 2020.**

Para o material dos pratos quentes, a melhor escolha foi o aço AISI 4340 normalizado. Foi escolhido devido sua alta resistência mecânica e que, após o tratamento térmico de normalização, passa a ter maior resistência a fadiga e ao impacto. Este tratamento térmico consiste na elevação de temperatura da peça até 850°C – 900°C e depois tem seu resfriamento a temperatura ambiente, que permite um refino maior dos grãos aumentando sua resistência e tenacidade. Suas propriedades estão descritas na tabela 2.

**Tabela 2. Propriedades Físicas e Mecânicas do aço SAE 4340 normalizado.**

Propriedade	Valor	Unidades
Módulo elástico	2.05e+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.32	N/A
Módulo de cisalhamento	8e+10	N/m <sup>2</sup>
Massa específica	7850	kg/m <sup>3</sup>
Resistência de tração	1110000000	N/m <sup>2</sup>
Resistência à compressão		N/m <sup>2</sup>
Limite de escoamento	710000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansão térmica	1.23e-05	/K
Condutividade térmica	44.5	W/(m·K)
Calor específico	475	J/(kg·K)
Coefficiente de amortecimento do material		N/A

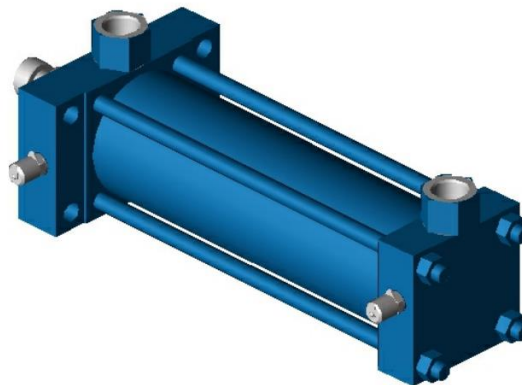
**Fonte: Biblioteca de materiais SolidWorks, 2020.**

## 4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

### 4.1 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Para realizar o dimensionamento hidráulico, é necessário realizar a seleção dos equipamentos que farão parte da prensa hidráulica utilizando dos conhecimentos adquiridos através da bibliografia estudada e de catálogos comerciais de fabricante.

O primeiro passo no dimensionamento hidráulico é a escolha do atuador, já que ele define a força exigida e as velocidades necessárias. Com os parâmetros informados anteriormente e analisando o catálogo da fabricante Bosch Rexroth, foi selecionado o atuador de dupla ação com flange de fixação ME5, conforme figura 7. Ele possui pistão com 100mm de diâmetro, haste de 45mm de diâmetro, possui curso de 300mm e sistema de vedação *standard*.



**Figura 7. Cilindro de dupla ação modelo CDT3ME5/100/45/300Z3X/S11HTDMAWWFW**

**Fonte: Catálogo Bosch Rexroth**

Com a pressão e o curso determinados pelo projeto e o atuador escolhido através de ferramenta de busca da Bosch Rexroth, é necessário calcular a área do pistão para que seja possível força de avanço, conforme a equação 2:

$$A_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2)$$

Desta forma, a área do pistão é de 7854mm<sup>2</sup>. Retomando a Lei de Pascal, a força de avanço é 157080N.

O próximo passo é encontrar a força de retorno do atuador, também pela Lei de Pascal. Para isso é necessário encontrar a área de retorno através da equação 3:

$$A_{ret} = A_p - A_h \quad (3)$$

Onde  $A_{ret}$  é a área de retorno,  $A_p$  é a área do pistão e  $A_h$  é a área da haste do atuador. O valor do diâmetro da haste é 45mm. Logo, sua área é de 1590mm<sup>2</sup>. A área de retorno é de 6264mm<sup>2</sup>.

Com os valores de pressão e área de retorno, a força de retorno encontrada é de 125280N.

O próximo passo é selecionar a bomba mais adequada para o projeto. Seguindo o fabricante Bosch Rexroth, foi encontrada a bomba de engrenamento externo tipo AZPF com volume nominal de 1650mm<sup>3</sup> e pressão máxima de trabalho contínuo de 25 MPa, figura 8.

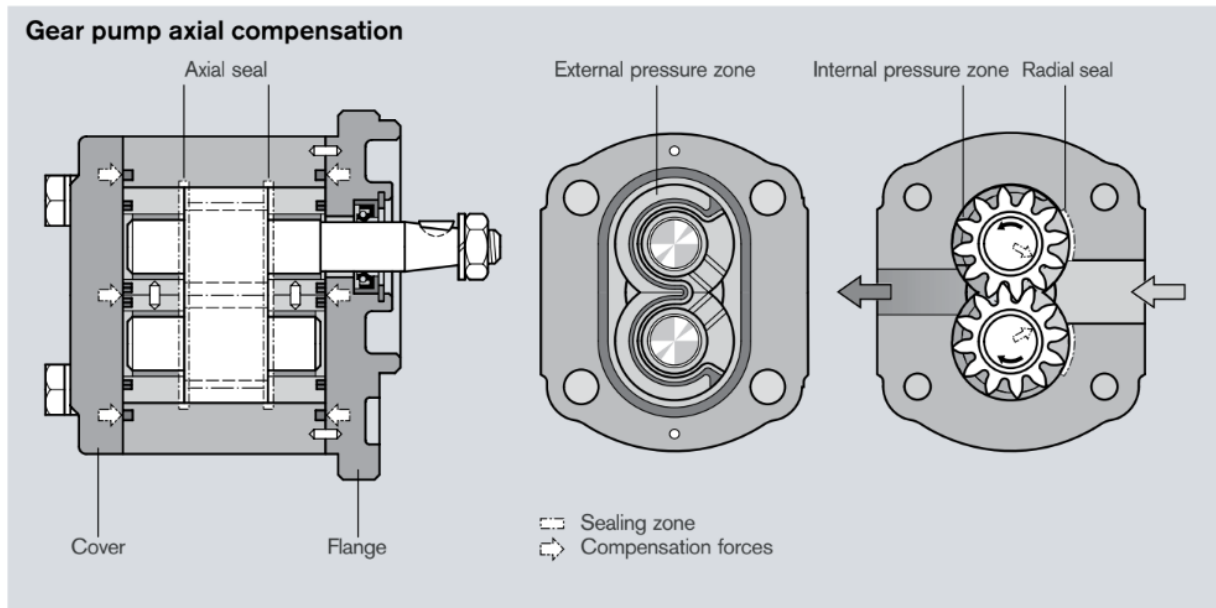


**Figura 8. Bomba de engrenamento externo modelo AZPF**

**Fonte: Catálogo Bosch Rexroth bombas de engrenagens.**

A escolha por esse tipo de bomba é dada pela sua versatilidade de aplicações, por ser ideal para fluidos viscosos como óleo hidráulico, possibilidade de transferir um fluxo de fluido constante por ser do tipo de deslocamento positivo, durabilidade e precisão que são ideais para o processo de cura dos compósitos.

A bomba de engrenagem externa possui o deslocamento do tipo positivo, ou seja, ela transfere um volume fixo de fluido a cada rotação. Esse processo garante aplicações de alta precisão, já que sua vazão é praticamente independente da pressão. A figura 9 mostra a vista em corte da bomba de engrenagens para melhor entendimento.



**Figura 9. Vista em corte de bomba de engrenamento externo modelo AZPF**

**Fonte: Catálogo Bosch Rexroth bombas de engrenagens.**

É necessário calcular a vazão da bomba. Será utilizada a equação 4 com informações retiradas do catálogo do fabricante.

$$Q = \eta \cdot V \cdot N \quad (4)$$

Onde  $Q$  é a vazão que se deseja encontrar,  $\eta$  é o rendimento volumétrico da bomba dado em valores entre 0 e 1,  $V$  é o volume nominal e  $N$  é a rotação do motor. O valor de rotação do motor foi dado pelo catálogo da WEG que será explicitado no próximo passo do dimensionamento.

Desta forma, aplicando os valores de catálogo:

$$Q = \frac{0,95 \cdot 16,5\text{cm}^3 \cdot 1755\text{rpm}}{1000} \rightarrow Q = 27,5\text{L/min}$$

Com a vazão da bomba encontrada, é possível calcular o tempo de avanço e

de retorno da haste do cilindro com a equação 5:

$$t = \frac{V}{Q} \quad (5)$$

Onde  $t$  é o tempo de avanço que se deseja encontrar,  $V$  é o volume de fluido necessário para o avanço e  $Q$  é a vazão real da bomba encontrada no passo anterior. O volume de fluido necessário pode ser encontrado pela multiplicação da área da seção transversal do cilindro ( $A$ ) com o curso do cilindro ( $L$ ). Sendo assim, a equação 6 mostra como é possível encontrar o tempo de avanço aplicando esses valores conhecidos:

$$t = \frac{A \cdot L}{Q} \quad (6)$$

Para encontrar o valor do tempo de avanço, é necessário utilizar a área do pistão,  $A_p$  :

$$t = \frac{A_p \cdot L}{Q} \rightarrow t = \frac{78,54\text{cm}^2 \cdot 300\text{mm} \cdot 6}{27,5\text{L}/\text{min} \cdot 1000} \rightarrow t = 5,14\text{s}$$

Para encontrar o valor do tempo de retorno, é necessário utilizar a área de retorno,  $A_{ret}$  :

$$t = \frac{A_{ret} \cdot L}{Q} \rightarrow t = \frac{62,64\text{cm}^2 \cdot 300\text{mm} \cdot 6}{27,5\text{L}/\text{min} \cdot 1000} \rightarrow t = 4,10\text{s}$$

A velocidade de avanço e retorno da haste foram calculadas segundo a equação 7:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Onde  $v$  é a velocidade,  $Q$  é a vazão encontrada do sistema e  $A$  é a área, seja do pistão ou de retorno. Desta forma, a velocidade de avanço é 58,3mm/s e a velocidade de retorno é 73,2mm/s.

Para o sistema hidráulico que está sendo dimensionado, foi escolhido o motor elétrico trifásico da WEG modelo W21 IP55, ilustrado na figura 10, que possui uma

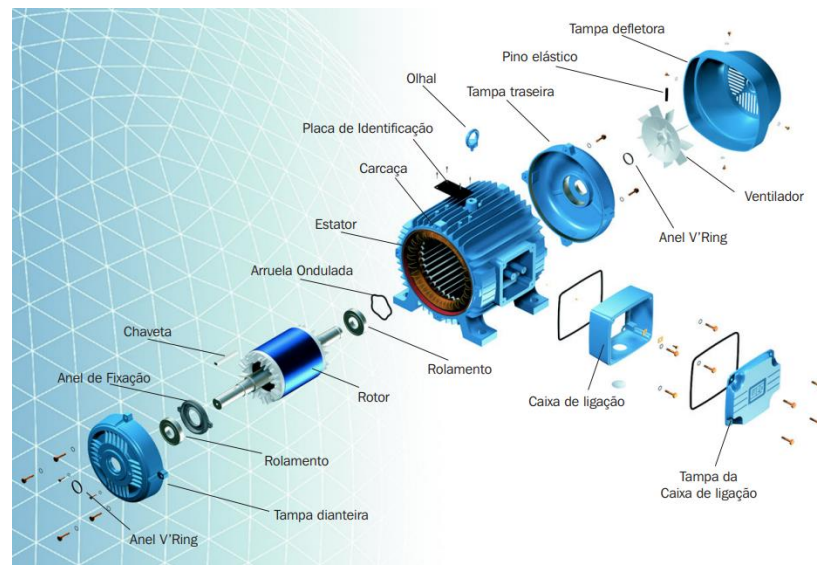
rotação nominal de 1755 rpm, uma potência de 12,5 cv e 60Hz. Aplicando a equação 8 da potência de acionamento da bomba, na sua forma simplificada, foi possível encontrar um dos parâmetros do catálogo:

$$N = \frac{Q \cdot P}{456} \quad (8)$$

Onde  $N$  é a potência dada em cv,  $Q$  é a vazão,  $P$  é a pressão e 456 é a constante de conversão para ajuste das unidades.

$$N = \frac{Q \cdot P}{456} \rightarrow N = \frac{27,5L/\text{min} \cdot 203,943\text{kgf/cm}^2}{456} \rightarrow N = 12,3 \text{ cv}$$

Com o valor encontrado, o que mais se aproxima no catálogo é uma potência de 12,5cv.



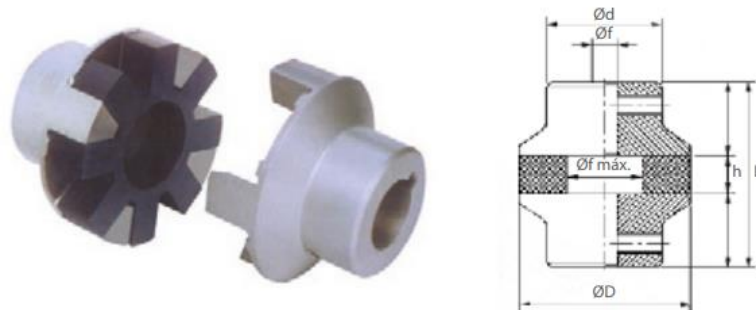
**Figura 10. Motor WEG W21.**

**Fonte: Catálogo WEG.**

O próximo componente do sistema hidráulico é o acoplamento, item responsável pela conexão entre a bomba hidráulica e o motor elétrico. Os acoplamentos são compostos por dois cubos simétricos de ferro fundido, com um elemento amortecedor de borracha alojado entre eles, resistente a óleo mineral e a

prova de abrasão. Essa configuração permite que o acoplamento seja torcionalmente elástico e flexível em todas as direções, proporcionando a absorção de vibrações, choques e desalinhamentos radiais, axiais e angulares. Dessa forma, protege os equipamentos acoplados, garantindo um funcionamento mais suave e confiável.

Realizada a pesquisa de mercado, foi encontrado o acoplamento elástico Multiflex da WEG, figura 11. De acordo com o projeto dimensionado, o modelo utilizado será o M5 que possui um furo bruto de 16mm e máximo de 45mm, que atende às especificações dos eixos de bomba hidráulica e motor elétrico com 18mm e 38mm respectivamente.

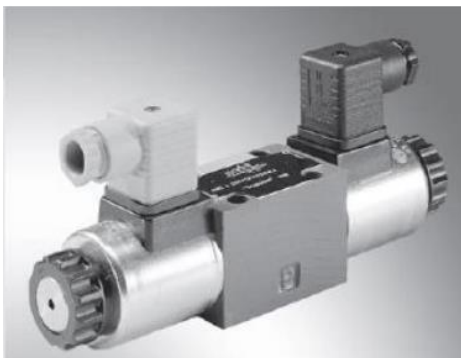


**Figura 11. Acoplamento WEG Multiflex M5.**

**Fonte: Catálogo WEG Acoplamentos.**

Para a parte final do dimensionamento hidráulico do projeto básico da prensa, é necessário encontrar as válvulas, filtro, reservatório de óleo e tubulação.

A válvula de controle direcional é responsável por conduzir o fluido hidráulico através do sistema conforme necessidade da operação. Neste projeto, será aplicada uma válvula direcional do tipo 4/3vias com duplo solenoide modelo 4WE6\_6\_/\_EG24 de corrente contínua de 24V, específica para operar em óleo e com bobina removível, ilustrada na figura 12. Sua pressão máxima de operação é de 35 MPa e sua vazão máxima é de 80 L/min para o tipo de corrente aplicada da marca Bosch Rexroth. Por possuir seu centro fechado, quando ela não está acionada o fluido recircula para a bomba preservando sua vida útil e evitando que sofra superaquecimento.



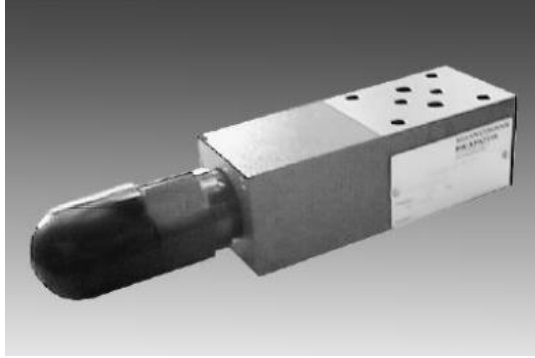
**Figura 12. Válvula direcional 4/3 vias modelo 4WE6.**

**Fonte: Catálogo de válvula direcional Bosch Rexroth.**

Este tipo de válvula tem um custo mais elevado, é mais complexa para manutenção, além de ser altamente sensível a contaminantes e ter a possibilidade de retorno indesejado em caso de falta de energia. Porém possui uma automação facilitada, um menor desgaste mecânico e uma resposta mais rápida quando comparada às manuais ou simples devido ao seu solenoide. De acordo com a necessidade do projeto desejado, é possível realizar a troca da mesma para atender a demanda de orçamento.

Para evitar sobrecargas de pressão no sistema hidráulico, é necessária a aplicação da válvula limitadora de pressão, também conhecida como aliviadora de pressão. Desta forma, é possível evitar danos aos componentes do sistema, como bombas, mangueiras e cilindros. Seu funcionamento é abrindo um caminho para o fluido retornar ao reservatório ou escape sempre que a pressão ultrapassa seu limite dimensionado. Em contrapartida, pode haver perda de eficiência por ela atuar frequentemente, superaquecimento gerado pelo alívio de pressão e possível vazamento interno.

No dimensionamento deste projeto básico, a escolha foi pela válvula limitadora de pressão da Bosch Rexroth modelo ZDBD6\_1\_B/315, diretamente operada e com pressão máxima de operação de 31,5 MPa, como mostra a figura 13.



**Figura 13. Válvula limitadora de pressão ZDBD6\_1\_B/315.**

**Fonte: Catálogo de válvula limitadora Bosch Rexroth.**

A última válvula a ser dimensionada no sistema hidráulico é responsável por controlar e limitar a vazão do fluido. A válvula limitadora de vazão, ou válvula reguladora de fluxo, é usada para manter a velocidade dos atuadores dentro de um limite seguro, assim melhorando a eficiência do sistema, a redução de choque hidráulicos e aumentando a vida útil dos componentes hidráulicos.

Para o sistema dimensionado, foi selecionada a válvula de controle de vazão da Bosch Rexroth modelo 2FRM 6 A76-3X/32QRV que possui pressão máxima de operação de 31,5 MPa e vazão máxima de 32L/min, como mostra a figura 14.

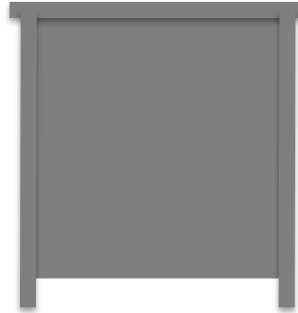


**Figura 14. Válvula limitadora de vazão modelo 2FRM 6 A76-3X/32QRV.**

**Fonte: Catálogo de válvulas reguladoras de vazão Bosch Rexroth.**

Durante a pesquisa básica, foi possível encontrar na literatura uma citação sobre o dimensionamento do reservatório de óleo hidráulico. Seu tamanho deve ser maior ou igual a três vezes a vazão da bomba (FIALHO, 2003).

Desta forma, considerando a vazão encontrada de 27,5L/min, o reservatório de óleo deve ser projetado com a capacidade de 83 litros. Foi feita uma busca comercial por um reservatório com essa capacidade, não sendo encontrado. Por isso, se faz necessária a confecção de um em aço como ilustra a figura 15.



**Figura 15. Esboço do reservatório de óleo hidráulico.**

**Fonte: Autor.**

Com a necessidade do dimensionamento da tubulação do sistema, é preciso calcular seu diâmetro a partir da equação 9:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad (9)$$

Onde  $D$  é o diâmetro do tubo a ser dimensionado,  $Q$  é a vazão do sistema e  $v$  é a velocidade de avanço. Com os parâmetros encontrados, o cálculo do diâmetro da tubulação é 24,50mm.

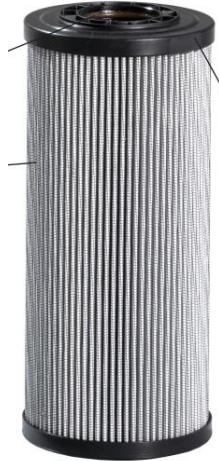
Desta forma, a mangueira escolhida será da marca Parker série 461LT-16 com duas tranças de aço de alta resistência, que suporta até 21MPa de pressão de trabalho, figura 16. Desta forma, o sistema requer uma pressão de 20Mpa e a mangueira atende as especificações.



**Figura 16. Mangueira Parker modelo 461LT-16.**

**Fonte: Catálogo Parker.**

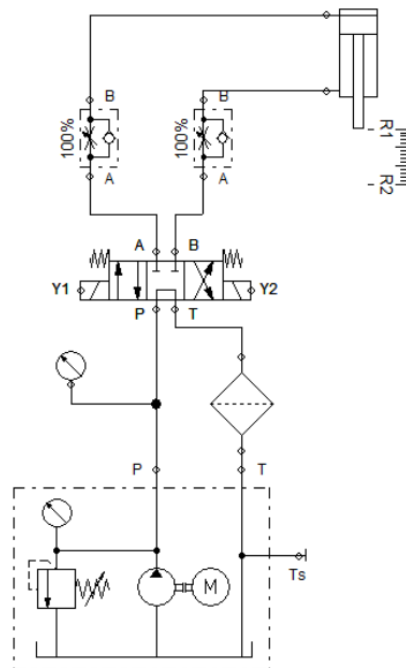
Para concluir o dimensionamento hidráulico, é necessário escolher o filtro que terá a função de manter o fluido sempre limpo para uma melhor durabilidade dos componentes. Este filtro selecionado foi o de alta pressão da Parker, série 50P com pressão máxima de trabalho de 24,14 MPa, figura 17.



**Figura 17. Filtro de alta pressão Parker 50P.**

**Fonte: Catálogo Parker.**

O esquema hidráulico foi construído com o simulador *Fluidsim* e está apresentado na figura 18.



**Figura 18. Esquema hidráulico da prensa.**

**Fonte: Autor.**

Ao ser ligado, o motor elétrico aciona a bomba elétrica que está acoplada. As válvulas direcionais controlam o fluxo do fluido para os atuadores, que executa o movimento conforme desejado pelo operador. Após a finalização do processo de prensa, o fluido é redirecionado para o retorno da haste do atuador, o fluido retorna ao reservatório e bomba e motor são desligados.

#### 4.2 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

O modelo de prensa utilizado no projeto básico foi de 4 colunas. Este tipo de prensa é utilizado para realizar trabalhos de precisão. Essa vantagem é dada pelas colunas que guiam o prato superior, acionado pelo atuador, de forma alinhada ao encontro do prato inferior para realizar a compactação.

A prensa é composta por uma bancada onde está apoiado o prato inferior aquecido. As quatro colunas guias são fixadas na bancada e suportam a base superior onde está fixado o atuador hidráulico que empurra o prato aquecido superior para encontro ao inferior. O sistema de fixação das colunas é feito com barra roscada em

suas extremidades para o uso de porcas de fixação.

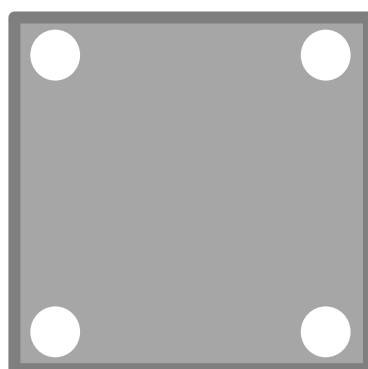
Para os cálculos, ficou definido que o ideal é separar de acordo com o aço que será utilizado para a construção da estrutura. Desta forma, após pesquisa de mercado, ficou determinado que o aço SAE 1045 será utilizado para a estrutura da prensa, base inferior e superior e as 4 colunas. E o aço AISI 4340 normalizado será utilizado para os pratos quentes.

#### 4.2.1 Cálculo estrutural dos pratos quentes

Para os pratos quentes, será utilizada placa de aço AISI 4340 normalizado com uma espessura de 90mm para possibilitar que seja embutida em sua estrutura resistores elétricos para o aquecimento e termopar para controle preciso da temperatura como necessidade do projeto.

Para evitar que haja vazamento da resina a ser curada durante o processo de pensamento, é necessário que o operador utilize um molde pois o projeto não contemplará rebaixo para vazamento.

Com as medidas solicitadas pelo projeto, as placas terão 500mm de largura e 500mm de comprimento. E para fixação das colunas há a necessidade de realizar furos passantes de 40 mm de diâmetro para abertura de rosca M39 que será aplicado à coluna da prensa. O esboço da placa inferior está representado na figura 19, com detalhe dos furos de 10mm de diâmetro e 325mm de profundidade para embutir as resistências na figura 20.



**Figura 19. Esboço do prato inferior.**

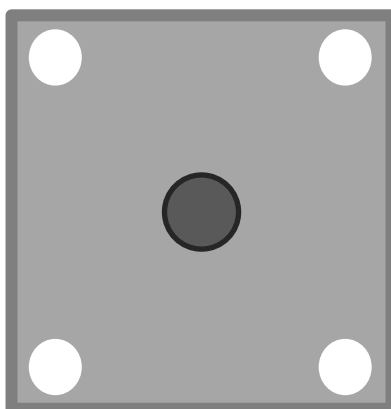
**Fonte: Autor.**



**Figura 20. Esboço do detalhe de furos para embutir as resistências.**

**Fonte: Autor.**

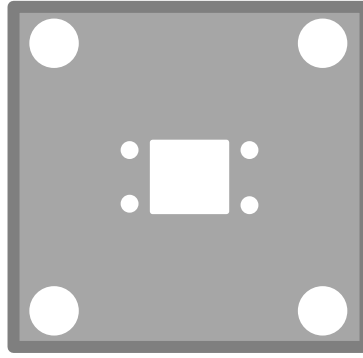
A placa superior terá as mesmas dimensões e os 4 furos passantes com diâmetro de 50mm para encaixe das colunas da placa inferior e na sua face superior terá um rebaixo de 16 mm para receber a ponta da haste do cilindro hidráulico com 35,5mm de diâmetro. Esse cilindro será responsável pelo movimento vertical da placa, permitindo sua descida e subida conforme necessidade da operação. Esta fixação entre ponta da haste e face da placa quente será realizada por solda a frio da marca Würth modelo Selapoxy TX Bicomponente Baixa fluidez, próprio para colagens na vertical, com boa resistência a água e óleo e após curado, apresenta resistência de compressão maior que 60MPa. O esboço do detalhe da face superior segue indicado na figura 21.



**Figura 21. Esboço do detalhe de rebaixo na face superior para receber ponta da haste.**

**Fonte: Autor.**

A base superior é a responsável por sustentar o cilindro e as pontas das colunas que serão fixadas por porcas M39 com 4 fios de rosca feita de aço carbono e terá medida de 600mm de lado. Além dos 4 furos passantes, a base superior terá o furo quadrado de 122mm de lado para passagem da haste do cilindro, sua fixação na base superior será através de 4 furos passantes para união com o flange ME5 indicado no catálogo do fabricante, ilustrado na figura 22.

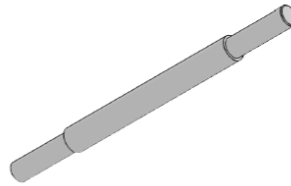


**Figura 22. Esboço da base superior.**

**Fonte: Autor.**

#### 4.2.2 Cálculo estrutural das colunas

As colunas foram confeccionadas em aço SAE 1045, com um comprimento total de 660 mm e diâmetro de 50 mm. Suas extremidades possuem rosca M39, com passo de 4 mm e comprimento de 130 mm, conforme ilustrado na Figura 23.



**Figura 23. Esboço da coluna feita em aço SAE 1045.**

**Fonte: Autor.**

Para fixação das colunas à estrutura da prensa hidráulica, serão utilizadas porcas M39 com passo de 4mm fabricadas em aço carbono e arruelas de pressão M39 com altura de 5,8mm também fabricadas em aço carbono, como mostram as figuras 24 e 25, respectivamente.



**Figura 24. Porca sextavada M39 com passo de 4mm em aço carbono.**

**Fonte: Mega lojista, 2025.**



**Figura 25. Arruela de pressão M39 em aço carbono.**

**Fonte: Mega lojista, 2025.**

Para garantir a segurança de operação e estabilidade do projeto, é necessário realizar o cálculo da flambagem das colunas. Este fenômeno ocorre quando a coluna é submetida a uma compressão axial e sofre instabilidade lateral que resulta na falha estrutural antes de chegar à resistência do material. Desta forma, é preciso usar a Teoria de Euler e verificar a resistência a flambagem.

A fórmula de Euler é dada pela equação 10:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2} \quad (10)$$

Onde  $P_{cr}$  é a carga crítica de flambagem,  $E$  é o módulo de elasticidade do aço SAE1045,  $I$  é o momento de inércia,  $L$  é o comprimento da coluna entre os apoios e  $K$  é o coeficiente de comprimento efetivo que varia de acordo com o tipo de fixação das colunas. No projeto básico que está sendo dimensionado, considerou-se a fixação da coluna por arruela de pressão e porca como uma coluna engastada. Desta forma, será considerado  $K = 0,5$ .

Para o momento de inércia, é preciso calcular conforme a equação 11, por ser uma coluna maciça:

$$I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \quad (11)$$

Onde  $D$  é o diâmetro externo da coluna em m. Em seguida, é necessário calcular a carga por coluna como mostra a equação 12:

$$P_c = \frac{P}{n} \quad (12)$$

Onde  $P_c$  é carga aplicada por coluna. Desta forma, se  $P_c < P_{cr}$ , a coluna não sofrerá flambagem. Se  $P_c > P_{cr}$ , sofrerá com a flambagem e deve ser redimensionada seja com um diâmetro maior ou um material mais resistente.

Para realizar o cálculo de flambagem deste projeto é necessário começar pela equação 11 e encontrar o momento de inércia da coluna:

$$I = \frac{\pi \cdot (0,05\text{m})^2}{64} \rightarrow I = 0,307 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

O módulo de elasticidade do aço SAE1045 como indicado na tabela 1 tem valor de 205GPa, transformando para SI tem-se  $2,05 \cdot 10^{11} \text{N/m}^2$ . Considerando que o comprimento L deve ser medido entre os apoios, L da coluna vale 0,4m. O próximo passo é aplicar os valores encontrados na equação 10 e encontrar a carga crítica de flambagem para o aço SAE1045.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2,05 \cdot 10^{11} \text{N/m}^2 \cdot 0,307 \cdot 10^{-6} \text{m}^4}{(0,5 \cdot 0,4\text{m})^2} \rightarrow P_{cr} = 4,95 \cdot 10^6 \text{N}$$

O valor encontrado na força de avanço para o dimensionamento hidráulico foi de 16017,10 kgf que corresponde a 157074,1 N. Logo, para encontrar a carga por coluna é aplicado o valor acima na equação 12:

$$P_c = \frac{157074,1\text{N}}{4} \rightarrow P_c = 3,93 \cdot 10^4 \text{N}$$

Portanto,  $P_c < P_{cr}$ . Então o projeto está dentro dos parâmetros e não ocorrerá a flambagem das colunas.

### 4.3 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

O dimensionamento elétrico é fundamental para garantir a segurança e eficácia do projeto básico da prensa hidráulica pois um esquema inadequado pode gerar falha

operacional, sobrecarga elétrica e riscos de acidentes. Além disso, um dimensionamento eficiente reduz consumo de energia, custos com manutenções corretivas e garante um funcionamento confiável da prensa hidráulica.

Este dimensionamento será dividido em dois circuitos. O de potência, responsável pela alimentação do motor elétrico e resistência elétrica, e o de controle, que trata dos dispositivos direcionados ao comando do sistema como sensores, relés e atuadores.

#### 4.3.1 Circuito de potência

O dimensionamento dos cabos para acionar a parte elétrica da prensa hidráulica é dada pela equação 13:

$$I = \frac{P}{V \cdot \eta} \quad (13)$$

Onde  $I$  é a corrente elétrica necessária,  $P$  é a potência do motor,  $V$  é a tensão utilizada e  $\eta$  é o rendimento do sistema.

Aplicando os dados encontrados do motor elétrico, como potência de 9200W, tensão de 220V e o rendimento de 0,9, é possível chegar à corrente de 46,5A.

De acordo com a tabela 3, é possível encontrar a bitola do cabo a ser utilizada na instalação elétrica do motor.

**Tabela 3. Sessão nominal do condutor (mm).**

Seção Nominal do Condutor (mm <sup>2</sup> )	Queda de tensão para $\cos \phi = 0,8$ (V/A.km)		
	Conduto não-magnético		Conduto magnético
	Circuito monofásico	Circuito trifásico	
1,5	23,3	20,2	23
2,5	14,3	12,4	14
4	8,96	7,79	9
6	6,03	5,25	5,87
10	3,63	3,17	3,54
16	2,32	2,03	2,27
25	1,51	1,33	1,5
35	1,12	0,98	1,12
50	0,85	0,76	0,86
70	0,62	0,55	0,64
95	0,48	0,43	0,5
120	0,4	0,36	0,42
150	0,35	0,31	0,37
185	0,3	0,27	0,32
240	0,26	0,23	0,29

**Fonte: Sil fios e cabos elétricos.**

Para o cálculo do disjuntor, é utilizada a equação 14:

$$I_{\text{disj}} = 1,5 \cdot I_{\text{eq elétrico}} \quad (14)$$

Para o motor elétrico que acionará o sistema hidráulico, o disjuntor dimensionado deve ter uma corrente de 50A. Desta forma, foi selecionado o minidisjuntor WEG modelo MDW-C50-3 Curva C 50A 3 Polos, figura 26.



**Figura 26. Minidisjuntor WEG modelo MDW-C50-3.**

**Fonte: Catálogo WEG de disjuntores.**

Utilizando a corrente encontrada pela equação 10 para dimensionar a bitola do fio, é possível definir qual contatora será utilizada. Pelo catálogo WEG, foi selecionado o modelo CWB 50-11-30 que possui categoria AC-3 para acionamento de motores trifásicos de partida direta, corrente de 50A e suporta motores de até 20cv de potência, como ilustrado na figura 27.



**Figura 27. Contatora WEG modelo CWB 50-11-30.**

**Fonte: Catálogo WEG de contadoras.**

#### 4.3.1.1 Resistência elétrica

Para o aquecimento dos pratos durante o processo de cura do compósito, é necessário realizar o cálculo para encontrar a resistência que melhor se adequa ao intervalo de temperatura de desejado, garantindo eficiência térmica e segurança operacional.

Os parâmetros são importantes para entender o processo de dimensionamento do sistema de aquecimento, entre eles, temperaturas inicial e final, massa dos pratos, calor específico, o tempo de aquecimento e a eficiência do sistema.

Para o projeto básico da prensa hidráulica de pratos quentes, alguns desses parâmetros já foram definidos. São eles, temperaturas inicial e final, calor específico do aço AISI 4340 e a massa dos pratos é possível encontrar a partir do volume dos pratos e da massa específica do aço AISI 4340.

A seguir, serão calculadas as massas dos pratos inferior e superior do projeto básico. Na placa inferior, são 4 furos passantes de 40mm diâmetro e 3 furos para embutir o resistor com diâmetro de 10mm cada. O primeiro passo é calcular a área e o volume da placa maciça com lado de 500mm e altura de 90mm. A equação 15 mostra a fórmula da área:

$$A = l.l \rightarrow A = 500.500 \rightarrow A = 250000\text{mm}^2 \quad (15)$$

O volume é dado pela equação 16:

$$V = A \cdot h \rightarrow V = 250000 \cdot 90 \rightarrow V = 22500000 \text{mm}^3 \quad (16)$$

Para os 4 furos passantes, é necessário seguir a mesma ordem, porém utilizando a equação 2:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rightarrow A = \frac{\pi \cdot (40^2)}{4} \rightarrow A = 1256,64 \text{ mm}^2$$

E seu volume é dado pela área multiplicada pelo comprimento da placa:

$$V = A \cdot l \rightarrow V = 1256,64 \cdot 500 \rightarrow V = 113097,3 \text{ mm}^3$$

Como são 4 furos passantes, o volume de cada furo deve ser multiplicado pela quantidade. Então, o volume total dos furos passantes é de 452389,34mm<sup>3</sup>. Seguindo o mesmo passo a passo, é calculada a área e o volume dos furos para embutir as resistências e o valor total encontrado foi de 76576,5mm<sup>3</sup>.

Desta forma, o volume total da placa inferior é dado pela subtração do volume da placa maciça com o volume dos furos passantes e dos furos de embutir.

$$V_{\text{total}} = 22500000 \text{mm}^3 - 452389,34 \text{mm}^3 - 76576,5 \text{mm}^3$$

O volume total da placa inferior é de 22378034,2mm<sup>3</sup>. Para encontrar a massa, é necessário utilizar a equação 17:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (17)$$

Onde  $\rho$  é a massa específica,  $m$  é a massa a ser encontrada e  $V$  é o volume da placa inferior. Utilizando as informações do aço AISI 4340 apresentadas na tabela 2 de características, a massa específica é de 7850 kg/m<sup>3</sup>. Portanto, a massa do prato inferior é de 172,7kg.

Para o dimensionamento do prato superior, será utilizado o mesmo passo a passo com a ressalva que os furos passantes são de 50mm de diâmetro e na face superior há um rebaixo de diâmetro 35,5 mm para acoplamento da ponta da haste do

cilindro e altura de 16mm, seguindo as orientações de catálogo do fabricante do mesmo. Desta forma, o volume total da placa superior será de 21700725,35mm<sup>3</sup> ou 0,021m<sup>3</sup> e sua massa será de 164,85kg.

A energia térmica necessária para aquecer as placas é dada pela equação 18:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (18)$$

Onde  $Q$  é a quantidade térmica necessária,  $m$  é a massa da placa a ser aquecida,  $c$  é o seu calor específico e  $\Delta T$  é a diferença de temperatura do sistema. Portanto, para a placa inferior:

$$Q = 172,7\text{kg} \cdot \frac{475\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (240^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \rightarrow Q = 18,05 \cdot 10^6\text{J}$$

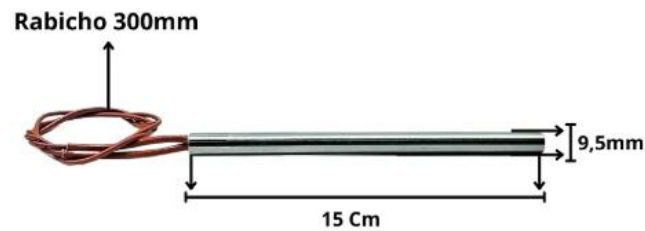
E para a placa superior, o valor de  $Q$  é 17,22. 10<sup>6</sup>J.

O próximo passo é calcular a potência necessária para aquecer as placas desejadas é dada pela equação 19:

$$P = \frac{Q}{\eta} \quad (19)$$

Onde  $P$  é a potência desejada,  $Q$  é a quantidade térmica e  $\eta$  é a eficiência do sistema, dada entre 0,8 e 0,9, estimativa baseada em práticas industriais. Logo, considerando  $\eta = 0,85$ , para o prato inferior é encontrado o valor de  $P = 21231,9\text{kW}$  e para o prato superior,  $P = 20258,8\text{kW}$ .

Tendo em vista os valores encontrados de potência necessária para aquecer os pratos e após a pesquisa básica de mercado sobre resistências elétricas aplicadas em prensas hidráulicas de pratos quentes, foi definido que o ideal é utilizar resistência do tipo cartucho com corpo de aço inox de alta carga, como ilustra a figura 28.



**Figura 28. Resistência tipo cartucho com corpo em aço inox.**

**Fonte: Fogo Forte Resistências.**

Elas possuem formato cilíndrico e alta densidade de potência, podendo atingir até 15W/cm<sup>2</sup>. São eficientes no aquecimento do metal, porém não podem estar em contato com o ar. Dada essa especificação do resistor, inicialmente o projeto havia sido projetado com o furo de embutir de 30mm de diâmetro. Após a definição do tipo de resistência e os seus diâmetros disponíveis no mercado, os furos foram ajustados para 10mm que é o aconselhável pelos fabricantes de resistores desse tipo. Serão utilizados 2 desses resistores em cada prato e no furo central será embutido o termopar para melhor controle da temperatura durante o processo de cura dos compósitos. Os furos serão isolados utilizando a mesma solda a frio usada para aderir a ponta da haste ao rebaixo da placa superior.

Para proteger o sistema elétrico de uma sobrecarga, é necessário o uso de um disjuntor para as resistências elétricas. Utilizando a lei da potência elétrica, a equação 20 leva ao resultado da corrente que o sistema necessita:

$$I = \frac{P}{V} \quad (20)$$

Onde  $I$  é a corrente,  $P$  é a potência do equipamento e  $V$  é sua tensão elétrica. No caso dos resistores, a corrente utilizada é de 0,91A de acordo com os dados indicados no site do fabricante do resistor de potência 200W e 220V. Aplicando a equação 14 à necessidade da resistência elétrica, encontra-se uma corrente para o disjuntor de 1,36A. Buscando no mercado, foi possível encontrar o minidisjuntor WEG modelo MDWS-C4-1 monopolo de 4ª e tensão máxima de 400V, como mostra a figura 29.



**Figura 29. Minidisjuntor WEG modelo MDWS-C4-1.**

**Fonte: Catálogo Weg de minidisjuntores.**

#### 4.3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE

O sistema de controle consiste em instrumentos utilizados para manter os parâmetros solicitados pelo projeto. Considerando os cálculos realizados no dimensionamento de sistema hidráulico e de aquecimento dos pratos, foi possível encontrar itens comerciais que atendessem as demandas requisitadas.

Para tal, foram selecionados dois itens referentes ao sistema de aquecimento, termostato modelo N1030T com temporizador e dimensões de 48 x 48 x 35 mm, e termopar do tipo J, com intervalo de medição de 0°C até 760°C e dimensões de 8 mm de diâmetro e 2 m de comprimento, representadas nas Figuras 30 e 31, respectivamente.



**Figura 30. Termostato N1030T.**

**Fonte: NOVUS**



Para a segurança da operação durante o aquecimento, a porta de acesso aos pratos terá um sensor magnético para que não seja possível a abertura durante elevadas temperaturas de trabalho. Este equipamento conta com 2 partes, o sensor propriamente dito e o atuador, como mostra a figura 34. Da marca Atork modelo SEH20, ele detecta abertura e é aplicado em máquinas e ambientes controlados.



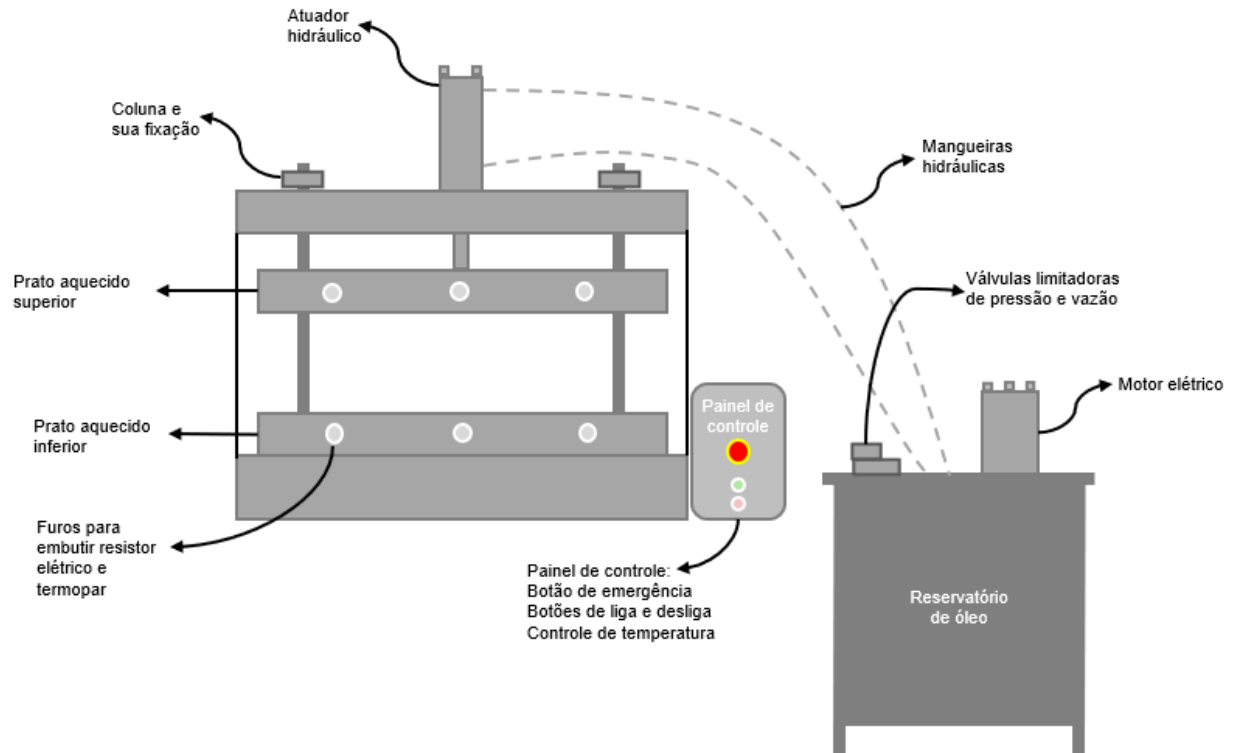
**Figura 34. Sensor magnético Atork modelo SEH20.**

**Fonte: Atork.**

A parte de sinalização e acionamento terão luzes de led que indicam sistema ligado e desligado e botoeiras para realizar a inicialização do sistema e seu desligamento.

Não foi possível realizar a simulação do circuito elétrico dimensionado por falta de acesso a plataforma adequada para tal. Sendo um ponto de melhoria para um possível próximo projeto básico.

O projeto básico após dimensionamento foi representado na figura 35.



**Figura 35. Projeto básico de uma prensa hidráulica de pratos quentes.**

Fonte: Autor

## 5. CONCLUSÃO

O projeto básico de uma prensa hidráulica de pratos quentes foi desenvolvido para atender às necessidades estabelecidas no capítulo de materiais e métodos. Durante a pesquisa para compreender os processos de dimensionamento necessários à construção da prensa, foi possível adquirir conhecimentos que vão além da engenharia mecânica aplicada. Aspectos como os diferentes tipos de prensas, o dimensionamento elétrico e a escolha do aço mais adequado para cada aplicação foram alguns dos desafios enfrentados ao longo do desenvolvimento.

Durante a seleção dos equipamentos, algumas limitações foram encontradas, como a falta de informações técnicas para mais opções de escolha dos componentes dos dimensionamentos e falta de acesso a *software* para simulação do sistema elétrico dimensionado. Além disso, certos aspectos do projeto podem ser aprimorados, como a utilização de uma válvula 4/3 vias, que apresenta maior demanda de manutenção.

Apesar desses desafios, o projeto básico da prensa hidráulica de quatro colunas com pratos quentes demonstrou ser viável, sendo dimensionado com componentes comerciais acessíveis. No entanto, desafios como a otimização do controle térmico e a viabilidade econômica da fabricação precisam ser explorados em estudos futuros.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCEL. **Catálogo de motores trifásicos WEG W21**. Disponível em:<[http://arcel.com.pt/ctlq/WEG\\_MOTORES%20TRIFASICOS%20W21.pdf](http://arcel.com.pt/ctlq/WEG_MOTORES%20TRIFASICOS%20W21.pdf)>.

Acesso em: 08/02/2025.

ATORK. **Sensor magnético SEH20**. Disponível em:< <https://atork.com.br/seh20/>>.

Acesso em: 10 fev.2025

ATSUÑO, D.; YONEYAMA, T.; KAWAMOTO, K.; OKAMOTO, M. *Hot press forming of thermoplastic CFRP sheets*. *Procedia Manufacturing*, Elsevier, 2018, p. 170-1737.

AUTOMAX AUTOMAÇÃO. **Catálogo Bosch Rexroth Bombas de engrenagens**.

Disponível em:<[https://www.automaxautomacao.com.br/wp-content/uploads/2018/03/rp\\_10031d03.pdf](https://www.automaxautomacao.com.br/wp-content/uploads/2018/03/rp_10031d03.pdf)>. Acesso em: 07 dez. 2020.

B. FIALHO, ARIVELTO. **Automação Hidráulica: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2004.

B. MICHELS, LUCAS. Uma visão geral sobre os equipamentos utilizados no processo de forjamento. **Ferramental**, v. 49, 2013, p. 1-7.

DIETER, GEORGE E.. **Metalurgia mecânica**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1976.

DIRECT INDUSTRY. **Prensas Hidráulicas**. Disponível em:<<https://www.directindustry.com/pt/fabricante-industrial/prensa-hidraulica-63048.html>>.

Acesso em: 9 nov. 2020.

FERRARESI, DINO. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Carlos: Edgard Blücher, 1969.

FOGO FORTE RESISTÊNCIAS. **Resistência elétrica cartucho alta carga**.

Disponível em:< <https://www.fogoforteresistencias.com.br/produto/resistencia-eletrica-cartucho-alta-carga-95x150mm-200w-220v.html>>. Acesso em: 10 fev.2025.

R. GOMES, MARCIO. **Apostila de Hidráulica**. Bahia: CEFET, 2008. Disponível em: < [http://www.professormendoncauenf.com.br/ha01\\_apostilacompleta.pdf](http://www.professormendoncauenf.com.br/ha01_apostilacompleta.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2020.

S. GOMES, BEATRIZ. **Princípios básicos de aplicação na segurança do trabalho em prensas e similares**. 1.Ed. Porto Alegre: ABIMAQ, 2012.

H SOLDAS. **Catálogo Geral H Soldas**. Disponível em:<<https://hsoldas.com.br/catalogos/>>. Acesso em: 07 dez. 2020.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

INCROPERA, FRANK. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 7ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

INDUMEC. **Prensa termo-hidráulica**. Disponível em:<<https://indumec.com.br/produto/prensa-termo-hidraulica/>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

KAKAR, A.; JAYAMANI, E.; HENG, S. K.; BAKRI, M. K. B.; HAMDAN, S. *Optimization of Hot Press Compression Molding and Fabrication of Poly Lactic Acid (PLA) Luffa Biocomposites for Biomedical Applications*. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 9, n. 7, 2015, p. 105-112.

MEGALOJISTA. **Arruela de pressão M39**. Disponível em:< <https://www.megalojista.com.br/arruela-press-o-m39-39-50-x-61-20-x-5-80-din-127b-aco-mola-zincado-branco.html?srsltid=AfmBOoq85rqTIKIHX1ZMWXJlw2E5ARdZThlr8SGKu-QFMvuDtx9hejHs>>. Acesso em: 09 fev.2025

MEGALOJISTA. **Porca sexta M39.** Disponível em:<  
<https://www.megalojista.com.br/porca-sextavada-m39-4-00-ma-x-chave-60-din-934-aco-carbono-classe-6-polido.html?srsId=AfmBOorZG0dyTyesao9q2lgry-YkBipPtoU8NXvMYLFXMQZeJMxbxu7i>>. Acesso em: 09 fev.2025

NOVUS. **Termostato N1030T.** Disponível em:  
 <[https://www.novus.com.br/site/default.asp?Idioma=55&TroncoID=508083&SecaoID=547383&SubsecaoID=727292&Template=../catalogos/layout\\_produto.asp&ProdutoID=907491](https://www.novus.com.br/site/default.asp?Idioma=55&TroncoID=508083&SecaoID=547383&SubsecaoID=727292&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=907491)>. Acesso em: 8 Dez. 2020.

NOWAK. **Prensa hidráulica manual.** Disponível em:<  
<https://b2b.nowak.com.br/prensas/prensa-hidraulica-manual/ph17-prensa-hidraulica-100-ton-com-manometro-auxiliar-15-ton-ref-154>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

NORMA REGULAMENTADORA 12 – NR 12. Anexo I & VIII. **Norma regulamentadora 12:** Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos sobre prensas e similares.

PARKER. **Apostila M2001 2 BR.** Informações técnicas. Parker Hannifin Ind. Com. Ltda. Jacareí, SP – Brasil.

PARKER. **Filtro de retorno da Parker de Alta Pressão série 50P.** Disponível em:<<https://ph.parker.com/br/pt/product/high-pressure-inline-duplex-filter-15p-30p-30pd-series/15p205qbm2ks121>>. Acesso em: 08 fev. 2025.

PARKER. **Mangueira de média pressão 461LT-16.** Disponível em:<<https://ph.parker.com/br/pt/product/medium-pressure-parkrimp-no-skive-hose-461lt/461lt-16>>. Acesso em: 08 fev. 2025.

PROVENZA, FRANCESCO. **Estampo I.** São Paulo: Pro-tec, 1969.

PROVENZA, FRANCESCO. **Estampo II.** São Paulo: Pro-tec, 1969.

PROVENZA, FRANCESCO. **Estampo III**. São Paulo: Pro-tec, 1969.

REXROTH, BOSCH. **Cilindro hidráulico tipo CDT3**. Disponível em: <[https://www.boschrexroth.com/ics/modules/shopinterface/?materialnumber=R900999T31&scenario=portal&destination=CONFIGURATOR&language=pt&c=BR&portalHookUrl=https://store.boschrexroth.com/Hydraulics/Cylinder/Tie-rod-cylinders/CD---differential-cylinder-I-tie-rod-design?cclcl=pt\\_BR](https://www.boschrexroth.com/ics/modules/shopinterface/?materialnumber=R900999T31&scenario=portal&destination=CONFIGURATOR&language=pt&c=BR&portalHookUrl=https://store.boschrexroth.com/Hydraulics/Cylinder/Tie-rod-cylinders/CD---differential-cylinder-I-tie-rod-design?cclcl=pt_BR)>. Acesso em 07 fev. 2025.

REXROTH, BOSCH. **Válvulas controladoras de vazão 2FRM**. Catálogo Tipo 2FRM.

REXROTH, BOSCH. **Válvulas direcionais com solenoide tipo WE 6**. Catálogo RP 23178/0 4 04.

REXROTH, BOSCH. **Válvulas reguladora de pressão tipo ZDBD 6**. Catálogo RP 25 751D/04.05.

ROBERT L., NORTON. **Projeto de máquinas** [recurso eletrônico]: uma abordagem integrada. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SCHAEFFER, LIRIO. **Conformação mecânica**. 2. ed. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2004.

SIL. **Tabela de bitola de cabos**. Disponível em: <<https://www.sil.com.br/pt/eletricista/tabelas.aspx>>. Acesso em 10 fev.2025

S. GOMES, BEATRIZ. **Princípios Básicos de Aplicação na Segurança do Trabalho em Prensas e Similares**. 1. ed. Porto Alegre: ABIMAQ, 2012.

WEG. **Catálogo de acoplamentos**. Disponível em: <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Redutores-e-Multiplicadores-de-Velocidade-/Acoplamento/Acoplamentos-EI%C3%A1sticos-Multiflex/Acoplamentos-EI%C3%A1sticos->

[Multiflex/p/MKT\\_WMO\\_BR\\_TEXT\\_IMAGE\\_COUPLINGS\\_MULTIFLEX>](#). Acesso em: 08 fev.2025

WEG. **Catálogo de contadoras.** Disponível em: < <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Controls/Partida-e-Prote%C3%A7%C3%A3o-de-Motores/Contatores/Pot%C3%Aancia/Contatores-CWB/CONTATOR-CWB50-11-30D24-50A-230V-50-60Hz/p/13860289> >. Acesso em: 10 fev.2025

WEG. **Catálogo de minidisjuntores.** Disponível em: < <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Controls/Prote%C3%A7%C3%A3o-de-Circuitos-El%C3%A9tricos/Disjuntores/Minidisjuntores/Minidisjuntores-MDW/MINIDISJUNTOR-TERMOMAGN-MDW-C50-3-Curva-C-50A-3-Polos/p/10076457?downloadBOM=false> >. Acesso em: 08 fev.2025

WEG. **Catálogo de minidisjuntores.** Disponível em: < <https://www.weg.net/catalog/weg/PK/pt/Controls/Disjuntores/Minidisjuntores/MDWS--Minidisjuntores/MINIDISJUNTOR-MDWS-C4-1/p/14449621> >. Acesso em: 10 fev.2025

WEI, P.; RAO, X.; YANG, J.; GUO, Y.; CHEN, H.; ZHANG, Y.; CHEN, S.; DENG, X.; WANG, Z. The Hot Pressing of Wood-based Composites: A Review. *Forest Products Journal*, v. 66, n. 7, 2016, p. 01-09.

WIKA. **Pressostato PSD-4.** Disponível em: < [https://www.wika.com.br/psd\\_4\\_pt\\_br.WIKA?ProductGroup=72572](https://www.wika.com.br/psd_4_pt_br.WIKA?ProductGroup=72572) >. Acesso em 8 Dez. 2020.

WÜRTH. **Adesivo estrutural de baixa fluidez Selapoxy TX Bicomponente.** Disponível em: < [https://varejo.wurth.com.br/p/7492812/selapoxy-tx-bicomponente-baixa-fluidez-ab-1kg-wurth-0893446102-unitario?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=21199765915&utm](https://varejo.wurth.com.br/p/7492812/selapoxy-tx-bicomponente-baixa-fluidez-ab-1kg-wurth-0893446102-unitario?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=21199765915&utm)

[\\_content=&utm\\_term=&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAwaG9BhAREiwAdhv6Y-gx\\_X8smBNo5hPqojL10HiycvtvF8UfxCAaAyk9ntonZH-5jDjLBoC5psQAvD\\_BwE#>](#).

Acesso em 09 fev.2025.

## ANEXOS

## ANEXO A – CATÁLOGO DE ATUADOR HIDRÁULICO BOSCH REXROTH

**Documentação de configuração**  
**Cilindro tirantado**

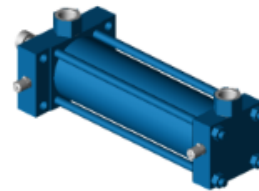
**Código** CDT3ME5/100/45/300Z3X/S11HTDMAWWFW

[Link para a configuração](#)

Indicação: ligação para configuração válida até 2025-08-07

**Descrição**

Modo de ação	<b>CD</b>	Cilindro diferencial
Série	<b>T3</b>	Série T3 conf. ISO 6020/2, DIN 24554
Tipo de fixação	<b>ME5</b>	Flange retangular no cabeçote
Diâmetro do pistão	<b>100</b>	D - 100 mm
Diâmetro da haste	<b>45</b>	d = 45 mm
Curso	<b>300</b>	mm
Princípio de construção	<b>Z</b>	Cabeçote e fundo ligados por tirantes
Série	<b>3X</b>	30 a 39 medidas de montagem e conexão inalteradas/n
Conexão da tubulação / Versão	<b>S</b>	Rosca do tubo ampliada (ISO 1179-1) EE = G 1 H1 = 33 SW = 46 a = 18
Pórtico de conexão / posição no cabeçote	<b>1</b>	em cima - com vista sobre a haste
Pórtico de conexão / posição no fundo	<b>1</b>	em cima - com vista sobre a haste
Execução da haste	<b>H</b>	Case hardened and hard chromium plated (with 2 spanner flats)
Ponta da haste	<b>T</b>	Com pino NB = 35,5 NC = 22,4 ND/NE = 16
Amortecimento de fim de curso	<b>D</b>	Ambos os lados, auto-ajustável Comprimento de amortecimento, lado do cabeçote 28 mm Comprimento de amortecimento, lado do fundo 28 mm
Execução da vedação	<b>M</b>	Sistema de vedação standard (para óleo mineral HL, HLP e HFA)
Opção 1	<b>A</b>	Tomadores de pressão em ambos os lados
Opção 2	<b>W</b>	Sem opção
Categoria de corrosividade	<b>W</b>	Classe CP3
Tonalidade		RAL5010 - Azul genciana
Enchimento com óleo	<b>F</b>	com óleo de proteção anticorrosiva VG 68
Certificado de teste	<b>W</b>	sem certificado de teste


**Figura 36. Cilindro dupla ação modelo CDT3.**
**Fonte: Catálogos Bosch Rexroth Cilindros hidráulicos CDT3.**

## ANEXO B – CATÁLOGO DA VÁLVULA LIMITADORA DE VAZÃO DA BOSCH REXROTH

**Ordering code:** 2-way flow control valve

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
<b>2FRM</b>	<b>6</b>			<b>6</b>	<b>-</b>	<b>3X</b>	<b>/</b>		<b>*</b>

01	2-way flow control valve	<b>2FRM</b>
02	Size 6	<b>6</b>
03	<b>With</b> closing of the pressure compensator (suppression of the start-up jump)	<b>A</b>
	<b>Without</b> closing of the pressure compensator	<b>B</b>
	<b>Without</b> closing of the pressure compensator – <b>for control panel installation</b>	<b>SB</b>

### Adjustment type

04	Lockable rotary knob with scale <sup>1)</sup>	<b>3</b>
	Rotary knob with scale	<b>7</b>
05	Zero position of the marking at port P	<b>6</b>
06	Component series 30 ... 39 (30 ... 39: Unchanged installation and connection dimensions)	<b>3X</b>

### Flow (A → B)

07	up to 0.2 l/min	<b>0.2Q</b>
	up to 0.6 l/min	<b>0.6Q</b>
	up to 1.5 l/min	<b>1.5Q</b>
	up to 3.0 l/min	<b>3Q</b>
	up to 6.0 l/min	<b>6Q</b>
	up to 10.0 l/min	<b>10Q</b>
	up to 16.0 l/min	<b>16Q</b>
	up to 25.0 l/min	<b>25Q</b>
	up to 32.0 l/min	<b>32Q</b>
08	<b>With</b> check valve	<b>R</b>
	<b>Without</b> check valve	<b>M</b>

### Seal material

09	NBR seals	<b>no code</b>
	FKM seals	<b>V</b>
	Observe compatibility of seals with hydraulic fluid used! (Other seals upon request)	
10	Further details in the plain text	<b>*</b>

<sup>1)</sup> Key with the material no. **R900008158** is included in the scope of delivery.

**Notice:** Preferred types and standard units are contained in the EPS (standard price list).

**Figura 37. Válvula controladora de vazão tipo 2FRM.**

**Fonte: Catálogo de válvulas controladoras de vazão Bosch Rexroth 2FRM.**

## ANEXO C – CATÁLOGO DA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESSÃO DA BOSCH REXROTH

Electric Drives  
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and  
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

**Rexroth**  
Bosch Group

RP 25 751D/04.05

Substitui: 02.00

### Válvula Limitadora de Pressão Diretamente Operada Montagem como Placa Intermediária Tipo ZDBD 6 e Z2DBD 6

Tamanho Nominal 6

Série 1X

Pressão máxima de operação 315 bar



Z		DBD		6		1XB		*	
Placa intermediária	= Z								
Para as execuções DC ou DD indicar: 2 válvulas limitadoras de pressão tipo cartucho	= 2								
Válvula limitadora de pressão, diretamente operada	= DBD								
Comando									
Parafuso regulador com tampa protetora	= s								
Botão giratório	= h								
Tamanho nominal 6	= 6								

Demais indicações em texto complementar

sem desig. = Vedações em NBR, resistente a óleo mineral (HL, HLP) conf. DIN 51524

V = Vedações em FKM, resistente a éster fosfato (HFD-R)

25 = Pressão máxima ajustável:	25 bar
50 = Pressão máxima ajustável:	50 bar
100 = Pressão máxima ajustável:	100 bar
200 = Pressão máxima ajustável:	200 bar
315 = Pressão máxima ajustável:	315 bar

18 = Série 1X B  
(10 a 19 = medidas de instalação e de conexões inalteradas)

Limitação de pressão, de - para:

DA =	A - T
DP =	P - T
DB =	B - T
DC =	A - T ou B - T
DD =	A - B ou B - A

Figura 38. Válvula limitadora de pressão modelo ZDBD 6.

Fonte: Catálogo de válvulas direcionais ZDBD Bosch Rexroth RP 25 751D/04.05.

## ANEXO D - CATÁLOGO DE VÁLVULA DIRECIONAL BOSCH REXROTH

Válvulas corrediças direcionais, diretamente operadas, com atuação por solenoide

Tipo WE

**RP 23178**  
Edição: 2019-01  
Substitui: 2013-06,  
23183, 23208  
e 23178-00



- ▶ Tamanho nominal 6
- ▶ Série do aparelho 6X
- ▶ Pressão máxima de operação 350 bar [5076 psi]
- ▶ Corrente máxima de volume: 80 l/min [21 US gpm] – CC  
60 l/min [15.8 US gpm] – CA



### Características

- ▶ Versão de 4/3, 4/2 ou 3/2 vias
- ▶ Posição das conexões de acordo com ISO 4401-03-02-0-05 (com ou sem furo de fixação) e NFPA T3.5.1 R2-2002 D03
- ▶ Solenoide de elevado desempenho, opcionalmente rotativo em 90°
- ▶ Conexão elétrica como conexão individual ou conexão central
- ▶ Dispositivo de acionamento auxiliar, opcional
- ▶ Monitoramento da posição de comutação, opcional
- ▶ Conformidade CE conforme diretiva relativa ao material elétrico de baixa tensão 2014/35/UE para tensões elétricas > 50 VCC ou > 75 VCC
- ▶ Bobina solenoide como componentes autorizados com marcação UR conforme UL 906, edição 1982, opcional
- ▶ Aprovação conforme CSA C22.2 n° 139-1982, opcional

### Conteúdo

Características	1
Códigos para pedidos	2 ... 8
Símbolos	9
Função, seção	10
Dados técnicos	11 ... 13
Curvas características	14
Limites de desempenho	15 ... 17
Dimensões	18 ... 23
Conexões elétricas, ocupação	24 ... 26
Acessórios	27
Notas do projeto	28
Outras informações	28

Figura 39. Válvula direcional com solenóide tipo WE 6.

Fonte: REXROTH, BOSCH. Válvulas direcionais com solenoide tipo WE 6.

## ANEXO E – CATÁLOGO DA BOMBA DE ENGRENAGENS

Tamanho nominal		4	5	8	11	14	16	19	22
Volume nominal teórico $V_n$	cm <sup>3</sup>	4,1	5,6	8,2	11,3	14,4	16,5	19,6	22,9
Pressão operacional, entrada: pressão absoluta	bar	$p_{abs\ min} 0,7$ $p_{abs\ max} 3,0$							
Pressão contínua máx. $p_1$	bar	250	250	250	250	250	250	210	180
Pressão intermitente máx. $p_2$	bar	280	280	280	280	280	280	230	210
Pressão de pico máx. $p_3$	Bar	300	300	300	300	300	300	250	230
Rotação mín. com $p \leq 100$ bar	rpm	600	500	500	500	500	500	500	500
Rotação máx. com $p_2$	rpm	4000	4000	4000	3500	3000	3000	3000	2500

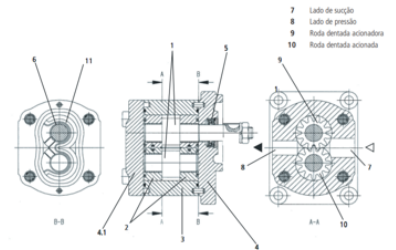
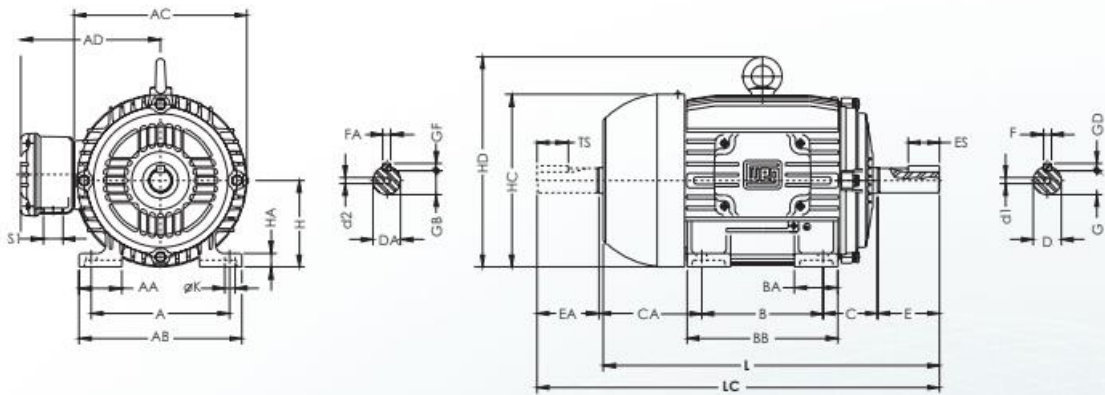


Figura 40. Bomba de engrenamento externo modelo AZPF RP 10 031D/03.05.

Fonte: Catálogo Bosch Rexroth Bombas de engrenagens.

[https://www.automaxautomacao.com.br/wp-content/uploads/2018/03/rp\\_10031d03.pdf](https://www.automaxautomacao.com.br/wp-content/uploads/2018/03/rp_10031d03.pdf)

ANEXO F - CATÁLOGO DE MOTOR ELÉTRICO DA WEG



Construção	A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	C	CA	Ponto de eixo dianteiro					Ponto de eixo traseiro					H	HA	HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2	Rolamentos	
											φ D	E	ES	F	G	GD	φ DA	EA	TS	FA											GB	GF
63	100	21	116	125	117	80	22	95	40	78	11,6	23	14	4	8,5	4	9,6	20	12	3	7,2	3	63	8	124	7	216	241	RWG	A3,15	6201-ZZ	
71	112	30	132	141	125	90	38	113,5	45	88	14,6	30	18	5	11	5	11,6	23	14	4	8,5	4	71	12	139	7	248	276	RWG	A3,15	6203-ZZ	6202-ZZ
80	125	35	149	159	134	100	40	125,5	50	93	19,6	40	28	6	15,5	6	14,6	30	18	5	11	5	80	13	157	10	276	313	RWG	A3,15	6204-ZZ	6203-ZZ
90S	140	38	164	179	153	100	42	131	56	104	24,6	50	36	8	20	7	16,6	40	28	5	13	5	90	15	177	10	304	350	RWG	A3,15	6205-ZZ	6204-ZZ
90L	140	38	164	179	153	100	42	131	56	104	24,6	50	36	8	20	7	16,6	40	28	5	13	5	90	15	177	10	329	375	RWG	A3,15	6205-ZZ	6204-ZZ
100L	160	49	188	199	163	140	50	173	63	118	28,6	60	45	10	24	8	22,6	50	36	6	18,5	6	100	16	198	12	376	431	RWG	A3,15	6206-ZZ	6205-ZZ
112M	190	48	220	222	183	140	50	177	70	128	28,6	60	45	10	24	8	24,6	50	36	8	20	7	112	18,5	235	12	393	448	RWG	A3,15	6307-ZZ	6206-ZZ
132S	216	51	248	270	211	178	55	187	89	150	38,6	80	63	10	33	8	28,6	60	45	8	24	7	132	20	274	12	452	538	RWG	A3,15	6308-ZZ	6207-ZZ
132M	216	51	248	270	211	178	55	187	89	150	38,6	80	63	10	33	8	28,6	60	45	8	24	7	132	20	274	12	490	557	RWG	A3,15	6308-ZZ	6207-ZZ
160M						210	55	254																			598	712	RWG	A3,15		

1800 RPM - 60 Hz																			
0,16	0,12	63	1720	0,89	4,5	0,07	3,2	3,4	45,0	52,0	57,0	0,46	0,55	0,62	1,15	0,00045	31	48	7
0,25	0,18	63	1710	1,14	4,5	0,10	2,8	3,0	53,0	60,0	64,0	0,47	0,57	0,65	1,15	0,00056	18	48	8
0,33	0,25	63	1710	1,44	4,5	0,14	2,9	2,9	59,0	64,0	67,0	0,48	0,59	0,68	1,15	0,00067	20	48	8
0,50	0,37	71	1720	2,07	5,0	0,21	2,7	3,0	56,0	64,0	68,0	0,48	0,59	0,69	1,15	0,00079	10	47	10
0,75	0,55	71	1705	2,90	5,5	0,31	3,0	3,2	62,0	69,0	71,0	0,49	0,60	0,70	1,15	0,00096	10	47	11
1,0	0,75	80	1720	3,02	7,2	0,42	2,5	2,9	72,0	77,5	79,5	0,62	0,74	0,82	1,15	0,00294	8	48	15
1,5	1,1	80	1720	4,43	7,8	0,62	2,9	3,2	72,0	77,0	79,5	0,60	0,73	0,82	1,15	0,00328	5	48	16
2,0	1,5	90S	1740	6,12	6,4	0,82	2,5	3,0	77,0	81,0	82,5	0,60	0,72	0,78	1,15	0,00560	7	51	21
3,0	2,2	90L	1725	8,70	6,8	1,25	2,6	2,8	79,0	82,0	83,0	0,64	0,75	0,80	1,15	0,00672	6	51	23
4,0	3,0	100L	1725	11,8	7,5	1,66	2,6	2,8	82,0	83,0	83,5	0,61	0,73	0,80	1,15	0,00918	7	54	31
5,0	3,7	100L	1715	14,0	7,6	2,09	2,9	3,1	82,5	84,3	85,5	0,63	0,75	0,81	1,15	0,00995	7	54	33
6,0	4,5	112M	1745	16,5	7,4	2,46	2,2	2,8	85,0	86,0	86,2	0,66	0,77	0,83	1,15	0,01741	11	58	44
7,5	5,5	112M	1740	20,0	7,0	3,09	2,2	2,8	86,6	87,5	88,0	0,63	0,74	0,82	1,15	0,01741	11	58	44
10	7,5	132S	1760	26,6	8,0	4,07	2,2	3,0	86,0	88,0	89,0	0,66	0,77	0,83	1,15	0,04652	5	61	62
12,5	9,2	132M	1755	33,3	8,7	5,10	2,5	2,9	86,3	87,8	88,5	0,62	0,73	0,82	1,15	0,05427	5	61	69
15	11	132M	1755	39,3	8,3	6,12	2,3	2,8	86,8	88,2	88,5	0,68	0,80	0,83	1,15	0,05815	5	61	72
20	15	160M	1760	52,6	6,3	8,14	2,3	2,2	88,0	89,3	90,2	0,69	0,79	0,83	1,15	0,09535	10	66	114
25	18,5	160L	1755	64,3	6,3	10,2	2,3	2,4	89,0	90,0	91,0	0,70	0,79	0,83	1,15	0,11542	11	66	128

Figura 41. Motor elétrico WEG W21.

Fonte: [http://arcel.com.pt/ctlg/WEG MOTORES%20TRIFASICOS%20W21.pdf](http://arcel.com.pt/ctlg/WEG_MOTORES%20TRIFASICOS%20W21.pdf).

## ANEXO G – CATÁLOGO DE ACOMPLAMENTOS WEG

### Acoplamentos Elásticos Multiflex - ideais para trabalho reversível

#### Características Gerais

- Consiste de dois cubos simétricos de ferro fundido;
- Elementos amortecedores de borracha resistente a óleos minerais e a prova de abrasão, que absorve vibrações e choques trabalhando silenciosamente sem provocar forças radiais ou axiais prejudiciais aos mancais;
- Dispensa lubrificação e manutenção;
- Adequada para trabalho reversível em qualquer posição;
- Baixo peso relativo à carga transmitida.

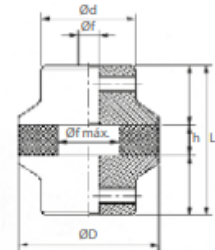
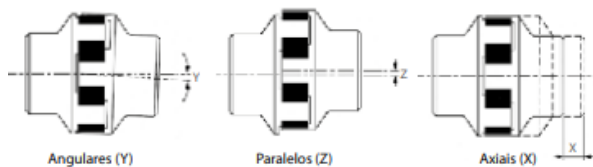


Tabela 5 - Características Técnicas - dimensões em mm

Tam.	Momento Torçor (mkgf)		CV x FS n máx.	f (furo)*		Dimensões					Deslocamentos			Peso kg
	Nom	máx.		bruto	máx.	D	d	L	l	h	X	Y	Z	
M1	0,47	0,85	0,0012	8	19	40	29	52	21	10	0,5	1,5°	0,3	0,3
M2	1,10	2,00	0,0028	8	22	50	34	62	25	12	0,5	1,5°	0,5	0,5
M3	2,30	4,10	0,0057	10	30	68	46	75	30	15	0,5	1,5°	0,5	1,0
M4	5,00	9,00	0,0126	12	35	83	53	98	40	18	1,0	1,5°	0,5	2,0
M5	8,00	14,40	0,0201	16	45	97	70	120	49	22	1,0	1,5°	0,5	4,0
M6	14,00	25,20	0,0352	20	50	112	80	140	60	28	1,0	1,2°	0,6	6,5
M7	22,50	40,50	0,0565	20	60	130	90	174	70	34	1,0	1,2°	0,6	10,0
M8	36,00	64,80	0,0905	26	70	153	108	200	80	40	1,0	1,2°	0,6	20,0

\* A pedido, poderão ser executados os furos acabados conforme tolerância ISO H7 e com rasgos para eixas. Para usinagem dos furos a centragem deverá ser em relação ao diâmetro (D).

#### Desalinhamentos Admissíveis



A despeito do fato do acoplamento Multiflex acomodar os deslocamentos citados acima, as máquinas deverão ser alinhadas com a máxima precisão possível na ocasião da instalação.

Deverá haver inspeções periodicamente devendo-se compensar deslocamentos ocasionais havidos, provenientes de desgastes de mancais, movimentos de fundações etc., pois um alinhamento correto elevará a vida útil do elemento elástico e também os mancais dos eixos interligados.

Figura 42. Acoplamento WEG Multiflex M5.

Fonte: WEG acoplamentos.

## ANEXO H – CATÁLOGO DE FILTROS PARKER

### 50P Series

#### Features

##### O-Ring Seal

Positive sealing for optimum element efficiency

##### Microglass Media

- Multi-layer for high capacity and high efficiency
- Multiple micron sizes available
- Wire reinforced to prevent pleat bunching



##### Plastic End Caps

- Excellent corrosion protection
- Laser marked for clear long lasting identification

##### Spiral Support Cylinders (Not visible)

- High strength consistent support
- Continuous length eliminates leak points and increases surface area
- Meets SAE HF4 specification for automotive uses

Feature	Advantage	Benefit
Base mounted filter	No brackets required for installation	Reduces installation costs
Top access cover	Removing the element from the top is lighter than removing entire bowl	Allows for easier element replacement
Visual, electrical and analog indicators	Know exactly when to service elements	Ensures maximum element life without entering bypass or replacing elements prematurely
Drain port	Drain all oil from assembly prior to servicing	No oil mess
Vent port	Purges all trapped air in filter	Get the maximum performance from elements Prevents a "spongy" system
Multipass tested elements	Element performance backed by recognized test standards	Elements selected will have consistent performance levels
Microglass elements	Multi-layer media Wire reinforced pleats	High capacity with high efficiency No performance loss from pleat bunching

Figura 43. Catálogo de filtro Parker série 50P.

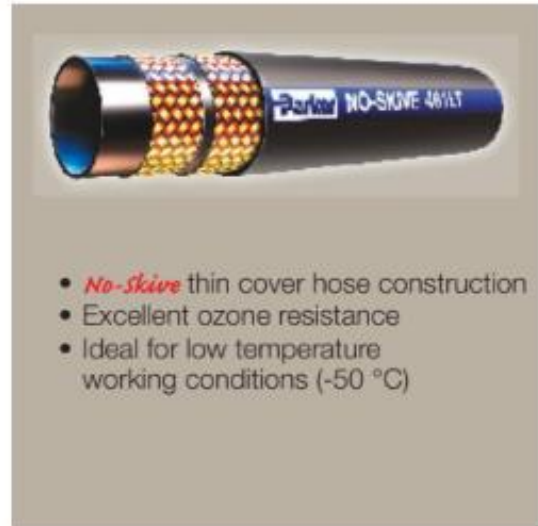
Fonte: Parker.

# ANEXO I – CATÁLOGO DE MANGUEIRAS PARKER

Medium Pressure  
Low / High temperature

Parkrimp No-Skive Hose  
461LT

**461LT**  
*Elite No-Skive Compact*  
EN 857 2SC low temperature



- *No-Skive* thin cover hose construction
- Excellent ozone resistance
- Ideal for low temperature working conditions (-50 °C)

**Primary Applications**  
Mobile applications in low temperature environments:  
Forestry machines, refrigerated warehouses

**Applicable Specifications**  
EN 857 2SC

**Construction**  
Inner tube: Synthetic rubber  
Reinforcement: Two high-tensile steel wire braids  
Cover: Synthetic rubber

**Temperature Range** ..... -50 °C up to +100 °C  
Exception: Air ..... max. +70 °C  
Water ..... max. +85 °C

**Recommended Fluids**  
Hydraulic fluids on a mineral-oil basis, water-glycol and lubricating oils, air and water. For air and gas applications with a pressure exceeding 1.7 MPa, the cover must be pin-pricked.  
Consult the chemical compatibility section on pages **Ab-26** to **Ab-34** for more detailed information.

Fitting Series  

Part Number	Hose I.D.				Hose O.D. mm	Pressure Rating				min. bend radius mm	weight kg
	DN	Inch	Size	mm		max. working pressure MPa	psi	min. burst pressure MPa	psi		
461LT-4	6	1/4	-4	6.4	13	42.5	6160	170.0	24640	75	0.30
461LT-5	8	5/16	-5	7.9	15	40.0	5800	160.0	23200	85	0.35
461LT-6	10	3/8	-6	9.5	17	35.0	5075	140.0	20300	90	0.42
461LT-8	12	1/2	-8	12.7	21	31.0	4495	124.0	17980	130	0.52
461LT-10	16	5/8	-10	15.9	24	28.0	4060	112.0	16240	160	0.66
461LT-12	20	3/4	-12	20.0	28	25.0	3600	100.0	14500	180	0.70
461LT-16	25	1	-16	25.4	35	21.0	3045	84.0	12180	250	1.17

The combination of high temperature and high pressure could reduce the hose life.

Figura 44. Catálogo Parker de mangueiras modelo 461LT

Fonte: Parker

## ANEXO J – CATÁLOGO DE DISJUNTORES WEG

### DETALHES DO PRODUTO

**DADOS TÉCNICOS** BIBLIOTECA CAD DESENHOS ACESSÓRIOS

#### Proteções - Minidisjuntores

Curva de disparo	C	Tensão de emprego	440Vca/250Vcc
Corrente nominal	50A	Frequência	50/60 Hz
Número de polos	3 Polos		

**Figura 45. Dados técnicos minidisjuntor WEG MDW-C50.**

**Fonte: WEG.**