

**ALLAN DA COSTA PIMENTEL RODRIGUES**

**Análise do projeto de uma bomba com pistão  
oscilante utilizando o software Inventor**

**Allan da Costa Pimentel Rodrigues**

**Análise do projeto de uma bomba com pistão  
oscilante utilizando o software Inventor**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva

R696a	<p>Rodrigues, Allan da Costa Pimentel</p> <p>Análise do projeto de uma bomba com pistão oscilante utilizando o software Inventor / Allan da Costa Pimentel Rodrigues – Guaratinguetá, 2020.</p> <p>63 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 62-63</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva</p> <p>1. Bombas hidráulicas. 2. Máquinas hidráulicas. 3. Métodos de simulação. 4. Simulação (Computadores) I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 621.671</p>
-------	---

Luciana Máximo

Bibliotecária CRB-8/3595

**ALLAN DA COSTA PIMENTEL RODRIGUES**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO



Prof. Dr. CELSO EDUARDO TUNA  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Dr. FERNANDO DE AZEVEDO SILVA  
Orientador/UNESP-FEG



Prof. Dr. ERICK SIQUEIRA GUIDI  
UNESP-FEG



Prof. Me. GERALDO CESAR ROSÁRIO DE OLIVEIRA  
UNESP-FEG

Dezembro de 2020

## **DADOS CURRICULARES**

### **ALLAN DA COSTA PIMENTEL RODRIGUES**

<b>NASCIMENTO</b>	01.06.1995 – Jacaré/SP
<b>FILIAÇÃO</b>	Ivair José Rodrigues Celi da Costa Pimentel
<b>2013/2020</b>	Graduação em Engenharia Mecânica Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP
<b>2010/2012</b>	Ensino Médio Colégio Embraer Juarez Wanderley

dedico este trabalho  
de modo especial, à minha família e amigos

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a meus amigos que estiveram comigo nesta jornada e minha família, também, sempre ao meu lado;

ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva pelas ótimas aulas e ensinamentos ao longo da graduação;

à minha mãe Celi, ao meu avô Pedro, à minha avó Lourdes, à minha prima Bianca, ao meu tio Edmar e à minha tia Roberta por serem tão incríveis e me darem suporte em toda a minha vida;

à minha segunda família que ganhei em Guará, meus amigos de república, com os quais eu pude aprender muito e hoje, mesmo pós faculdade, conseguimos manter os laços criados;

aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação ao longo dos dias e da excelência empregada em todas as atividades.

## RESUMO

Além de colocar em prática os estudos feitos ao longo da graduação para fazer uma análise crítica e propor sugestões a partir de desenhos de apoio, pode-se explorar os ambientes do Autodesk™ Inventor 2021 para conhecimento de um software de CAD 3D na modelagem de componentes e simulação dinâmica de montagem de um projeto de bomba de pistão oscilante. Utilizou-se o Autodesk™ AutoCAD 2021 para as modificações de desenhos técnicos em 2D. Um estudo sobre os materiais usados nas construções das peças e suas funcionalidades também são assuntos tratados neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bomba de pistão oscilante. Autodesk Inventor 2021. simulação dinâmica de montagem.



## **ABSTRACT**

Besides putting into practice the studies done during the graduation for to do a critical analysis and propose suggestions from supporting drawings, we could explore the development environment of Autodesk™ Inventor 2021 for introduce a knowledge of a 3D software in component modeling and dynamic assembly simulation of a reciprocating piston pump project. We use the software Autodesk™ AutoCAD 2021 to do modifications in 2D sketches. A study about the materials used in the construction of parts and its functionalities are subjects of this final paper.

**KEYWORDS:** Reciprocating piston pump. Autodesk Inventor 2021. Dynamic assembly simulation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Classificação dos principais tipos de bombas.....	16
Figura 02 – Tipo usual de turbobomba .....	17
Figura 03 – Bomba alternativa de êmbolo .....	18
Figura 04 – Princípio de funcionamento da bomba alternativa.....	19
Figura 05 – Alguns tipos de eixos.....	21
Figura 06 – Eixo excêntrico .....	21
Figura 07 – Buchas de bronze de diferentes tamanhos.....	22
Figura 08 – Êmbolo .....	23
Figura 09 – Carcaça de uma bomba d’água .....	24
Figura 10 – Desenho dado em sala de aula .....	26
Figura 11 – Desenhos de apoio - I .....	27
Figura 12 – Desenhos de apoio - II.....	27
Figura 13 – Desenhos de apoio - III.....	28
Figura 14 – Desenho de apoio feito em <i>software</i> de CAD 3D .....	28
Figura 15 – Desenho de apoio em vista explodida .....	29
Figura 16 – 01. Corpo (AUTOCAD).....	31
Figura 17 – 01. Corpo (INVENTOR) .....	32
Figura 18 – 02. Eixo excêntrico (AUTOCAD) .....	33
Figura 19 – 02. Eixo excêntrico (INVENTOR).....	33
Figura 20 – 03. Bucha de eixo (AUTOCAD).....	35
Figura 21 – 03. Bucha de eixo (INVENTOR).....	35
Figura 22 – 04. Anel de vedação (INVENTOR) .....	37
Figura 23 – 05. Êmbolo (AUTOCAD) .....	38
Figura 24 – 05. Êmbolo (INVENTOR).....	39
Figura 25 – 06. Colar (AUTOCAD) .....	40
Figura 26 – 06. Colar (INVENTOR) .....	41
Figura 27 – 07. Bucha do êmbolo (AUTOCAD) .....	42
Figura 28 – 07. Bucha do êmbolo (INVENTOR).....	43
Figura 29 – 08. Junta (AUTOCAD) .....	44
Figura 30 – 08. Junta (INVENTOR).....	45
Figura 31 – 09. Tampa (AUTOCAD) .....	46
Figura 32 – 09. Tampa (INVENTOR) .....	46

Figura 33 – 10. Tampão (AUTOCAD) .....	48
Figura 34 – 10. Tampão (INVENTOR) .....	48
Figura 35 – 11. Arruelas lisas (INVENTOR) .....	49
Figura 36 – 12. Parafusos sextavados (INVENTOR) .....	50
Figura 37 – Ambiente de simulação de montagem do Inventor 2021 .....	51
Figura 38 – Desenho de conjunto da bomba .....	52
Figura 39 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o eixo .....	53
Figura 40 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o anel de vedação .....	53
Figura 41 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o corpo .....	54
Figura 42 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para a junta .....	55
Figura 43 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o tampão .....	55
Figura 44 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para a tampa traseira .....	56
Figura 45 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para os parafusos.....	56
Figura 46 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para as arruelas .....	57
Figura 47 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o êmbolo .....	58
Figura 48 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para a bucha do êmbolo .....	58
Figura 49 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o colar .....	59
Figura 50 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para a bucha.....	59
Figura 51 – Desenho de montagem da bomba .....	60

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01 – Lista de peças.....	30
---------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO .....	15
1.2	OBJETIVOS.....	15
1.3	BOMBAS INDUSTRIAIS .....	16
<b>1.3.1</b>	<b>Turbobombas ou Bombas Dinâmicas</b> .....	17
<b>1.3.2</b>	<b>Bombas Volumétricas ou de Deslocamento Positivo</b> .....	18
1.3.2.1	Bombas Alternativas .....	18
1.4	COMPARAÇÃO ENTRE BOMBA VOLUMÉTRICA E TURBOBOMBA .....	19
1.5	PRINCIPAIS COMPONENTES DA BOMBA DE PISTÃO.....	20
<b>1.5.1</b>	<b>Eixo</b> .....	20
<b>1.5.2</b>	<b>Bucha do eixo</b> .....	22
<b>1.5.3</b>	<b>Êmbolo</b> .....	23
<b>1.5.4</b>	<b>Carcaça ou corpo</b> .....	23
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	25
2.1	DADOS DO COMPUTADOR UTILIZADO .....	25
2.2	METODOLOGIA .....	25
2.3	DADOS DA BOMBA.....	26
2.4	ESTRUTURA DE EXPOSIÇÃO DOS RESULTADOS .....	29
2.5	DESENHOS DAS PEÇAS .....	30
<b>2.5.1</b>	<b>01 - Corpo</b> .....	30
2.5.1.1	Finalidade .....	30
2.5.1.2	Material construtivo.....	31
2.5.1.3	Desenhos .....	31
<b>2.5.2</b>	<b>02 – Eixo excêntrico</b> .....	32
2.5.2.1	Finalidade .....	32
2.5.2.2	Material construtivo.....	32
2.5.2.3	Desenhos .....	33
<b>2.5.3</b>	<b>03 – Buchas do eixo</b> .....	34
2.5.3.1	Finalidade .....	34
2.5.3.2	Material construtivo.....	34
2.5.3.3	Desenhos .....	34

<b>2.5.4</b>	<b>04 – Anel de vedação</b> .....	35
2.5.4.1	Finalidade .....	35
2.5.4.2	Material construtivo .....	36
2.5.4.3	Desenhos .....	36
<b>2.5.5</b>	<b>05 – Êmbolo</b> .....	37
2.5.5.1	Finalidade .....	37
2.5.5.2	Material construtivo .....	37
2.5.5.3	Desenhos .....	38
<b>2.5.6</b>	<b>06 – Colar</b> .....	39
2.5.6.1	Finalidade .....	39
2.5.6.2	Material construtivo .....	39
2.5.6.3	Desenhos .....	40
<b>2.5.7</b>	<b>07 – Bucha de êmbolo</b> .....	41
2.5.7.1	Finalidade .....	41
2.5.7.2	Material construtivo .....	41
2.5.7.3	Desenhos .....	41
<b>2.5.8</b>	<b>08 – Junta</b> .....	43
2.5.8.1	Finalidade .....	43
2.5.8.2	Material construtivo .....	44
2.5.8.3	Desenhos .....	44
<b>2.5.9</b>	<b>09 – Tampa</b> .....	45
2.5.9.1	Finalidade .....	45
2.5.9.2	Material construtivo .....	45
2.5.9.3	Desenhos .....	46
<b>2.5.10</b>	<b>10 – Tampão</b> .....	47
2.5.10.1	Finalidade .....	47
2.5.10.2	Material construtivo .....	47
2.5.10.3	Desenhos .....	47
<b>2.5.11</b>	<b>11 – Arruelas lisas</b> .....	48
2.5.11.1	Finalidade .....	48
2.5.11.2	Material construtivo .....	49
2.5.11.3	Desenhos .....	49
<b>2.5.12</b>	<b>12 – Parafuso sextavado</b> .....	49
2.5.12.1	Finalidade .....	49

2.5.12.2	Material construtivo.....	50
2.5.12.3	Desenhos .....	50
2.6	SIMULAÇÃO DINÂMICA DE MONTAGEM.....	51
2.7	DESENHO DE CONJUNTO .....	52
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>61</b>
3.1	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....	61
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As bombas industriais, como conhecemos hoje em dia, são mecanismos que se desenvolveram desde quando apareceu a necessidade de se transportar fluidos de alturas mais baixas para as mais elevadas. Assim, diversos dispositivos surgiram para suprir tal necessidade, partindo dos mais simples, como o balde atado por uma corda ou balanceado por uma pedra com uma alavanca; até os mais engenhosos, como o parafuso de Arquimedes e as rodas d'água.

Conforme a humanidade ia crescendo, novas necessidades e a busca de novas invenções iam caminhando com o desenvolvimento intelectual e aplicado a trazerem bem-estar e a facilitar a vida das pessoas. Máquinas manuais cada vez mais ficavam obsoletas e eram substituídas por equipamentos que pudessem produzir mais, em menos tempo, com uma maior taxa de padronização e utilizando-se as mais variadas matérias-primas. Podemos relacionar este contexto à Primeira Revolução Industrial, que mostrou o grande crescimento de indústrias, principalmente na Europa.

Já é possível, com estas descrições, imaginar um cenário análogo ao que vimos hoje em diversas indústrias, de diversos ramos diferentes. As bombas começaram a ter um papel cada vez mais importante para o suprimento das necessidades produtivas vigentes. O estudo sobre estes equipamentos e materiais que seriam utilizadas em sua construção possibilitou a expansão de modelos para atender as diferentes necessidades específicas dos processos e poder garantir cada vez mais eficiência nos produtos finais.

No século XX, pós Segunda Guerra Mundial, chegamos à Terceira Revolução Industrial, conhecida também como Revolução Técnico-Científica-Informacional, que teve como, dentre outras características, a chegada da eletrônica como centro da modernização e a criação dos primeiros equipamentos eletrônicos, como satélites, robôs e computadores (BRASIL ESCOLA, 2020).

Graças à criação e aperfeiçoamento do computador, vários softwares foram desenvolvidos para facilitar cada vez mais a expansão das indústrias. Para tal, uma das primeiras e mais revolucionárias ferramentas a surgirem foi o AutoCAD (*Computer Aided Design*), desenvolvido pela empresa Autodesk no início da década de 80. Esta ferramenta possibilitou, no início, a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões de maneira muito prática e financeiramente acessível para pequenas empresas, logo se tornando muito utilizada e fundamental para engenheiros e projetistas (CURSOS GURU, 2020)

Com o desenvolvimento e utilização do AutoCAD, passando inclusive a ter a



funcionalidade da criação de modelos em três dimensões, a Autodesk percebeu o grande e crescente mercado que seus softwares poderiam contemplar começando, então, a expandir o seu portfólio de produtos para as mais diversas necessidades. Um desses produtos é o Inventor que, além de ter a capacidade de criar protótipos virtuais tridimensionais, consegue também criar simulações dinâmicas de movimentos e análises de comportamentos mecânicos.

A utilização dessas ferramentas fomenta cada vez mais o desenvolvimento de indústrias e de pessoas que têm interesse em construir carreiras em áreas associadas, por isso tal conhecimento se torna imprescindível na formação técnica e teórica de um engenheiro.

## 1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

O primeiro gatilho para a escolha do equipamento em estudo, a bomba de pistão, surgiu em uma aula de Desenho Técnico Mecânico, ministrada na época pelo Prof. Dr. Tamotsu Hirata, em que utilizamos o software AutoCAD na versão disponível para estudarmos as funcionalidades da ferramenta e nos aprofundarmos em conhecimentos referentes à leitura de desenhos de conjuntos. O desenho que serviu de base para todo o projeto desse trabalho foi apresentado inicialmente em uma das aulas.

Posteriormente, sob orientação do Prof. Dr. Fernando de Azevedo, foi apresentada a possibilidade de utilizar um equipamento mecânico visto durante a graduação para, através do estudo de um novo software, poder aprofundar os conhecimentos em projetos de máquinas e, conseqüentemente, na própria ferramenta proposta. O software escolhido foi o Autodesk Inventor 2021 que não foi abordado em nenhum momento durante a graduação, apresentando-se, assim, mais uma oportunidade de aprendizado.

## 1.2 OBJETIVOS

Sob o tema “Análise do projeto de uma bomba de óleo com pistão oscilante utilizando o software Inventor”, o intuito deste trabalho é, através do software de CAD 3D Inventor, fazer a modelagem de cada componente do conjunto mecânico proposto, ou seja, a bomba de pistão, e somada à simulação dinâmica de montagem apresentar, de forma didática e objetiva, todas as alterações feitas nos desenhos de apoio, escolhas de materiais das peças e os estudos feitos acerca das funcionalidades de cada componente do conjunto.

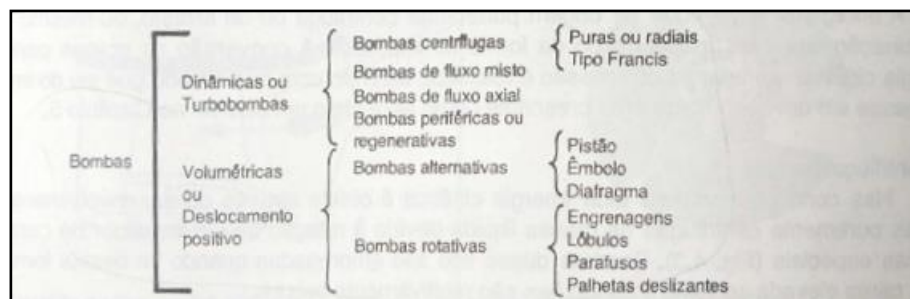
### 1.3 BOMBAS INDUSTRIAIS

Segundo Mattos e Falco (1998), as bombas podem ser definidas como máquinas operatrizes hidráulicas que, com a finalidade de transportar determinado líquido de um ponto a outro, fornece a ele energia de uma fonte motora para conferir ao fluido energia em forma de pressão, cinética ou ambas, obedecendo as condições do processo. Lembrando sempre que parte desta energia é desperdiçada em forma de calor, vibrações, ruídos, entre outras. A transformação do trabalho mecânico da fonte motora confere ao fluido um aumento de pressão e/ou velocidade capaz de realizar o deslocamento deste.

As bombas são amplamente utilizadas em diversos segmentos industriais e fazem o transporte dos mais variados fluidos, a fim de suprir as necessidades específicas dos processos. Alguns exemplos de aplicações: na indústria petroquímica, é utilizada nas refinarias para o bombeamento de óleo diesel, graxas, asfalto, querosene, gasolina e óleos em geral; na indústria química para o bombeamento de tintas, esmaltes, solventes, acetonas, ácidos, bases, entre outros; na indústria alimentícia para bombear xaropes, refrigerantes, cítricos, em cervejarias, entre outras; e na indústria metalúrgica é utilizadas em máquinas e equipamentos hidráulicos, filtros prensa, sistemas de lubrificação, queimadores de óleo, etc. Fora as aplicações nestes ramos industriais, são utilizadas para abastecimento de água, em sistemas de esgoto, em sistemas de drenagem, na rede de combate à incêndios, em sistemas de alimentação de caldeiras, em serviços nucleares, dentre outras diversas.

Também, segundo Ezequiel e Falco, os principais tipos de bombas podem ser divididos em duas grandes categorias, que serão mais bem explanadas na figura 01:

Figura 01 – Classificação dos principais tipos de bombas



Fonte: Mattos; Falco (1998).

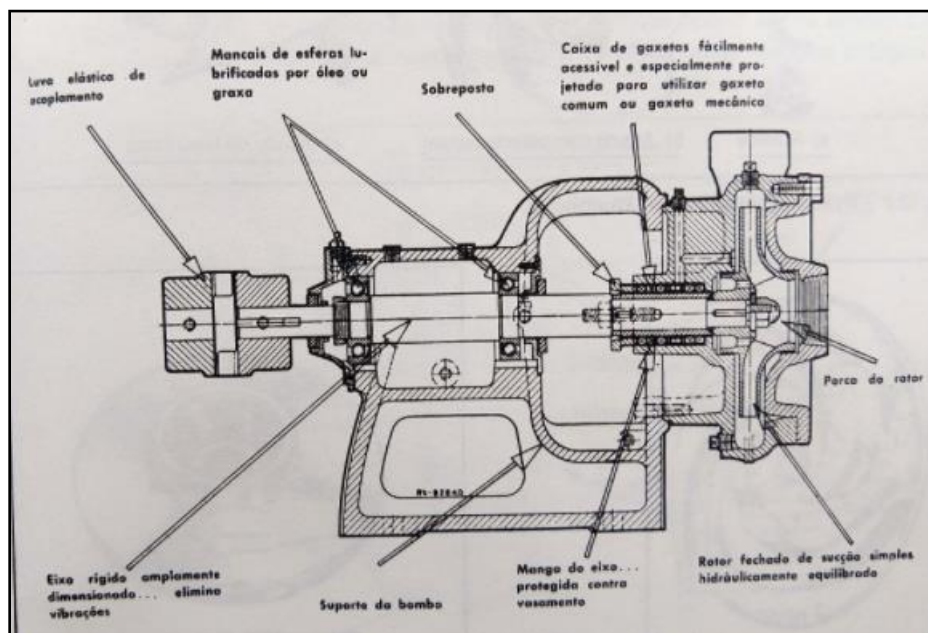
### 1.3.1 Turbobombas ou Bombas Dinâmicas

Este tipo de bomba é caracterizado pela ação do rotor (também conhecido como impelidor ou impulsor) de exercer forças que resultam em uma aceleração do fluido, assim a energia mecânica é convertida em energia cinética para possibilitar a movimentação deste. O rotor, que possui alguns formatos diferentes, é constituído por certo número de pás que empurram o fluido dentro da carcaça para possibilitar a atingibilidade do processo.

Dentre as turbobombas, as mais conhecidas e utilizadas são as bombas centrífugas (podendo ser do tipo Francis ou as chamadas puras), as de fluxo misto, as de fluxo axial e as regenerativas.

As características principais das turbobombas incluem seu trabalho em regime permanente, fundamental para diversas aplicações, além de possuir uma boa flexibilidade operacional, uma vez que pode ter sua vazão modificada por recirculação, fechamento parcial de válvulas na tubulação de descarga ou por mudança de rotação ou diâmetro externo do rotor. Podem cobrir amplas faixas de vazão, escolhendo-se o modelo mais adequado ao processo sendo, de uma maneira geral, as bombas centrífugas recomendadas para vazões mais moderadas e as axiais para vazões mais elevadas.

Figura 02 – Tipo usual de turbobomba



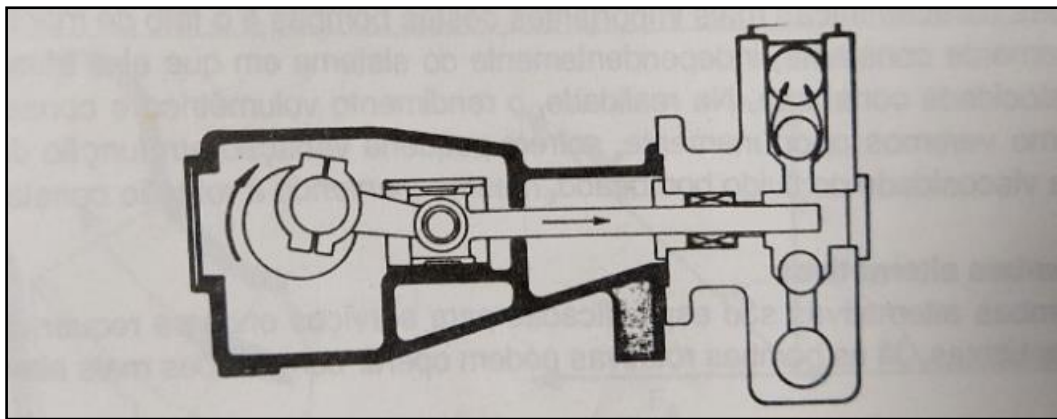
Fonte: Mattos; Falco (1998).

### 1.3.2 Bombas Volumétricas ou de Deslocamento Positivo

Nas bombas de deslocamento positivo a energia é fornecida ao líquido na forma de pressão, diferente das bombas centrífugas, na qual o princípio é o da transformação da energia cinética. Assim sendo, o líquido é movimentado através do deslocamento de um órgão mecânico da bomba, conferindo pressão ao fluido que têm as forças seguindo a mesma direção do movimento do dispositivo mecânico.

A principal característica deste tipo de equipamento é o fato de a vazão ser mantida praticamente constante, desde que a velocidade também seja mantida constante.

Figura 03 – Bomba alternativa de êmbolo



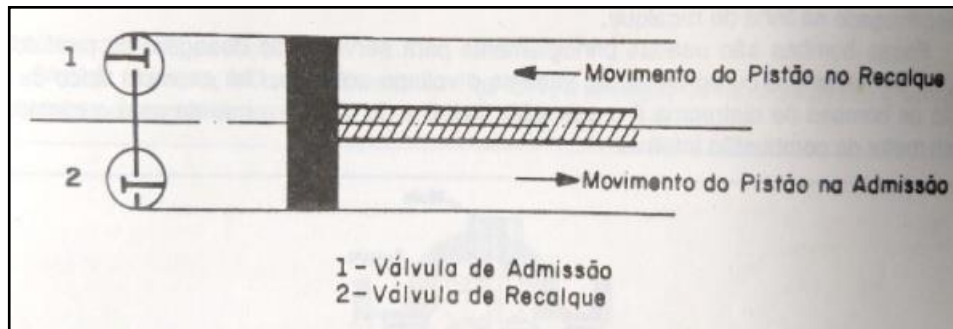
Fonte: Mattos; Falco (1998).

#### 1.3.2.1 Bombas Alternativas

Dentro da classificação das bombas de deslocamento positivo, as bombas alternativas são recomendadas para serviços nos quais as cargas são elevadas e as vazões baixas, sendo, também, utilizada para o bombeamento de fluidos mais viscosos. Dentro desta classe de bombas, temos as que utilizam pistão, êmbolo ou diafragma para conferir pressão ao líquido.

As bombas alternativas de pistão, objeto deste estudo, apresentam dois estágios que definem seu princípio de funcionamento: no curso de aspiração, o movimento do pistão tende a causar vácuo, favorecendo a admissão do líquido a ser bombeado pela diferença de pressão. Após o preenchimento do espaço pelo fluido, este é compelido contra a válvula de recalque que, novamente por diferença de pressão, o permite seguir com o ganho de energia.

Figura 04 – Princípio de funcionamento da bomba alternativa



Fonte: Mattos; Falco (1998).

#### 1.4 COMPARAÇÃO ENTRE BOMBA VOLUMÉTRICA E TURBOBOMBA

Nesta etapa já conseguimos definir e analisar algumas características destas duas grandes classes de bombas que permitem diferenciá-las quanto ao uso e condições dos processos que pretendem atender. Observam-se, claramente, 3 distinções que facilitam a escolha para atendimento das necessidades:

1 – quanto ao movimento relativo entre o fluido e os órgãos mecânicos:

Nas bombas volumétricas o movimento do líquido e o movimento do órgão impulsor são os mesmos. Possuem mesma natureza e mesma velocidade em grandeza, direção e sentido; já nas turbobombas, os movimentos não são exatamente iguais, embora sejam relacionados entre si;

2 – quanto ao tipo de energia transmitida:

Nas bombas volumétricas, o mecanismo impulsor transmite energia exclusivamente na forma de pressão, ou seja, não há ganho de velocidade, diferentemente das turbobombas que geram incremento em pressão e velocidade para o fluido;

3 – início de operação:

As bombas volumétricas podem iniciar sua operação com ar em seu interior, pois é a partir da geração do vácuo que o fluido será puxado e a bomba começará a operar;

já as turbobombas devem estar afogadas, ou seja, cheias de líquido para iniciar seu funcionamento, caso contrário, ela poderá sofrer danos.

## 1.5 PRINCIPAIS COMPONENTES DA BOMBA DE PISTÃO

### 1.5.1 Eixo

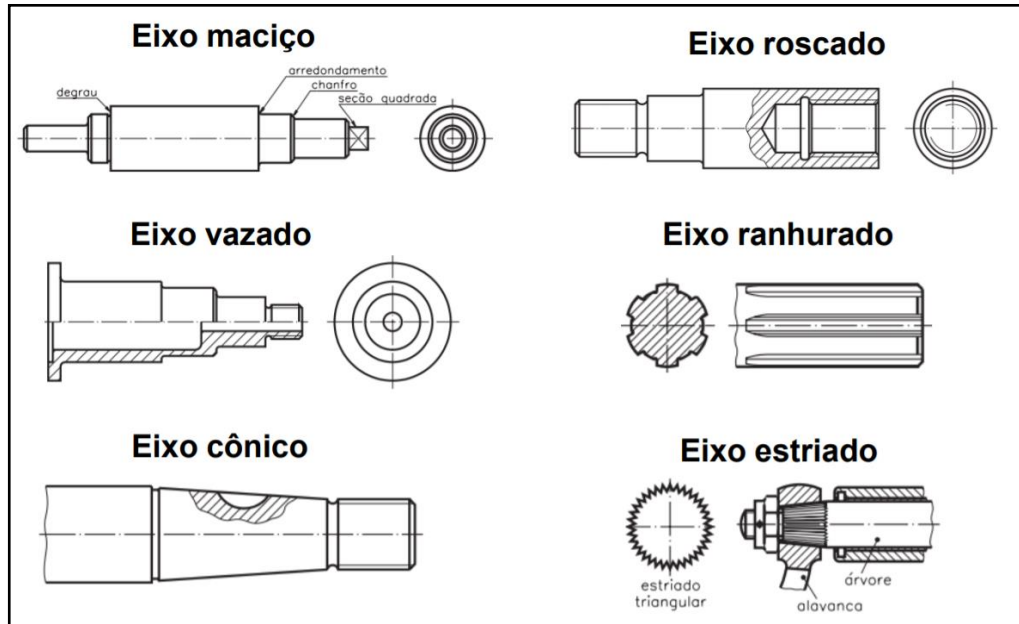
Eixo é um elemento de transmissão mecânica de seção circular que têm, basicamente, duas funções: transmitir potência, torque e rotação de um equipamento motor para um equipamento movido, quando nos referimos a um eixo que não seja fixo, e servir de suporte, juntamente com os mancais, para os componentes dos quais há uma interface.

Os elementos de transmissão mecânica servem para possibilitar a transferência de potência, energia e movimento e garantir que as peças internas da máquina operem em harmonia, sendo responsáveis diretos pelo bom funcionamento de todo o sistema. Dentre os principais tipos, estão os acoplamentos, os motorreductores, os reductores de velocidade, as correias, as engrenagens, os cabos de aço, as polias, as correntes, os rolamentos e os eixos, objetos de estudo deste caso.

A operação do eixo é bem simples: quando o elemento motor é ligado, o eixo começa a girar pelo fato de estar conectado fisicamente com o motor e tal energia fornecida é transmitida para os componentes da bomba através da conexão com o eixo.

Existem alguns tipos de eixo que, por sua forma construtiva, garantem a efetividade de um processo e o encaixe mais ideal para o bom funcionamento de todo o sistema. A figura 05 mostra os tipos mais comuns e suas características construtivas.

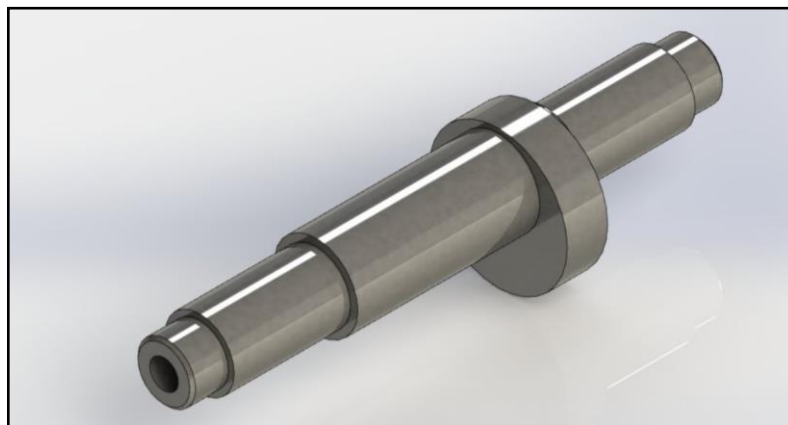
Figura 05 – Alguns tipos de eixos



Fonte: UFPR (2017).

O eixo utilizado em nosso estudo de caso se trata de um maciço excêntrico, ou seja, em uma extremidade, o barramento de metal não está no centro da peça. Este formato construtivo é extremamente importante para que o eixo possa permitir o movimento oscilatório característico da bomba de pistão.

Figura 06 – Eixo excêntrico



Fonte: Alfac do Brasil (2020).

Por mais que tenhamos alguns tipos diferentes de eixo para atender a diferentes demandas, os elementos constituintes do eixo sempre estarão presentes. O chanfro serve para facilitar a montagem do eixo e dos elementos (mancais, buchas, etc.), o rasgo de chaveta

garante e aderência entre eixo e componentes adjacentes e possibilita a transmissão do torque, o raio de arredondamento alivia o efeito de concentração de tensões e o assento se refere a parte do eixo onde um elemento girante é apoiado, como polia ou engrenagem).

### 1.5.2 Bucha de eixo

As buchas de eixos, feitas muitas vezes de bronze, devido as propriedades da liga metálica, são basicamente componentes cilíndricos ocos, como tubos ou mancais de deslizamento, e são utilizados como elemento de desgaste para receber efeitos de tensões e atrito evitando colocar o elemento de transmissão ou outros componentes cruciais em risco devido à degradação por excesso de esforços. A utilização desta peça contribui para a redução de custos de manutenção e reparos, gerando economia.

As buchas podem necessitar lubrificação forçada ou materiais auto lubrificantes quando as condições assim exigirem.

Figura 07 – Buchas de bronze de diferentes tamanhos



Fonte: Cimm (2013).

### 1.5.3 Êmbolo

Por descrição, êmbolo é uma peça cilíndrica de metal que se desloca em movimento alternativo no interior de um cilindro. No nosso estudo, percebemos que o êmbolo desempenha a importante função de impulsionar o líquido possibilitando o bombeamento. O



movimento alternativo do êmbolo transforma-se em movimento rotativo pelos cursos determinados pelo eixo excêntrico, causando, assim, o enchimento da câmara de bombeamento pelo vácuo e expulsão do fluido pela válvula de escape, assim que o curso é finalizado.

Figura 08 – Êmbolo



Fonte: Mecânica Industrial: Motor de combustão interna (2020).

#### 1.5.4 Carcaça ou corpo

A carcaça ou corpo da bomba é, basicamente, a estrutura física em que o fluido passará e será direcionado para a tubulação de recalque. Além desta função de direcionamento de fluxo, o corpo da bomba também é responsável por alojar todas as partes móveis e estacionárias que desempenharão todo o processo e confinar todo o fluido que será transportado.

Figura 09 – Carcaça de uma bomba d'água



Fonte: Peçashop (2020).

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 DADOS DO COMPUTADOR UTILIZADO

O primeiro fator importante a ser considerado para a melhor realização desta atividade é a máquina onde vão ser realizadas as simulações e desenhos, ou seja, os requisitos do sistema operacional:

Notebook Gamer Acer Nitro 5 AN515-51

Sistema Operacional: Microsoft Windows 10 Home Single Language – 64 bits

Processador: Intel Core i5-7300HQ CPU @ 2.5GHz

Memória RAM: 8 GB

Placa de vídeo: DDR4 NVIDIA® GeForce® GTX 1050 / 4 GB

### 2.2 METODOLOGIA

Com a validação de que é possível realizar as atividades propostas com a máquina disponível, parte-se para a instalação e aprofundamento de conhecimento nos softwares que serão as ferramentas de desenho técnico utilizadas.

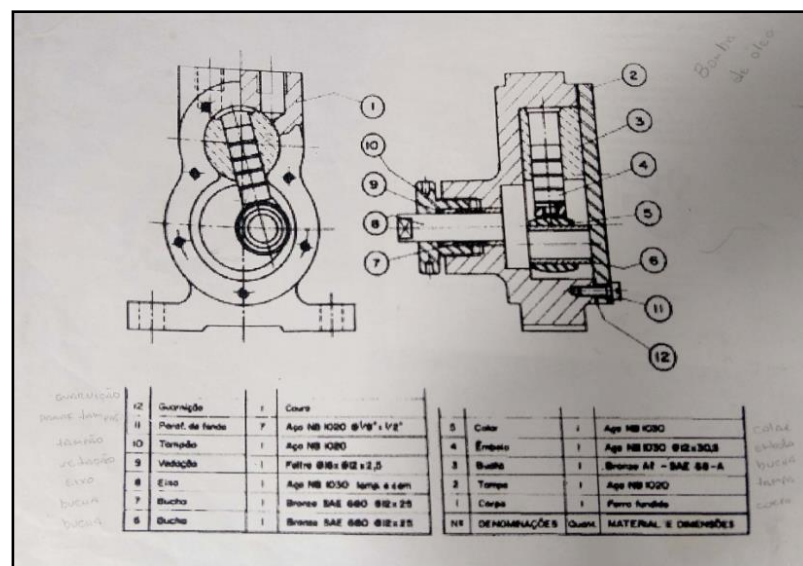
O primeiro a ser utilizado, o AutoCAD, já foi abordado em grande parte da graduação em algumas disciplinas, portanto já se tem um conhecimento prévio suficiente para a realização das atividades que serão designadas ao software. A saber, utilizar-se-á o AutoCAD para as adaptações dos desenhos-base, quando necessário, em desenho técnico das 3 vistas, frontal, superior e esquerda, também quando se fizerem necessárias.

O Inventor será utilizado para a exploração do desenho em vista 3D e construção de modelos para serem utilizados na simulação dinâmica de montagem do conjunto. Este software demandou certo tempo de estudo para conhecimento de funcionalidades e melhor utilização de suas ferramentas.

### 2.3 DADOS DA BOMBA

Primeiramente, a partir do elemento motivador citado na seção “Motivação” deste presente trabalho, buscou- aprofundar mais o entendimento do equipamento em questão para conhecimento dos princípios físicos e mecânicos aplicados e intensificou-se a pesquisa em modelos semelhantes para formar a base teórica, juntamente com os aprendizados obtidos durante a graduação.

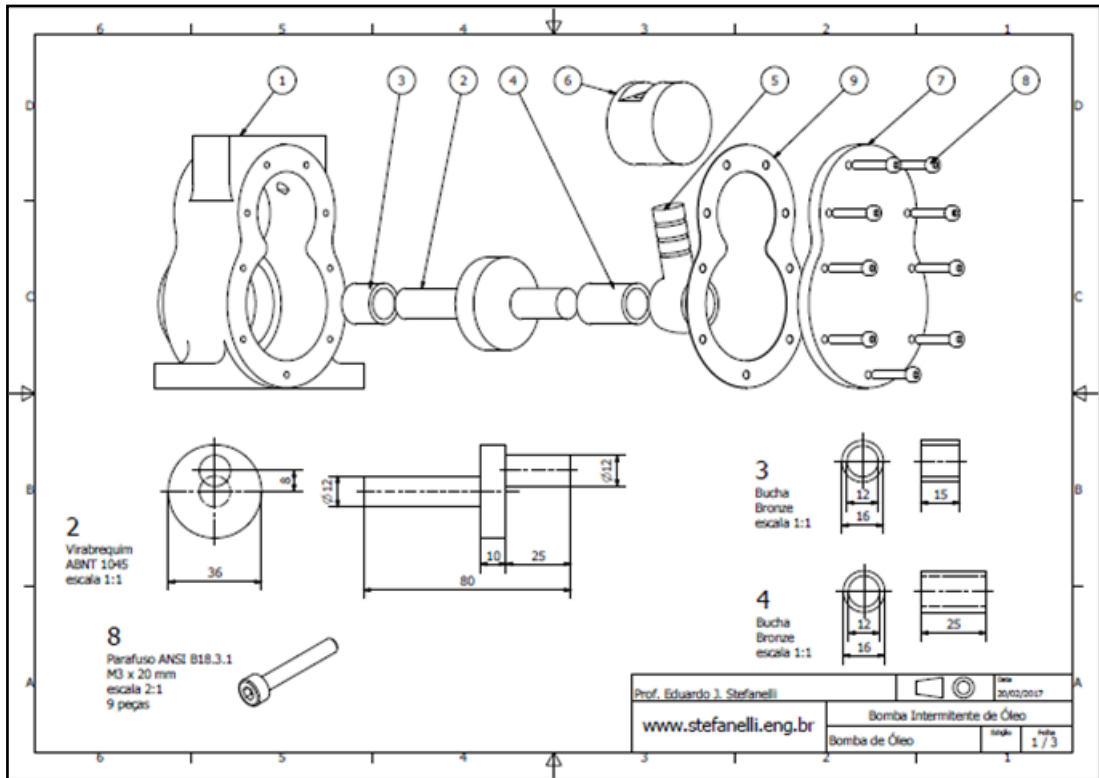
Figura 10 – Desenho dado em sala de aula



Fonte: Adaptado de Provenza (2014).

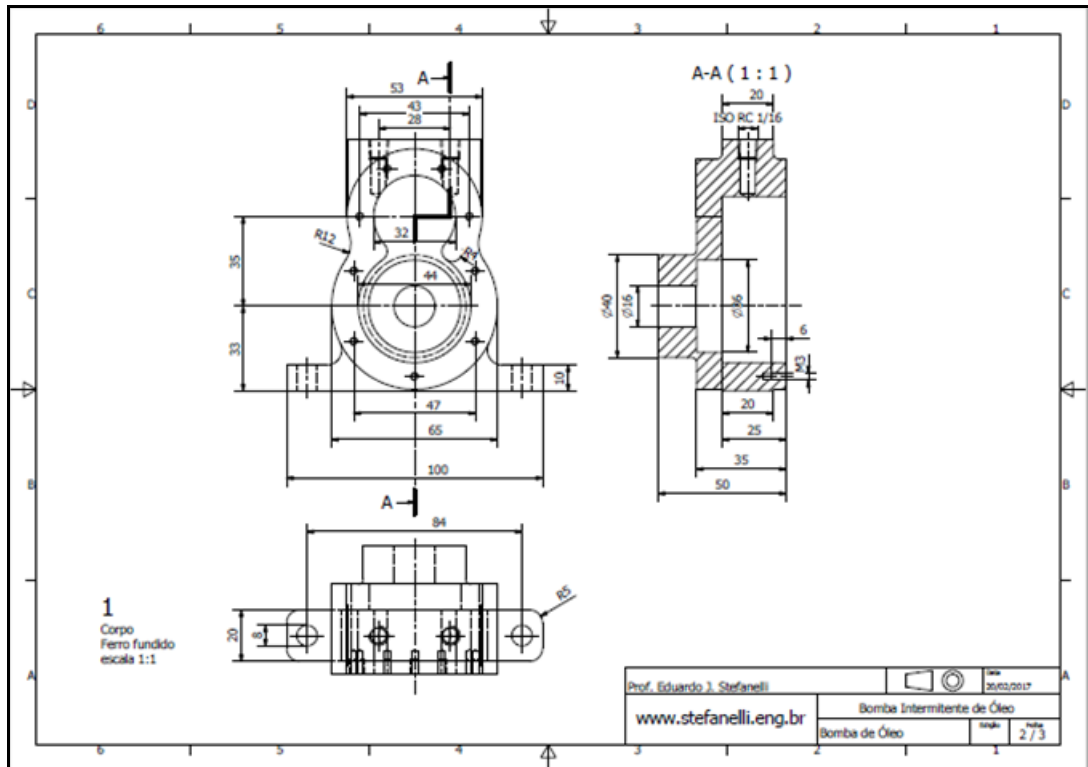
Foram descobertos, em pesquisa na internet e em livros de apoio, alguns desenhos e trabalhos acadêmicos que utilizaram deste modelo de bomba como objeto de estudo. Dentre os encontrados, escolheu-se como desenho de apoio deste trabalho o projetado pelo professor Stefanelli, que está presente em seu blog e apresenta tanto a vista extrudada como esboços de algumas vistas das peças.

Figura 11 – Desenhos de apoio - I



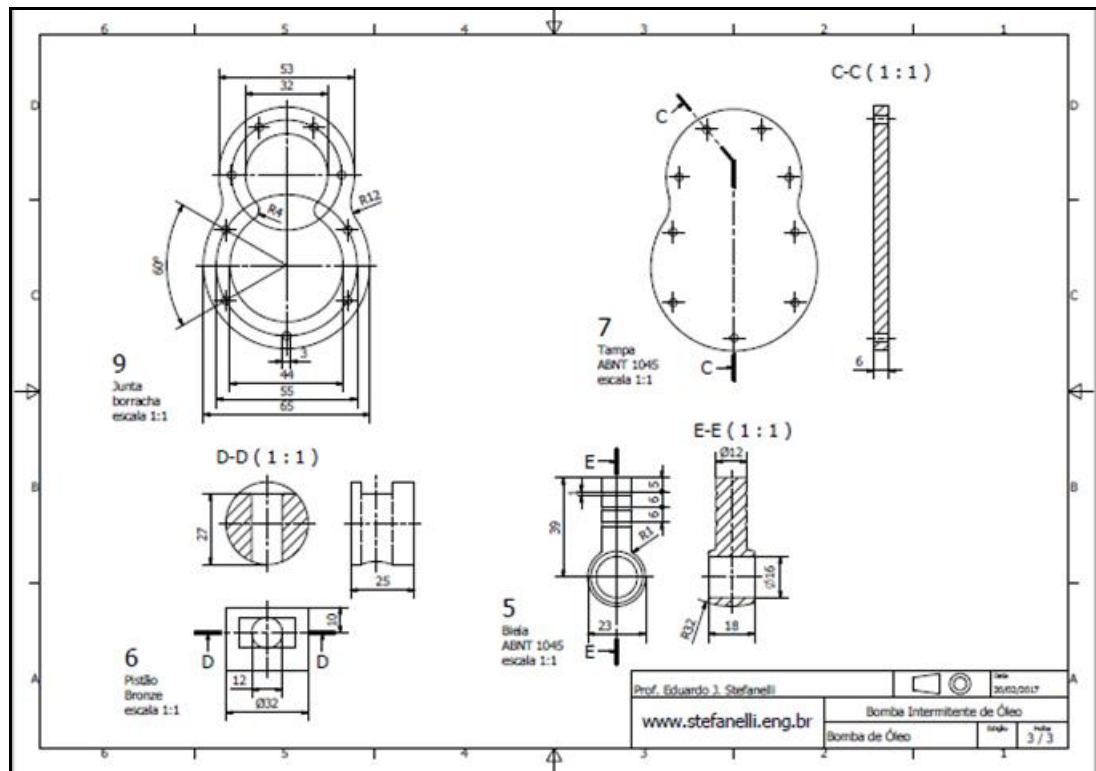
Fonte: Blog do Prof. Dr. Eduardo Stefanelli (2017).

Figura 12 – Desenhos de apoio - II



Fonte: Blog do Prof. Dr. Eduardo Stefanelli (2017).

Figura 13 – Desenhos de apoio – III



Fonte: Blog do Prof. Dr. Eduardo Stefanelli (2017).

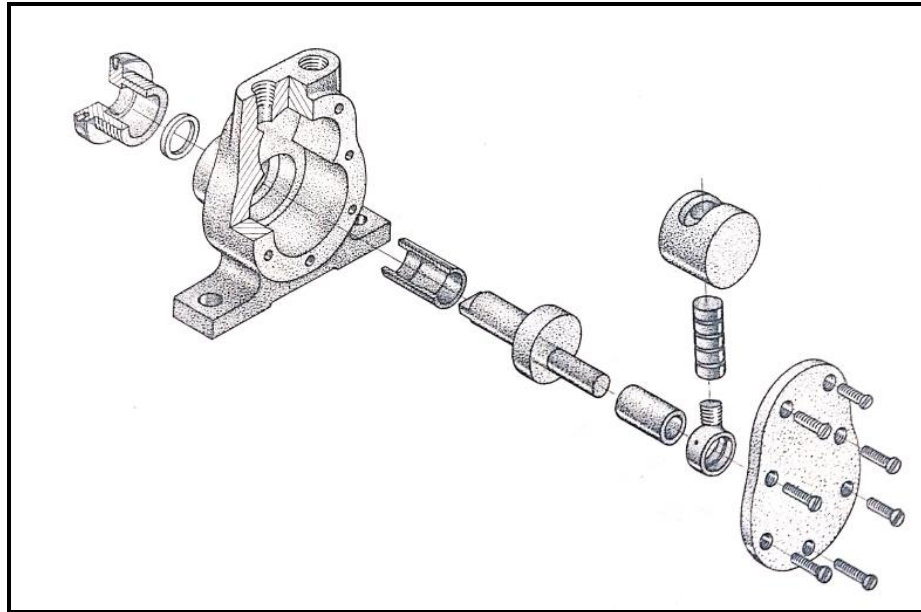
Figura 14 – Desenho de apoio feito em *software* de CAD 3D

Fonte: Blog do Prof. Dr. Eduardo Stefanelli (2017).

Como pode-se observar, os desenhos apresentam-se incompletos e com algumas

informações imprecisas. Este trabalho busca, partindo desta premissa, reconstruir os desenhos, com o olhar técnico e conhecimentos absorvidos durante a graduação.

Figura 15 – Desenho de apoio em vista explodida



Fonte: Provenza (1980).

Para o desenho de apoio acima, algumas partes foram adaptadas nos resultados finais, como será explanado mais adiante. Porém, esta imagem se torna importante justamente por ser uma das bases do projeto e por permitir reflexões acerca das peças a serem utilizadas no modelo.

#### 2.4 ESTRUTURA DE EXPOSIÇÃO DOS RESULTADOS

Na exposição dos itens e atualização de desenhos, serão descritas, de forma sucinta, a finalidade da peça em questão, as considerações acerca da escolha dos materiais construtivos, as alterações feitas em relação aos desenhos de apoio e a apresentação da peça, propriamente dita, em vistas 2D feitas em AutoCAD e 3D obtidas no Inventor. Ao final desta seção, pós caracterização dos itens individuais, será explorada a montagem de conjunto e principais explicações acerca dos processos envolvidos até tal ponto.

## 2.5 DESENHOS DAS PEÇAS

Para melhor organização das informações a serem incluídas nesta seção, segue lista de peças que será utilizada para o modelo, objeto deste estudo:

Tabela 01 – Lista de peças

Número	Denominação	Quantidade	Material e dimensões
01	Corpo	1	Ferro fundido
02	Eixo excêntrico	1	Aço SAE 1045
03	Bucha de eixo	2	Bronze SAE 660 Ø12 x 25
04	Anel de vedação	1	Borracha
05	Êmbolo	1	Aço SAE 1045
06	Colar	1	Aço SAE 1045
07	Bucha de êmbolo	1	Bronze SAE 660 Ø12 x 25
08	Junta	1	Borracha
09	Tampa	1	Aço SAE 1045
10	Tampão	1	Aço SAE 1020
11	Arruela lisa	8	Aço SAE 1020
12	Parafuso sextavado	8	Aço SAE 1020 M3 x 20

Fonte: O autor (2020).

### 2.5.1 01 – Corpo

#### 2.5.1.1 Finalidade

O corpo da bomba, como já foi explorado na seção introdutória, tem como principal finalidade aprisionar o fluido impedindo contaminações com outros produtos ou contato com o ambiente externo. No caso de nosso objeto de estudo, é possível observar que o desenho proposto para o corpo da bomba tem, também, a finalidade de fornecer uma dinâmica efetiva para o bombeamento de líquido nas saídas localizadas na parte de cima, onde serão engatas mangueiras ou tubulações para direcionar o fluido.



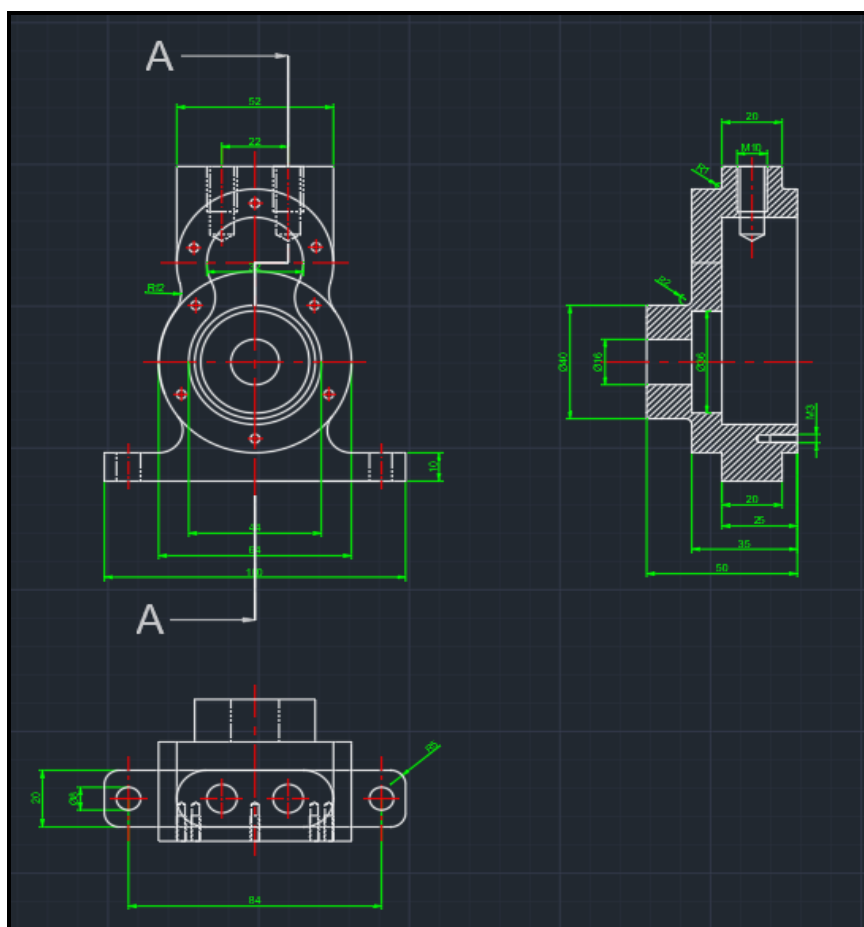
### 2.5.1.2 Material construtivo

O material mais comumente escolhido para este tipo de finalidade é o ferro fundido, por conferir certa facilidade na conformação e usinagem e alta fluidez de fundição, possibilitando a fabricação de peças mais complexas, e ter propriedades que vêm de encontro com as necessidades diárias de trabalho da bomba, como alta resistência ao desgaste e resistência mecânica, além de ser um material relativamente barato.

### 2.5.1.3 Desenhos

As adaptações feitas em relação ao desenho de apoio são focadas em detalhes dimensionais da estrutura externa do corpo, as medidas dos bocais de sucção e descarga que foram aumentadas e a posição e quantidades de parafusos.

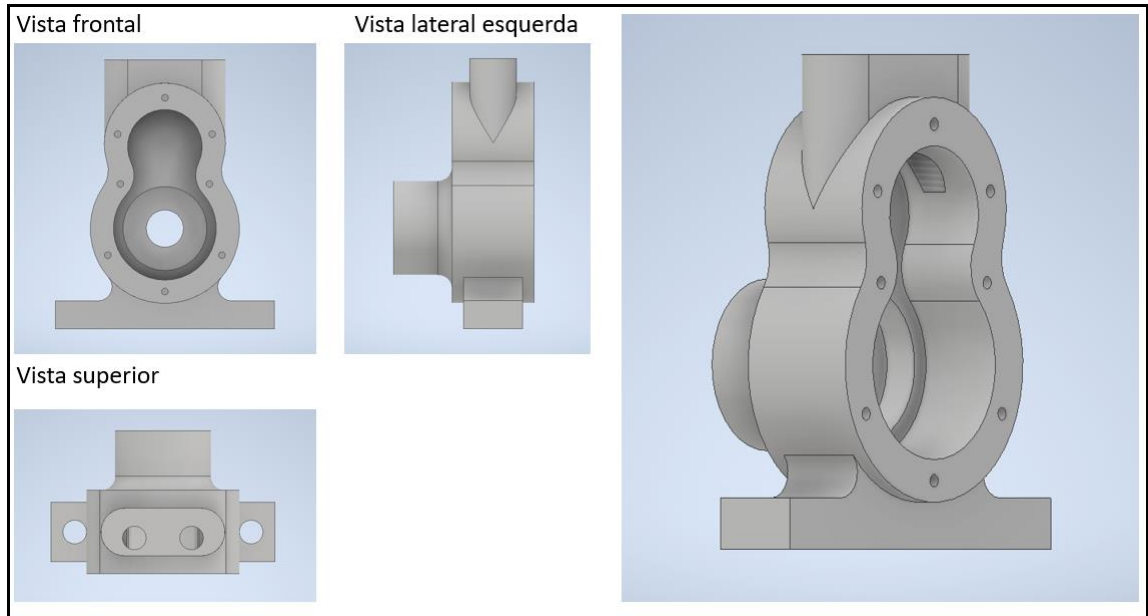
Figura 16 – 01. Corpo (AUTOCAD)



Fonte: O autor (2020).

Na figura 17, segue o desenho no software de projeção 3D, Autodesk Inventor.

Figura 17 – 01. Corpo (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.2 02 – Eixo excêntrico

### 2.5.2.1 Finalidade

O eixo é o elemento ligante entre o motor elétrico, gerador da força motora, e os componentes da bomba que realizarão o trabalho. No nosso caso, utilizamos um eixo excêntrico justamente pela necessidade do projeto em gerar uma diferença de...para contemplar os processos de admissão e expulsão do líquido bombeado.

### 2.5.2.2 Material construtivo

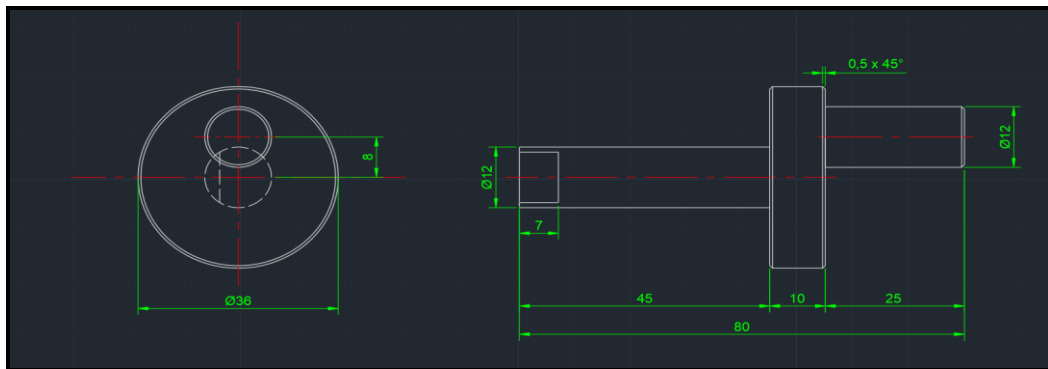
O aço SAE 1045 é um dos mais indicados para esta função, por possuir uma resistência mecânica elevada em relação aos aços convencionais. Possui, também, boa relação entre resistência mecânica e resistência à fratura e razoável usinabilidade. Portanto, possui bom custo benefício e atende aos requisitos mínimos para sua aplicação.

### 2.5.2.3 Desenhos

Em relação ao desenho de apoio, foram mantidas todas as principais medidas com a adição de alguns detalhes extremamente importantes a serem considerados em um projeto mecânico. O primeiro é o rebaixo da ponta do eixo, importante para acoplar com o motor elétrico e garantir o funcionamento da bomba; este, é um elemento importante a ser considerado em um desenho técnico, apesar de não ser objeto deste estudo os tipos de acoplamentos possíveis de serem utilizados.

O segundo detalhe adicionado em relação aos desenhos de apoio é a colocação de chanfros nos locais de quina viva.

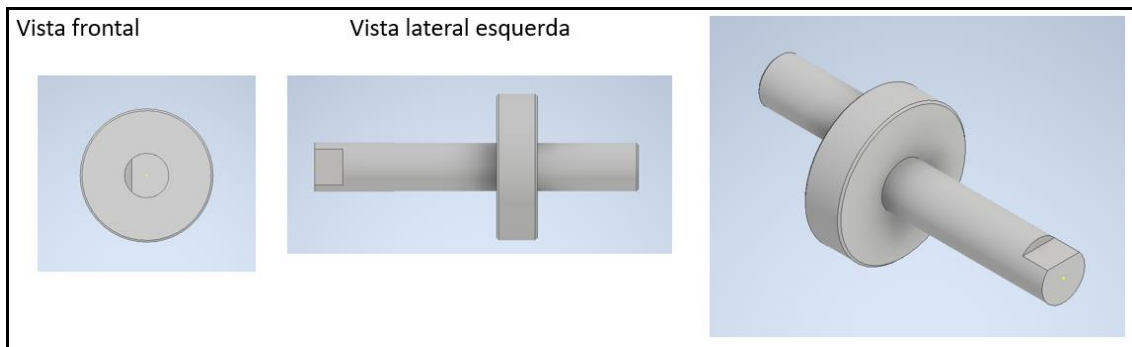
Figura 18 – 02. Eixo excêntrico (AUTOCAD)



Fonte: O autor (2020).

Na figura 19, segue o desenho no software de projeção 3D, Autodesk Inventor.

Figura 19 – 02. Eixo excêntrico (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

### **2.5.3 03 – Buchas do eixo**

#### 2.5.3.1 Finalidade

Também exploradas previamente, as buchas de eixo têm a função de proteger o eixo contra desgastes gerados por atrito e consequente elevação de temperatura, além de direcionar e manter o eixo estável para a transferência do torque.

#### 2.5.3.2 Material construtivo

O bronze SAE 660, empregado neste caso, é considerado uma liga de bronze de completa aceitação por suas características mecânicas.

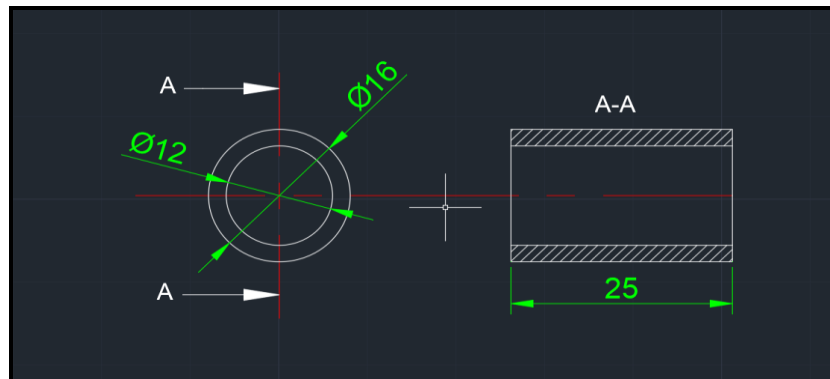
Muito utilizado para a confecção de buchas e mancais, possui excelentes propriedades antifricção que, adicionada à capacidade de resistência à corrosão, garantem peças com grande durabilidade em operações dinâmicas.

É uma liga que apresenta condições favoráveis de usinabilidade e possui alto índice de fundibilidade, deixando seu trabalho de confecção mais prático, produtivo e com resultados mais precisos.

#### 2.5.3.3 Desenhos

Diferentemente do que é proposto no desenho de apoio, em relação às diferentes medidas das buchas utilizadas, em nosso estudo propõe-se utilizar duas peças de iguais dimensões para o projeto por entender-se que tais medidas não impactam o funcionamento da bomba. Em relação às buchas do eixo, esta é a única adaptação feita para o modelo de apoio, sendo apresentados, na sequência, o desenho feito em AutoCAD e a projeção em 3D no inventor que utilizaremos na simulação de montagem.

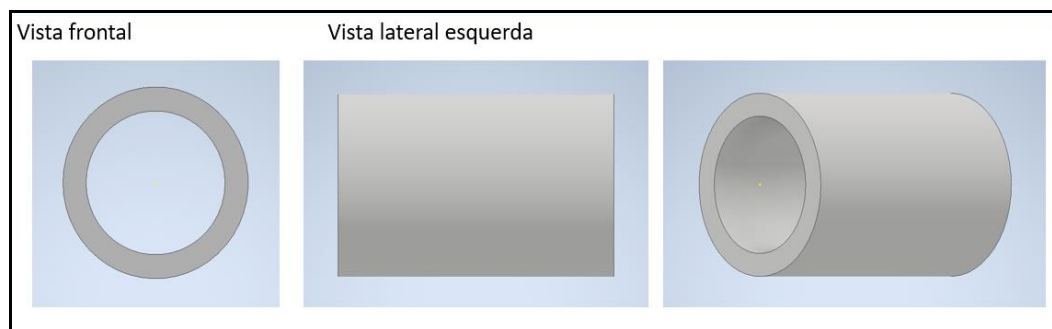
Figura 20 – 03. Bucha de eixo (AUTOCAD)



Fonte: O autor (2020).

Na figura 21, segue o desenho no software de projeção 3D, Autodesk Inventor.

Figura 21 – 03. Bucha de eixo (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.4 04 – Anel de vedação

### 2.5.4.1 Finalidade

Os anéis de vedação, como o próprio nome diz, são, provavelmente, os dispositivos de vedações mais versáteis que existem por poderem atuar em sistemas estáticos e dinâmicos, onde exista movimento relativo entre as partes e o anel. Algumas de suas aplicações dinâmicas incluem eixo de bombas e hastes de cilindros hidráulicos, dentre outras diversas aplicações.

Os anéis de vedação mais comuns são os feitos em seção circular (*O' Rings*) e em seção retangular (*Square Rings*) e, em geral, são amplamente utilizados por serem de fácil fabricação, possuem uma excelente relação custo-benefício e proverem mais confiabilidade e praticidade nas montagens e manutenções destes equipamentos.

Em nosso estudo de caso utilizaremos um *square ring*, ou seja, um anel de vedação de seção quadrada, por apresentarem algumas características que fazem sentido para a realização do projeto: eles executam a função de vedação de maneira superior, ou seja, não necessitam de ranhuras para ser acoplado (embora possam ser intercambiáveis com *o'rings* de mesmo tamanho, cabendo, assim, na mesma ranhura), facilitando as modificações de projeto; têm as bordas formadas com precisão, apresentam suavidade superficial constante e são homogêneos.

#### 2.5.4.2 Material construtivo

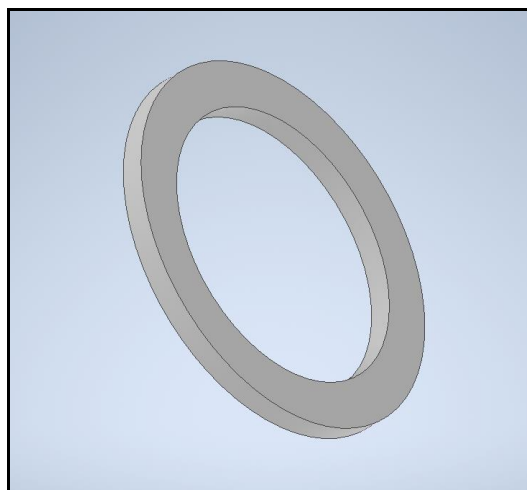
O material mais comumente utilizado e que apresenta melhor custo benefício alinhado com excelente praticidade em manutenções é a borracha nitrílica. Ela pode ser utilizada em sistemas hidráulicos e pneumáticos e submetidos a diferentes pressões, positivas e negativas (vácuo) e é de fácil fabricação, atendendo a necessidade do cliente.

#### 2.5.4.3 Desenhos

Nos desenhos de apoio do professor Stefanelli não está previsto o anel de vedação; já no desenho de apoio com vista de montagem, pode-se notar este item. Em nosso caso adaptamos suas dimensões para o perfeito encaixe.

Como este é um item padronizado, será apresentado só o desenho em Inventor, na qual a peça será utilizada posteriormente na simulação dinâmica de montagem.

Figura 22 – 04. Anel de vedação (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.5 05 – Êmbolo

### 2.5.5.1 Finalidade

O êmbolo é o elemento responsável por movimentar as partes metálicas verticalmente, possibilitando a geração de vácuo e compressão do fluido para bombeamentos.

### 2.5.5.2 Material construtivo

O aço SAE 1045 é um aço carbono com médio teor de carbono (apresenta cerca de 0,42 a 0,50% de percentual de carbono) e por conta disso apresenta característica em que o torna mais utilizado do que aços carbonos em aplicações onde seja necessária uma resistência mecânica maior.

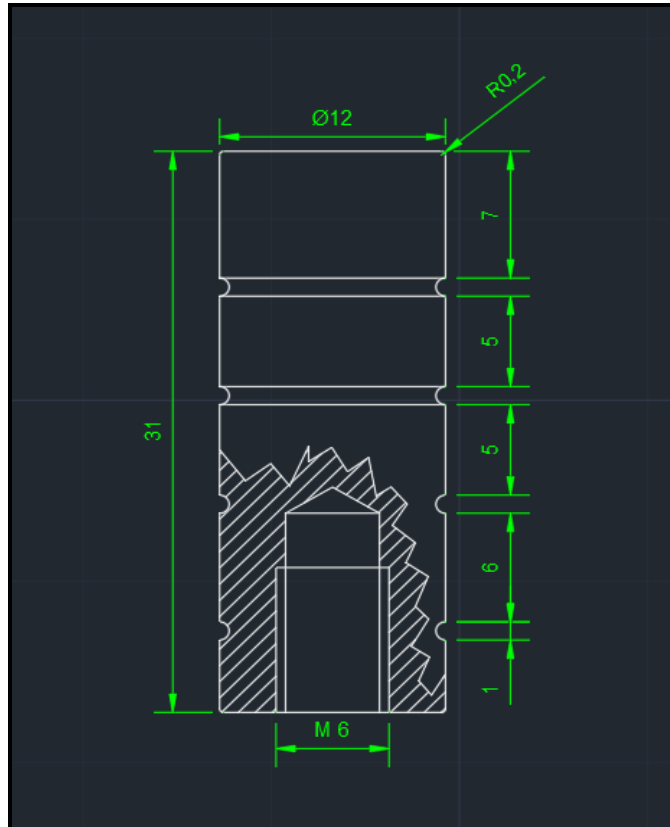
Apresenta excelente forjabilidade, boa usinabilidade, quando está em condição normalizada ou laminada, e pode receber processos de tratamento térmico. È amplamente utilizado em componentes estruturais e de máquinas.

### 2.5.5.3 Desenhos

No primeiro material de apoio, o êmbolo é unido com a parte que abraça o eixo (em nosso estudo chamamos essa parte de colar). Com base no desenho de Provenza, podemos ver essa peça e escolhemos este segundo modelo por motivo de, numa situação real, a fabricação das peças separadas e unidas através de rosca ser mais facilitada.

Em relação às medidas, diversas alterações foram feitas do desenho do professor Stefanelli para adequar às necessidades e dimensões que se encaixem bem na montagem.

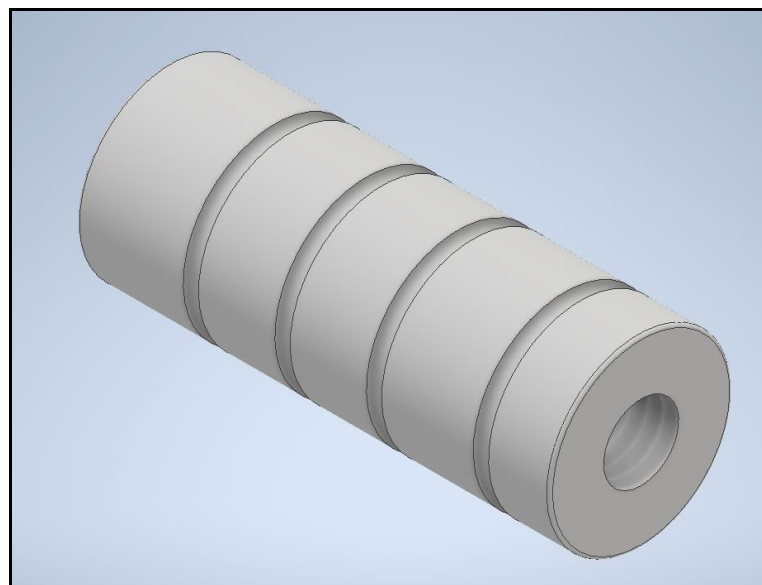
Figura 23 – 05. Êmbolo (AUTOCAD)



Fonte: O autor (2020).

Abaixo, segue o desenho no software de projeção 3D, Autodesk Inventor. Interessante notar a inclusão do furo roscado, como explicitado anteriormente.

Figura 24 – 05. Êmbolo (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).



## 2.5.6 06 – Colar

### 2.5.6.1 Finalidade

O Colar é a peça que conecta o eixo excêntrico ao êmbolo e tem a função de direcionar este último dentro do pistão, permitindo o perfeito alinhamento da cavidade do pistão com os bocais de sucção e descarga, dependendo do curso que será realizado.

Este alinhamento do fluido nas cavidades impulsoras da bomba, permite que ele seja deslocado com ganho de pressão.

### 2.5.6.2 Material construtivo

Escolhido o aço SAE 1045 pelos mesmos motivos explicitados em sua utilização para o material do êmbolo.

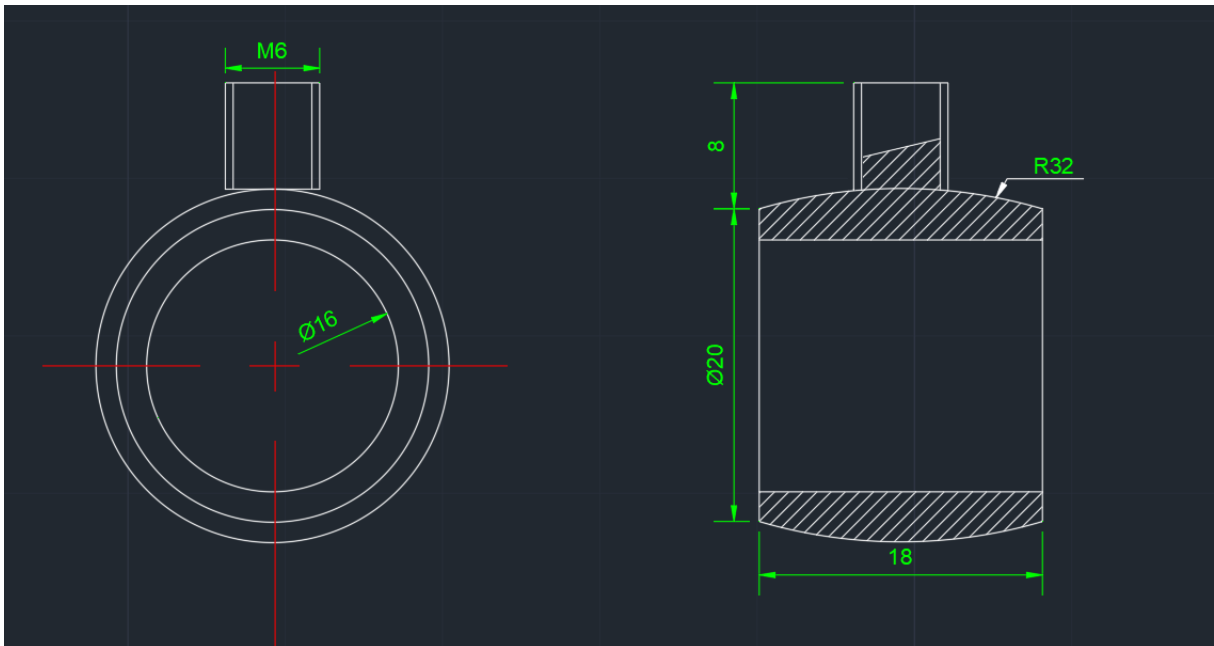
Outro motivo que deve ser levado em consideração na escolha do material neste caso, é o fato de que esta peça será diretamente unida a outra, sendo necessariamente do mesmo material, para padronizar as principais características físico-mecânicas e garantir a compatibilidade entre os materiais das peças.

### 2.5.6.3 Desenhos

O colar também teve que ser praticamente todo adaptado em relação ao desenho de apoio do professor Stefanelli, devido à opção por separar o êmbolo em duas peças unidas por rosqueamento.

Importante salientar, também, que todas as adaptações foram feitas com tomando como referência as medidas do eixo, sendo este definido primeiro por ser base para as outras peças adjacentes.

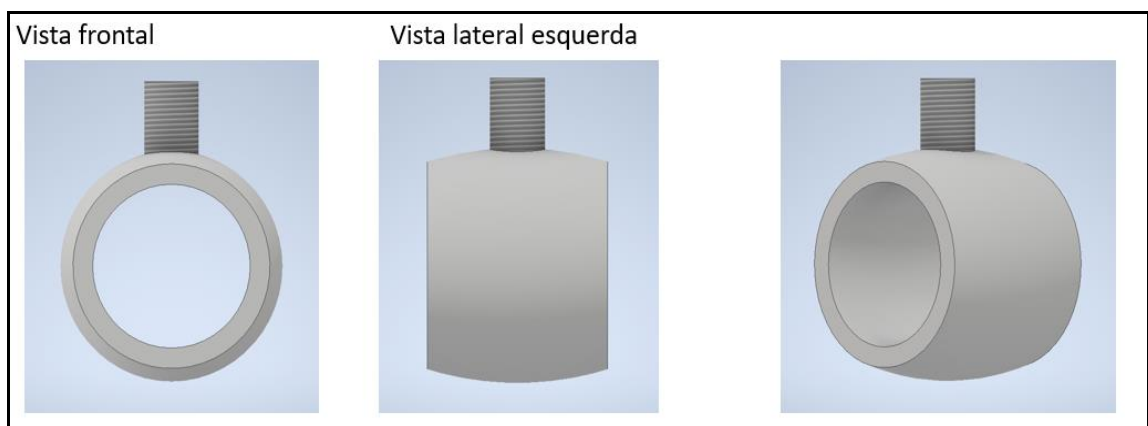
Figura 25 – 06. Colar (AUTOCAD)



Fonte: O autor (2020).

Na figura 26, segue o desenho no software de projeção 3D, Autodesk Inventor. Interessante notar, também, a inclusão da rosca, para encaixe no êmbolo.

Figura 26 – 06. Colar (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.7 07 – Bucha de êmbolo

### 2.5.7.1 Finalidade

A bucha de êmbolo tem a função de direcionar o êmbolo e permitir o deslocamento do

fluido por dentro de suas cavidades para o bocal de saída. Ele se move junto com o êmbolo dependendo do curso do eixo, possibilitando, primeiramente, a geração de vácuo para succionar o líquido para a bomba e, posteriormente, o ganho de pressão para expulsar o fluido.

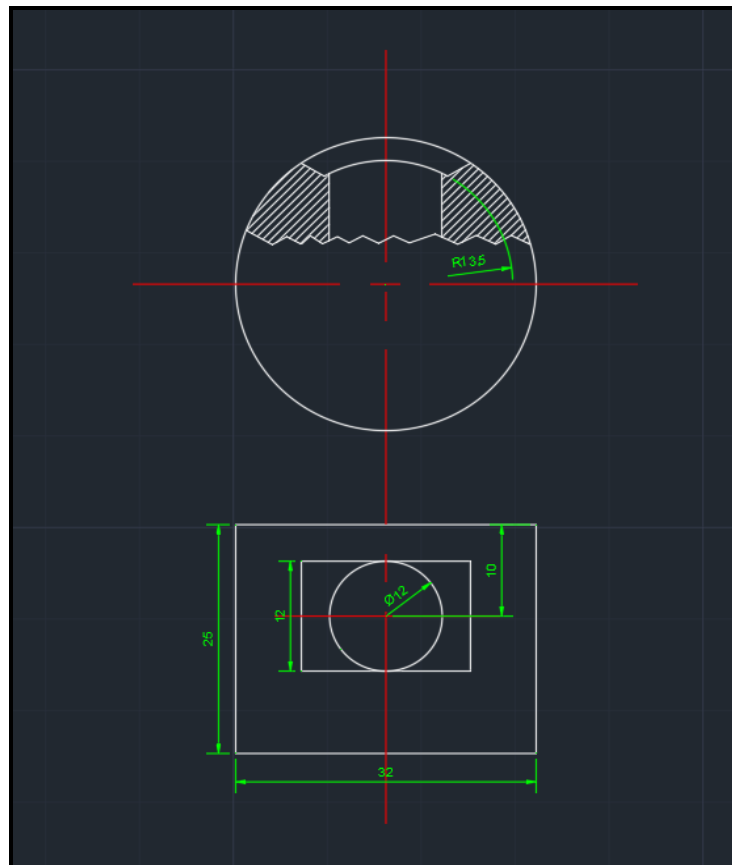
#### 2.5.7.2 Material construtivo

Por motivo desta peça se mover com bastante frequência, em todas as admissões e descargas da bomba, o material dela precisa ser mais macio e com propriedades adequadas ao uso, principalmente a propriedade de antifricção. Por isso, utilizaremos aqui o bronze SAE 660 também, assim como foi utilizado nas buchas de eixo.

#### 2.5.7.3 Desenhos

Grande parte das medidas foram mantidas em relação aos desenhos de apoio, porém mudanças foram feitas, especialmente em relação ao bocal superior, como é possível observar.

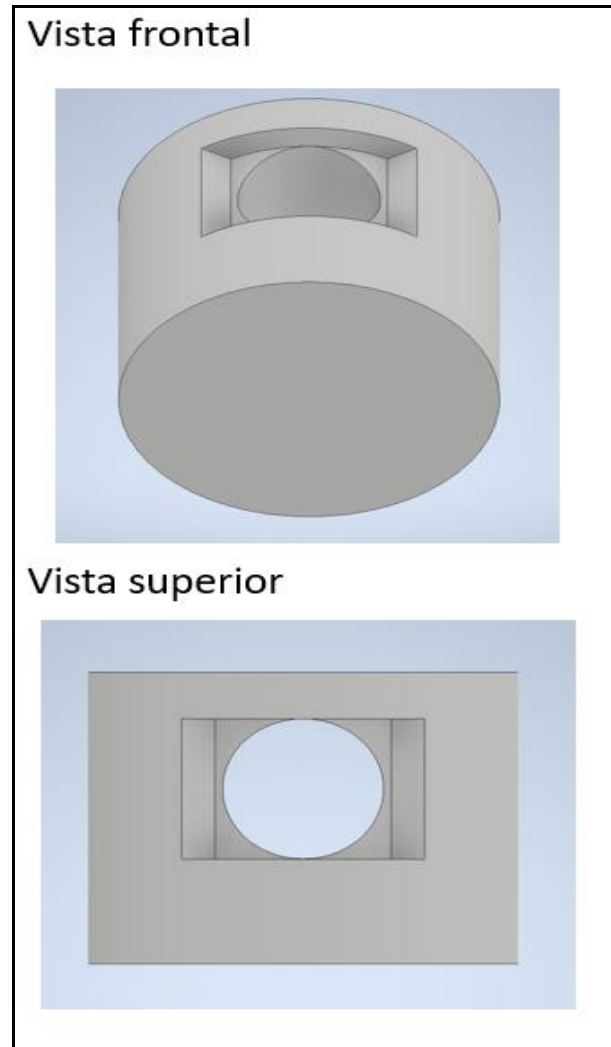
Figura 27 – 07. Bucha de êmbolo (AUTOCAD)



Fonte: O autor (2020).

Na figura 28, segue o desenho no software de projeção 3D, Autodesk Inventor.

Figura 28 – 07. Bucha de êmbolo (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.8 08 – Junta

### 2.5.8.1 Finalidade

A junta de borracha tem o papel de fazer a vedação do corpo nos pontos onde há a conexão com a tampa traseira, que sela a bomba. Ele tem a função de evitar vazamentos pelas conexões (parafusos) e garantir que nem o fluido interno seja contaminado, nem que ele venha a causar uma contaminação no meio ambiente por sua fuga.

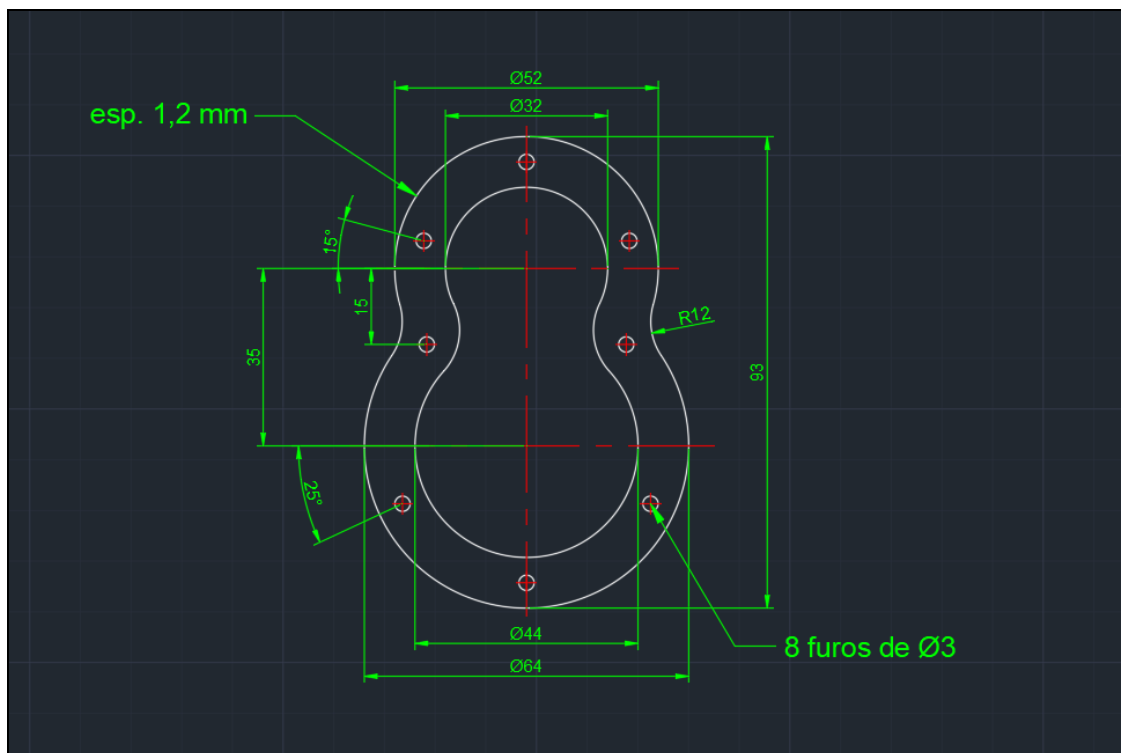
### 2.5.8.2 Material construtivo

Neste outro item de vedação também utilizaremos a borracha nitrílica como material de sua composição, para atingimento dos mesmos objetivos do que no caso do anel, abordado anteriormente.

### 2.5.8.3 Desenhos

As dimensões do desenho foram obtidas tomando como referência o corpo da bomba e, conseqüentemente, as alterações foram feitas para gerar o encaixe com as adaptações feitas no corpo, como por exemplo, as posições dos furos que vão receber os parafusos.

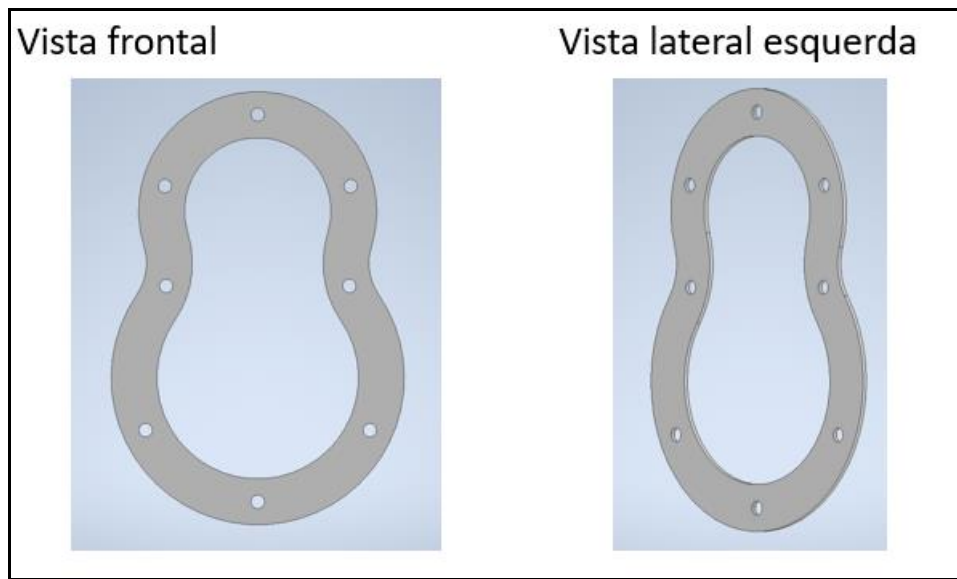
Figura 29 – 08. Junta (AUTOCAD)



Fonte: O autor (2020).

Na figura 30 segue o desenho em projeção 3D feita no Inventor.

Figura 30 – 08. Junta (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.9 09 – Tampa

### 2.5.9.1 Finalidade

A tampa traseira tem a função de selar a bomba quando esta se encontra em funcionamento e, quando se encontra desligada, permite o acesso a componentes internos para manutenções e limpezas. Ela deve ser projetada para aguentar pressões internas e garantir o perfeito funcionamento da bomba sem vazão de fluido e fuga de componentes mecânicos internos.

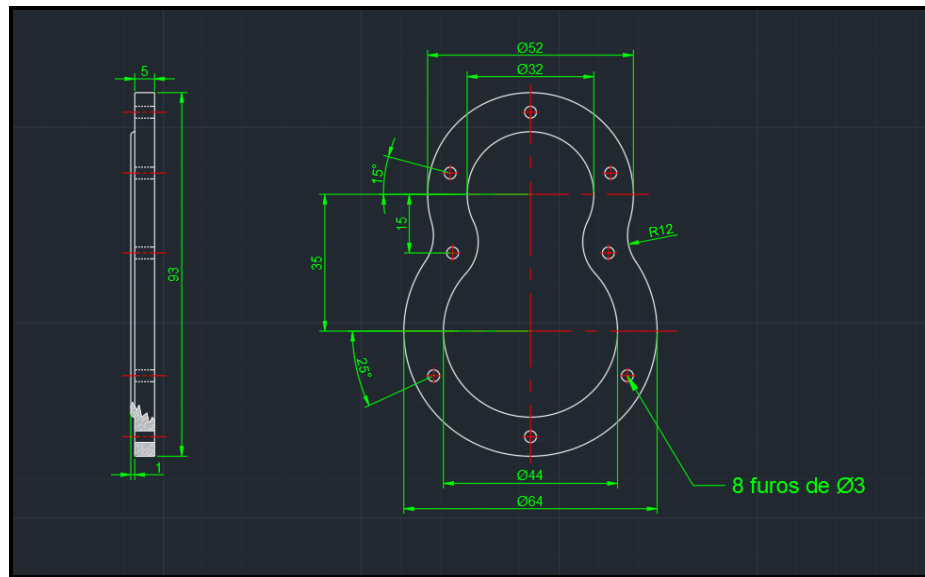
### 2.5.9.2 Material construtivo

O material escolhido para esta aplicação é o aço SAE 1045, um aço carbono de médio teor, muito utilizado em equipamentos mecânicos, como foi explorado em sua explanação quando falamos dele na composição do eixo excêntrico.

### 2.5.9.3 Desenhos

Seguindo a mesma lógica da junta de borracha, as dimensões da tampa também seguem de acordo com o corpo e, conseqüentemente, a junta.

Figura 31 – 09. Tampa (AUTOCAD)



Fonte: O autor (2020).

Na figura 32, segue o desenho no software de projeção 3D, Autodesk Inventor.

Figura 32 – 09. Tampa (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.10 10 – Tampão

### 2.5.10.1 Finalidade

O tampão serve para cercear o eixo, permitindo que ele se conecte ao motor para a transmissão do torque, porém deve funcionar como elemento de vedação e contenção do fluido dentro da bomba. Ela tem a função de facilitar o acesso a componentes internos também, assim como a tampa traseira.

### 2.5.10.2 Material construtivo

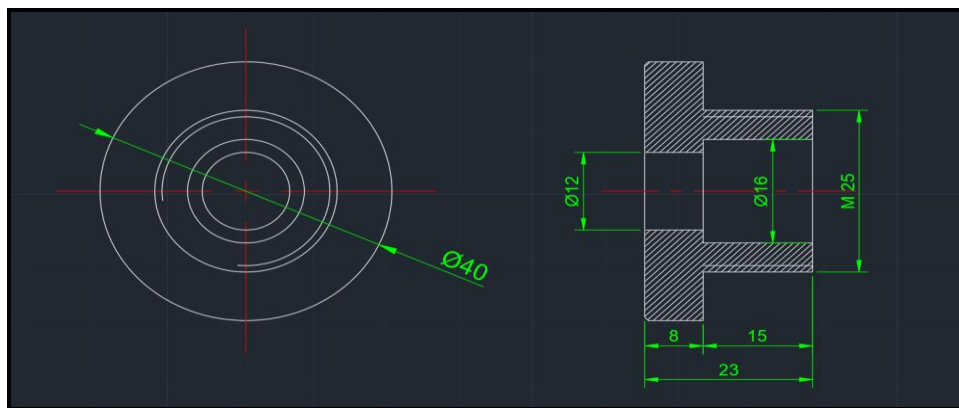
O aço SAE 1020 é um aço carbono com baixo teor de carbono (apresenta cerca de 0,18 a 0,23% de percentual de carbono) e por conta disso têm características associadas a um aço mais macio, ou seja, apresenta excelente conformabilidade e soldabilidade, boa ductibilidade, é maleável e possui boa resistência à ruptura.

É largamente utilizado em peças mecânicas em geral por suas características supracitadas.

### 2.5.10.3 Desenhos

Nos primeiros desenhos de apoio, do professor Stefanelli, não está previsto o tampão na parte de trás da bomba, diferente do modelo proposto por Provenza. Com o apoio de algumas pesquisas, utilizando os conhecimentos absorvidos durante a graduação e com base nos desenhos do corpo e demais peças, foi possível projetar dimensionalmente esta peça e compreender suas funcionalidades e necessidades de projeto.

Figura 33 – 10. Tampão (AUTOCAD)

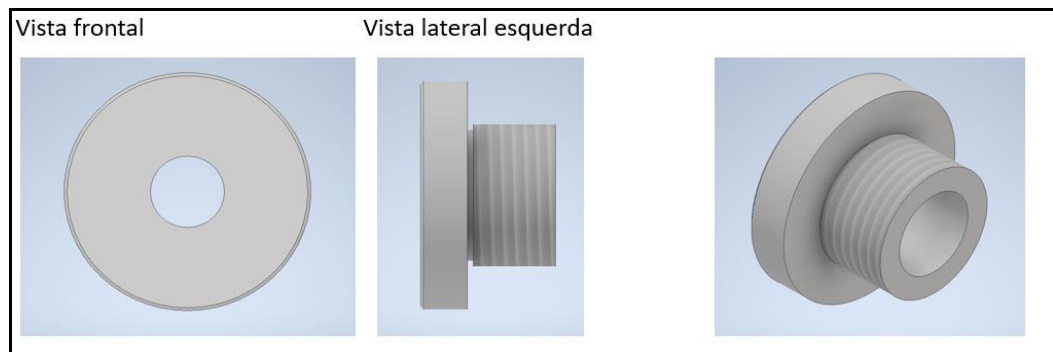


Fonte: O autor (2020).

No projeto em 3D obtido no Inventor, foi possível obter o item da figura 34:



Figura 34 – 10. Tampão (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.11 11 – Arruelas lisas

### 2.5.11.1 Finalidade

As arruelas são elementos de máquinas que têm a função de distribuir a tensão de aperto igualmente entre o parafuso e as partes montadas, trabalhando, também, como elemento de trava para dificultar o desaperto dos parafusos por vibrações mecânicas.

No nosso caso utilizaremos arruelas lisas, que são as mais simples de todas, porém muito eficientes para aumentar a área de tensão de aperto e distribuí-la melhor, melhorando toda a fixação do conjunto.

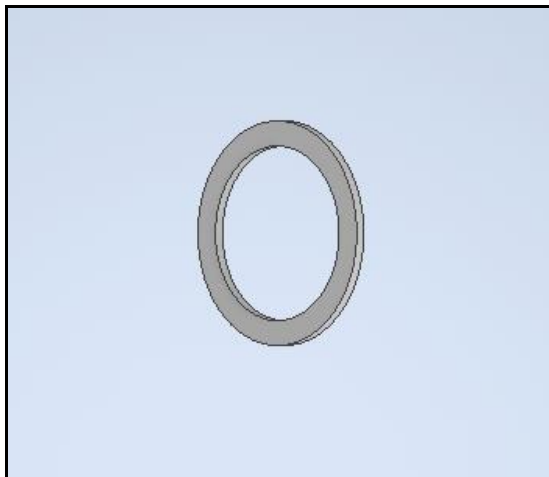
### 2.5.11.2 Material construtivo

O aço SAE 1020 é comumente utilizado para arruelas e parafusos, assim como o aço SAE 1045, sendo qualquer um dos dois uma escolha eficiente. Optaremos pelo 1020.

### 2.5.11.3 Desenhos

Como este é um item padronizado, será apresentado apenas a projeção 3D, que posteriormente será utilizado na simulação dinâmica de montagem.

Figura 35 – 11. Arruelas lisas (INVENTOR)



Fonte: O autor (2020).

## 2.5.12 12 – Parafusos sextavados

### 2.5.12.1 Finalidade

Os parafusos são elementos de máquinas têm por finalidade ser o elemento de fixação de duas ou mais peças combinadas ou em junções diferentes. Em nosso estudo de caso foram os sextavados externos com rosca parcial. Eles são amplamente utilizados em máquinas e na construção civil, mas existem inúmeras outras aplicações. Esse grande leque se deve, em parte, pela facilidade de montagem, podendo ser utilizada para seu aperto chave de boca, chave inglesa e parafusadeira.

### 2.5.12.2 Material construtivo

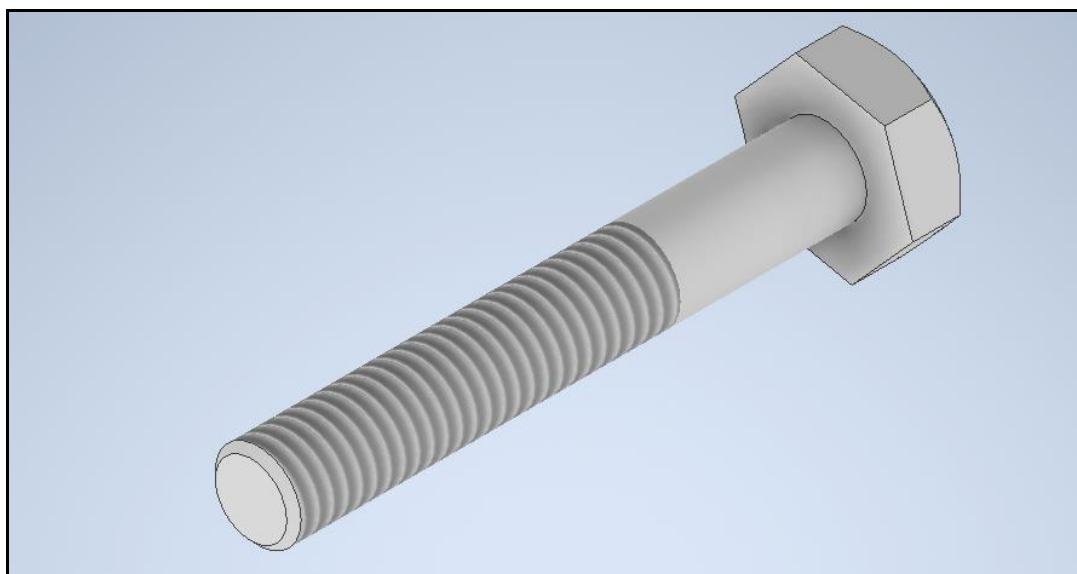
O material mais utilizado na fabricação de parafusos sextavados, que também é o nosso caso, é o aço carbono, por possuir boa resistência contra cargas, ter um ótimo custo-benefício, pelas facilidades de se trabalhar com aços carbono e pode receber um revestimento de zinco para aumentar sua resistência à corrosão.

Mais especificamente, utilizaremos um aço com baixo teor de carbono, o aço SAE 1020, sendo este mais facilmente conformável.

### 2.5.12.3 Desenhos

Como este é um item padronizado, será apresentado apenas a projeção 3D, que posteriormente será utilizado na simulação dinâmica de montagem.

Figura 36 – 12. Parafusos sextavados (INVENTOR)



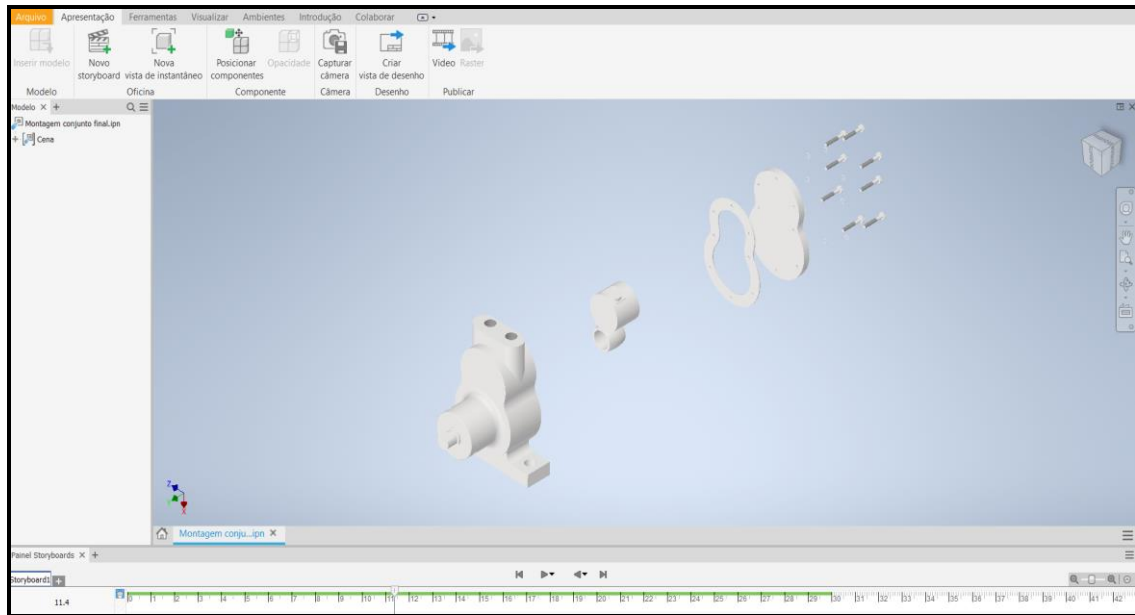
Fonte: O autor (2020).

## 2.6 SIMULAÇÃO DINÂMICA DE MONTAGEM

A simulação dinâmica de montagem é uma ferramenta que o Inventor disponibiliza para a geração de animações que simulam a montagem em conjunto do equipamento de acordo com o sequenciamento de ordem de montagem das peças, segundo configurações inseridas pelo projetista. Ou seja, a partir do ambiente em que as projeções 3D são executadas, é possível exportá-las para um outro ambiente dentro do Inventor que permite configurar a união de todas as peças. O usuário consegue intersectar faces de maneira bem intuitiva para em seguida determinar o sentido de afastamento e a distância. Abaixo da tela aparece um *player* de vídeo em que é possível configurar a animação de afastamento e aproximação.

As simulações de montagem têm como objetivo facilitar a visualização de encaixe das peças para verificação de dimensionamento. Essa funcionalidade auxilia muito os engenheiros/projetistas a ter uma visualização de seu produto final sem necessidade de se projetar, fisicamente, o equipamento, contribuindo para uma grande redução de custos.

Figura 37 – Ambiente de simulação de montagem do Inventor 2021

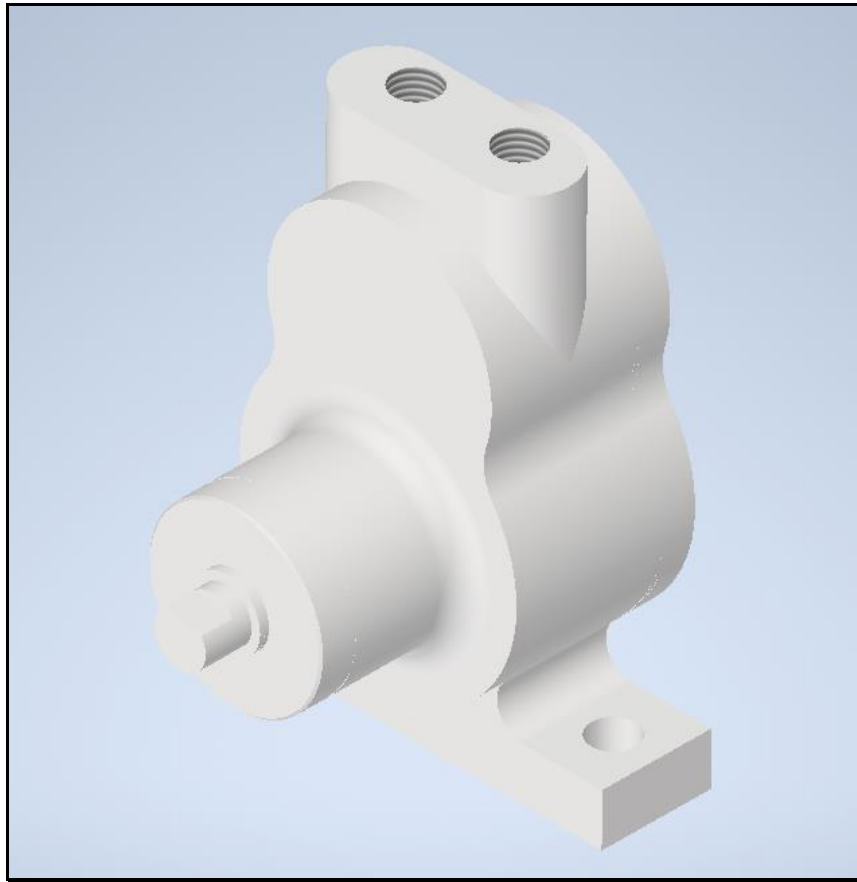


Fonte: O autor (2020).

## 2.7 DESENHO DE CONJUNTO

Nesta seção serão expostos os projetos obtidos na montagem do conjunto e as intersecções e relações entre peças. Nas várias imagens que serão mostradas a seguir, destacam-se as posições das peças individualmente e suas relações com as adjacentes.

Figura 38 – Desenho de conjunto da bomba

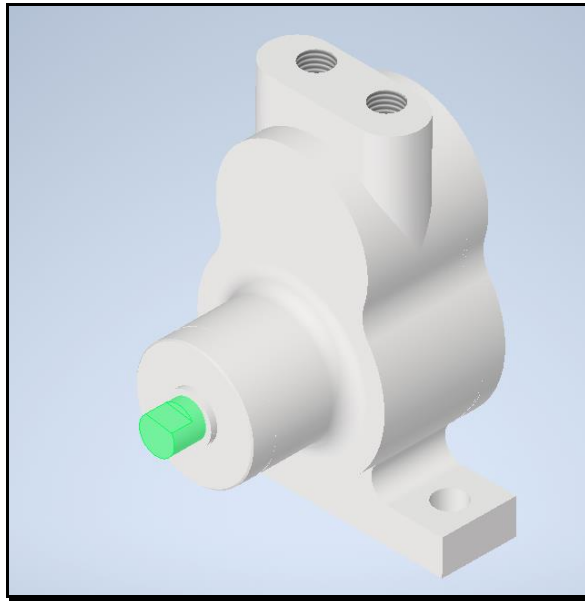


Fonte: O autor (2020).

Na figura 38, todas as peças obtidas separadamente foram unidas para formar nosso produto final, a bomba de pistão. O encaixe das peças é outro ponto interessante a ser observado e importante para garantir o perfeito funcionamento do sistema.

Na figura abaixo, destaca-se o eixo, item muito importante e que fará ligação direta com o equipamento motor, ou seja, com o motor elétrico que entregará rotação para bombeamento do fluido. Interessante notar o ressalto do eixo, fundamental para gerar o encaixe com auxílio de acoplamento.

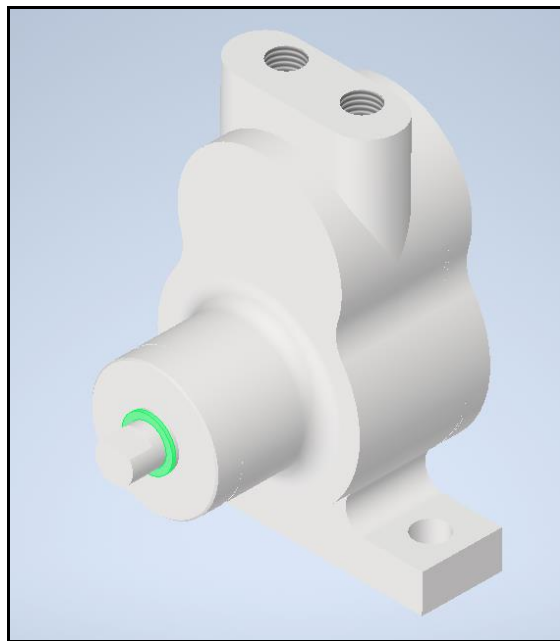
Figura 39 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o eixo



Fonte: O autor (2020).

Complementar ao funcionamento do eixo, temos o anel de vedação destacado na figura 40. Esta peça simples é fundamental para selar o líquido e impedir que ele escape do interior da bomba pela parte girante, o eixo.

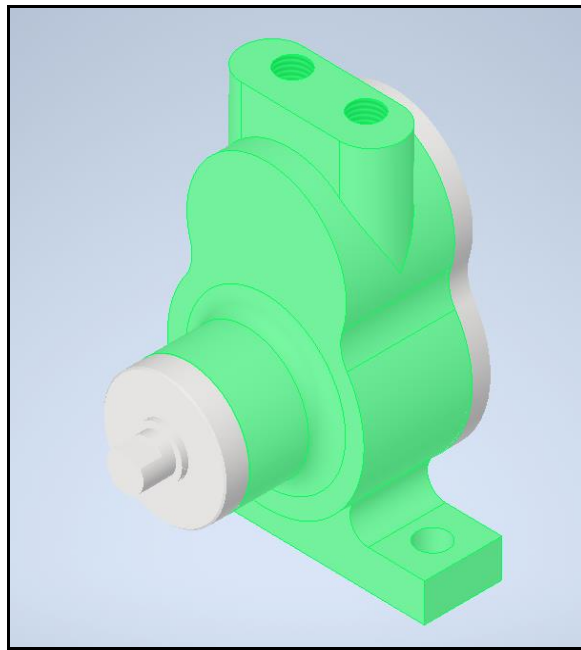
Figura 40 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o anel de vedação



Fonte: O autor (2020).

O corpo é a estrutura robusta responsável por manter conter o fluido e servir de suporte para outras peças fundamentais para o funcionamento do conjunto. No desenho destacado a seguir é possível observar a interação direta entre o tampão dianteiro, o corpo e a tampa traseira. Sendo a interface tampão/corpo unida através de rosqueamento entre as partes e a interface corpo/tampa traseira unida por aparafusamento.

Figura 41 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o corpo

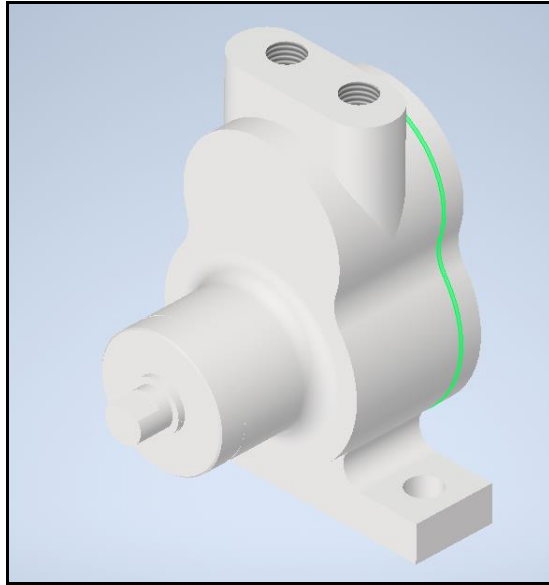


Fonte: O autor (2020).

A seguir daremos destaque a uma peça que, muitas vezes, passa despercebida, mas é de fundamental importância para a eficiência da bomba. A junta de borracha faz parte da interface corpo/tampa traseira e é apertada junto a estes através dos parafusos.

Obviamente para o seu bom funcionamento, a junta deve ser instalada seguindo dimensões do corpo e furos de parafuso.

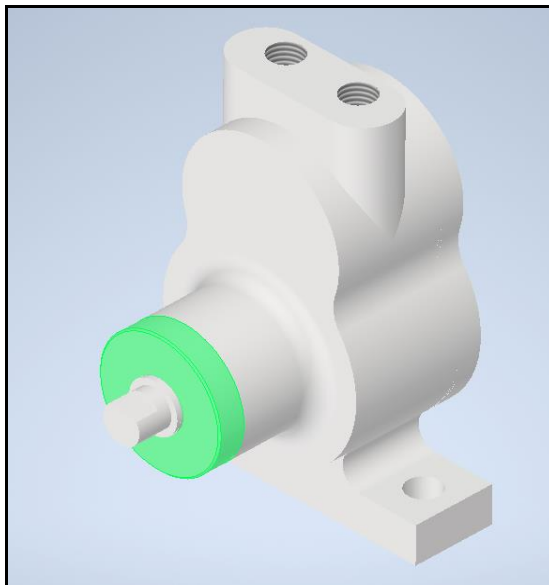
Figura 42 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para a junta de vedação



Fonte: O autor (2020).

Para manter o eixo passante para acoplamento com motor elétrico, o tampão deve ser rosqueado junto ao corpo e garantir boa estabilidade do eixo para que este possa executar sua função. O anel de vedação finaliza a parte dianteira da bomba, com a interface eixo excêntrico/anel de vedação/tampão.

Figura 43 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o tampão

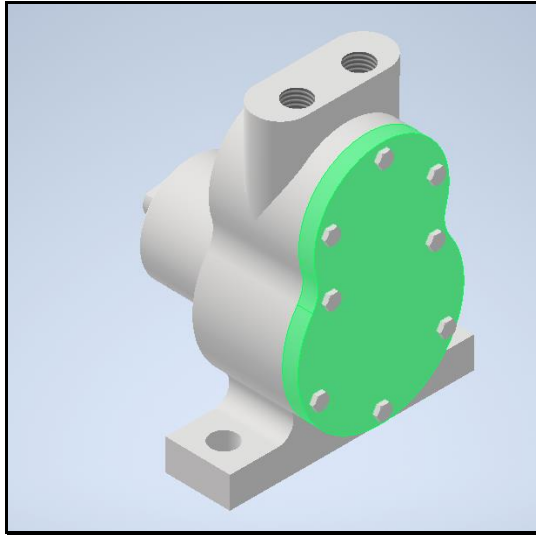


Fonte: O autor (2020).



Analisando o conjunto pelo outro lado agora encontramos a tampa cerceando o fluido com auxílio dos parafusos, também facilmente visíveis abaixo. Esta peça, juntamente com a junta e o apoio das arruelas lisas aos parafusos garante a vedação traseira do equipamento.

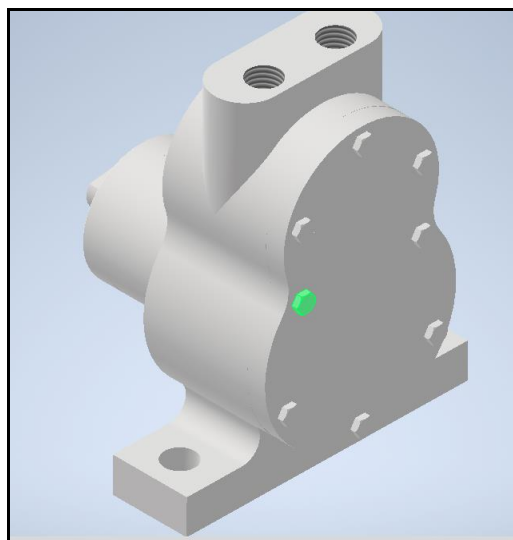
Figura 44 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para a tampa traseira



Fonte: O autor (2020).

Na figura 45 o devido destaque aos parafusos, presentes na interface citada anteriormente.

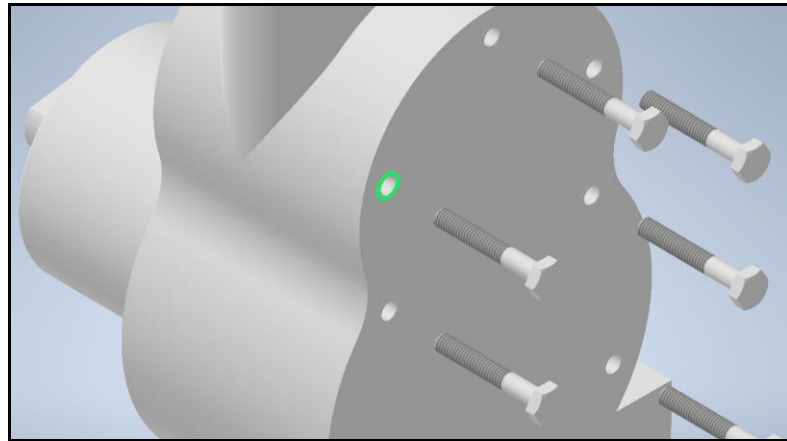
Figura 45 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para os parafusos sextavados



Fonte: O autor (2020).

Presente também na interface supracitada, porém de maneira discreta - o que não significa sem importância, temos as arruelas lisas, responsáveis por distribuir a carga que incide sobre elas pelos apertos aos parafusos. Atua sempre em interface com os parafusos para garantir a melhor fixação possível.

Figura 46 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para as arruelas lisas



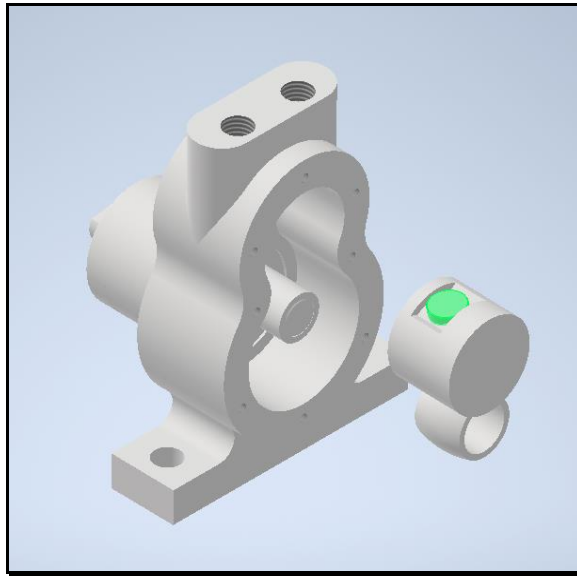
Fonte: O autor (2020).

Partiremos, agora, para uma análise do interno da bomba, ou seja, como é a interface entre as peças internas e como o bombeamento é feito.

Seguindo uma linha de raciocínio para cumprirmos a ordem correta de montagem das peças, retiramos os parafusos e as arruelas para podermos abrir a tampa traseira. O resultado está mostrado abaixo, com destaque para o êmbolo. Esta peça se posiciona dentro do pistão e é rosqueada junto ao colar para, acompanhando o movimento do eixo excêntrico, empurrar o fluido em direção ao bocal superior de descarga.

Então em sua interface, atuando em conjunto, temos êmbolo/colar.

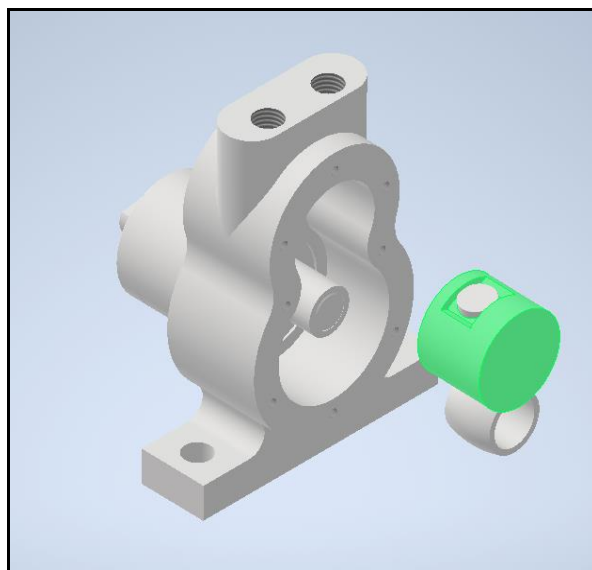
Figura 47 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o êmbolo



Fonte: O autor (2020).

Outra peça já supracitada e que é diretamente responsável pelo ganho de energia do fluido, a bucha de êmbolo circunda toda cavidade superior da bomba, onde é direcionado, de acordo com o movimento do eixo, ao bocal de sucção ou descarga. Atua diretamente na interface corpo/êmbolo.

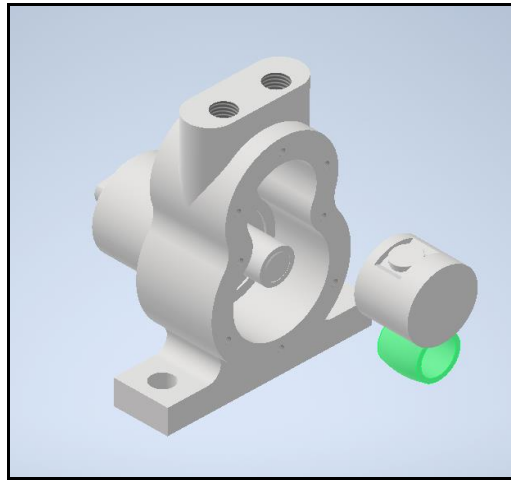
Figura 48 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o pistão



Fonte: O autor (2020).

A última peça da interface anterior está ligada por rosqueamento do colar no êmbolo e abraça o eixo excêntrico para poder transmitir seu movimento à parte superior da bomba.

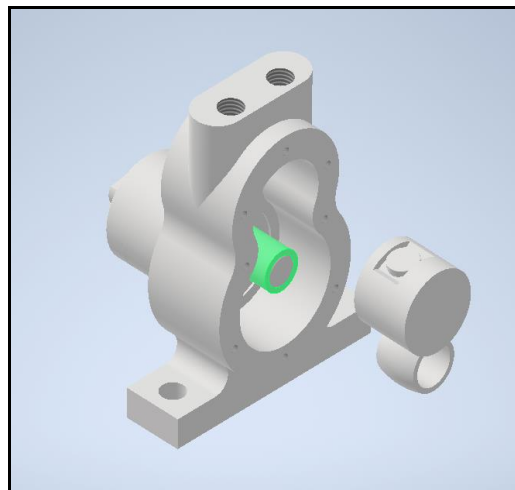
Figura 49 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para o colar



Fonte: O autor (2020).

A bucha do eixo se posiciona entre o colar e o próprio eixo, por ser feita de um material abrasivo e resistente ao atrito, e faz parte da interface eixo excêntrico/bucha/colar que garantirá a transmissibilidade do movimento rotativo axial do eixo para excêntrico, segundo projeto, adequando às necessidades operacionais.

Figura 50 – Desenho de conjunto da bomba, com destaque para a bucha do eixo



Fonte: O autor (2020).

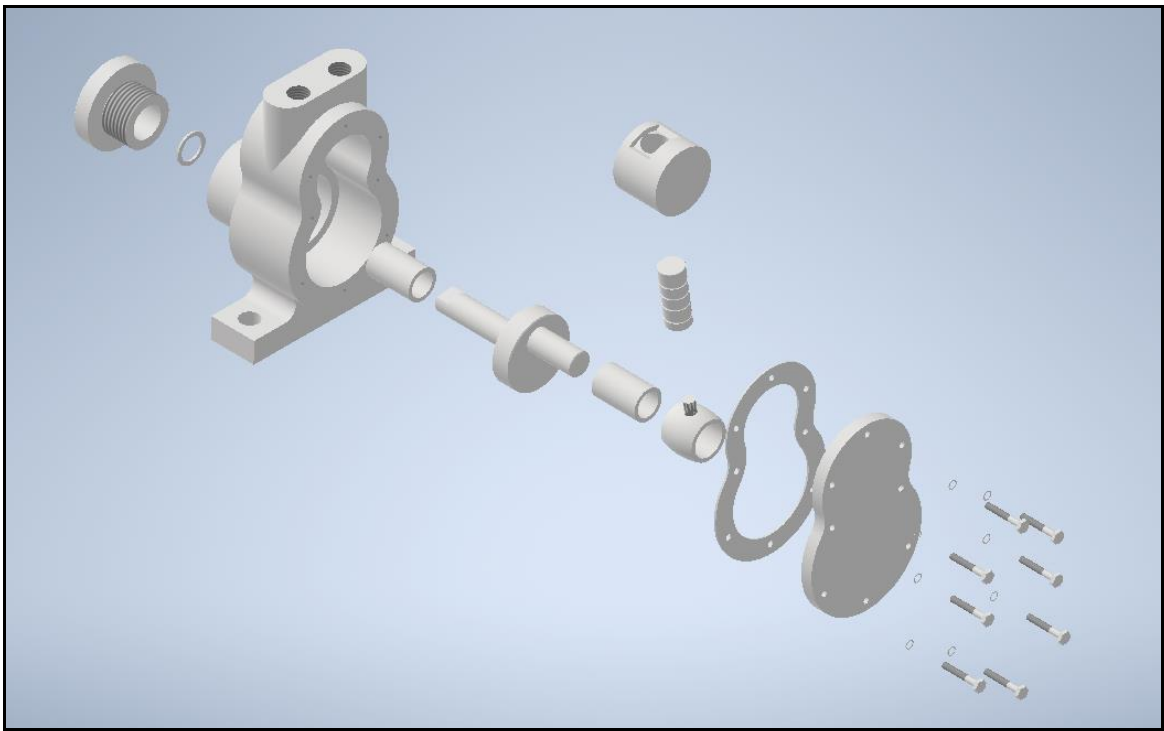
Por fim, teremos a união de todas as partes no desenho de conjunto, como exploramos rapidamente no começo dessa seção. A vista de montagem nos oferece uma visão ampla do equipamentos e nos permite identificar a ordem de montagem correta.

O resultado final do posicionamento das peças na sequencia de montagem pode ser vista na imagem abaixo, porém o ponto mais interessante desta ferramenta é poder utilizar,

justamente, uma simulação dinâmica para facilitar o entendimento e leitura do projeto mecânico.

Evidenciaremos, no começo dessa seção, que é possível organizar as devidas informações em um ambiente próprio do Inventor para expô-las em formato de vídeo. Na apresentação de defesa deste trabalho, será possível explorar de maneira mais efetiva tal ponto.

Figura 51 – Desenho de montagem da bomba



Fonte: O autor (2020).

### 3 CONCLUSÃO

As ferramentas presentes nos ambientes visitados durante este trabalho, a saber, ambientes de esboços 2D e 3D, modelagem e apresentação, permitem uma boa praticidade à realização de esboços de projetos e serve como uma excelente ferramenta de apoio afim de facilitar o cotidiano dos projetistas e entregar uma boa fidedignidade aos projetos.

Juntamente com o aprendizado e aplicação de uma nova ferramenta, este estudo possibilitou a análise crítica de um projeto, levando em consideração fatores multidisciplinares, como análises de funcionalidades de peças e análises de materiais.

As pesquisas realizadas possibilitaram lembrar vários conceitos vistos na graduação e aplicá-los nos estudos deste projeto.

A utilização em paralelo de duas ferramentas complementares, o Inventor e o AutoCAD, foi rica também no sentido de permitir a visualização das funcionalidades de cada software, bem como suas limitações e pontos fortes, além da possibilidade de aprendizado de uma nova ferramenta digital e colocação em prática uma que, apesar de usual, tinha funcionalidades que há muito tempo não eram exploradas.

As fontes de pesquisas e conhecimento de padrões de engenharia se mostraram pontos importantes de atenção para garantir um projeto tecnicamente correto e eficiente, principalmente para padronizar a leitura de desenhos por outros engenheiros e projetistas.

#### 3.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O Inventor se mostrou uma ferramenta bastante abrangente e dinâmica, tornando fácil várias análises mais complexas. Uma exploração mais voltada à análises de tensões mecânicas usando elementos finitos pode ser feita em um ambiente do software e levantar ricas discussões.

Análises voltadas às escolhas dos materiais podem, também, ser aprofundadas. O banco de dados do Inventor permite o acesso a várias funcionalidades predefinidas que auxiliam aos usuários a obterem projetos inteiros de maneira prática e confiável.

## REFERÊNCIAS

- ACOPLAST. **Elementos de transmissão mecânica**. Disponível em: <https://blog.acoplastbrasil.com.br/elementos-de-transmissao-mecanica/>. Acesso em: 22 set. 2020.
- BRASIL ESCOLA. **Terceira Revolução Industrial**. <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 18 set. 2020.
- BLOG PROF. STEFANELLI. **Bomba de óleo intermitente**. Disponível em: <https://www.stefanelli.eng.br/bomba-oleo-intermitente/>. Acesso em: 05 set. 2020.
- CALLISTER JR, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 844 p.
- CASA DAS GAXETAS. **Anéis O’ring**. Disponível em: <https://www.gaxetas.com.br/4-pontos-importantes-que-voce-precisa-saber-sobre-os-aneis-oring/>. Acesso em: 14 out. 2020.
- CRV INDUSTRIAL. **Parafuso sextavado**. Disponível em: <http://www.crvindustrial.com/blog/parafuso-sextavado-tudo-o-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 22 out. 2020.
- CURSOS GURU. **O surgimento do AutoCAD e sua importância para a indústria**. Disponível em: <https://cad.cursosguru.com.br/como-surgiu-autocad-qual-sua-importancia/>. Acesso em: 18 set. 2020.
- DUBRONZE. **Bronze**. Disponível em: <http://dubronze.com.br/conheca-o-bronze-660/>. Acesso em: 20 out. 2020.
- HICKS, T. G. **Pump selection and application**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1957. 422 p.
- KAPP, W. A. **Eixos e árvores**. 2016. 120 f. Notas de aulas – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- LIMA, E. P. C. **Mecânica das bombas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003. 610 p.
- MATTOS, E. E.; DE FALCO, R. **Bombas industriais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998. 474 p.
- MAXFER. **Buchas de bronze**. Disponível em: <https://www.maxfer.com.br/bucha-bronze-mancais/>. Acesso em: 26 set. 2020.
- MECÂNICA INDUSTRIAL. **Êmbolo**. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/motor-de-combustao-interna/>. Acesso em: 20 dez. 2020.

NETTO, J. M. A. Pequena história das bombas hidráulicas. **Revista DAE**, São Paulo, v. 49, n. 154, p. 15-16, 1989.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 1060 p.

PROVENZA, F. **Desenho de máquinas**. 4. ed. São Paulo: Protec, 1980. p. 11.

RAMOS, R. A. V.; SILVA, J. B. C. **Máquinas hidráulicas e térmicas**. 2009. 127 f. Artigo – Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

RESHETOV, D. N. **Atlas de construção de máquinas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Renovada Livros Culturais LTDA, 1979. 452 p.

ROSA, R. O. **Aplicação do software Autodesk Inventor na elaboração do projeto de um redutor de velocidades**. 2015. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

TETRALON. **As especificações das bombas industriais**. Disponível em: <https://www.tetralon.com.br/as-especificacoes-das-bombas-industriais/>. Acesso em: 17 set. 2020.