

## **PROJETO TÉCNICO**

### **Habilitação: Técnico em Mecatrônica**

**Alex Ferreira Souza**

**Jurandy Vinicius Alves Teixeira**

**Kayo Sousa De Bastos**

**Lucas Graciano**

**Lucas Rocha Gonçalves**

**Pedro Henrique De Oliveira Bueno**

**Renan Adenir Caprari**

**Vinícius Torres**

**Vitor Augusto Munhoz do Nascimento**

## **BRAÇO HIDRÁULICO MECATRÔNICO**

**Santo André**

**2024**

**Alex Ferreira Souza**

**Jurandy Vinicius Alves Teixeira**

**Kayo Sousa De Bastos**

**Lucas Graciano**

**Lucas Rocha Gonçalves**

**Pedro Henrique De Oliveira Bueno**

**Renan Adenir Caprari**

**Vinícius Torres**

**Vitor Augusto Munhoz do Nascimento**

## **BRAÇO HIDRÁULICO MECATRÔNICO**

Trabalho de Conclusão do Curso  
apresentado ao Curso Técnico em  
Mecatrônica da ETEC Júlio de Mesquita,  
orientado pelo Prof. Rinaldo, como requisito  
parcial para a obtenção do título de Técnico  
em Mecatrônica.

**Santo André**

## **Agradecimentos**

Gostaríamos de manifestar nosso profundo agradecimento aos professores que, com dedicação e competência, nos orientaram ao longo deste projeto, contribuindo com seu conhecimento técnico e oferecendo suporte essencial para cada etapa de nosso desenvolvimento acadêmico e profissional. Agradecemos também ao Centro Paula Souza, instituição responsável pela criação e manutenção deste curso, que democratiza o acesso ao ensino técnico de qualidade para aqueles que buscam aprimoramento e especialização.

Nossa gratidão estende-se à ETEC Júlio de Mesquita, onde tivemos a oportunidade de consolidar conhecimentos teóricos e aplicá-los na prática, em um ambiente que fomentou o nosso desenvolvimento tanto intelectual quanto profissional. Este projeto vai além da construção de um protótipo; ele representa um processo de aprendizado contínuo, que envolveu pesquisa aprofundada, testes rigorosos e validação de conceitos, permitindo-nos alcançar os objetivos propostos e fortalecer nossas competências técnicas.

# **Lista de Figuras**

<b>Figura 1 - Braço Hidráulico Industrial .....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2 - Plataforma elevatória articulada .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 3 Exemplo de sistemas articulados hidráulicos. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 4 Arduino Nano .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 5 Desenho e Imagem do servomotor. ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 6 Demonstração Visual do PWM usado no servo. ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 7 Fonte usada no projeto – 12 volts e 5 amperes. ....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 8 Módulo XL4015 .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 9 Sensor de Proximidade Reflexivo .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 10 – Caixa de plástico para montagem eletrônica .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 11 Simulação do Braço - SDW .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 12 Plataforma Elevatória 2 .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 13 Captura da Tela do PresaSlicer .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 14 Impressão das Bielas .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 15 Usinagem e ajustes .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 16 Montagem da Garra .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 17 Ilustração de um compressor de pistões .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 18 Mecanismo de transmissão/compressor .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 19 Detalhamento do Manipulador e Base .....</b>	<b>43</b>

<b>Figura 20 Diagrama do Hardware. ....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 21 Módulo Step-down XL4015. ....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 22 Placa de Controle. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 23 Placa de potência. ....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 24 Foto tirada durante um Teste da força da seringa. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 25 atuador com seringas .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 26 Diagrama do Processo de Operação. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 27 Diagrama de obtenção de coordenadas para o banco de dados. ..</b>	<b>53</b>
<b>Figura 28 Exemplificação do momento .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 29 Detalhamento simples do Manipulador .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 30 Demostraçāo das medidas simplificadas .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 31 Diagrama de corpo livre dos mecanismos .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 32 Pressāo interna do atuador .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 33 Pressāo atmosférica exercida ao atuador .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 34 Exemplificação do Teorema de Pascal .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 35 Diferenāa entre as seringas .....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 36 Demonstração das medidas da biela menor .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 37 1º protótipo, feito no início do projeto .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 38 - 1º Protótipo de garra .....</b>	<b>107</b>

## **Lista de Tabelas**

<b>Tabela 1 - Atividades de Mecânica .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabela 2 Atividades de Eletrônica .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabela 3 - Atividades de Automação .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabela 4 Diagrama de Gantt 1º Semestre .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabela 5 Diagrama de Gantt 2º Semestre .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabela 6 Tabela de Orçamentos .....</b>	<b>67</b>

## **Lista de abreviaturas e Siglas**

1. **V** - Volts (Tensão Elétrica)
2. **A** - Amperes (Corrente Elétrica)
3. **W** - Watts (Potência Elétrica)
4. **Ω** - Ohms (Resistência Elétrica)
5. **N** - Newton (Força)
6. **Kgf\*cm** - Quilograma-força por centímetro (Torque)
7. **cm** - Centímetro (Comprimento)
8. **mm** - Milímetro (Comprimento)
9. **Nm** - Newton-metro (Torque)
10. **kg** - Quilograma (Massa)
11. **ml** - Mililitro (Volume)
12. **s** - Segundos (Tempo)
13. **°C** - Graus Celsius (Temperatura)
14. **Vcc** - Tensão Contínua (Tensão Elétrica em Corrente Contínua)
15. **PWM** - Modulação por Largura de Pulso (Sinal de Controle)
16. **DC** - Corrente Contínua (Direct Current)
17. **GND** - Terra ou Referência Comum (Ground)

# Sumário

1	Introdução .....	12
1.1	Descrição do Contexto .....	13
1.2	Descrição do Problema .....	13
1.2	Dados do Projeto .....	14
1.2	Área de Abrangência .....	14
1.3	Equipe Técnica .....	15
2	Cronograma de Atividades .....	17
2.1	Tabela de Atividades Mecânicas .....	18
2.2	Tabela de Atividades Eletrônicas .....	19
2.3	Tabela de Atividades de Automação .....	20
2.1	Diagrama de Gantt .....	21
3	Objetivos Gerais .....	24
3.1	Objetivos Específicos .....	24
3.2	Estrutura do Braço - Mecânica .....	24
3.3	Central de comando - Eletrônica .....	25
3.4	Automação - Programação .....	25
4	Metodologia e Materiais .....	26
4.1	Funcionamento .....	26

4.2	Deslocamento das Seringas.....	27
4.3	Automação do Projeto .....	27
4.4	Descrição dos Componentes.....	27
4.5	Estrutura e Montagem Mecânica .....	36
4.5.1	Impressão 3D das Peças .....	37
4.5.2	Usinagens e Tolerâncias.....	39
4.5.3	Montagem e Ajustes .....	40
4.5.4	Mecanismo de Transmissão .....	41
4.6	Diagrama geral do Hardware.....	44
4.7	Fonte de Alimentação.....	45
4.8	Estrutura do Sistema Eletrônico .....	46
4.8.1	Placa de Controle.....	46
4.8.2	Placa de Potência.....	47
4.9	Testes Eletrônicos de Funcionamento dos Atuadores.....	48
4.9.1	Configuração dos Testes.....	48
4.9.2	Primeiros Testes com e sem Carga .....	49
4.10	Testes Funcionais.....	50
4.12	Programação.....	51
4.13	Obtenção de coordenadas.....	53
5	Memorial de Cálculos .....	54

5.1 Uso do Cálculo do Momento .....	54
5.2.1 Cálculos de Hidroestática.....	58
5.2.2 Pricípio de Pascal.....	61
5.2.3 Cálculo do Deslocamento Linear.....	65
6      Orçamentos .....	67
7      Manual de operação .....	68
8      Manual de Manutenção.....	71
8.1 Manutenção Preventiva.....	71
8.1.1 Lubrificação de Componentes Mecânicos .....	71
8.1.2 Verificação de Vazamentos no Sistema Hidráulico .....	71
8.1.3 Testes de Tensão e Corrente Elétrica .....	72
8.1.4 Calibração dos Sensores e Atuadores.....	72
8.2 Manutenção Corretiva.....	73
8.2.1 Substituição de Servomotores Danificados.....	73
8.2.2 Vazamento de Fluido Hidráulico .....	73
8.2.4 Mau Funcionamento do Arduino Nano.....	74
8.3 Possíveis Falhas Recorrentes.....	75
8.3.1 Desalinhamento de Componentes Mecânicos .....	75
8.3.2 Superaquecimento de Servomotores.....	75
8.3.3 Perda de Comunicação Entre Placas de Controle e Potência.....	75

9 Monitoramento e Avaliação.....	76
10 Considerações Finais.....	105
11 Referências Bibliográficas.....	108
11.1 Pesquisas:.....	109
11.2 Artigos e Materiais Didáticos: .....	111
12 Anexos .....	112
12.1 Programação .....	112
12.1.1 – Movimentos Coordenados e VarSpeedServo.....	112
12.1.2 Aquisição de Coordenadas.....	117
12.2 Desenhos Técnicos.....	121
12.3 Datasheets e Componentes .....	140

## 1 Introdução

A indústria está continuamente em busca de soluções inovadoras para problemas preexistentes. Essas soluções podem emergir de novas ideias ou da síntese de conceitos já estabelecidos, organizados em projetos que integram múltiplas disciplinas da engenharia. A combinação de robótica e hidráulica exemplifica essa abordagem multidisciplinar. A engenharia hidráulica é renomada por sua capacidade de aplicar grandes forças com elevada confiabilidade, enquanto a robótica é reconhecida por sua inteligência e eficiência na execução de processos repetitivos e lógicos. A integração dessas duas áreas de engenharia potencializa suas vantagens individuais, resultando em um sistema híbrido que oferece um vasto leque de novas possibilidades tecnológicas.

Atualmente, a maioria das soluções usadas é operada manualmente por técnicos experientes em equipamentos grandes. No entanto, a automação nesse campo está em seus estágios iniciais, especialmente em sistemas hidráulicos. Introduzir tecnologias automatizadas aqui é inovador, mas desafiador, exigindo a combinação de conhecimentos avançados em robótica e hidráulica para melhorar a eficiência e a precisão das operações. Em robótica e hidráulica para alcançar eficiência operacional e precisão.

Nesse contexto, a concepção de um braço mecatrônico baseado em um sistema de transmissão de potência e atuadores hidráulicos constitui uma proposta inovadora e ambiciosa. Esta abordagem, ainda pouco explorada na indústria, apresenta um potencial significativo para marcar um avanço substancial nas futuras gerações da tecnologia industrial. A integração de mecanismos de transmissão de potência com atuadores hidráulicos em um sistema mecatrônico promete aprimorar a eficiência e a precisão operacionais, posicionando-se como um catalisador para a evolução das práticas industriais.

## 1.1 Descrição do Contexto

O nosso projeto técnico visa uma demonstração simples da aplicação e do contexto que pode ser inserido, tomando cunho industrial se utilizado como base para execução de diversos processos mais complexos e abrangentes

## 1.2 Descrição do Problema

Embora existam soluções amplamente utilizadas no mercado, estas são predominantemente manuais, com a operação sendo conduzida por técnicos especializados na manipulação de equipamentos de grande porte. A automação nesse contexto permanece em uma fase incipiente, especialmente no que diz respeito aos sistemas hidráulicos. A implementação de tecnologias automatizadas nesses sistemas é pioneira e enfrenta desafios significativos, demandando a integração de conhecimentos avançados em robótica e hidráulica para alcançar eficiência operacional e precisão.



*Figura 1 - Braço Hidráulico Industrial*

## 1.2 Dados do Projeto

O projeto foi idealizado que seja um produto inovador e viável para o uso em indústrias como um meio de manufatura e manipulação de objetos com alta carga e que também exijam alta flexibilidade e precisão. Levando em consideração alguns produtos já existentes no mercado como as plataformas elevatórias articuladas, braços hidráulicos com ferramentas acopladas e até mesmo escavadeiras, porém juntando estes elementos à tecnologia da robótica e robôs industriais, com alta capacidade de adaptação às necessidades da indústria moderna.

## 1.2 Área de Abrangência

Por se tratar de um projeto baseado na robótica, sua característica fundamental é a flexibilidade na qual o produto pode atuar, desde a manufatura de automóveis, movimentação de cargas com alta precisão, construção civil ou até mesmo uso em ambientes hostis aos colaboradores.



*Figura 2 - Plataforma elevatória articulada*

### 1.3 Equipe Técnica

**Alex Ferreira Souza:** Auxiliar no desenvolvimento de tabelas, gráficos, documentação e manuais.

**Jurandy Vinicius Alves Teixeira:** Responsável para organização financeira do projeto, como tabelas e pesquisa de custos dos componentes.

**Kayo Sousa De Bastos:** Responsável pelo desenvolvimento da automação do projeto, como placas eletrônicas, dimensionamento elétrico, programação e automação.

**Lucas Graciano:** Forneceu uma fonte de 12V e 5A e as bases de madeira para a fixação do protótipo.

**Lucas Rocha Gonçalves:** Responsável pela documentação e desenvolvimento do projeto técnico e documentação dos diários de bordo.

**Pedro Henrique De Oliveira Bueno:** Desenvolver dos desenhos técnicos e modelos tridimensionais para a impressão do projeto em PLA.

**Renan Adenir Caprari:** Usinagem quando necessária.

**Vinícius Torres:** Responsável pela maioria dos cálculos estruturais e de aplicação de força do projeto.

**Vitor Augusto Munhoz do Nascimento:** Responsável pelo desenvolvimento da documentação juntamente ao Lucas Rocha.

## 2 Cronograma de Atividades

Para a organização e condução adequada do desenvolvimento deste projeto, utilizamos como referência as diretrizes descritas no manual de elaboração de TCC disponibilizado pelo Centro Paula Souza. Este documento serve como guia fundamental, fornecendo todas as instruções e informações essenciais para a execução de um projeto técnico dentro dos padrões exigidos pela instituição, garantindo a qualidade e o cumprimento das normas acadêmicas.

Listamos as atividades do projeto em tabelas para facilitar o acompanhamento do progresso e garantir uma apresentação clara e organizada. Para melhor gestão, o desenvolvimento foi dividido em três tabelas distintas, cada uma correspondendo a um campo específico do nosso projeto:

**Tabela de Atividades Mecânicas:** Focada nas etapas de fabricação, montagem e ajustes dos componentes físicos, incluindo estruturas, articulações e mecanismos hidráulicos.

**Tabela de Atividades Eletrônicas:** Destinada às tarefas relacionadas ao desenvolvimento da central de controle, testes de atuadores, e integração dos circuitos de potência e controle.

**Tabela de Atividades de Programação:** Voltada para o desenvolvimento, implementação e testes dos códigos que controlam os atuadores, sensores e demais funcionalidades automatizadas.

Cada tabela foi projetada para permitir uma visão clara das atividades, prazos e responsáveis, otimizando o gerenciamento do projeto como um todo.

## 2.1 Tabela de Atividades Mecânicas

Todas atividades relacionadas ao desenvolvimento mecânico, como desenhos, ajustes, usinagens, montagens, compra de insumos e testes de propriedades e comportamentos dos componentes.

**Tabela de atividades do TCC (Mecânica)**

NOMENCLATURA	NOME DA TAREFA	TIPO DE CARACTERÍSTICA	ESTADO	DATA DE LANÇAMENTO	OBJETIVO	CHAVE DE STATUS
M1	Definir e prototipar um dos mecanismos	Mecânica	Lançado	03/26/24	Será feito manualmente testes e protótipos dos mecanismos principais do braço.	Planejado
M2	Testes com os materiais	Mecânica	Em espera	03/26/2024	Testes que serão feitos: Peso elevado, pressão, vazamento, torque, estabilidade, estética, resistência.	Terminado
M2.1	Testes com os rolamentos	Mecânica	Em espera	03/27/24	Testes que serão feitos para definir o melhor tipo de rolamento para diminuir o atrito das juntas.	Contínuo
M2.2	Testes com as seringas	Mecânica	Em andamento	03/26/2025	A partir dos testes será estudado qual seringa terá o melhor comportamento em suportar (peso elevado, velocidade, pressão, estabilidade, etc).	Em espera
M2.3	Testes com o PLA	Mecânica	Em espera	03/28/24	Testes de resistência, dureza, flexibilidade e tenacidade do materiais.	Em andamento
M3	Definir os mecanismos de movimentação	Mecânica	Planejado	03/26/2026	Será definir os graus de liberdade das juntas, força exercida, amplitude dos movimento	Lançado
M3.1	Usinagem das peças que serão de aço.	Mecânica	Em espera	03/29/24	Algumas peças que serão usadas como contra-pesos terão que ser feitas de aço por conta de sua densidade.	
M4	Definir os materiais que serão utilizados	Mecânica	Lançado	03/26/2027	Material da garra (PLA), porcas, parafusos, tubos, rolamentos, ilhós, engrenagens, roscas, etc.	
M5	Começar o dimensionamento	Mecânica	Contínuo	03/30/24	Usando como base as atividades anteriores, faremos o dimensionamento físico do projeto.	
M6	Cálculos do projeto	Mecânica	Em andamento	03/27/24	Para prever o funcionamento do projeto teremos cálculos a fazer, como por exemplo: Força aplicada, pressão, torque, peso da estrutura, peso do objeto a ser manuseado, etc.	
M7	Desenhos Mecânicos	Mecânica	Contínuo	03/26/2025	Desenhos gerais da estrutura mecânica do projeto (OBS: deve ser documentado em documento técnico mecânico).	
M8	Montagem das peças e possíveis retrabalhos	Mecânica	Contínuo	03/28/24	Fazer a montagem do braço e realizar possíveis modificações não previstas nos desenhos, como cortes e furos para a adequação do projeto	

*Tabela 1 - Atividades de Mecânica*

## 2.2 Tabela de Atividades Eletrônicas

Relaciona todas as atividades que envolvam eletrônica, elétrica, dimensionamentos de potência, estudo de circuitos e desenvolvimento das placas e circuitos.

**Tabela de atividades do TCC (Eletrônica)**

NOMENCLATURA	NOME DA TAREFA	TIPO DE CARACTERÍSTICA	ESTADO	DATA DE LANÇAMENTO	OBJETIVO
E1	Definir as funcionalidades do projeto	Eletrônica	Contínuo	03/26/24	A funcionalidade do projeto se resume no objetivo principal dele, se ele vai apenas erguer objetos, separar, empilhar, mover, manusear e etc
E2	Definir os componentes	Eletrônica	Terminado	03/26/2024	A partir das necessidades do projeto, temos que definir quais serão os componentes eletrônicos que serão usados.
E3	Testes com os servos	Eletrônica	Terminado	03/27/24	Um dos atuadores fundamentais do nosso projeto será o servo, logo temos que determinar todas suas capacidades e limitações
E4	Testes com o arduino	Eletrônica	Terminado	03/26/2025	O microcontrolador do nosso projeto será o Atmel328P do arduino, temos que determinar sua capacidades e limitações.
E5	Testes com os demais componentes	Eletrônica	Terminado	03/28/24	Usaremos diversos componentes como : Reguladores de tensão, cobaos, conectores, resistores, transistores, e etc, cada um deles têm suas características
E6	Dimensionamento elétrico	Eletrônica	Terminado	03/26/2026	Para que todos os componentes funcionem em harmonia, temos que fazer com que eles operem no ambiente ideal determinado pelos fabricantes para assim evitar danos e imprevistos
E7	Montagem da placa	Eletrônica	Planejado	03/29/24	O projeto será feito primariamente em um protoboard, mas o projeto final será feito em uma de prototipagem furada com ilhas de solda para garantir o contato e estabilidade.
E8	Instalação eletrônica	Eletrônica	Contínuo	03/26/2027	Com todos os ajustes e componentes prontos, instalaremos ele ao braço e iniciaremos a parte de testes e automação.
E9	Testes e ajustes	Eletrônica	Terminado	03/30/24	Será feitos testes e ajustes para melhor desempenho do braço, verificando se há algo a ser melhorado ou modificado.
E10	Instalação do software para a automatização	Eletrônica	Contínuo	03/27/24	O software será o que fará do braço um projeto autônomo, executando uma determinada função.

*Tabela 2 Atividades de Eletrônica*

## 2.3 Tabela de Atividades de Automação

Esta tabela abrange todas as atividades relacionadas à automação do projeto, tornando-o funcional e autônomo, de acordo com o objetivo principal proposto inicialmente. As tarefas incluem o desenvolvimento e a implementação dos códigos de controle, a criação de fluxogramas para otimizar o funcionamento do sistema, e a realização de testes rigorosos para garantir que o braço robótico execute corretamente as operações planejadas, como o transporte de objetos de um ponto A para um ponto B de maneira automatizada.

**Tabela de atividades do TCC (Automação)**

NOMENCLATURA	NOME DA TAREFA	TIPO DE CARACTERÍSTICA	ESTADO	DATA DE LANÇAMENTO	OBJETIVO
A1	Definir funcionalidade	Programação	Terminado	03/26/24	Funcionabilidade será o objetivo principal do projeto, suas funções, o que o braço será determinado a fazer
A2	Iniciar fluxograma	Programação	Terminado	03/26/2024	Fluxograma ajudará a designar a funcionalidade do braço de forma visual e simples,
A3	Sistema de aquisição de coordenadas	Programação	Planejado	03/27/24	Como o braço se movimentará, precisamos passar as coordenadas de seus movimentos para a comunicação
A4	Programação da movimentação	Programação	Contínuo	03/26/2025	Precisaremos definir a forma mais eficiente para fazer a movimentação dos mecanismos através da programação
A5	Lógica	Programação	Em andamento	03/28/24	O processo que será designado ao projeto deve seguir uma lógica para que possa ser de fato autônomo.
A6	Testes e validação	Programação	Contínuo	03/26/2026	Para validar se o software desenvolvido será de fato funcional, deverá ser feito uma gama de testes.

*Tabela 3 - Atividades de Automação*

## 2.1 Diagrama de Gantt

Para mensurar o tempo de desenvolvimento do projeto, utilizamos a metodologia do diagrama de Gantt, uma ferramenta visual que permite acompanhar o progresso de forma prática e simples. Este diagrama organiza as atividades do projeto em uma tabela que relaciona cada tarefa com o tempo estimado para sua conclusão, utilizando semanas como unidade de medida.

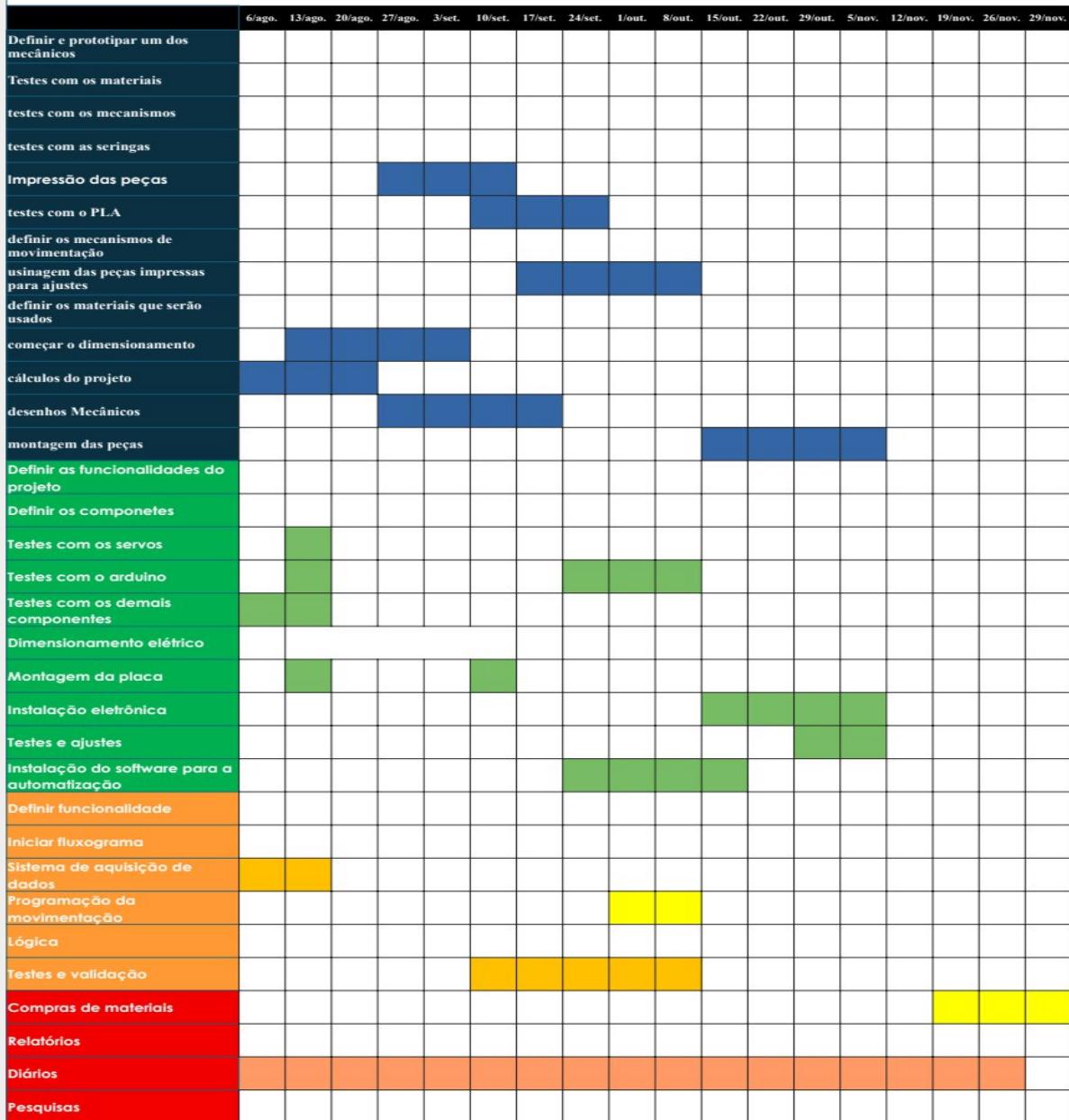
Cada atividade previamente descrita é associada a uma linha no diagrama, e o acompanhamento do andamento é feito através da marcação com cores. As colunas indicam as semanas, e o preenchimento colorido representa o estágio de progresso de cada tarefa. Essa abordagem facilita a visualização de quais etapas estão em andamento, concluídas ou atrasadas, permitindo ajustes no planejamento e garantindo um desenvolvimento mais eficiente e controlado.

### Diagrama de Gantt (1º semestre)

	9/abr.	16/abr.	23/abr.	30/abr.	7/mai.	14/mai.	21/mai.	28/mai.	4/jun.	11/jun.	18/jun.	25/jun.	2/jul.	9/jul.	16/jul.	23/jul.	30/jul.
Definir e prototipar um dos mecânicos																	
Testes com os materiais																	
testes com os mecanismos																	
testes com as seringas																	
Impressão das peças																	
testes com o PLA																	
definir os mecanismos de movimentação																	
usinagem das peças impressas para ajustes																	
definir os materiais que serão usados																	
começar o dimensionamento																	
cálculos do projeto																	
desenhos Mecânicos																	
montagem das peças																	
Definir as funcionalidades do projeto																	
Definir os componentes																	
Testes com os servos																	
Testes com o arduino																	
Testes com os demais componentes																	
Dimensionamento elétrico																	
Montagem da placa																	
Instalação eletrônica																	
Testes e ajustes																	
Instalação do software para a automatização																	
Definir funcionalidade																	
Iniciar fluxograma																	
Sistema de aquisição de dados																	
Programação da movimentação																	
Lógica																	
Testes e validação																	
Compras de materiais																	
Relatórios																	
Diários																	
Pesquisas																	

Tabela 4 Diagrama de Gantt 1º Semestre

**Diagrama de Gantt (2º semestre)**



*Tabela 5 Diagrama de Gantt 2º Semestre*

### **3 Objetivos Gerais**

Desenvolver um braço mecatrônico hidráulico como projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), com o objetivo de explorar os princípios da engenharia mecatrônica, visando a construção de um protótipo funcional que demonstre o entendimento teórico e prático dos sistemas mecatrônicos, bem como suas aplicações e desafios técnicos.

- Capacidade de carga de até 0,5 Kg.
- Baixo Custo
- Facilidade na programação (por aprendizagem).
- Flexibilidade na aplicação.

#### **3.1 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos compõem o projeto real aplicado à nossas pesquisas, o resultado dos estudos e objetivos a serem concretizados até o término do projeto.

#### **3.2 Estrutura do Braço - Mecânica**

Os objetivos específicos da parte mecânica do braço hidráulico mecatrônico incluem o projeto e a construção dos componentes estruturais responsáveis pela sustentação e movimentação do braço. Isso envolve a análise e seleção de materiais adequados para garantir resistência, durabilidade e leveza, levando em consideração os esforços mecânicos envolvidos durante as operações do braço. Além disso, é necessário projetar os mecanismos de articulação e os pontos de fixação de forma a garantir uma movimentação fluida e precisa, minimizando ao máximo a fricção e o desgaste dos componentes.

### **3.3 Central de comando - Eletrônica**

Os objetivos específicos da parte eletrônica da central de comando incluem o projeto e desenvolvimento dos sistemas de controle e automação responsáveis por gerenciar os movimentos e operações do braço hidráulico mecatrônico. Isso envolve a seleção e integração de componentes eletrônicos, como sensores de posição, pressão e temperatura, atuadores elétricos ou servomotores, bem como placas de circuito impresso e microcontroladores.

### **3.4 Automação - Programação**

Os objetivos específicos da parte de automação e programação envolvem o desenvolvimento e implementação de algoritmos e sistemas de controle que permitam a automação das operações do braço hidráulico mecatrônico. Isso inclui a programação de micro controladores ou CLP (Controladores Lógicos Programáveis) para executar as tarefas de controle e supervisão das operações do braço.

## 4 Metodologia e Materiais

O projeto exigiu que seu desenvolvimento fosse feito através de estudos, cálculos e testes, nos quais determinariam o andamento e resultados alcançados, logo foi necessário o entendimento por completo dos detalhes mais básicos desde os mais complexos e a associação entre tais áreas do conhecimento.

### 4.1 Funcionamento

O sistema do braço mecatrônico hidráulico foi projetado para ser construído com um material rígido e leve, como filamento PLA HT. Os atuadores utilizados são seringas médicas de 10 ml, escolhidas por serem compactas e firmes o suficiente para o projeto. As seringas possuem uma peça de borracha junto ao êmbolo, garantindo a vedação adequada dos líquidos internos.



*Figura 3 Exemplo de sistemas articulados hidráulicos.*

## 4.2 Deslocamento das Seringas

A seringa de 20 ml possui um deslocamento linear de cerca de 60 mm, medida essencial para o funcionamento do sistema. Esse avanço linear é utilizado para a transmissão da força dos atuadores, porém ao ser transmitida para a seringa de 10 ml, que é metade da de 20 ml, o deslocamento também é dividido na metade, assim, quando a seringa de 20 ml desloca apenas 30 mm, a seringa de 10 ml consegue realizar o deslocamento total de 60 mm. Esta situação nos entrega um deslocamento maior, com força reduzida, nos atuadores nos quais a força será priorizada, o contrário será feito, onde a seringa de 10ml será movida pelo servomotor assim transmitindo a força para a seringa de 20ml, estes conceitos foram extraídos diretamente do princípio de Pascal

## 4.3 Automação do Projeto

Para a automação do projeto, foram utilizados atuadores lineares elétricos, como servomotores que transformam movimento rotacional em movimento linear. Isso permite que o sistema funcione de maneira automática, respondendo aos comandos programados no microcontrolador Arduino.

## 4.4 Descrição dos Componentes

### 1. Seringa de 20 ml

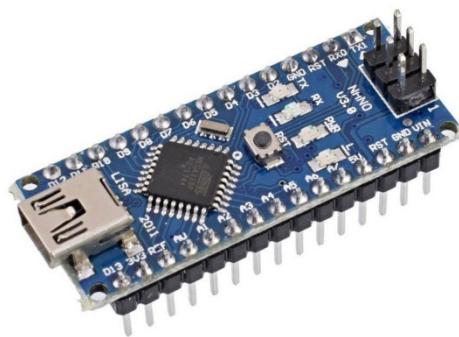
As seringas de 20ml serão os atuadores motrizes e movidos do projeto, pelo fato de ter um volume interno e diâmetro maiores que as seringas de 10ml, o deslocamento linear que o êmbolo deverá fazer será menor se comparada à de 10ml, porém a força será melhor aproveitada nesta situação.

### 2. Seringa de 10 ml

As seringas de 10ml serão os atuadores movidos e motrizes, acoplados diretamente ao mecanismo do braço hidráulico onde o deslocamento se faz mais necessário, tendo em média um deslocamento de até 65mm

### 3. Arduino Nano

O Arduino Nano é uma versão compacta da popular plataforma de microcontroladores Arduino, desenvolvida especificamente para aplicações que demandam um design enxuto e espaço reduzido. Ele é baseado no microcontrolador ATmega328P, o mesmo utilizado no Arduino Uno, mas apresenta uma forma muito mais compacta, medindo aproximadamente 18x45 mm, o que o torna ideal para projetos com restrições de espaço físico.



*Figura 4 Arduino Nano*

#### Características Técnicas Relevantes

**Dimensões Compactas:** Com seu formato reduzido, o Arduino Nano pode ser facilmente integrado em projetos onde o espaço é uma limitação, como em dispositivos portáteis, wearables ou em sistemas embarcados de pequeno porte.

**Capacidades de Processamento:** Equipado com o ATmega328P, o Arduino Nano possui 32 KB de memória flash para armazenamento de código, 2 KB de SRAM e 1 KB de EEPROM, suficientes para a maioria das aplicações de controle e automação.

**Conectividade e Expansibilidade:** O Arduino Nano possui 14 pinos digitais de I/O, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM, além de 8 entradas analógicas, permitindo uma ampla gama de possibilidades de interface com sensores, atuadores e outros dispositivos.

**Facilidade de Programação:** Como parte do ecossistema Arduino, o Nano pode ser programado usando a IDE Arduino, que é conhecida por sua simplicidade e robustez. A vasta biblioteca de códigos disponíveis facilita a implementação de funções complexas sem a necessidade de escrever código do zero.

**Compatibilidade com Shields e PCB Personalizadas:** Devido ao seu design compacto e a disposição dos pinos, o Arduino Nano pode ser facilmente integrado em placas de circuito impresso (PCB) personalizadas, permitindo a criação de soluções dedicadas e mais organizadas.

**Inserção em uma placa PCB:** O projeto foi idealizado levando em consideração uma estrutura robusta e simples, logo optamos por usar uma placa PCB desenvolvida especificamente para nosso projeto, na qual terá um slot para inserir o próprio Arduino Nano.

## 1. Placa de prototipagem

A placa de prototipagem será uma peça fundamental do projeto, pois ela é responsável pela compatibilidade e simplicidades dos sistemas eletrônicos do projeto, evitando o uso desordenado de cabos.

## 2. Servomotor M996G

O primeiro passo no desenvolvimento eletrônico foi a escolha dos servomotores, que atuam como os principais atuadores do projeto. Optamos pelo micro servomotor MG996R devido ao seu excelente desempenho e compatibilidade com os microcontroladores Arduino. Este servomotor fornece um torque de 13 kgf/cm quando alimentado com uma tensão de 7,2 Vcc e consome uma corrente média de 500 mA com carga. Além disso, o MG996R é amplamente suportado pela biblioteca Servo.h do Arduino, facilitando sua integração e controle.

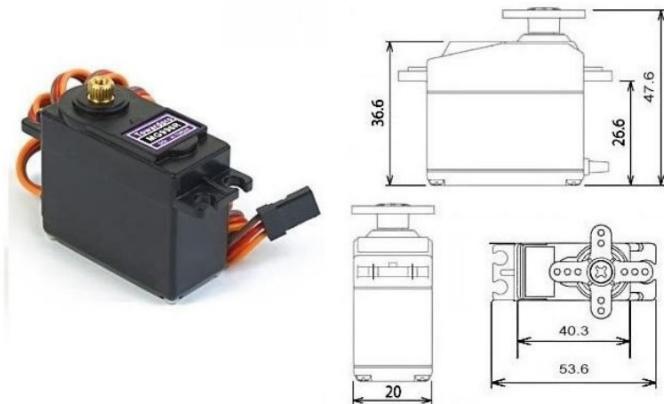


Figura 5 Desenho e Imagem do servomotor.

Seu controle será feito pelo Arduino através de pulsos PWM, onde a largura do pulso corresponde à uma posição angular no eixo do servo.

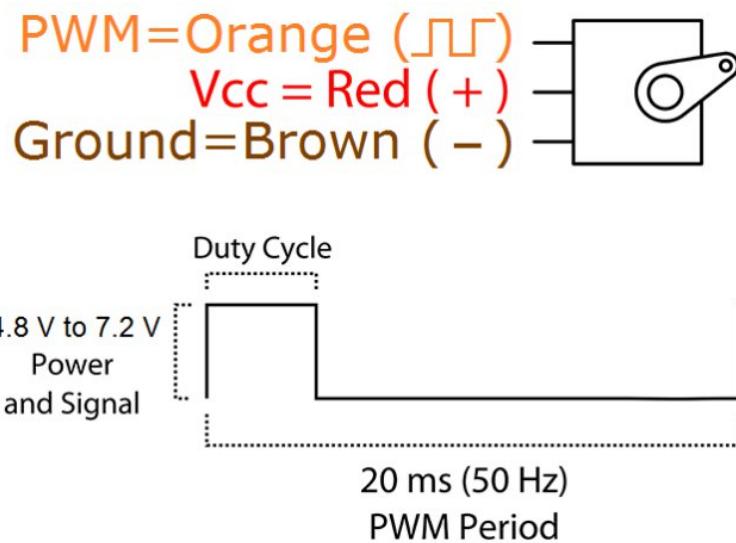


Figura 6 Demonstração Visual do PWM usado no servo.

### 3. Servomotor Hs3225

A haste principal do braço sofrerá um pouco mais de força do que as outras, porque se comparar ela à um nível de hierarquia entre todas as juntas do braço, ela é a “matriz” de todas as outras, logo todo os mecanismos subsequentes partem dela, e isso exigiu um pouco mais de força partindo do servomotor, na qual optamos pelo Hs3225, com 25 Kgf\*cm.

#### 4. Fonte 12V 5A

Para que não haja sobrecarga durante a operação do projeto, a fonte usada foi dimensionada levando em consideração uma potência acima que supra com facilidade os esforços exigidos pelos motores e os sistemas eletrônicos do restante do projeto. A escolha de 12V com tensão nominal da fonte foi escolhida de tal forma que os circuitos adjacentes as fontes usem um sistema Step-Down, que tem uma tensão de saída menor do que a tensão de entrada, como os reguladores citados a seguir.



*Figura 7 Fonte usada no projeto – 12 volts e 5 amperes.*

## 5. Regulador de tensão LM7805CV

O LM7805CV é utilizado para fornecer a tensão necessária ao microcontrolador Arduino Nano e outros componentes eletrônicos que operam a 5V. A fonte principal do projeto fornece 12V, e o regulador LM7805CV converte essa tensão para os 5V necessários, garantindo que o Arduino Nano e os sensores funcionem de maneira estável e segura.

A escolha do LM7805CV se deve à sua confiabilidade comprovada e à capacidade de fornecer uma tensão constante de 5V, essencial para a operação correta dos circuitos de controle e automação do projeto. A implementação deste regulador assegura que variações na tensão de entrada não afetem o desempenho do sistema, contribuindo para a robustez e longevidade do braço mecatrônico.

## 6. Módulo de fonte XL4015

O módulo XL4015 desempenha um papel crucial ao fornecer a tensão correta e estável para os servomotores MG996R, que requerem 7,2V para operar com torque máximo. A escolha deste módulo se baseia em sua capacidade de fornecer corrente suficiente para vários servos ao mesmo tempo, mantendo uma alta eficiência energética.



Figura 8 Módulo XL4015

Além disso, a proteção integrada contra sobrecarga e superaquecimento do CI XL4015 assegura a durabilidade e segurança do sistema, mesmo em operações prolongadas. Isso é particularmente importante em um projeto onde a confiabilidade dos componentes eletrônicos é fundamental para o desempenho geral do braço mecatrônico.

A implementação do módulo XL4015 no projeto não só garante que os servomotores recebam a potência necessária para operar eficientemente, mas também contribui para a estabilidade geral do sistema, reduzindo o risco de falhas elétricas e prolongando a vida útil dos componentes.

## **7. Tubo flexível 2mmØ**

Os tubos flexíveis serão os dutos nos quais serão transmitidos os flúidos de uma seringa para outra, foram escolhidos os tubos de 2mmØ pois são compatíveis com o diâmetro da ponta das seringas, removendo a necessidade de um possível retrabalho.

## **8. Barra de pinos**

Conectores Universais compatíveis com a maioria dos componentes eletrônicos fornecidos no mercado quando se trata de projeto envolvendo Arduino.

## **9. Potenciômetros 10K**

Os potenciômetros são peças cruciais para o projeto, pois eles serviram de controle inicial para o sistema de aprendizagem dos servos, onde uma variável de que está diretamente associada à tensão aplicada nos potenciômetros, será utilizada para converter sinais analógicos em pulsos PWM para o controle dos servos, através da programação.

## 10. Sensor de Proximidade

O sensor de proximidade atuará como um botão de “start” assim que a programação por aprendizagem estiver concluída, assim que ele detectar uma obstrução, onde haverá um objeto adjacente ao sensor, ele dará início as linhas de programação armazenadas da EEPROM.



*Figura 9 Sensor de Proximidade Reflexivo*

## 11. Parafusos

Elementos normalizados de fácil acesso para fixação de componentes, fizemos o uso de parafusos M4 cabeça Allen para que a montagem seja feita através de chaves Allen em formato de L para áreas de difícil acesso.

**12. Braçadeiras de plástico** Elementos de fixação para objetos de difícil acesso à parafusos ou porcas.

### **13. Conectores**

Além das barras de pinos, os cabos também contam com conectores macho e fêmea para fixação nos circuitos eletrônicos.

### **14. Caixa de Plástico**

Para o encausuramento dos circuitos de controle e potência, o uso de uma caixa de plástico é indispensável, pois protegerá os circuitos de possíveis adversidades, deixará o projeto mais ergonômico e organizado, sem contar que o plástico é naturalmente isolante e de fácil usinagem.



*Figura 10 – Caixa de plástico para montagem eletrônica*

## 4.5 Estrutura e Montagem Mecânica

O projeto foi desenvolvido no software de desenho assistido por computador (CAD) SolidWorks da empresa Dassault Systèmes, onde foram desenvolvidas cada peça individualmente usando como referência a medida a seringa de 10ml, logo após seguindo para a montagem dentro do software.

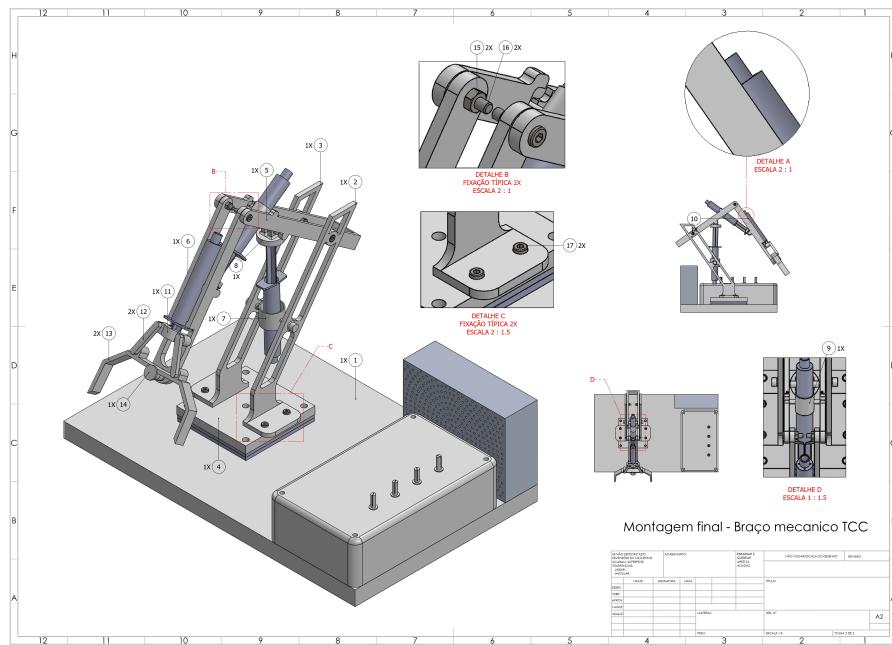


Figura 11 Simulação do Braço - SDW

Durante o processo de desenvolvimento dos componentes mecânicos, houveram diversas ideias e sugestões antes da versão apresentada acima. No início, o braço tinha uma construção mais engessada e com poucos graus de liberdade, porém com maior capacidade, o que nos fez de fato mudar todo o desing do projeto, foi quando cogitamos seu balanço e centro de massa, no qual, se ficasse muito distante do eixo principal, acabaria sobre carregando o servomotor e os atuadores apenas com o peso do próprio braço, desperdiçando energia e diminuindo sua eficiência.

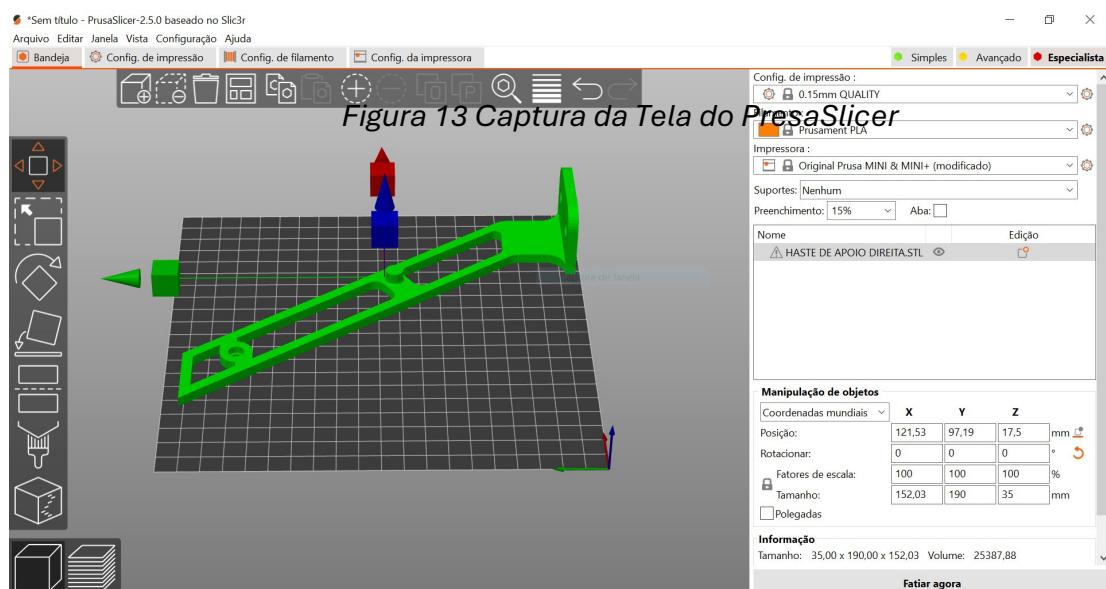
Usamos como base para o novo desing a forma e funcionamento de uma plataforma elevatória articulada hidráulica, onde graças à disposição dos atuadores e juntas, a distribuição de peso seria mais uniforme



Figura 12 Plataforma Elevatória 2

#### 4.5.1 Impressão 3D das Peças

Para a fabricação das peças do projeto, utilizamos a impressora 3D Clever, combinada com o software PrusaSlicer para o processamento dos arquivos STL. Esses arquivos foram inicialmente projetados no SolidWorks, levando em consideração os cálculos estruturais e de resistência mecânica, baseados em nossa pesquisa sobre tratores e plataformas elevatórias hidráulicas.



Ao importar os modelos para o PrusaSlicer, realizamos o posicionamento adequado das peças, aplicando filetes nas bordas críticas e adicionando suportes nas áreas onde a impressão ficaria suspensa. O uso de suportes foi fundamental para garantir a precisão e a integridade das peças, principalmente nas geometrias mais complexas.

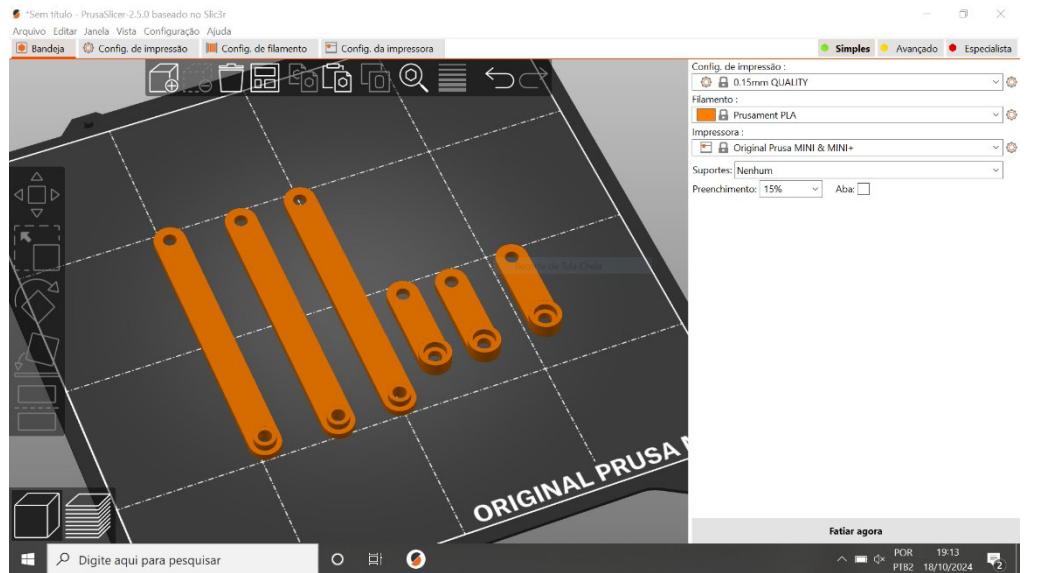


Figura 14 Impressão das Bielas

Optamos por utilizar um preenchimento de 50% na maioria das peças, adotando o padrão de preenchimento triangular. Essa escolha se baseou nas propriedades mecânicas do triângulo, que permite uma impressão mais rápida e eficiente, sem comprometer a resistência e a tenacidade necessárias para o funcionamento das peças no projeto. O padrão triangular, além de otimizar o tempo de impressão, também contribui para a economia de material, mantendo as propriedades estruturais essenciais.

## 4.5.2 Usinagens e Tolerâncias

Após a impressão das peças, observamos que algumas superfícies apresentaram pequenas irregularidades que poderiam comprometer o funcionamento do sistema. Essas imperfeições eram especialmente notáveis nas áreas destinadas aos encaixes deslizantes, fundamentais para garantir a movimentação suave e precisa do braço hidráulico.

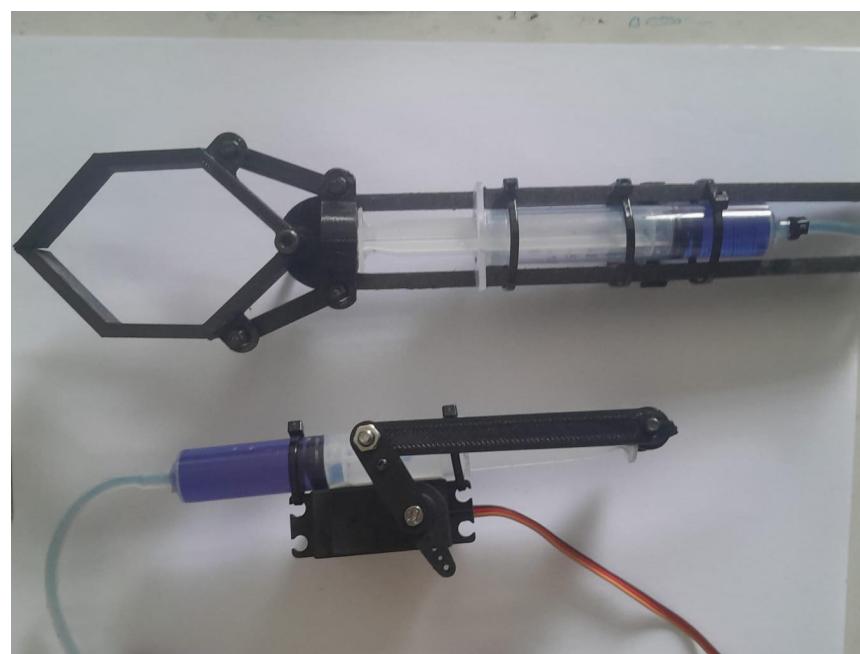
Para corrigir esses desvios e manter a tolerância adequada entre as peças, realizamos ajustes finos através de usinagem. Esse processo de pós-acabamento foi essencial para alinhar as medidas e assegurar que as peças pudessem se movimentar de forma fluida e sem atritos indesejados, garantindo o desempenho correto do conjunto mecânico. Assim, a combinação da impressão 3D com a usinagem fina permitiu que alcançássemos o nível de precisão necessário para o sucesso do projeto.



Figura 15 Usinagem e ajustes

### 4.5.3 Montagem e Ajustes

Após a elaboração dos desenhos técnicos, estudos de funcionamento, simulações em software e impressão das peças, iniciou-se a etapa de montagem do protótipo. Durante esse processo, a instalação dos atuadores requer atenção rigorosa, pois a inserção incorreta de componentes pode comprometer a integridade mecânica do sistema. Um erro de montagem pode causar o rompimento dos tubos de transmissão de fluídos, o que acarretaria vazamentos com potencial para danificar os sistemas eletrônicos adjacentes e as partes de aço, favorecendo a oxidação e comprometendo o funcionamento de todo o projeto.



*Figura 16 Montagem da Garra*

#### 4.5.4 Mecanismo de Transmissão

Para gerar o deslocamento linear nos atuadores de seringa, é necessário desenvolver um mecanismo que converta o movimento rotacional em movimento linear, preservando ao máximo a força transmitida pelo motor para a seringa. Após uma análise de diferentes mecanismos, optamos por utilizar como referência compressores hidráulicos e pneumáticos, que empregam conjuntos de pistões, bielas e virabrequins. Esses elementos convertem a força do motor compressor em movimento linear, permitindo a compressão e direcionamento dos fluídos até uma válvula, promovendo o controle eficaz do fluxo no sistema.

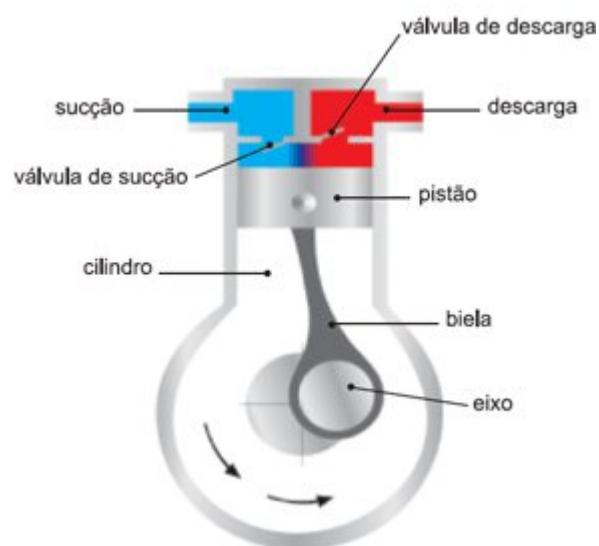
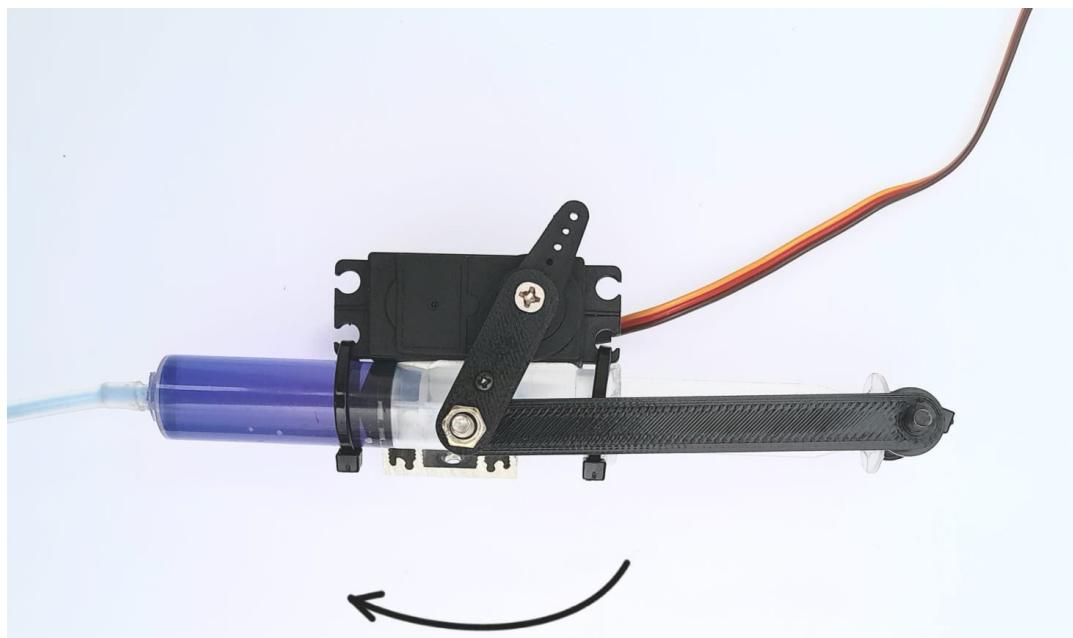


Figura 17 Ilustração de um compressor de pistões

Com esse conceito em mente, desenvolvemos o modelo ilustrado abaixo. Nele, além de criarmos um compressor funcional, implementamos um sistema de posicionamento angular preciso, possibilitado pelo uso de um servomotor na base do mecanismo. Dessa forma, integramos a engenharia hidráulica aos princípios de controle estudados na robótica, combinando movimentos de precisão com a força necessária para acionar o sistema de atuadores.

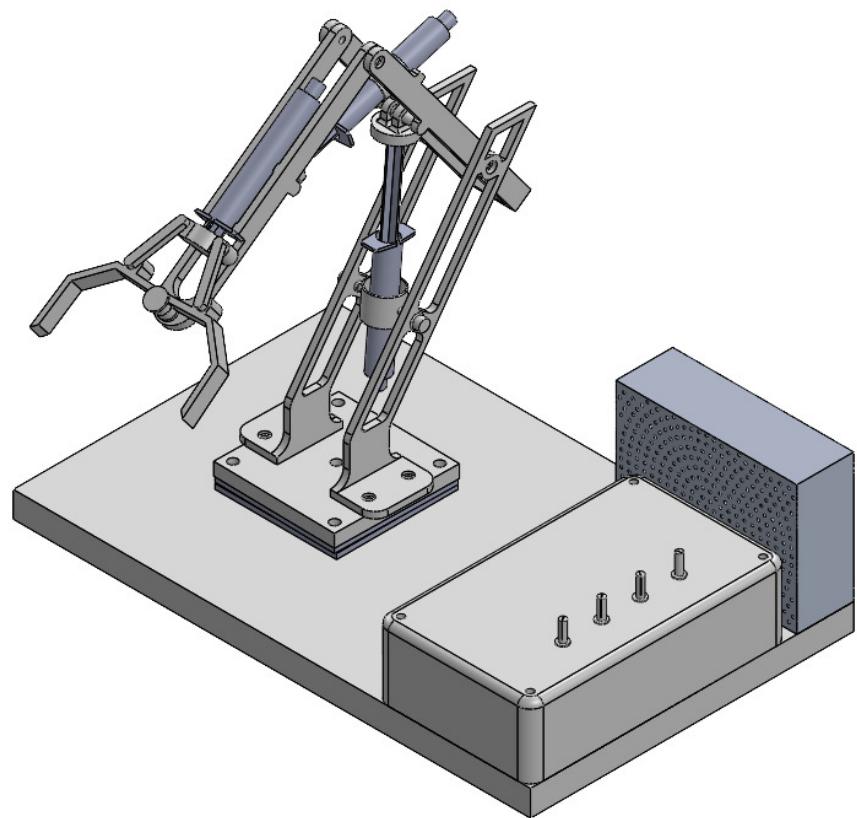


*Figura 18 Mecanismo de transmissão/compressor*

Dessa forma, a estrutura mecânica desenvolvida apresenta robustez, controle preciso e quatro graus de liberdade, permitindo uma área de atuação ampla e eficiente para o manipulador do robô hidráulico. Esse design garante flexibilidade operacional e precisão nos movimentos, fundamentais para aplicações em ambientes industriais que demandam alta confiabilidade e desempenho.

Em resumo, o mecanismo principal é um compressor hidráulico de pistões, aprimorado com controle por servomotor de posicionamento angular, integrando robótica à hidráulica e um sistema mecatrônico em uma única solução.

Neste detalhamento, observa-se a concepção geral do projeto, detalhando a disposição dos componentes mecânicos e eletrônicos, bem como os quatro graus de liberdade do manipulador hidráulico. Essa configuração permite ao sistema uma amplitude significativa de movimentos, cobrindo uma área de atuação adequada para as operações planejadas. Cada atuador foi posicionado de forma estratégica para otimizar o controle e a precisão, garantindo que o manipulador possa realizar movimentos lineares e rotacionais conforme necessário.



*Figura 19 Detalhamento do Manipulador e Base*

## 4.6 Diagrama geral do Hardware

O desenvolvimento da parte eletrônica do projeto do braço hidráulico mecatrônico é crucial para garantir o controle preciso e eficiente dos movimentos dos atuadores hidráulicos. Este capítulo descreve a escolha dos componentes eletrônicos, o design do sistema de controle e a integração dos servomotores com os microcontroladores Arduino.

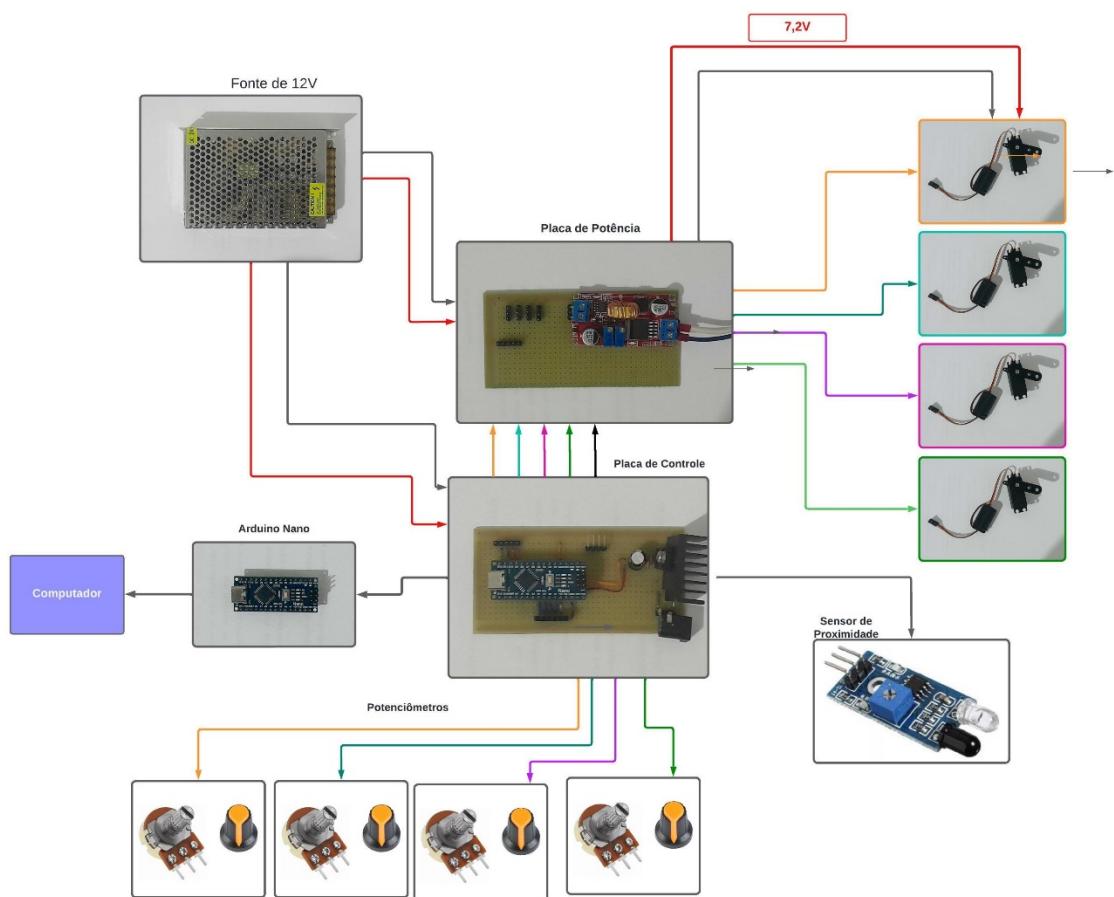
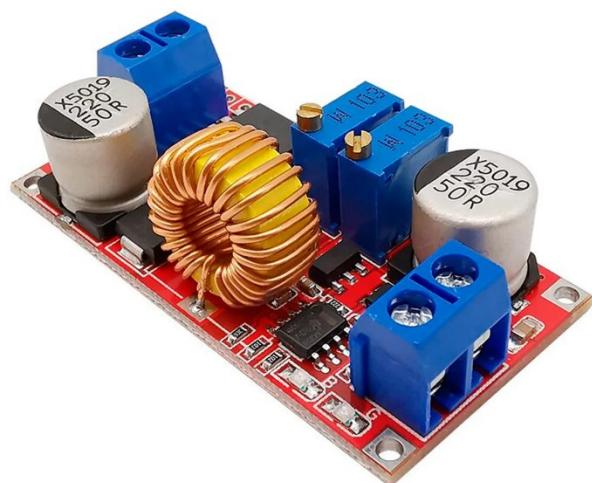


Figura 20 Diagrama do Hardware.

#### 4.7 Fonte de Alimentação

Dado o consumo de corrente dos servomotores, tornou-se evidente a necessidade de uma fonte de alimentação externa para garantir o funcionamento estável do sistema. Foi selecionado um módulo simplificado com o CI XL4015, conhecido por ser um excelente regulador de tensão stepdown. Este módulo pode ser alimentado por uma fonte de 12 Vcc e 5 A, e regula a tensão de saída para 7,2 Vcc, com uma corrente limite de até 3 A, o que é suficiente para o projeto.



*Figura 21 Módulo Step-down XL4015.*

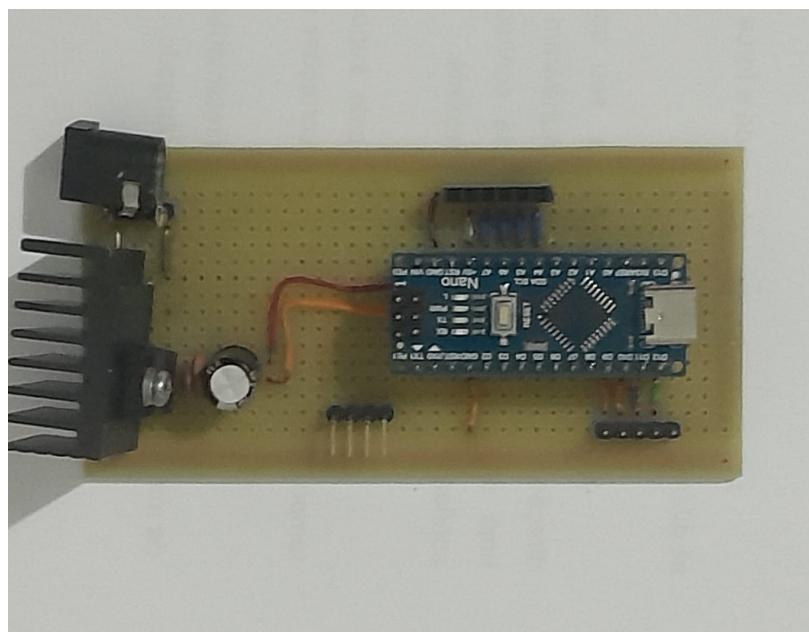
## 4.8 Estrutura do Sistema Eletrônico

O sistema eletrônico do projeto será dividido em duas partes principais: a placa de controle e a placa de potência.

### 4.8.1 Placa de Controle

A placa de controle contém o microcontrolador Arduino, especificamente o modelo Arduino Nano, devido ao seu tamanho compacto. Esta placa será responsável por receber os dados de comando para o acionamento dos servomotores e fornecer os pulsos PWM necessários para controlá-los. O Arduino Nano será alimentado por uma tensão de 5 Vcc, regulada pelo conhecido CI LM7805CV, devido à sua alta confiabilidade.

Esta placa também será responsável por receber os sinais analógicos dos potenciômetros e sinais digitais do sensor de proximidade.

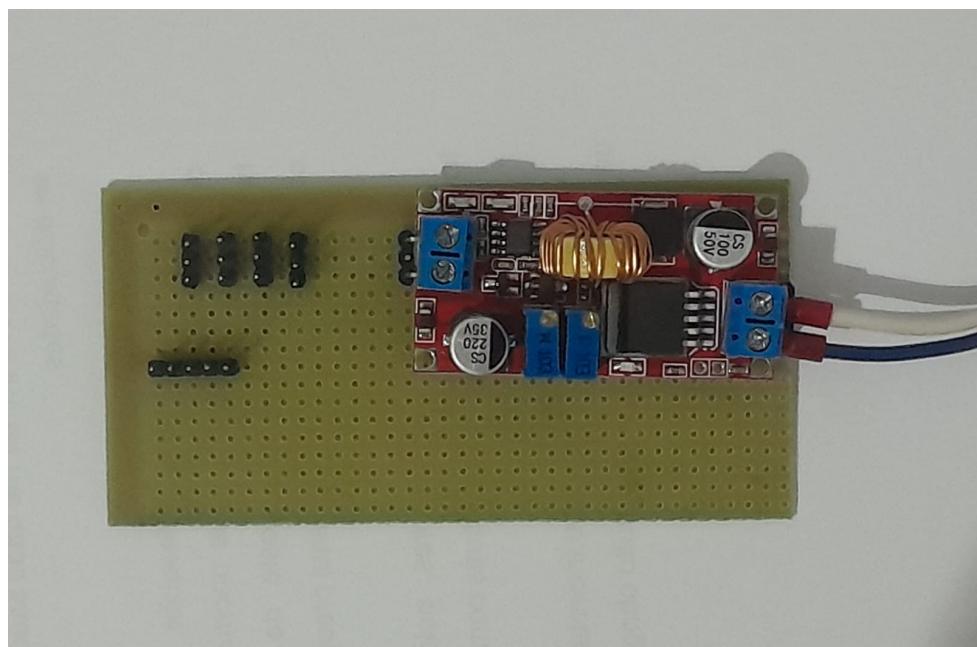


*Figura 22 Placa de Controle.*

#### 4.8.2 Placa de Potência

A placa de potência será equipada com um conector para comunicação com a placa de controle. Este conector transmitirá um GND comum como referência e quatro pulsos PWM separados, um para cada servomotor. A alimentação da placa de potência será fornecida pelo módulo XL4015, que garantirá a tensão e corrente adequadas para os servomotores.

Esta parte do diagrama do projeto foi dividida para assegurar que não haja interação direta da corrente dos servomotores com a corrente do Arduino, pois o Arduino é um componente sensível e poderia até ser danificado por isso, sendo assim, a única ligação que existe de fato com o microcontrolador é o sinal de GND para servir como referência dos pulsos PWM.



*Figura 23 Placa de potência.*

## 4.9 Testes Eletrônicos de Funcionamento dos Atuadores

Os testes eletrônicos de funcionamento dos atuadores são essenciais para garantir a eficiência e a precisão do sistema mecatrônico do braço hidráulico. Este capítulo descreve os testes realizados com os servomotores, detalhando a configuração dos mecanismos e os resultados obtidos.

### 4.9.1 Configuração dos Testes

Os testes consistiram em montar um sistema de bielas e virabrequins, onde duas hastes foram conectadas para formar o mecanismo. A conexão motriz foi fixada diretamente ao eixo do motor, que possui um grau de liberdade rotacional de até 180° a partir do ponto zero. Uma das bielas tem 30 mm de comprimento, escolhida com base em cálculos que serão explicados posteriormente. Esta biela de 30 mm foi conectada a outra de aproximadamente 81 mm, que, por sua vez, estava conectada ao êmbolo da seringa, com um grau de liberdade rotacional e um grau de liberdade linear.

O mecanismo formado é semelhante ao eixo de um motor a combustão, funcionando como um compressor hidráulico para o deslocamento dos líquidos internos da seringa, transmitindo assim a força.

#### 4.9.2 Primeiros Testes com e sem Carga

Os primeiros testes visavam observar o comportamento do mecanismo sem carga, apenas com o próprio peso, controlado por uma programação simples do Arduino e alimentado inicialmente com 5 Vcc. Como esperado, o atrito interno do sistema já consumia parte da potência mecânica, dissipada em calor ou outras grandezas físicas que não eram compatíveis com nosso projeto. Ao submeter o sistema a um peso de aproximadamente 270 g, ele atingiu o limite operacional nessas condições, demonstrando a necessidade de uma fonte de alimentação mais robusta.



*Figura 24 Foto tirada durante um Teste da força da seringa.*

#### 4.10 Testes Funcionais

No primeiro teste funcional, a seringa foi posicionada perpendicularmente à base de uma bancada, fixada por uma morsa, formando um ângulo de 90° em relação à bancada. Utilizando uma fonte ajustável de 7,2 Vcc e com a biela do virabrequim de 20 mm, o torque aplicado foi de 13 kgf\*cm, resultando em 6,5 kgf devido ao comprimento de 2 cm da biela.



*Figura 25 atuador com seringas*

O sistema foi capaz de levantar cerca de 500 g, utilizando como instrumento de medida uma garrafa de água de 500 ml. Considerando a densidade relativa da água como 1 g por 1 cm<sup>3</sup> ou 1 ml, a garrafa continha 500 g de água. O sistema passou com êxito neste teste, demonstrando que o mecanismo de bielas e virabrequim é capaz de transmitir força suficiente para mover a carga pretendida.

## 4.12 Programação

O processo de programação será baseado nos robôs industriais vistos em sala de aula, com o método de programação por aprendizagem, onde o operador fará todo o controle do percurso do robô manualmente usando um operador, que no caso será a própria IDE do Arduino, e os controles serão feitos manualmente por potenciômetros, observando o comportamento real do robô durante a execução dos movimentos e avaliando sua eficácia.

O processo terá que ser exibido no monitor serial da plataforma Arduino, onde é possível através da programação de “Serial.Print” nativa da biblioteca da IDE, onde será exibido em tempo real a posição de 0° à 180°, que quando aplicado aos atuadores de seringas, serão convertidos em deslocamento linear.

Durante a operação do braço, as posições-chave terão que ser registradas na programação para serem usadas como banco de dados e assim concretizar o aprendizado do robô.

Após armazenadas, elas serão escritas como uma lista de comandos seguidos uma por vez para a automatização do projeto, e iniciarão após microcontrolador receber um sinal de entrada digital, que será através do sensor de proximidade localizado estrategicamente onde o objetivo alto de testes estará disposto, ou através de botão digital de início para os testes que não necessitarão de objeto.

Durantes os testes, foram registradas interações diretas entre força e velocidade, ambas grandezas físicas extremamente importantes para o desenvolvimento de qualquer projeto que exija esforço, o que leva ao ponto de que a velocidade dos servomotores ser alvo de estudos, pois a velocidade influencia diretamente à força aplicada ao braço, logo a solução foi fazer o uso de uma biblioteca que pode controlar a velocidade do braço diretamente através de linhas de códigos, a biblioteca `<Varspeed.servo.h>`.

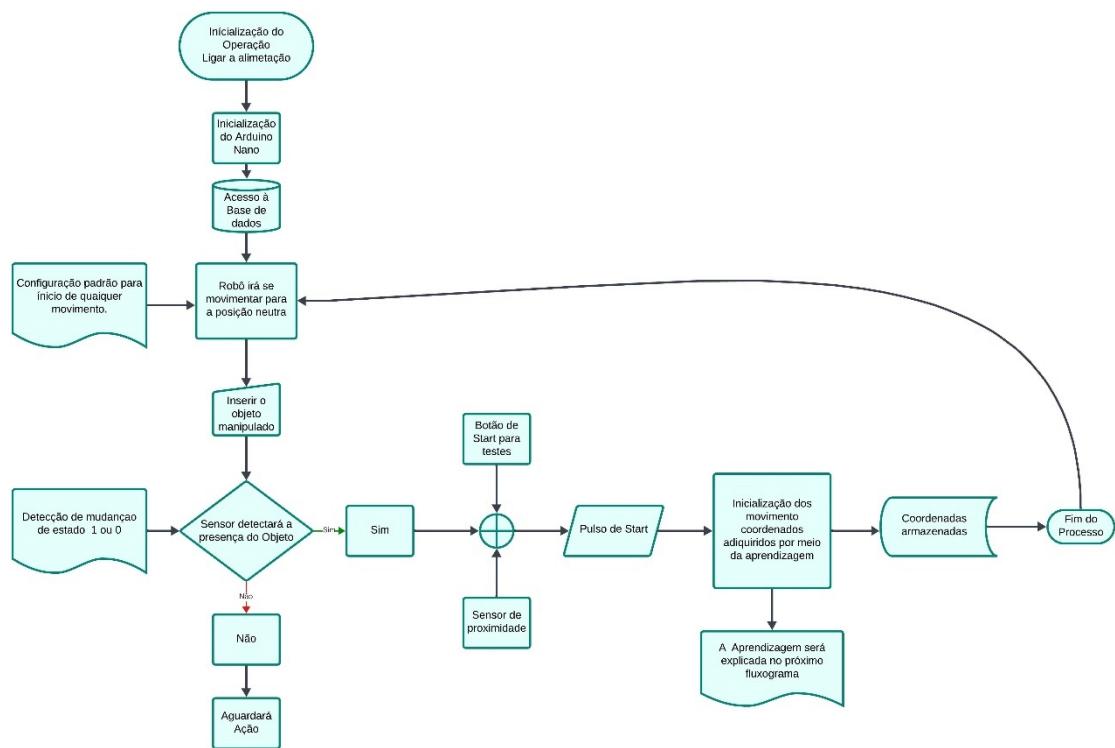


Figura 26 Diagrama do Processo de Operação.

#### 4.13 Obtenção de coordenadas

O diagrama a seguir exibe de forma gráfica o processo de obtenção de coordenadas para a movimentação autônoma do robô hidráulico.

Este processo pode ser repetido quantas vezes forem necessárias para a finalização da programação e criar um processo automatizado complexo através de bases simples.

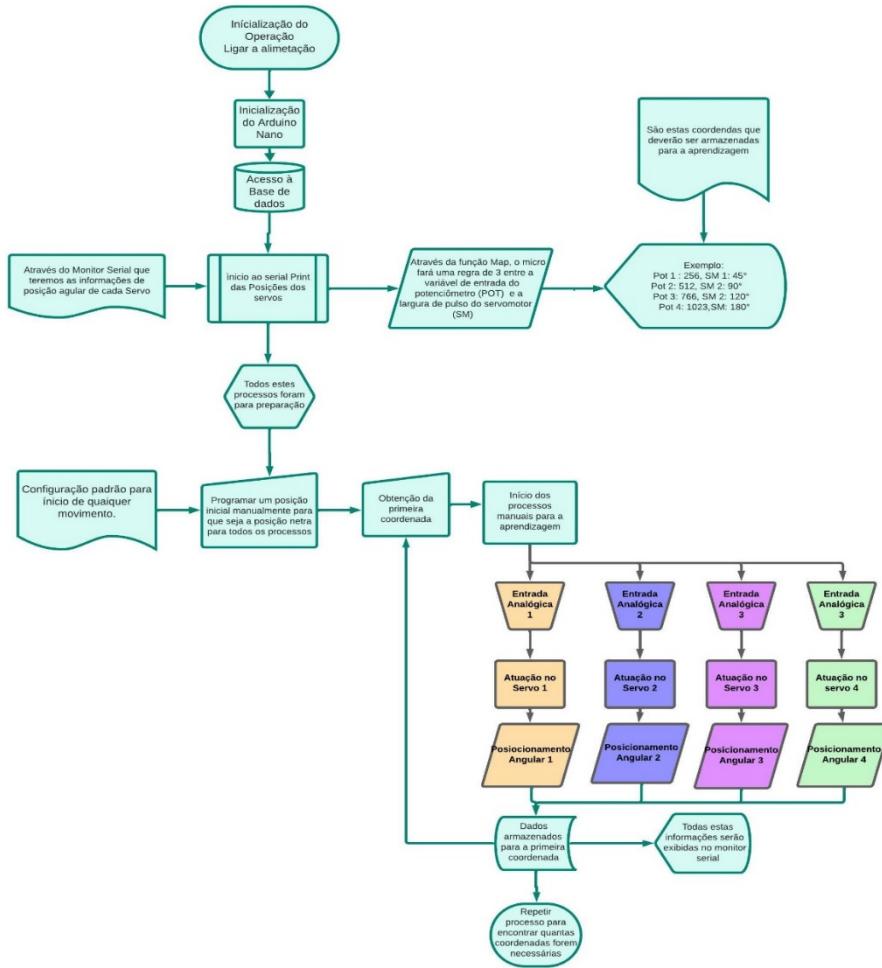


Figura 27 Diagrama de obtenção de coordenadas para o banco de dados.

## 5 Memorial de Cálculos

### 5.1 Uso do Cálculo do Momento

Define-se como momento de uma força em relação a um ponto qualquer de referência, como sendo o produto entre a intensidade da força e a respectiva distância em relação ao ponto.

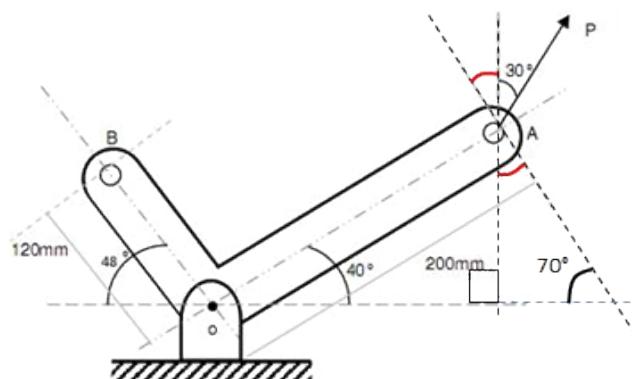


Figura 28 Exemplificação do momento

Neste caso, as seringas atuam como atuadores que geram uma força linear, e essa força é transferida para o braço, criando um momento. O momento é o que permite que o braço levante a massa de 0,5 kg.

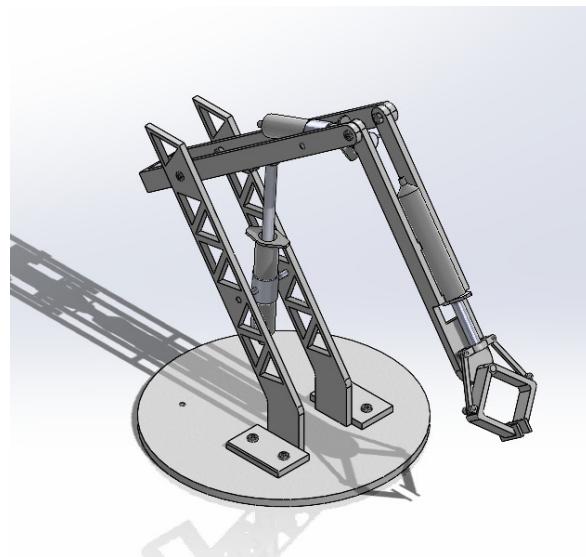


Figura 29 Detalhamento simples do Manipulador

No início do projeto tivemos como objetivo a manipulação de carga de uma carga de aproximadamente 0,5kg que é algo dentro da realidade vinda de um projeto que envolva seringas e servomotores de pequeno porte, e também foi a carga que os testes de funcionamento evidenciaram anteriormente.

Como os testes foram feitos levantando uma garrafa de 500ml de água, sendo sua densidade de 1ml equivalente a 1g, logo a massa da garrafa foi de 0,5kgf. Convertendo essa medida para N (Newtons) resultou no valor de 4,903N, que foi arredondado para o valor de 5N a fim de simplificação dos cálculos.

$$1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 0.101972 \text{ kgf}$$

Tendo o objetivo em mente, o próximo passo foi o estudo e desenvolvimento dos mecanismos do projeto.

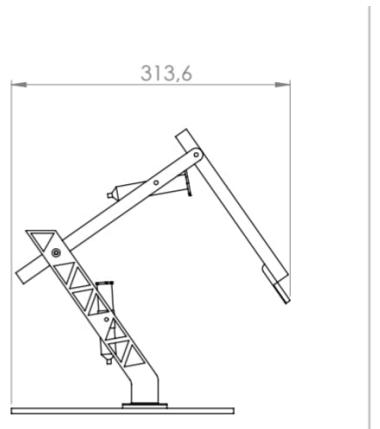


Figura 30 Demostraçāo das medidas simplificadas

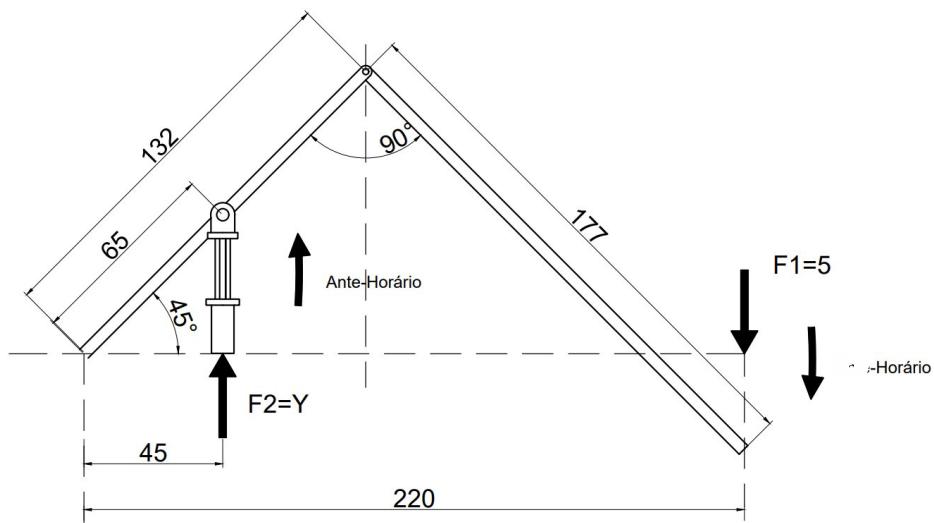


Figura 31 Diagrama de corpo livre dos mecanismos

Conforme ilustrado no diagrama de corpo livre apresentado anteriormente, para determinar a força aplicada na direção e posição correspondente a F2, é necessário, primeiramente, calcular a força em F1. Essa força é obtida utilizando a decomposição da distância por meio de operações trigonométricas previamente demonstradas.

A equação fundamental empregada é a somatória das forças, em que F2 é a incógnita na componente vertical (y). Através dessa abordagem, é possível equacionar as forças atuantes e encontrar o valor adequado para F2, considerando o equilíbrio das forças e momentos aplicados no sistema.

Os cálculos seguem uma abordagem de somatório de momentos estáticos em torno da junta, onde a fórmula para equilíbrio é dada por:

$$\sum_{x=0}^1 (5 \times 0.220 - y \times 0.045) = 2 \times (5 \times 0.220 - y \times 0.045) = 0$$

Na equação fornecida:

- a. O termo **5×0.220** representa o momento gerado pela força F1 (5N) em relação ao ponto de rotação, com uma distância de 0.220 metros.
- b. O termo **Y×0.045** refere-se ao momento gerado pela força F2 (Y), cuja distância ao ponto de rotação é de 0.045 metros.

Para equilibrar o sistema, o somatório dos momentos deve ser zero, o que significa que o momento gerado por F1 deve ser contrabalançado por F2.

Portanto, a força F2, que o atuador precisa gerar, é aproximadamente **24.44N** para contrabalançar a força F1 de 5N, aplicada à distância de 0.220m do ponto fixo.

Essa é força mínima necessária que deve ser gerada pelo atuador linear de seringas

### 5.2.1 Cálculos de Hidroestática

Como exemplificado nos cálculos anteriores, verificamos que a força aplicada nos atuadores de seringa é de 5 N. Sabemos que a seringa possui um diâmetro interno de 14,5 mm, onde o êmbolo é acoplado. Para calcular a pressão exercida dentro da seringa, utilizamos a fórmula da pressão:

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

Onde:

- $P$  é a pressão (em Pascals, Pa),
- $F$  é a força aplicada (em Newtons, N),
- $A$  é a área sobre a qual a força está sendo distribuída (em  $m^2$ ).

Primeiro, precisamos calcular a área da seção transversal do êmbolo da seringa. Sabemos que a área de um círculo é dada por:

Onde a área de um círculo é:

$$A = \pi \times r^2$$

E se faz necessário o cálculo do raio interno do atuador:

$$r = \frac{14,5}{2} = 7,25 \text{ mm} = 0,00725 \text{ m}$$

Assim chegamos na área acoplamento do êmbolo do atuador:

$$A = \pi \times (0,00725)^2 = \pi \times 5,26 \times 10^{-5} \approx 1,651 \times 10^{-4} m^2$$

Logo já é possível completar a fórmula para o cálculo de pressão:

$$P = \frac{5}{1,651 \times 10^{-4}} \approx 30.28 \text{ kPa}$$

Concluímos que a pressão interna nos atuadores hidráulicos é de 30,28 kPa, o que é suficiente para garantir o funcionamento correto do protótipo. É importante observar que essa pressão será aplicada apenas durante a fase de expansão do atuador, ou seja, quando o servomotor estiver empurrando o êmbolo da seringa motriz e, consequentemente, aplicando força.

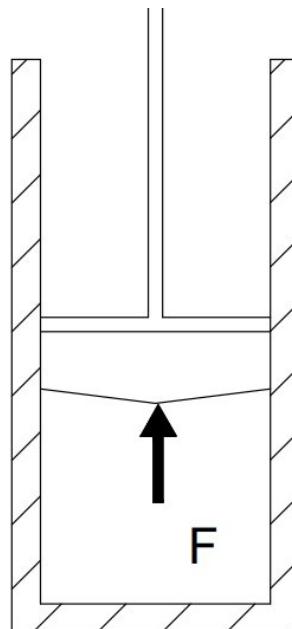


Figura 32 Pressão interna do atuador

No entanto, durante a fase de retração do atuador, a força responsável por retornar o êmbolo à posição inicial será fornecida pela própria pressão atmosférica. Quando o servomotor realiza o movimento de tração no êmbolo da seringa motriz, uma zona de baixa pressão é gerada na seringa movida. Essa zona é preenchida pelo fluido hidráulico devido à ação da pressão atmosférica, garantindo assim o movimento reverso do sistema sem a necessidade de uma força externa adicional.

Onde  $F$  é a pressão atmosférica.

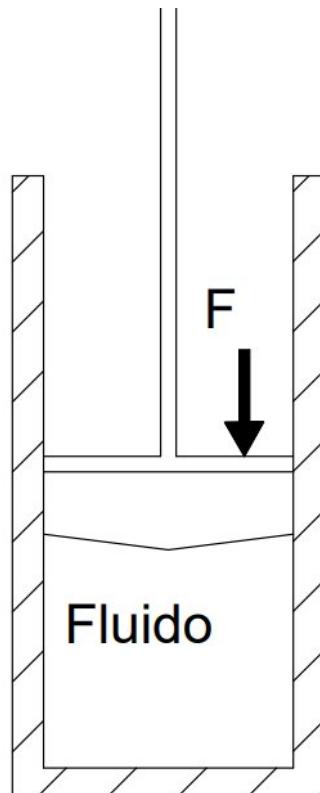


Figura 33 Pressão atmosférica exercida ao atuador

## 5.2.2 Princípio de Pascal

O Princípio de Pascal estabelece que, em um fluido confinado e em equilíbrio, qualquer variação de pressão aplicada em um ponto do fluido é transmitida de forma integral e uniforme para todos os pontos do fluido e para as paredes do recipiente. Isso significa que, se aplicarmos uma força em uma área pequena, a pressão resultante será distribuída igualmente em todo o fluido, permitindo que essa força seja ampliada em áreas maiores. Esse princípio é amplamente utilizado em sistemas hidráulicos, como freios de automóveis e prensas hidráulicas, onde uma pequena força pode gerar uma força maior em outro ponto do sistema devido à diferença de áreas.

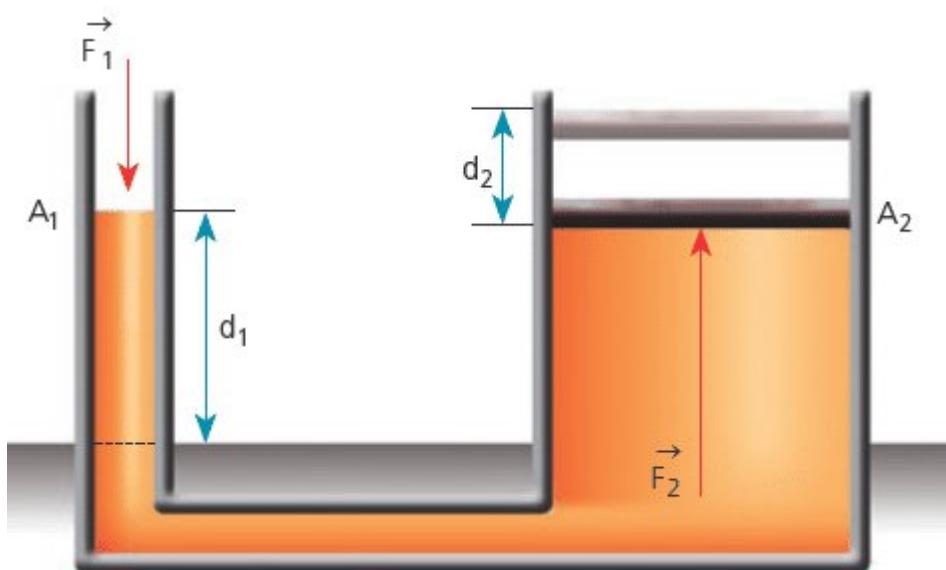


Figura 34 Exemplificação do Teorema de Pascal

Em nosso projeto, o Princípio de Pascal é um dos fundamentos que permite o funcionamento eficiente do sistema hidráulico. Esse princípio afirma que, quando uma pressão é aplicada a um fluido confinado, essa pressão é transmitida de forma uniforme em todas as direções, sem sofrer redução de intensidade. Em outras palavras, a pressão exercida em um ponto do fluido será a mesma em qualquer outro ponto dentro do sistema, desde que o fluido seja incompressível e esteja em equilíbrio.

No contexto do nosso protótipo, utilizamos duas seringas de tamanhos diferentes, uma de 10 ml com diâmetro interno de 14,5 mm (0,0145 m) e outra de 20 ml com diâmetro de 20 mm (0,020 m). Quando aplicamos uma força sobre o êmbolo da seringa menor, a pressão gerada é transmitida através do fluido hidráulico para a seringa maior. De acordo com o Princípio de Pascal, a relação entre as áreas das seringas permite que a força transmitida seja amplificada, uma vez que a pressão é igual em ambas, mas a área de atuação da seringa de 20 ml é maior.

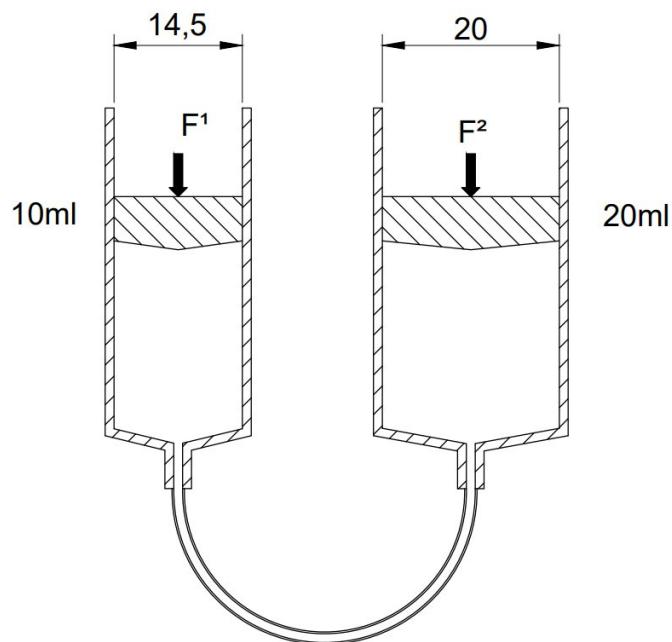


Figura 35 Diferença entre as seringas

Matematicamente, a pressão é calculada pela fórmula  $P=F/A$  onde  $F$  é a força aplicada e  $A$  é a área de aplicação. A força aplicada na seringa menor gera uma pressão que, ao ser transmitida para a seringa maior, resulta em uma força proporcionalmente ampliada devido à maior área do êmbolo da seringa de 20 ml. Essa amplificação de força é essencial para o funcionamento do braço hidráulico, pois permite que o sistema move cargas maiores com uma força inicial relativamente pequena.

Logo:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$F_1$  é a força aplicada na seringa de 10 ml.

$A_1$  a área da seção transversal da seringa de 10 ml.

$F_2$  é a força aplicada na seringa de 20 ml (neste caso, 24,4 N).

$A_2$  é a área da seção transversal da seringa de 20 ml.

**Cálculo das áreas:** A área da seção transversal de cada seringa é calculada usando a fórmula da área de um círculo  $A = \pi r^2$ , onde  $r$  é o raio (metade do diâmetro).

- Para a seringa de 10 ml, o diâmetro é 14,5 mm (0,0145 m), logo o raio  $r_1$  é  $0,0145 \div 2 = 0,007250\text{m}$
- Para a seringa de 20 ml, o diâmetro é 20 mm (0,020 m), logo o raio  $R_2$  é  $0,020 \div 2 = 0,010\text{m}$

As áreas são então:

$$A_1 = \pi \times \left( \frac{0,0145}{2} \right)^2$$

$$A_2 = \pi \times \left( \frac{0,020}{2} \right)^2$$

Por exemplo, se aplicarmos uma força de 12,8 N na seringa de 10 ml, isso gera uma pressão que, ao ser transmitida para a seringa de 20 ml, resulta em uma força ampliada para 24,4 N na saída do atuador. Esse aumento de força é crucial para que o braço hidráulico tenha capacidade suficiente para levantar e mover objetos, mesmo com uma força de entrada relativamente modesta.

$$\frac{x}{\left(\frac{0,0145}{2}\right)^2} = \frac{24,4}{\left(\frac{0,020}{2}\right)^2}$$

**Resolvendo para x:** Ao realizar os cálculos, obtém-se o valor de x, que é a força aplicada na seringa de 10 ml. O valor final é 12,825 N, que é a força necessária para aplicar os 24,4 N na seringa maior.

Assim, o uso de seringas com volumes e diâmetros diferentes é uma aplicação prática do Princípio de Pascal, permitindo que o sistema alcance a força necessária para realizar as tarefas de movimentação do braço de maneira eficiente e precisa.

### 5.2.3 Cálculo do Deslocamento Linear

O objetivo é converter o movimento rotacional do motor em movimento linear no êmbolo através de um sistema de bielas. O deslocamento linear desejado do êmbolo é de 70 mm, mas, para garantir eficiência na transmissão de força, optamos por uma biela menor de 30 mm.

#### Parâmetros do sistema:

- - Torque do motor: 13 kgf·cm.
- - Deslocamento linear do êmbolo: 70 mm.
- - Comprimento da biela menor: 30 mm.
- - Diâmetro de rotação do movimento do motor: 60 mm.

#### Comprimento da Biela Menor e Deslocamento

Para que o sistema converta o movimento rotacional em um deslocamento linear de 70 mm, a biela menor deveria ser de 35 mm. Contudo, para evitar perda de força, escolhemos uma biela de 30 mm, o que garante um torque mais eficiente.

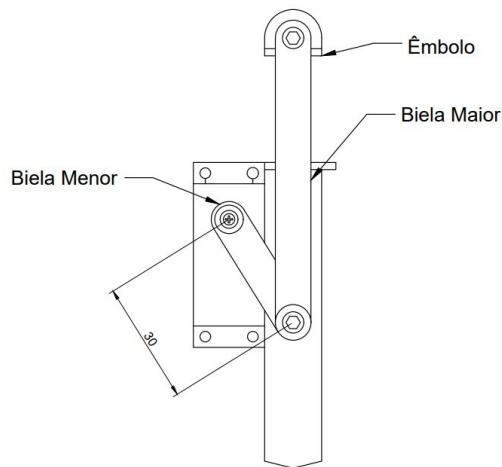


Figura 36 Demonstração das medidas da biela menor

## Cálculo da Força no Êmbolo

A força de compressão no êmbolo depende do torque do motor e do comprimento da biela menor, calculado pela fórmula.

$$F = \frac{\tau}{l}$$

**Substituindo:**

$$F = \frac{13kgf}{30mm} = 4,33kgf$$

## Perda de Torque e Deslocamento Linear Final

A redução do comprimento da biela para 30 mm aumenta a força aplicada ao êmbolo, equilibrando o torque do motor. Com um diâmetro de rotação de 60 mm, o deslocamento linear do êmbolo estará próximo de 70 mm, embora um pouco reduzido.

- Deslocamento linear resultante: Aproximadamente 60 mm.
- Força no êmbolo com biela de 30 mm: Aproximadamente 4,33 kgf.

Esse cálculo mostra que o mecanismo pode aplicar a força necessária ao êmbolo e alcançar o deslocamento desejado, garantindo a robustez do sistema de compressão.

## 6 Orçamentos

Para o desenvolvimento do protótipo funcional de acordo com nosso projeto, foi necessário antes mensurar os materiais que seriam utilizados para ter uma base na qual seria a guia do projeto, optamos por materiais mais simples e de fácil acesso para uma proposta um pouco mais amigável e que seja a operação e manutenção seja de maior facilidade.

A tabela abaixo ilustra nossos fornecedores de insumos e um custo específico para cada um.

**Tabela de atividades do TCC (Tabela de Orçamentos)**

TIPO	MODELO OU NOME	UNI.	FORNECEDOR	ESTADO	PREÇO UNIDADE	Total por Item	CHAVE DE STATUS
Transmissão	Seringa de 20 ml	3	Farmacia	Adquirido	R\$ 2,70	R\$ 8,10	Em falta
Transmissão	Seringa de 10 ml	3	Farmacia	Adquirido	R\$ 1,90	R\$ 5,70	Adquirido
Comando	Arduino Nano	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 35,50	R\$ 35,50	Verificar
Eletrônica	Placa de Prototipagem	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 5,00	R\$ 5,00	Não Contabilizado
Eletrônica	Servomotor Hs3225	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 79,00	R\$ 79,00	<b>TOTAL</b>
Eletrônica	Servomotor M996G	3	SHOPEE	Adquirido	R\$ 32,00	R\$ 96,00	R\$ 530,00
Eletrônica	Fonte 12V 5A	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 35,00	R\$ 35,00	
Eletrônica	Regulador de tensão ML7805CV	1	OPICOM	Adquirido	R\$ 2,70	R\$ 2,70	
Transmissão	Tubo Flexível 2mmØ	1	SHOPEE	Adquirido	R\$ 15,80	R\$ 15,80	
Eletrônica	Cabo (kit)	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 11,53	R\$ 11,53	
Eletrônica	Barra de Pinos	2	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 1,80	R\$ 3,60	
Mecânica	Porcas (50 uni. Pacote)	1	COPAFER	Adquirido	R\$ 12,00	R\$ 12,00	
Mecânica	Parafusos (50 uni. Pacote)	1	COPAFER	Adquirido	R\$ 16,00	R\$ 16,00	
Mecânica	Rolamento	1	COPAFER	Adquirido	R\$ 20,00	R\$ 20,00	
Mecânica	Braçadeiras de Plástico (pacote)	1	Manclau	Adquirido	R\$ 5,00	R\$ 5,00	
Eletrônica	Conectores (kit)	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 8,00	R\$ 8,00	
Eletrônica	Sensore de Proximidade	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 15,55	R\$ 15,55	
Eletrônica	Módulo XL4015	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 15,00	R\$ 15,00	
Eletrônica	Potênciometro 10K	3	OPICOM	Adquirido	R\$ 8,40	R\$ 25,20	
Impressão	Filamento HT STL (rolo de 500g)	1	3D MAX	Adquirido	R\$ 79,90	R\$ 79,90	
Organização	Caixa de Plástico	1	Mercado livre (SONGFENGSTOREBR)	Adquirido	R\$ 35,50	R\$ 35,50	

**Tabela 6 Tabela de Orçamentos**

## 7 Manual de operação

O manipulador foi pensado para ter um controle simples e intuitivo, semelhante aos robô industriais encontrados no mercado de diversas fabricantes, onde o processo de operação consiste em manipular e operar o robô e salvar suas informações de posicionamento angular e de trajetória, para que depois o robô realize todos movimento seguidos, de forma autônoma e repetitiva.

Para a operação do manipulador, será necessário:

- Cabo usb tipo C
- Computador com o software Arduino IDE instalados

Passo a Passo para Operação

### **Posicionamento Inicial do Objeto**

- Coloque o objeto que deseja mover no local de início designado na área de atuação do manipulador.

### **Verificação dos Servos**

- Certifique-se de que os servomotores estão corretamente alimentados. Para isso, verifique os LEDs do módulo de alimentação (XL4015) — eles devem estar acesos, indicando que o circuito está ativo.

### **Movimentação Manual para Captura do Objeto**

- Utilize os potenciômetros para controlar manualmente os movimentos do manipulador e posicione a garra para segurar o objeto.
- Ajuste a garra cuidadosamente até obter a posição desejada para o agarre firme do objeto.

### **Leitura das Coordenadas Angulares**

- Observe o monitor serial na IDE do Arduino. Ele exibirá as informações das coordenadas angulares dos servos enquanto você ajusta a posição.
- Anote ou copie esses valores, pois eles serão essenciais para registrar o movimento desejado.

### **Registro das Informações no Código**

- Insira as coordenadas angulares adquiridas diretamente no código do Arduino, armazenando-as como posições fixas.
- Salve as informações no formato correto dentro do código, garantindo que cada posição esteja alinhada com o movimento desejado.

### **Repetição para Cada Movimento**

- Repita o processo de ajuste e registro para cada posição que o manipulador precisará assumir durante a operação. Para cada novo movimento, obtenha os valores do monitor serial e adicione-os ao código, criando uma sequência completa.

### **Desligamento dos Servos**

- Após finalizar o registro de todas as posições, desligue temporariamente os servos para evitar aquecimento e desgaste durante o processo de ajuste no código.

### **Configuração Final do Código**

- Com as informações registradas:
- Comente cada posição no código com uma anotação, por exemplo, //p1, //p2, etc., para identificar cada etapa do movimento.
- Desative a parte do código responsável pelo controle manual via potenciômetro, utilizando /\* para abrir e \*/ para fechar o bloco de código.
- Ative a parte do código onde as posições registradas estão salvas para que o manipulador siga a sequência de forma autônoma.

## **Posicionamento e Operação Autônoma**

- Posicione o objeto na área designada de início.
- Ative o sistema; o manipulador irá executar automaticamente a sequência de movimentos previamente configurada, movendo o objeto conforme planejado.
- A partir de agora, o protótipo seguirá repetindo as operações desde que haja um objeto posicionado na área designada, e voltará a posição inicial sempre que não houver um objeto.

## **Reinicialização para Novas Operações (se necessário)**

- Se desejar realizar uma nova operação, repita os passos a partir da captura das coordenadas, ajustando o código conforme necessário para novos movimentos.

## 8 Manual de Manutenção

Este manual descreve os procedimentos de manutenção necessários para garantir o funcionamento eficiente e seguro do protótipo do braço hidráulico mecatrônico. O objetivo é minimizar as falhas operacionais e prolongar a vida útil do sistema.

### 8.1 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva visa evitar falhas antes que ocorram, garantindo a operação contínua do protótipo. Abaixo estão listadas as principais atividades recomendadas.

#### 8.1.1 Lubrificação de Componentes Mecânicos

- **Intervalo recomendado:** Regularmente ou conforme o uso.
- **Componentes:** Articulações, eixos e junções do braço mecânico.
- **Instrução:** Aplicar lubrificante adequado (óleo lubrificante ou graxa industrial) nas partes móveis e nas articulações, garantindo que não haja acúmulo de sujeira.

#### 8.1.2 Verificação de Vazamentos no Sistema Hidráulico

- **Intervalo recomendado:** Periodicamente.
- **Componentes:** Tubos flexíveis, seringas (atuadores), conexões e vedantes.

- **Instrução:** Inspeccionar visualmente por rachaduras, vazamentos de fluido hidráulico nas tubulações e vedações. Substituir peças danificadas imediatamente.

#### **8.1.3 Testes de Tensão e Corrente Elétrica**

- **Intervalo recomendado:** Sempre que houver necessidade.
- **Componentes:** Fontes de alimentação, reguladores de tensão (LM7805CV e XL4015) e conexões elétricas.
- **Instrução:** Usar um multímetro para verificar se a fonte está fornecendo a tensão e corrente corretas aos servomotores e microcontroladores. Verificar também a integridade dos fios e conectores.

#### **8.1.4 Calibração dos Sensores e Atuadores**

- **Intervalo recomendado:** Regularmente ou após reprogramação.
- **Componentes:** Servomotores, Arduino Nano.
- **Instrução:** Verificar se os atuadores (servomotores) estão respondendo corretamente aos sinais do Arduino e se os movimentos seguem os comandos com precisão.

## 8.2 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva trata da resolução de falhas ou problemas que ocorrem durante o uso do protótipo. Abaixo, descrevemos as falhas mais comuns e como corrigi-las.

### 8.2.1 Substituição de Servomotores Danificados

- **Problema:** O servomotor não responde ou faz movimentos irregulares.
- **Causa comum:** Sobrecarga mecânica, falta de lubrificação ou falha elétrica.
- **Solução:** Desconectar o servomotor da placa de controle e verificar a integridade do fio de alimentação e controle. Caso o problema persista, substituir o servomotor por um novo.

### 8.2.2 Vazamento de Fluido Hidráulico

- **Problema:** Perda de eficiência na movimentação dos atuadores (seringas).
- **Causa comum:** Rachaduras nos tubos ou desgaste nas vedações das seringas.
- **Solução:** Identificar a origem do vazamento, substituindo as vedações ou as seringas conforme necessárias. Revisar todos os conectores.

### 8.2.3 Falha na Fonte de Alimentação ou Regulador de Tensão

- **Problema:** O sistema elétrico não está alimentando os atuadores ou o Arduino corretamente.
- **Causa comum:** Curto-circuito ou falha no regulador de tensão (LM7805CV ou XL4015).

- **Solução:** Usar um multímetro para verificar a tensão de saída do regulador. Caso a tensão esteja incorreta, substituir o regulador por um novo.

#### 8.2.4 Mau Funcionamento do Arduino Nano

- **Problema:** O microcontrolador não responde ou executa comandos incorretamente.

- **Causa comum:** Sobrecarga elétrica ou falha de software.

- **Solução:** Reinicializar o Arduino e verificar a programação para garantir que não haja erros no código. Se o problema for elétrico, verificar o regulador de tensão que alimenta o Arduino.

## 8.3 Possíveis Falhas Recorrentes

### 8.3.1 Desalinhamento de Componentes Mecânicos

- **Descrição:** Ocorre quando as juntas ou articulações do braço mecânico ficam desalinhadas devido ao uso prolongado ou falta de manutenção.
- **Prevenção:** Verificações regulares e ajustes nas conexões mecânicas.

### 8.3.2 Superaquecimento de Servomotores

- **Descrição:** O servomotor aquece excessivamente durante a operação, afetando seu desempenho.
- **Prevenção:** Monitorar o uso dos servos e garantir que não estejam sobrecarregados ou funcionando com tensão inadequada.

### 8.3.3 Perda de Comunicação Entre Placas de Controle e Potência

- **Descrição:** A falha na transmissão de sinais entre a placa de controle (Arduino Nano) e a placa de potência causa interrupção no controle dos servomotores.
- **Prevenção:** Iinspecionar periodicamente as conexões e garantir que os cabos estejam intactos e bem fixados.

## 9 Monitoramento e Avaliação

### Diários de Bordo

Os diários de bordo foram uma parte fundamental do processo de desenvolvimento e avaliação do projeto, permitindo-nos documentar cada etapa com precisão e atenção aos detalhes. A cada semana, registrávamos as atividades realizadas, os problemas enfrentados, as soluções encontradas e os progressos alcançados. Esses registros semanais incluíam desde dificuldades técnicas, como falhas mecânicas e ajustes necessários nos componentes, até reflexões sobre o aprendizado e a evolução de nossas habilidades ao longo do projeto.

Além de registrar os avanços, os diários de bordo serviram como uma ferramenta para análise crítica. Ao documentar nossas tentativas e erros, conseguimos identificar padrões de problemas e adaptar nossa abordagem de forma mais eficiente. Essa prática nos incentivou a revisar e melhorar nossas estratégias continuamente, contribuindo para uma visão clara do que estava funcionando e do que precisava de ajustes.

Os diários também foram valiosos para a memória do projeto. Eles serviram como um histórico detalhado, facilitando o retorno a etapas anteriores quando necessário e possibilitando uma visão completa do desenvolvimento. Essa documentação não só nos ajudou a entender melhor nosso próprio processo de trabalho, mas também é uma fonte de referência importante para qualquer pessoa que queira conhecer o projeto a fundo.

No final, o hábito de registrar e refletir semanalmente sobre o projeto transformou os diários de bordo em um verdadeiro registro de aprendizado e evolução, enriquecendo a experiência como um todo e consolidando o conhecimento adquirido ao longo da jornada.

## **Diários de bordo**

**Período:27/02/2024 até 05/03/2024**

### **Atividades Previstas para o Período:**

Durante o período de 1 semana tivemos que pensar em 3 ideias para o tcc sendo elas, um drone, uma máquina que produz filamentos para impressora 3d e um braço hidráulico mecatrônico.

### **Atividades Realizadas por integrante:**

Todos os integrantes realizaram pesquisas sobre os temas sugeridos do tcc para facilitar a criação e encontrar possíveis dificuldades.

### **Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Tivemos complicações com a máquina que produz filamento e o braço, sendo esses problemas respectivamente a dificuldade de criação da máquina de filamento e a simplicidade do braço mecanico.

### **Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

As soluções para enfrentar as dificuldades foi a separação em duplas para executar as pesquisas para encontrar as soluções para os problemas previstos.

### **Descobertas/Novas Indagações:**

Descobrimos as dificuldades que nossas ideias de tcc tinham.

### **Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:**

As sugestões se mantêm na pesquisa e escolha definitiva do trabalho de tcc.

**Período:05/03/2024 até 12/03/2024**

**Atividades Previstas para o Período:**

Durante o período de 1 semana concluímos qual seria o tcc (Braço hidráulico mecatrônico).

**Atividades Realizadas por integrante:**

Todos os integrantes finalizaram pesquisas para complementar o trabalho do tcc e começaram as pesquisas de similaridade.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Tivemos complicações em encontrar um atuador linear que atua em 360°.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

As sugestões são fazer as pesquisas de meios onde é aplicado a garra hidráulica e ver qual atuador utilizar.

**Descobertas/Novas Indagações:**

Pensamos em ideias para aplicar uma função para a garra que se consiste em pegar objetos específicos para colocar em locais específicos.

**Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:**

Estamos determinando qual será o parâmetro para separação de objetos pela garra e começar as pesquisas de similaridade.

**Período:12/03/2024 até 19/03/2024**

**Atividades Previstas para o Período:**

Durante o período de 1 semana iniciamos as pesquisas de similaridades

**Atividades Realizadas por integrante:**

Cada integrante fez as pesquisas dos seguintes temas:

Alex: Braços Hidráulicos já existentes para usar de referência; Vinicius: Fórmulas científicas sobre as forças aplicadas no projeto;

Renan: Sobre processos manuais que podem ser automatizados dentro do contexto do projeto;

Lucas: Braços e atuadores hidráulicos já usados no mercado para estudar os conceitos;

Kayo: Servo-motores atuadores lineares de alto torque e baixo custo; Pedro: Biblioteca de arduino para programação de servo-motores;

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Encontramos um pouco de dificuldade em encontrar modelos parecidos com o que temos em mente.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Tivemos que pesquisar um pouco mais afundo para encontrar modelos parecidos.

**Descobertas/Novas Indagações:**

Descobrimos qual será o tipo de garra, porém não decidimos a qual função ela vai exercer.

**Período:19/03/2024 até 26/03/2024**

**- Atividades Previstas para o Período:**

Durante este período entregamos a pesquisa de similaridade e pesquisamos mais sobre o nosso tcc

**Atividades Realizadas por integrante:**

Neste período todos os integrantes do grupo realizaram pesquisas sobre diferentes temas para adquirir mais conhecimento sobre o tcc

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Encontramos um pouco de dificuldade em encontrar o material que seria feito o braço e a garra do tcc e como faríamos ela girar 360°

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Tivemos a ideia de usar o material PLA para a garra e braço, e fazer uma base rotativa que gira a 360° com um motor pequeno

**Descobertas/Novas Indagações:**

Descobrimos que se formos usar a base rotativa vamos ter que usar um servo motor a menos.

**Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:**

Para a próxima aula vamos começar a fazer as pesquisas de objetivos gerais e específicos.

**Período:26/03/2024 até 02/04/2024**

**- Atividades Previstas para o Período:**

Neste período começamos e finalizamos as pesquisas de objetivos gerais e específicos e dividimos o trabalho e 4 etapas.

**Atividades Realizadas por integrante:**

Cada integrante disse coisas que precisamos realizar para alcançar o objetivo geral que é o braço, então separamos todos os pontos específicos de cada etapa, (Mecânica, estrutura do braço e desenhos), (Eletrônica, central de comando e componentes), (Programação automação) e a (Logística do projeto), e o Kayo iniciou um protótipo da central de comando.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Não encontramos dificuldades em nenhuma etapa deste processo, porém acreditamos que possa faltar alguns objetivos específicos que não foram pensados na hora e precisamos realizar um desenho como esboço para a impressora 3d.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Separação do que é mais importante e de urgência (desenho) e discutir como será feito e quais dimensões usar.

**Descobertas/Novas Indagações:**

Descobrimos que a parte de programação não será muito complicada e que existem milhares de bibliotecas de programação para servos motores.

**Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:**

Começar a realizar os desenhos e talvez imprimir as primeiras peças.

**Período:02/04/2024 até 09/04/2024**

**- Atividades Previstas para o Período:**

Neste período começamos a realizar a tabela de atividades para realizar o diagrama de Gantt.

**Atividades Realizadas por integrante:**

Cada integrante do grupo ajudo na separação das atividades para colocar na tabela, começamos a fazer mais alguns esboços do braço que ficaram na responsabilidade do Kayo e do Pedro.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Tivemos dificuldades para encontrar as medidas do desenho e consequentemente do projeto.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

A melhor solução para as dificuldades está sendo realizar vários desenhos para encontrar qual seria a medida ideal.

**Descobertas/Novas Indagações:**

Descobrimos que a parte de programação não será muito complicada e que existem milhares de bibliotecas de programação para servos motores.

**Sugestões da própria equipe para as próximas etapas/ organização para o desenvolvimento das atividades do próximo período:**

Continuar a tabela de prioridades e avançar nos desenhos e realizar testes com os servos motores e seringas.

**Período:09/04/2024 até 16/04/2024**

**- Atividades Previstas para o Período:**

Durante este período continuamos a realizar a tabela de prioridades, concluindo aparte mecânica e eletrônica da tabela.

**Atividades Realizadas por integrante:**

Todos os integrantes ajudaram a preencher a tabela de prioridades e destingir quaisseriam suas funções para serem colocadas no diagrama de Gantt.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Encontramos dificuldades na geração de torque a partir dos servos e seringas.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

As sugestões são realizar testes com as seringas para descobrir formas de gerar mais torque.

**Descobertas/Novas Indagações:**

Pensamos em um método para ajudar o braço a erguer mais peso, utilizando o princípio de Pascal.

**Período:16/04/2024 até 23/04/2024**

**- Atividades Previstas para o Período:**

Testes com a seringa aplicando os métodos de pascal, finalização da tabela de prioridades e começo do relatório intermediário.

**- Atividades Realizadas por integrante:**

Kayo realizou testes com a seringa para descobrir meios de ganhar mais torque, Pedro realizou mais alguns desenhos do braço e o restante finalizou a tabela de prioridades.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Continuamos com dificuldades em relação as medidas, porém só serão resolvidas após o primeiro protótipo do braço.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Realização futura de um protótipo do braço.

**Descobertas/Novas Indagações:**

Descobrimos que a relação de pascal funciona a gerar mais torque, porém diminui o alcance do braço.

**Período:23/04/2024 até 30/04/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período fizemos mais testes com asseringas e concluímos que elas podem ser usadas como atuadores.

**Atividades Realizadas por integrante:** O Kayo realizou os testes em seu trabalho e o restante do grupo realizou pesquisas para o desenvolvimento do tcc.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Não encontramos nenhuma dificuldade pois os testes funcionaram.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

continuar fazendo pesquisas para o desenvolvimento do projeto.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Descobrimos que os atuadores de seringas não funcionam.

**Período:30/04/2024 até 07/05/2024**

**Atividades Previstas para o Período:**

Durante este período foi discutido especificações da garra dúvidas sobre quando e onde será feito as primeiras impressões das peças para futuros testes e onde será feita a impressão, ver preços dos filamentos.

**Atividades Realizadas por integrante:**

Todos os integrantes do grupo discutiram sobre o preço e onde será feito a impressão 3d, foi decidido que o Pedro iria confirmar com o chefe do seu trabalho um local para adquirir os filamentos para realizar as impressões, que provavelmente acontecerão na própria ETEC.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Não conseguimos nos ajeitar para completar as informações do diagrama de Gantt.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Completar algumas coisas no diagrama de Gantt relacionadas a prazos de mesesapós agosto.

**-Descobertas/Novas Indagações:**

Nenhuma descoberta apenas discussões sobre impressões 3d.

**Período:07/05/2024 até 14/05/2024**

**- Atividades Previstas para o Período:**

Neste período descobrimos o valor dos filamentos e completamos mais um pouco odiagrama de Gantt.

**Atividades Realizadas por integrante:**

O Pedro perguntou para o chefe dele o contato da loja que vende filamentos para a impressora 3d e com base nisso tivemos ideias de preço e quantidade, a loja vendia 500 gramas de filamento por 70 reais, o restante do grupo colocou algumas informações no diagrama de Gantt.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Nenhuma dificuldade foi encontrada, porém é necessário que cada integrante do grupo de um pouco de dinheiro para fazer a aquisição do filamento.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Não houve dificuldades que necessitam de soluções.

**-Descobertas/Novas Indagações:**

Descobrimos o preço do filamento e vamos atrás de outras lojas para comparar os preços.

**Período:14/05/2024 até 21/05/2024**

**-Atividades Previstas para o Período:**

Neste período encontramos problemas em relação a impressora 3d da ETEC, o nosso orientador Rinaldo disse que a impressora começou a apresentar problemas e cometer falhas nas impressões.

**Atividades Realizadas por integrante:**

Todos os integrantes usaram este tempo para colocar mais informações no diagrama de Gantt e discutir se iremos fazer as peças de teste na impressora da escola.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Problemas com a impressora 3d da ETEC que resultou em uma mudança de planos.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Fazer a primeira peça de teste na impressora da ETEC e com base na impressão iremos decidir se vamos progredir com ela

**Descobertas/Novas Indagações:**

Estamos a descobrir um local para realizar as impressões a um preço acessível.

**Período:21/05/2024 até 28/05/2024**

**-Atividades Previstas para o Período:**

Durante este período continuamos a desenvolver desenhos do projeto e buscar mais referências e continuar a realizar relatórios.

**Atividades Realizadas por integrante:**

O Pedro e Lucas graciano desenvolveram alguns desenhos, Lucas Rocha e Vitor adiantaram relatórios e diários de bordo, Kayo finalizou o dimensionamento elétrico eo restante ajudou com ideias e pesquisas.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Continuamos com problemas para conseguir realizar a impressão das peças devido à falta de impressora 3d.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

A única solução encontrada é continuar procurando locais para imprimir com presoacessível.

**- Descobertas/Novas Indagações:**

Nenhuma descoberta neste período.

**Período:28/05/2024 até 04/06/2024**

**-Atividades Previstas para o Período:**

Neste período começamos a realizar o relatório final do primeiro semestre.

**-Atividades Realizadas por integrante:**

Todos os integrantes se juntaram para conseguir informações sobre o que já foi feito do tcc.

**-Dificuldades encontradas no decorrer no período:**

Estamos com dificuldade de encontrar os cálculos das hastes do projeto.

**-Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Realizar novo cálculos para não prejudicar o andamento do tcc.

**-Descobertas/Novas Indagações:**

Novos desenhos do projeto foram feitos.

**Período:04/06/2024 até 11/06/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período realizamos mais cálculos referentes ao projeto e conseguimos completar as hastes do tcc.

**Atividades Realizadas por integrante:** Vinicius Kayo e Pedro realizaram os cálculos referente as hastes do projeto, Lucas Rocha e Vitor continuaram a arrumar o relatório final e o restante começou a separar as despesas do projeto.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Encontramos dificuldades em realizar os cálculos referente ao tcc.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Pesquisamos mais e encontramos uma solução.

**-Descobertas/Novas**

Continuamos a realizar mais desenhos do projeto.

**Indagações:**

**Período:11/06/2024 até 18/06/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período finalizamos os cálculos e colocamos no relatório final.

**Atividades Realizadas por Integrante:** Todos entregaram o relatório como combinado com o professor Rinaldo.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Encontramos dificuldades em realizar os cálculos referente ao tcc.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Apenas finalizamos os cálculos.

**-Descobertas/Novas**

Nenhuma novidade.

**Indagações:**

**Período:18/06/2024 até 25/06/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período fizemos poucas coisas devido a proximidade com as férias

**Atividades Realizadas por integrante:** Lucas Rocha arrumos alguns documentos o restante pesquisou mais peças para baratear o projeto.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Nenhuma dificuldade encontrada.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Encontramos peças com um preço mais em conta.

**-Descobertas/Novas Indagações:**

Nenhuma novidade.

**Período:25/06/2024 até 01/07/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período não fizemos nada estávamos praticamente de férias.

**Atividades Realizadas por integrante:** Ninguém fez nada

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Nenhuma dificuldade encontrada.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Nenhuma solução encontrada.

**-Descobertas/Novas**

Nenhuma descoberta.

**Indagações:**

**Período:05/08/2024 até 12/08/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Nos reunimos para revisar o projeto, pois estávamos voltando das férias de julho.

**Atividades Realizadas por integrante:** Todos se alinharam referente as próximas atividades e tarefas relacionadas ao TCC.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Encontramos poucas dificuldades, visto que todos estão empenhados em progredir com o trabalho.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Solucionamos as pendências das outras aulas e alinhamos o futuro do projeto.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Sem novas descobertas.

**Período:12/08/2024 até 19/08/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Nos reunimos e discutimos sobre os cálculos do projeto.

**Atividades Realizadas por integrante:** O grupo se juntou e começou a revisar as questões sobre o projeto e orçamento.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Encontramos poucas dificuldades, visto que todos o professor Duque passou nos alinhando sobre as fórmulas necessárias para a realização do projeto.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Solucionamos as pendências e começamos a colocar em prática as formulas.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Sem novas descobertas.

**Período:19/08/2024 até 26/08/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período confirmamos os cálculos necessários com o Professor Duque e descobrimos quais informações são necessárias para realizar os cálculos de momento, pressão e centro de gravidade

**Atividades Realizadas por integrante:** Todos os integrantes ajudaram no descobrimento dos cálculos necessários e transformamos mais arquivos em STL para realizar as impressões.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Não encontramos nenhuma dificuldade no momento, já que conseguimos entender os cálculos com facilidade.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Pesquisar um pouco mais sobre os cálculos e começar a produzir o protótipo.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Nada de novo a não ser os cálculos.

**Período:26/08/2024 até 02/09/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período descobrimos que estávamos fazendo uma monografia ao invés de um projeto técnico resultando em algumas dificuldades e atrasos.

**Atividades Realizadas por integrante:** Lucas Rocha, Kayo e Vitor focaram em transformar a monografia em um projeto técnico, Alex e Jurandir atualizaram as tabelas de orçamento Pedro entregou os desenhos para o professor Rinaldo e Vinicius finalizou os cálculos.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Encontramos dificuldades em arrumar toda a monografia para que ela se torne um projeto técnico.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

separamos funções para facilitar a reparação do projeto técnico.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Nada além da confusão do projeto técnico comonografia.

**Período:02/09/2024 até 09/09/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período continuamos a arrumar o projeto técnico e conseguimos finalizar algumas impressões.

**Atividades Realizadas por integrante:** Todos os integrantes do grupo foram verificar as impressões.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Encontramos dificuldades devido um erro que cometemos ao esquecer de enviar alguns dos desenhos e aqueles que foram impressos precisam ser lixados.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:** Precisamos enviar o restante dos desenhos para acabarmos o protótipo e começarmos os testes.

**-Descobertas/Novas Indagações:** As impressões que foram realizadas estavam com a resistência desejada.

**Período:09/09/2024 até 16/09/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período arrumamos praticamente todo o projeto técnico deixando apenas algumas coisas para editar.

**Atividades Realizadas por integrante:** Lucas Rocha e Vitor arrumaram o projeto técnico e o restante do grupo começou a analisar as peças que já estavam prontas.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Encontramos problemas em algumas peças devido a erros de preenchimento, que resultaram em peças frágeis.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Arrumar as peças no software para evitar os problemas novamente.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Descobrimos que as peças precisavam de mais alguns ajustes.

**Período: 16/09/2024 até 23/09/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período arrumamos todas as peças e enviamos novamente para a impressora 3d.

**Atividades Realizadas por integrante:** O grupo inteiro discuti-o sobre a montagem do protótipo.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Nenhuma dificuldade.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Nenhuma dificuldade, para haver alguma solução.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Estamos esperando as peças serem impressas para ver como ficarão.

**Período:23/09/2024 até 30/09/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período continuamos a esperar as peças serem prontas pois outro grupo já estava utilizando a impressora

**Atividades Realizadas por integrante:** Kayo e Vinicius Torres foram confirmar os cálculos com o professor Duque.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Nenhuma dificuldade.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Nenhuma dificuldade, para haver alguma solução.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Estamos esperando as peças serem impressas para ver como ficarão.

**Período:30/09/2024 até 07/10/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período recebemos as peças e percebemos que devemos lixar elas para usar

**Atividades Realizadas por integrante:** O Renam ficou responsável por lixar as peças o restante do grupo ajudou na parte do projeto técnico

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Nenhuma dificuldade.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Nenhuma dificuldade, para haver alguma solução.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Estamos esperando as peças serem impressas para ver como ficarão.

**Período:07/10/2024 até 21/10/2024**

**Atividades Previstas para o Período:** Neste período continuamos a lixar as peças que ficavam prontas.

**Atividades Realizadas por integrante:** Renam lixou as peças restantes.

**Dificuldades encontradas no decorrer no período:** Nenhuma dificuldade.

**Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Nenhuma dificuldade, para haver alguma solução.

**-Descobertas/Novas Indagações:** Estamos esperando as peças serem impressas para ver como ficarão.

## **Diário de bordo – 21/10/24 até 28/10/2034**

**Atividades previstas para o período:** Retiramos a peça da ASTE da impressora 3D, e iniciamos o processo de limpeza da mesma.

**Atividades realizadas por Integrante:** Hoje a responsabilidade de limpeza da peça ficou por conta de PEDRO, quem também está responsável pelos desenhos.

**Dificuldades encontradas no decorrer do período:** Hoje encontramos dificuldades nos ajustes e no projeto técnico.

### **Soluções encontradas e/ou sugestões para trabalhar as dificuldades:**

Encontramos alguns pontos positivos no projeto.

**Descobertas/Novas Indagações:** Descobrimos que temos de elaborar a documentação RCI para o Centro Paula Souza.

## 10 Considerações Finais

Este projeto representou uma jornada de desafios, aprendizado e crescimento constante. Desde o início, enfrentamos obstáculos técnicos e operacionais que exigiram dedicação, paciência e uma dose constante de persistência. Cada etapa do desenvolvimento — desde os primeiros esboços e cálculos até as simulações e a montagem dos protótipos — trouxe suas próprias lições, muitas vezes nos conduzindo a refazer o que já estava pronto, questionar escolhas anteriores e buscar novos caminhos.

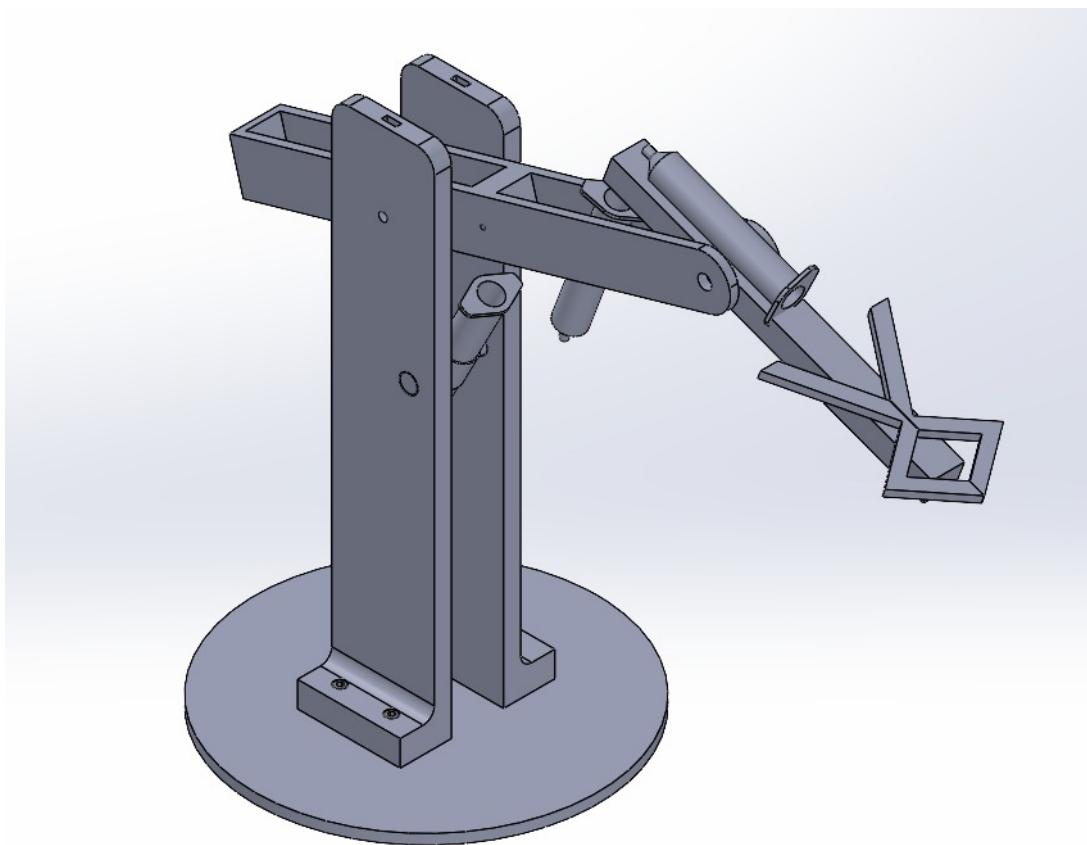


Figura 37 1º protótipo, feito no início do projeto

A criação de um manipulador hidráulico funcional, capaz de mover objetos tridimensionalmente e com controle preciso, exigiu uma compreensão profunda dos mecanismos envolvidos. Nos inspiramos em compressores e sistemas hidráulicos industriais, adaptando seus princípios para atender às limitações e necessidades específicas do nosso projeto. Esta adaptação, no entanto, veio acompanhada de dificuldades. Diversas vezes enfrentamos falhas nas peças ou ineficiências nos movimentos, o que nos levou a construir e testar múltiplos protótipos até encontrar a configuração ideal. Foi um processo exaustivo, mas essencial, onde cada protótipo descartado se tornou uma oportunidade para aprimorar o próximo.

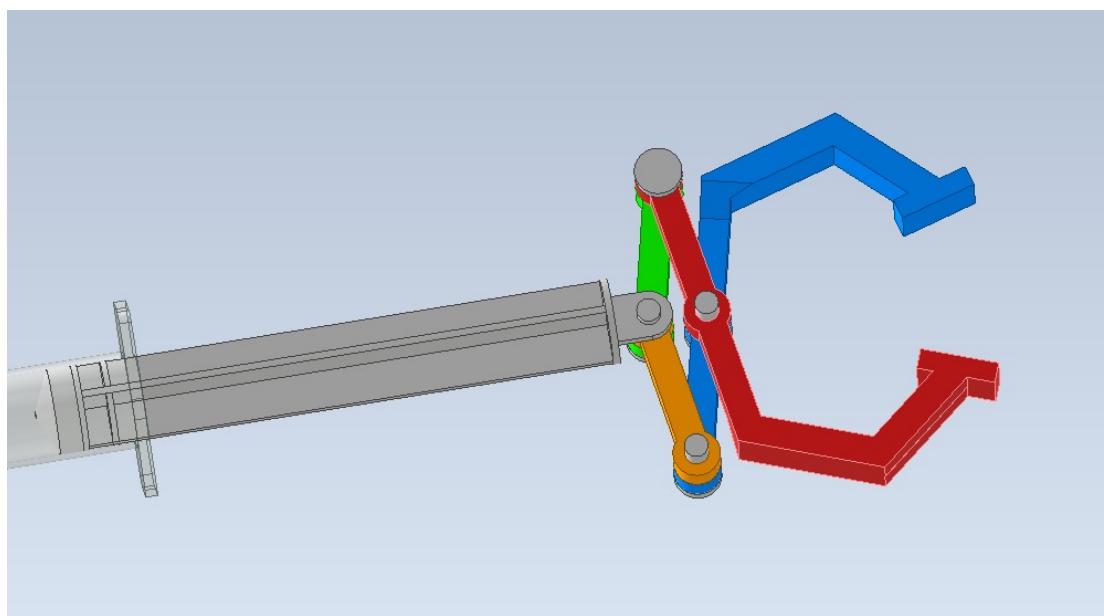


Figura 38 - 1º Protótipo de garra

Além das questões mecânicas, a programação e o controle do sistema exigiram conhecimento técnico e precisão. Aprender a capturar coordenadas, registrar movimentos na memória do Arduino e ajustar a sequência para operações autônomas foi um exercício de paciência e atenção aos detalhes. Houveram momentos de frustração quando o sistema não respondia conforme o esperado ou quando uma sequência de movimentos não fluía com a precisão necessária. No entanto, esses momentos nos ensinaram a importância de analisar cada erro e entender sua causa antes de buscar uma solução.

Apesar de todas as dificuldades, o que nos motivou a seguir em frente foi a visão do que este projeto representava. Sabíamos que estávamos criando algo mais do que um protótipo: estávamos desenvolvendo uma ferramenta que combina conceitos de hidráulica, mecânica e automação, e que reflete nosso crescimento como técnicos e futuros profissionais da área de mecatrônica. Esse projeto nos inspirou a estudar mais, a desenvolver resiliência diante dos problemas e a valorizar cada pequena vitória no caminho.

Em resumo, este projeto nos ensinou a importância do aprimoramento contínuo, da paciência e da capacidade de resolver problemas de maneira criativa. Encerra-se aqui a jornada deste protótipo, mas o conhecimento adquirido e as lições aprendidas certamente continuarão conosco, guiando nossos próximos passos no caminho da engenharia e da inovação.

## 11 Referências Bibliográficas

**IDE do Arduino:** Usada para programar o microcontrolador Arduino Nano e realizar simulações de controle dos atuadores do braço mecatrônico.

Referência: Arduino IDE

**Tinkercad:** Simulador online utilizado para modelar e testar circuitos eletrônicos do protótipo antes da implementação física.

Referência: [Tinkercad](#) – Acessado dia 21/10/2024 às 22:30

**Autodesk Inventor:** Software de modelagem 3D utilizado para criar as peças mecânicas e realizar simulações de movimento do braço hidráulico.

Referência: Autodesk Inventor

**SolidWorks:** Outro software de CAD que auxiliou na modelagem e análise de componentes mecânicos.

Referência: [SolidWorks](#) – Acessado dia 18/10/2024 às 19:30.

### 11.1 Pesquisas:

**SENAI Engenharia Mecânica:** Referências sobre conceitos de engenharia aplicados no projeto, como hidráulica, cinemática e força.

Referência: Projeto da equipe Agarra de Engenharia Mecânica da Faculdade de tecnologia Senai Cimatec – Acessado 18/10/2024 – 19:50.

[https://garramecanica.blogspot.com/2014\\_07\\_06\\_archive.html?m=1](https://garramecanica.blogspot.com/2014_07_06_archive.html?m=1)

**Pesquisas em Robótica e Braços Hidráulicos Industriais:** Estudos e pesquisas relacionadas à robótica, especialmente com foco em braços hidráulicos usados em ambientes industriais.

Referências:

Acessado dia 19/10/2024 às 21:08

<https://adequada.eng.br/robotica-industrial/>

**Vídeo : Nosso melhor robô de todos os tempos! #ManualMaker Aula 10,**  
**Vídeo 2 – Manual do mundo - Ensina a fazer um braço robótico 100% automático** usando Arduino, 4 servomotores e um "esqueleto" em MDF cortado a laser, inclusive foi fonte para parte da programação

Acessado dia 19/10/2024 às 08:55

<https://youtu.be/Ecw3kCo4AdQ?si=DrIUAQQ8ImCvGVPQ>

## 11.2 Artigos e Materiais Didáticos:

**Artigo sobre o Princípio de Pascal:** A base teórica por trás do sistema hidráulico utilizado, que diz que a pressão aplicada em um ponto de um fluido incompressível é transmitida igualmente em todas as direções.

Referência: Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2019). *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage Learning.

**Documentação do ServoMotor M996G e HS3225:** Dados técnicos e manuais de utilização dos servomotores aplicados ao projeto.

Acessado dia 19/10/2024 às 13:14

Referência: Datasheet oficial dos servomotores (<https://www.servodatasheet.com>)

**Normas de Componentes Hidráulicos:** Normas de uso e especificações para seringas e componentes hidráulicos aplicados.

Referência: **NBRISO4413 DE 08/2022**, Hydraulic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components.

## 12 Anexos

### 12.1 Programação

Diversas linhas de programação foram escritas durante o desenvolvimento do projeto, entre elas a programação da aquisição de coordenadas e a programação dos movimentos coordenados

#### 12.1.1 – Movimentos Coordenados e VarSpeedServo

```
#include <VarSpeedServo.h>

/*
Esta biblioteca se assemelha ao servo.h porém com a possibilidade de variar a
velocidade individualmente de cada servo à uma fração de 0 à 255 da velocidade
máxima do servo

minha inspiração para usar esta biblioteca foi que durante os testes, ficou
evidente que a velocidade do servomotor influenciava diretamente a força
aplicada no projeto, ao

pesquisar, descobri que até em servomotores industriais possuem uma RPM
nominal que pode ser excedida, porém o torque do motor será comprometida.

Logo esta biblioteca serviu perfeitamente para nosso projeto

*/
// define pinos dos servos

#define pinServ1 12
#define pinServ2 11
#define pinServ3 10
#define pinServ4 9
```

```
// define o pino do sensor de partida

int sensorPin = 3; // Pino conectado ao Out do sensor

int sensorState = 0;

int lastSensorState = 0; // Último estado do sensor

// nomeia os servos usando VarSpeedServo

VarSpeedServo serv1, serv2, serv3, serv4;

// Variável de tempo

unsigned long mostradorTimer = 1;

const unsigned long intervaloMostrador = 50;

void setup() {

    // inicia o monitor serial

    Serial.begin(9600);

    // inicializa o sensor de partida

    pinMode(sensorPin, INPUT);

    //Define o Led integrado ao arduino como saída

    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
```

```

// atribui pinos dos servos

serv1.attach(pinServ1);

serv2.attach(pinServ2);

serv3.attach(pinServ3);

serv4.attach(pinServ4);

}

void loop() {

// Lê o estado do sensor

sensorState = digitalRead(sensorPin);

// Verifica se o sensor foi acionado

if (sensorState == HIGH && lastSensorState == LOW) {

Serial.println("Posição Inicial");

//Apaga o LED integrado para um Feedback Visual do retorno a posição
inicial

digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);

// Movimentos pré-programados

serv1.write(180, 255, true); // Move servo 1 para 90 graus com velocidade
30

serv2.write(180, 255, true); // Move servo 2 para 45 graus com velocidade
30

```

```

serv3.write(180, 255, true); // Move servo 3 para 135 graus com velocidade
30

serv4.write(180, 255, true); // Move servo 4 para 180 graus com velocidade
30

lastSensorState = HIGH; // Atualiza o estado anterior do sensor

} else if (sensorState == LOW) {

Serial.println("Início dos movimentos...");

// Feedbak visual do início dos movimentos

digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);

// Movimentos Coordenados

serv1.write(45, 8, true);

serv2.write(90, 16, true);

serv3.write(135, 32, true);

serv4.write(180, 64, true);

serv1.write(135, 128, true);

serv2.write(45, 255, true);

serv3.write(10, 128, true);

serv4.write(35, 64, true);

```

```
serv1.write(0, 32, true);
serv2.write(0, 16, true);
serv3.write(0, 8, true);
serv4.write(0, 255, true);

lastSensorState = LOW; // Atualiza o estado anterior do sensor
}

}

// Esta programação é exclusivamente para realizar o movimento coordenado dos
// servomotores que controlaram o fluxo de fluidos pelas seringas

// Para adquirir as coordenadas, usaremos a programação descrita pela própria
// biblioteca dos servo.h nativa do arduino, usando potômetros
```

## 12.1.2 Aquisição de Coordenadas

```
// inclui biblioteca do servomotor

#include <Servo.h>

// define pinos dos servos

#define pinServ1 2
#define pinServ2 3
#define pinServ3 4
#define pinServ4 5

// define as portas dos potenciometros

#define pot1 A0
#define pot2 A1
#define pot3 A2
#define pot4 A3

// nomeia os servos

Servo serv1,serv2,serv3,serv4;

// cria as variavies dos angulos de cada motor

int motor1,motor2,motor3,motor4;

unsigned long mostradorTimer = 1;
```

```
const unsigned long intervaloMostrador = 5000;

void setup() {
    //inicia o monitor serial
    Serial.begin(9600);

    // atribui pinos dos servos
    serv1.attach(pinServ1);
    serv2.attach(pinServ2);
    serv3.attach(pinServ3);
    serv4.attach(pinServ4);

}

void loop(){
    // leitura dos potenciometros
    motor1 = map(analogRead(pot1),0,1023,0,180);
    motor2 = map(analogRead(pot2),0,1023,0,180);
    motor3 = map(analogRead(pot3),0,1023,85,180);
    motor4 = map(analogRead(pot4),0,1023,0,43);
```

```

// posicionamento dos potenciometros

serv1.write(motor1);

serv2.write(motor2);

serv3.write(motor3);

serv4.write(motor4);

if ((millis() - mostradorTimer) >= intervaloMostrador) {

    // envio para o monitor serial do posicionamentos dos motores

    Serial.println("*****");

    Serial.print("Pot1:");

    Serial.print(analogRead(pot1));

    Serial.print(" Angulo Motor1:");

    Serial.println(motor1);

    Serial.print("Pot2:");

    Serial.print(analogRead(pot2));

    Serial.print(" Angulo Motor2:");

    Serial.println(motor2);

    Serial.print("Pot3:");

    Serial.print(analogRead(pot3));

    Serial.print(" Angulo Motor3:");
}

```

```
Serial.println(motor3);

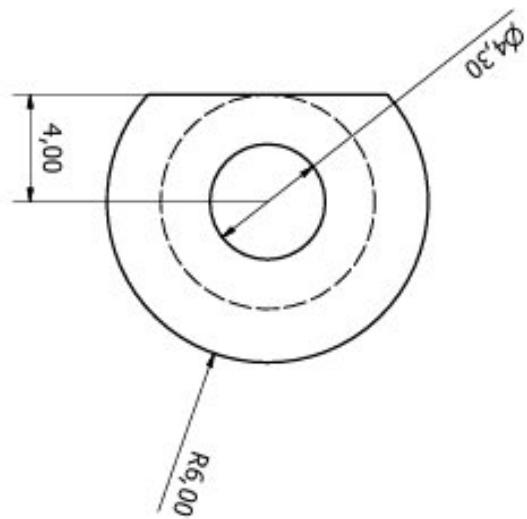
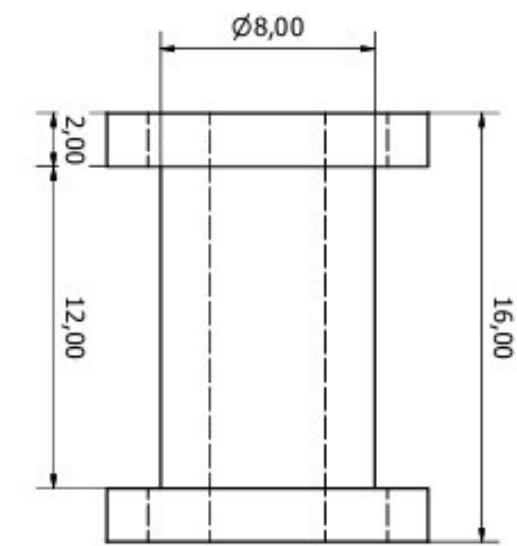
Serial.print("Pot4:");
Serial.print(analogRead(pot4));
Serial.print(" Angulo Motor4:");
Serial.println(motor4);

mostradorTimer = millis();
}

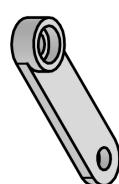
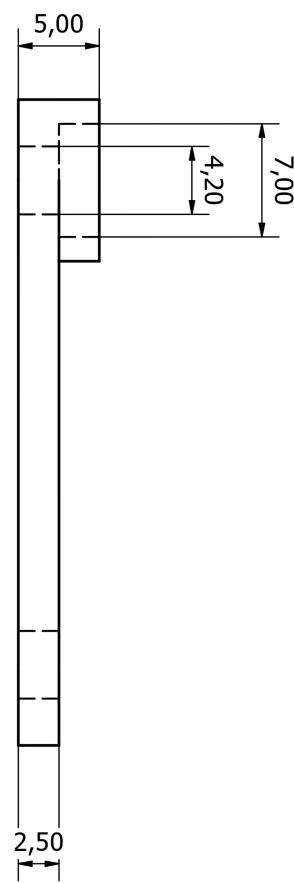
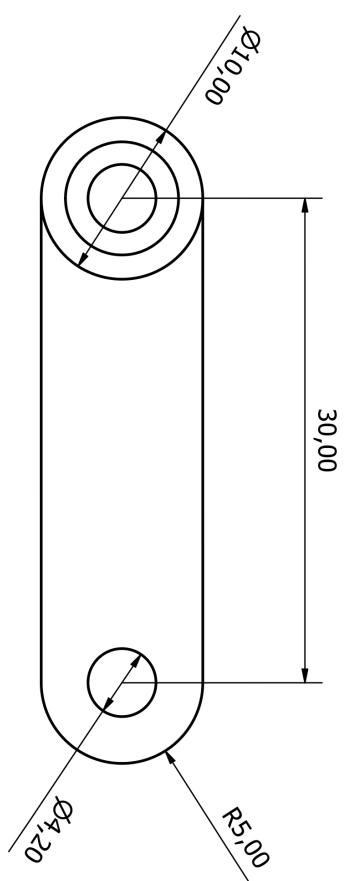
// tempo de espera para recomeçar
delay(100);

}
```

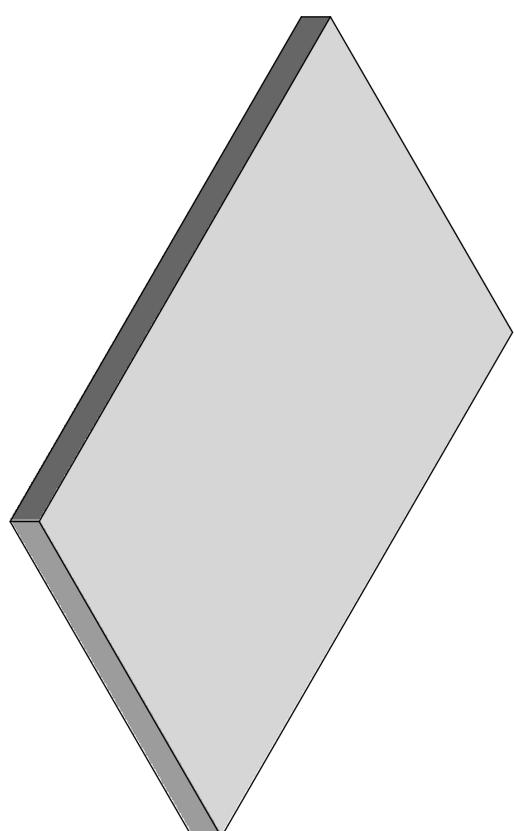
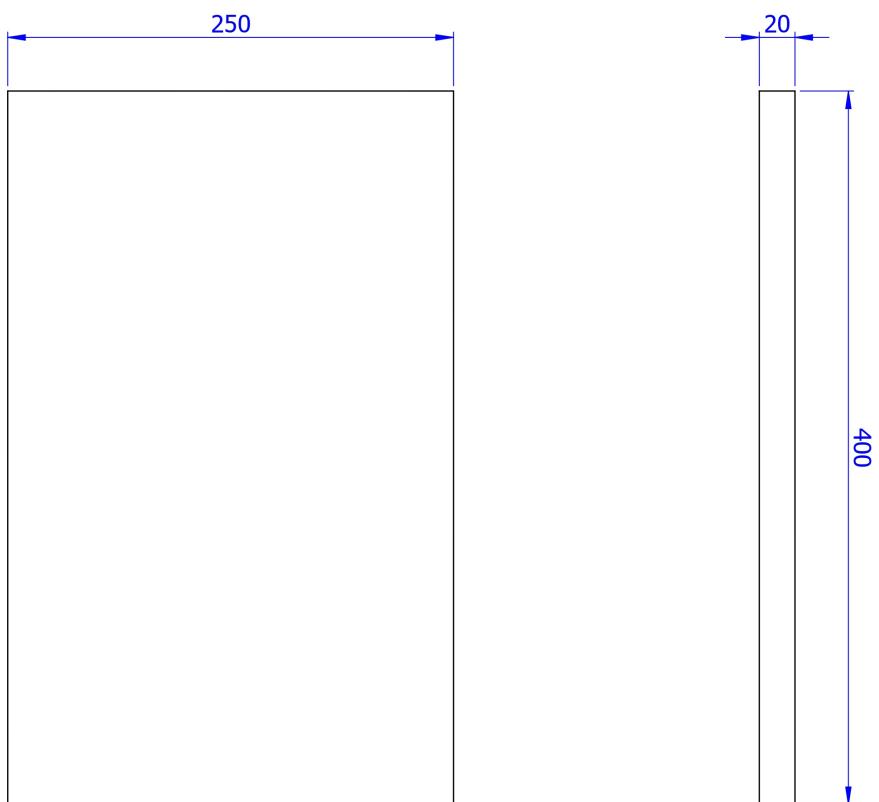
## 12.2 Desenhos Técnicos



Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	Ratio
Kayos	Pedro B.	Pedro Bueno	27/10/2024	27/10/2024	5:1
ETEC Julio de Mesquita	Suporte do Embolo - Compressor				
Centro Paula Souza					
			Edition	Sheet	
			1	1 / 1	



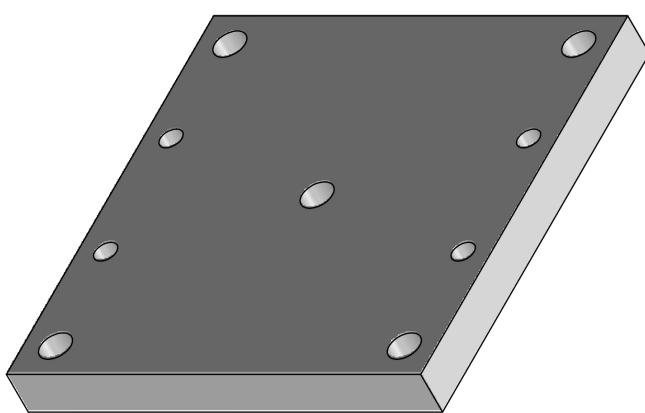
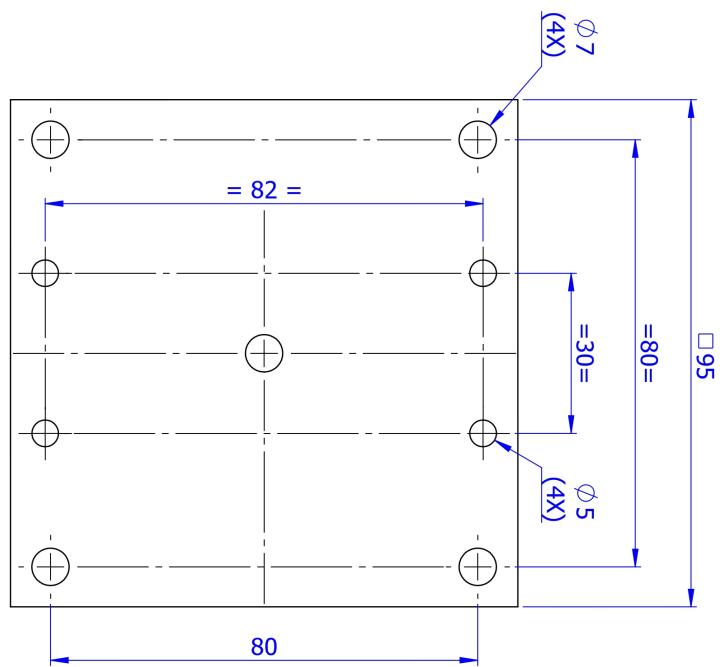
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	Ratio
kayos	Pedro B.	Pedro Bueno	28/10/2024	27/10/2024	3:1
<b>ETEC Julio de Mesquita</b>					
<b>Centro Paula Souza</b>					
<b>Bela Menor - Compressor</b>					
Edition	1	Sheet	1	1 / 1	



ISO 11604	DATA	NOME
DES.	26/10/2024	Pedro
PROJ.	21/08/2024	Pedro
ESCALA		
DENOMINAÇÃO		
Base maior		
FOLHA	 Etec <small>Escola Técnica Estadual</small>	
1	DE	N. DO DESENHO
1	B-PMTCC-001	

# Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º Semestre

1X

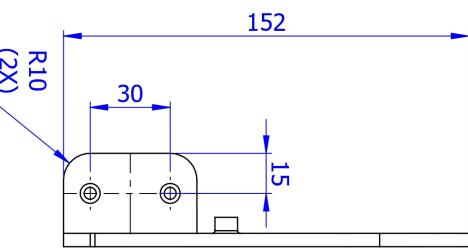
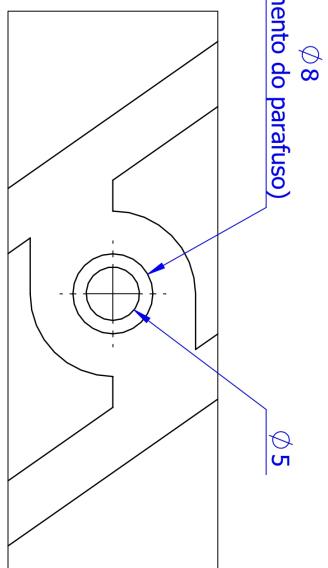
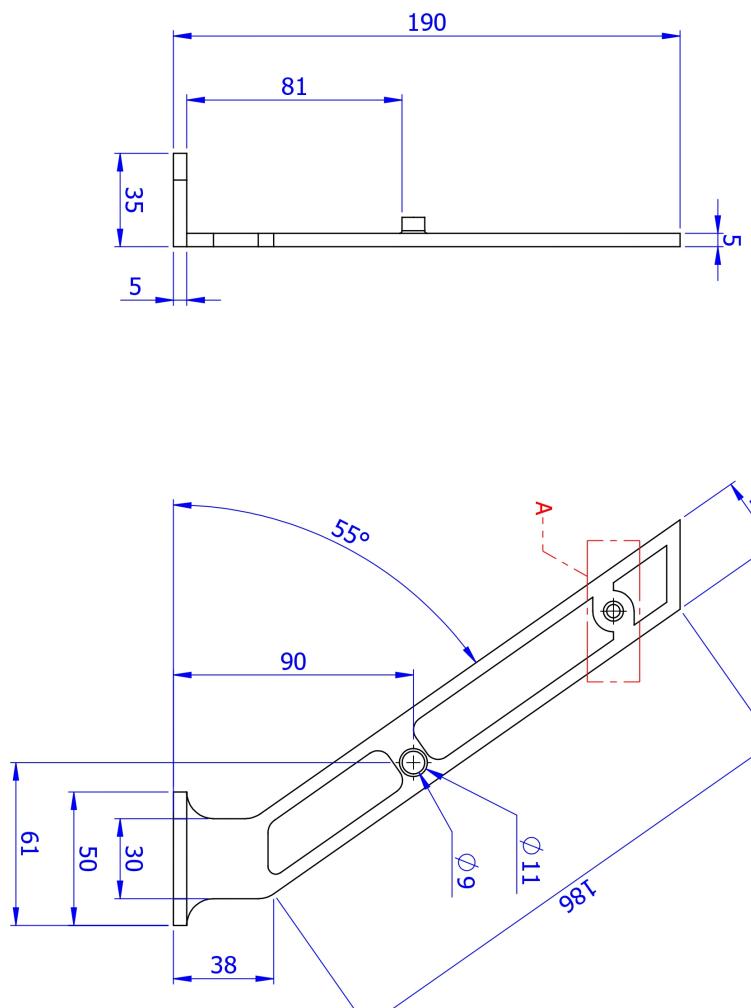
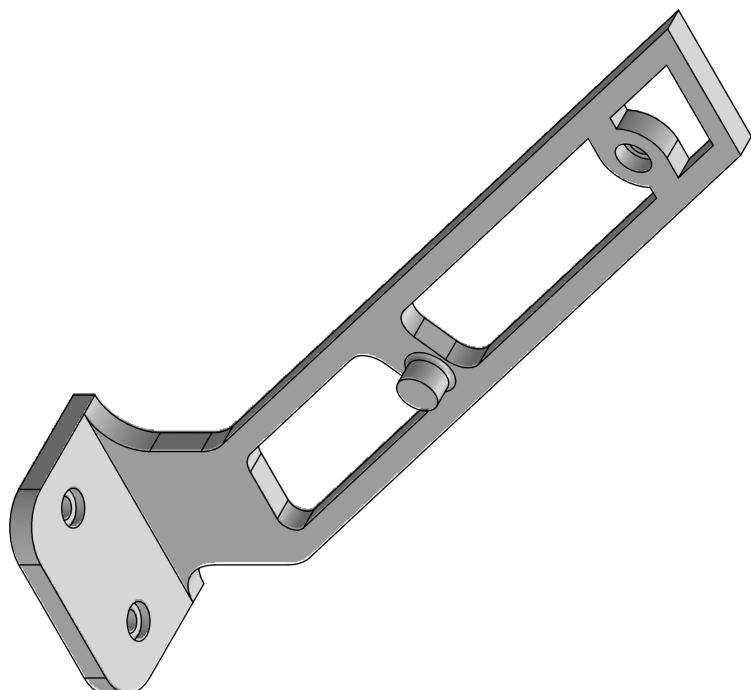


ISO R128	DATA	NOME	
DES.	26/10/2024	Pedro	
PROJ.	21/08/2024	Pedro	
ESCALA	DENOMINAÇÃO		
1:1	Base menor		

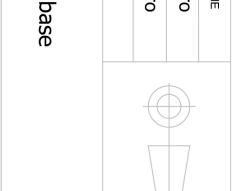
**Etecsa**  
Escola Técnica Estadual

FOLHA 1 DE 1 N.º DO DESENHO B-PMTCC-002

Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º S  
**CONSIDERAR LADO ESQUERDO COMO ESPELHADO** 1X

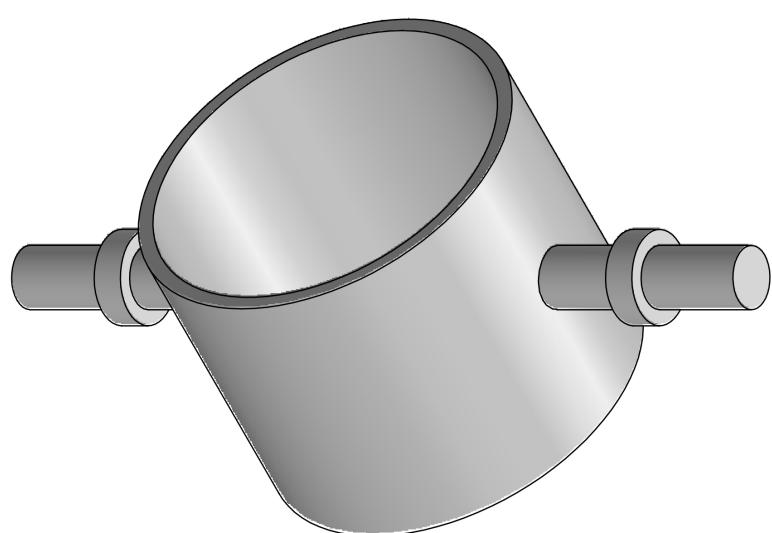
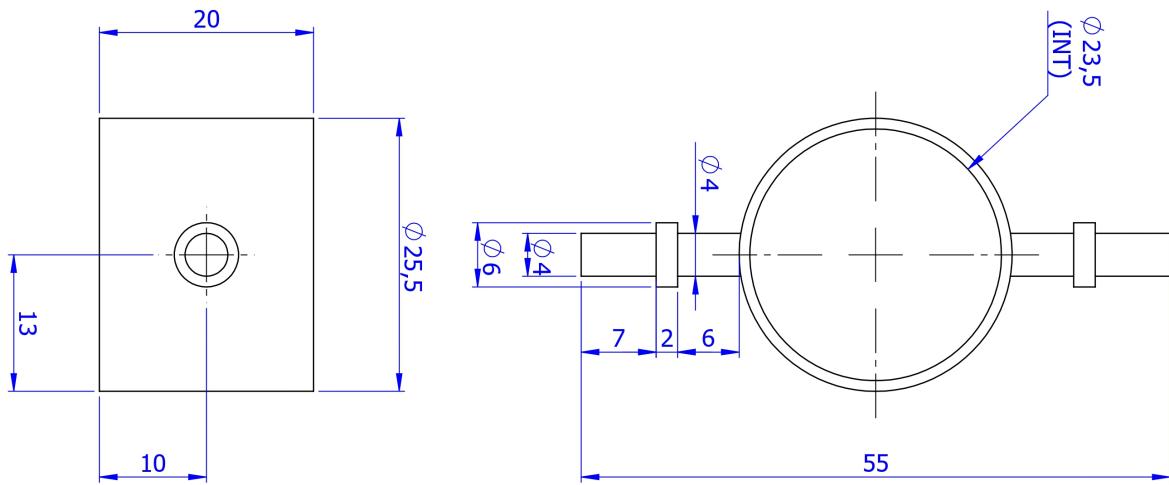


**DETALHE A**  
**ESCALA 2 : 1**

ISO R128	DATA	NOME	
	26/10/2024	Pedro	
PROJ.		Pedro	
ESCALA		DENOMINAÇÃO	
1:5		Haste base	
1	DE	N. DO DESENHO	B-PMTCC-003

**Etecs**   
 Escola Técnica Estadual  
 Fund. São Paulo

# Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º Semestre

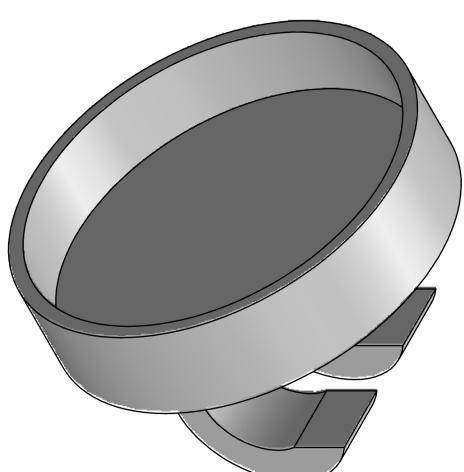
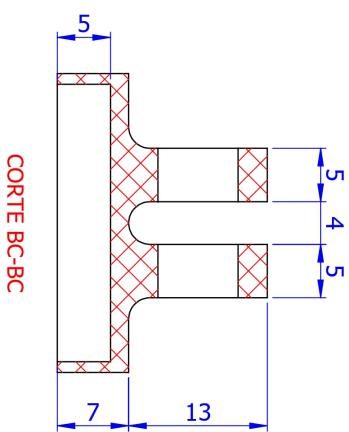
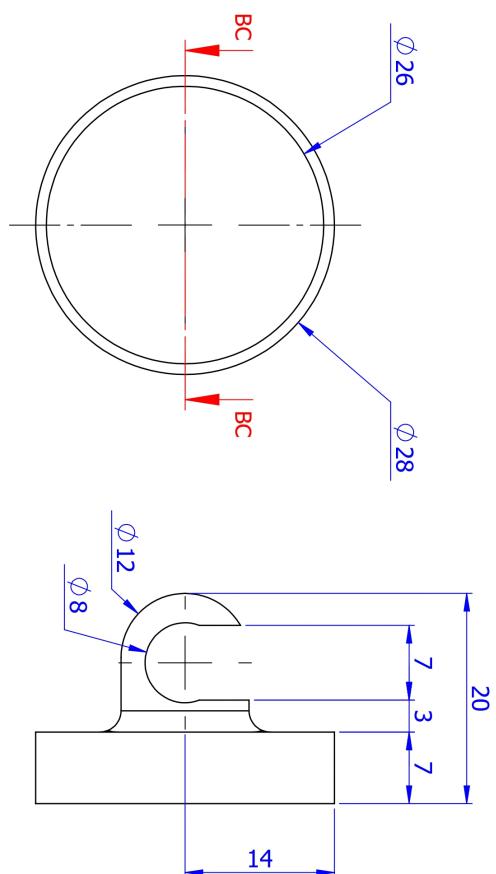


ISO R128	DATA	NOME	
DES.	26/10/2024	Pedro	
PROJ.	21/08/2024	Pedro	
ESCALA	DENOMINAÇÃO		
2:1	Encaixe da seringa - Base		
		FOLHA	
1		1	N. DO DESENHO B-PNTCC-004

**Etec**  
Escola Técnica Estadual

# Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º Semestre

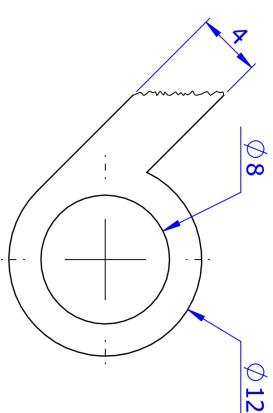
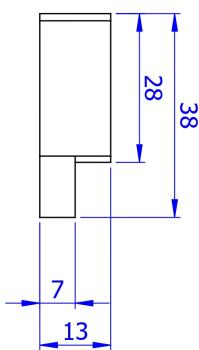
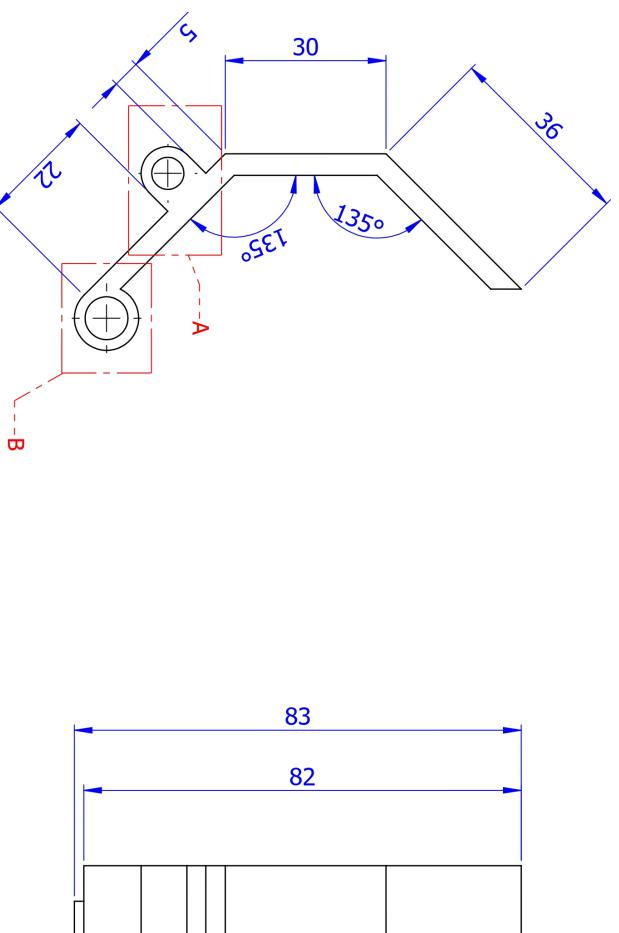
1X



ISO R128	DATA	NOME	
DES.	26/10/2024	Pedro	
PROJ.	21/08/2024	Pedro	
ESCALA	DENOMINAÇÃO		
2:1	Accionador da seringa - Base		Eletrobras Educação Técnica Estadual FOLHA 1 DE N.º DO DESENHO B-PMTCC-005

# Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º S

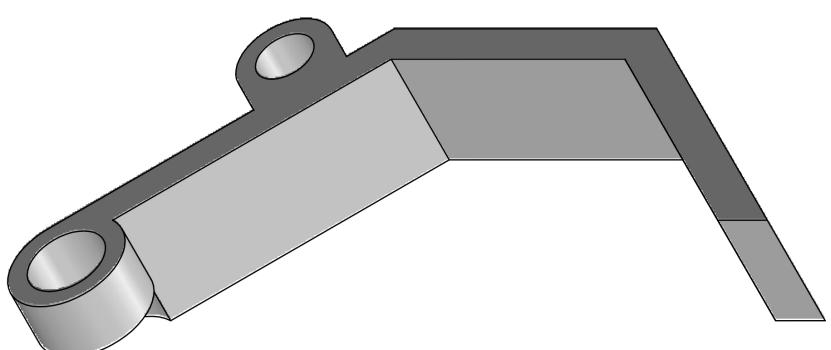
2X



DETALHE B  
ESCALA 3:1

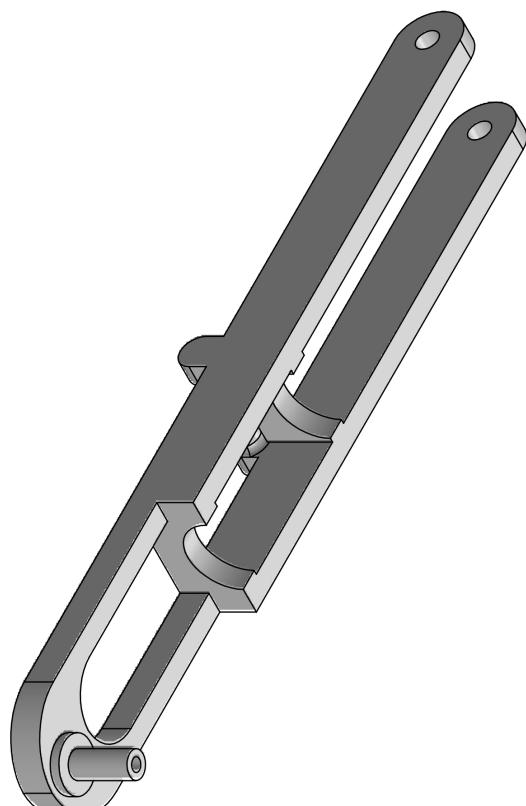
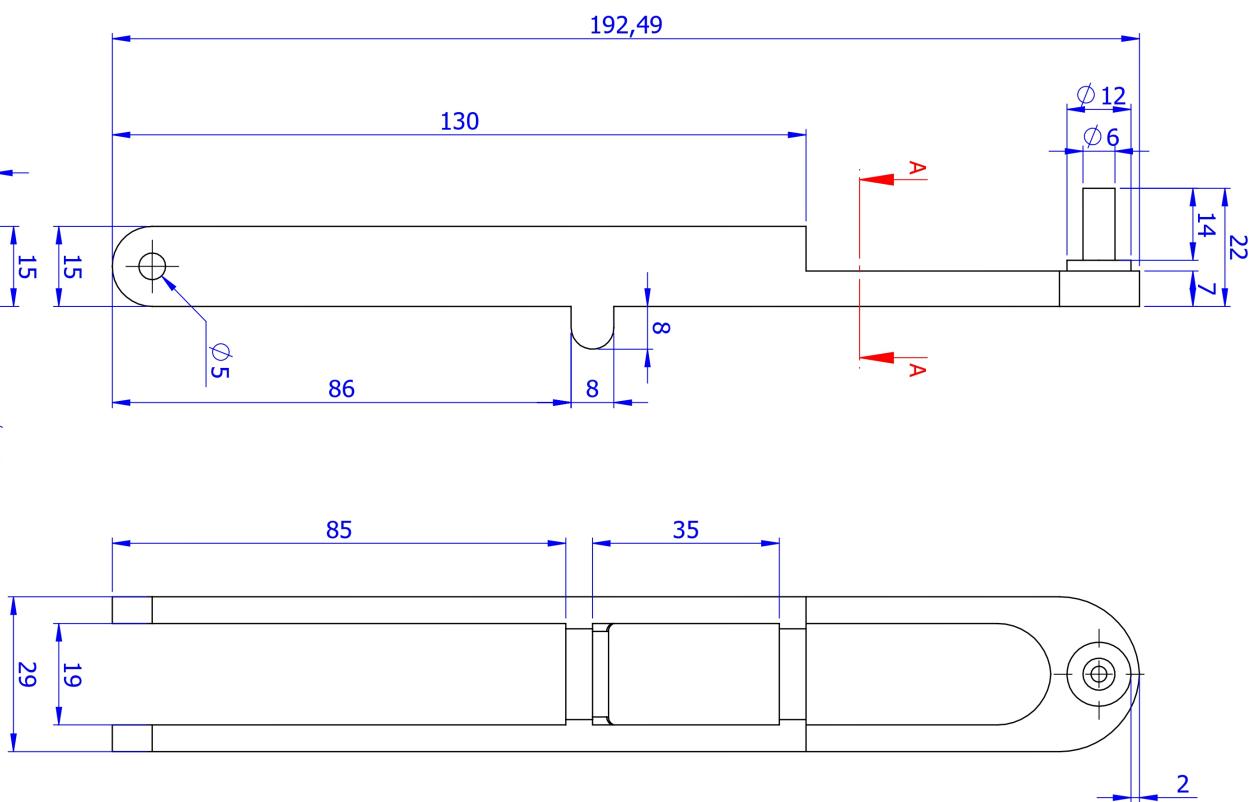
**Etec**  
Escola Técnica Estadual

ISO R128	DATA	NOME	
DES.	26/10/2024	Pedro	
PROJ.	21/08/2024	Pedro	
ESCALA	DENOMINAÇÃO		
1:1	Garra		
1	FOLHA		
1	DE	N. DO DESENHO	G-PMTCC-001



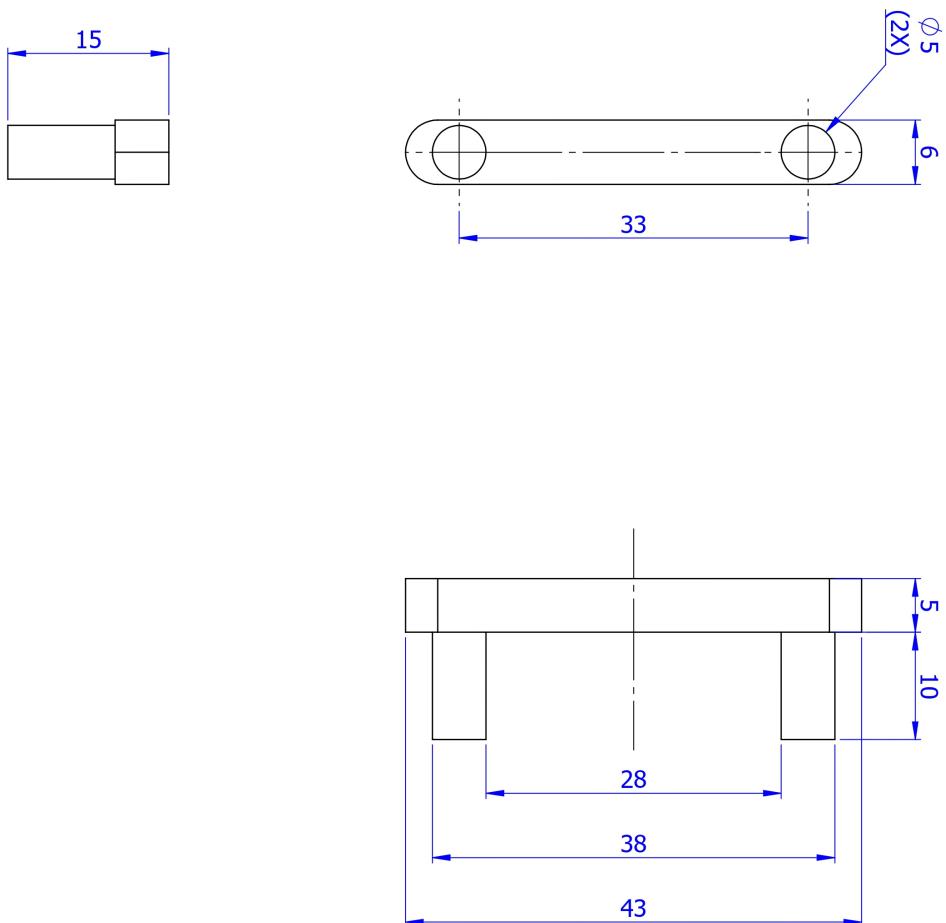
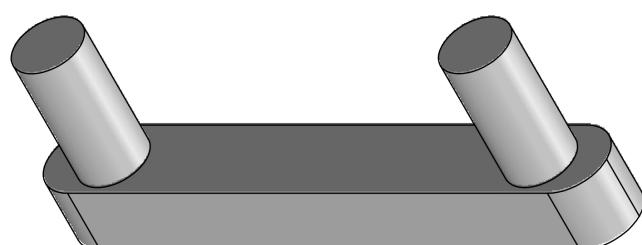
Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º S

1X



ISO R128	DATA	NOME	
DES.	25/10/2024	Pedro	
PROJ.	21/08/2024	Pedro	
ESCALA		DENOMINAÇÃO	
1:1	Haste final		
		FOLHA	1
		DE	N. DO DESENHO
			G-PMTCC-002

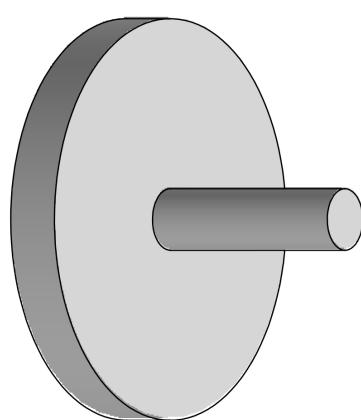
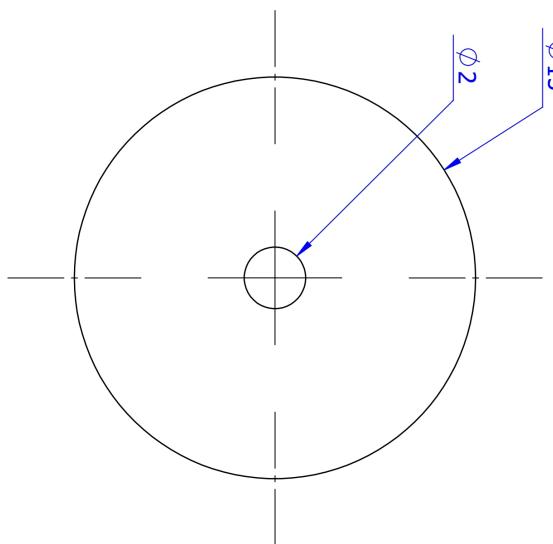
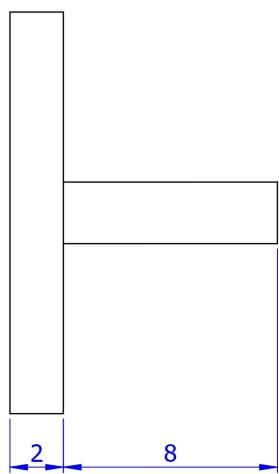
Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º S



ISO 10642	DATA	NOME
DES.	26/10/2024	Pedro
PROJ.	21/08/2024	Pedro
ESCALA	DENOMINAÇÃO	
2:1	Accionador da garra	
FOLHA	Etec	
1	Escola Técnica Estadual	
DE	N. DO DESENHO	
1	G-PMTCC-003	

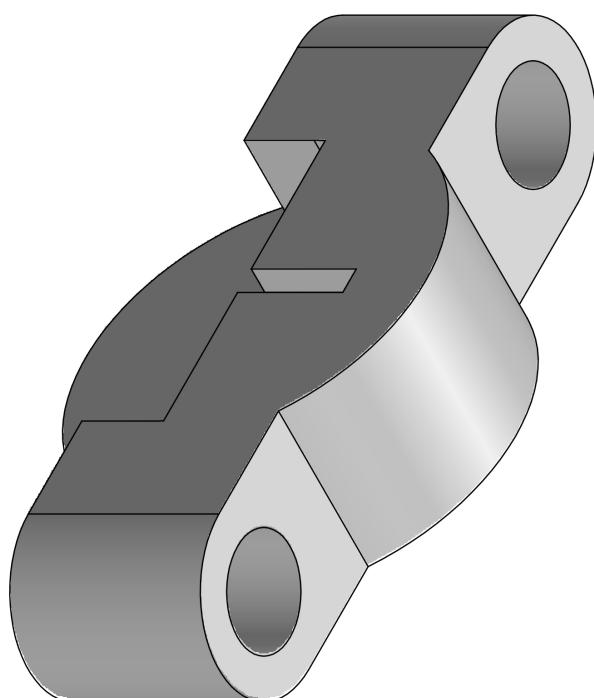
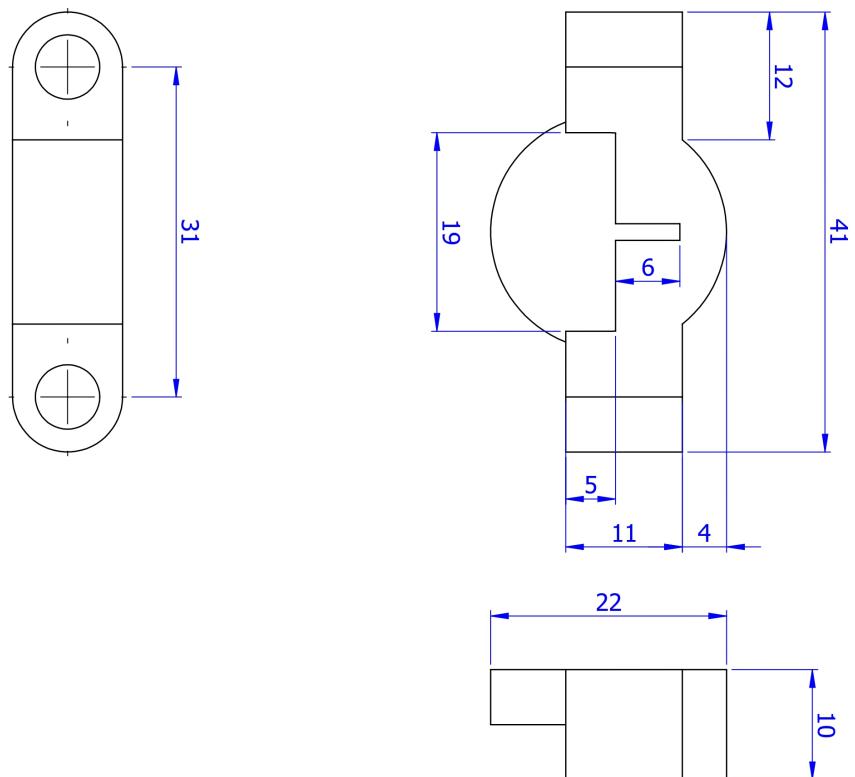
Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º Semestre

1X



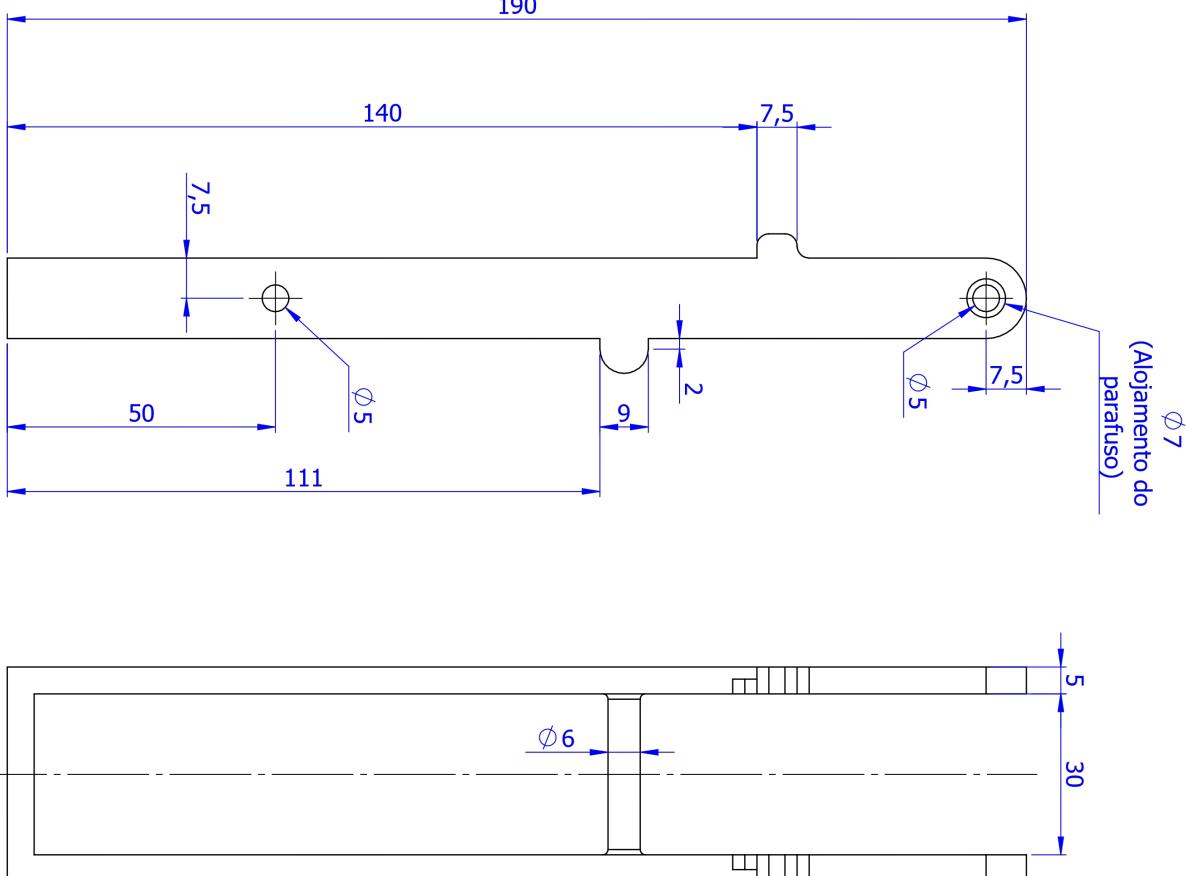
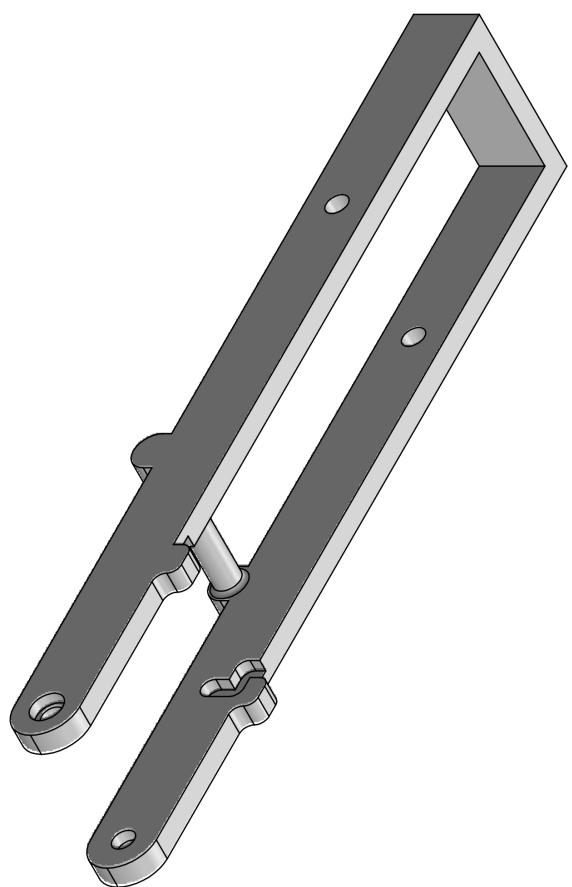
ISO 11084	DATA	NOME	
DES.	26/10/2024	Pedro	
PROJ.	21/08/2024	Pedro	
ESCALA	DENOMINAÇÃO		
5:1	Pino de travamento das garras		
		FOLHA	
		1	
		DE	N. DO DESENHO
		1	G-PMTCC-004

Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º S  
1X



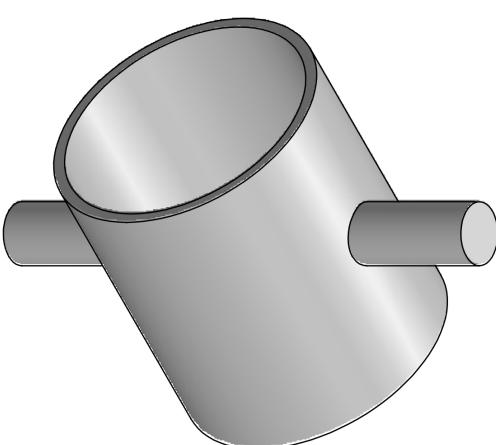
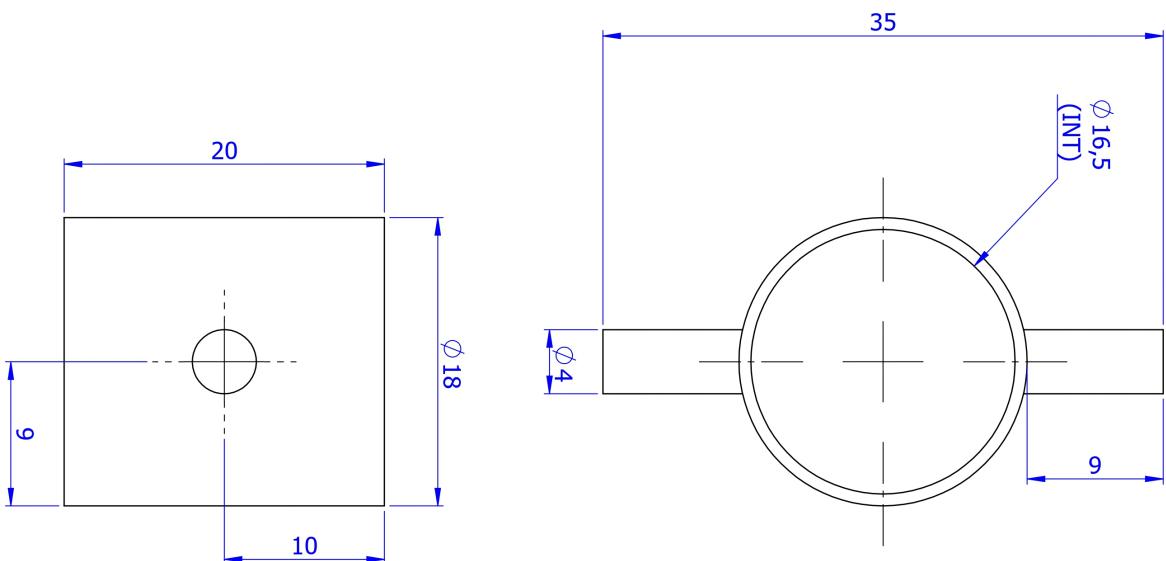
ISO 10128	DATA	NOME
DES.	26/10/2024	Pedro
PROJ.	21/08/2024	Pedro
ESCALA		
2:1	DENOMINAÇÃO	
	Acionador da seringa - Garra	
FOLHA		
1	Escala Trigonometria Estadual	
DE	G-PMTCC-005	
1	N. DO DESENHO	

Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º S  
1X



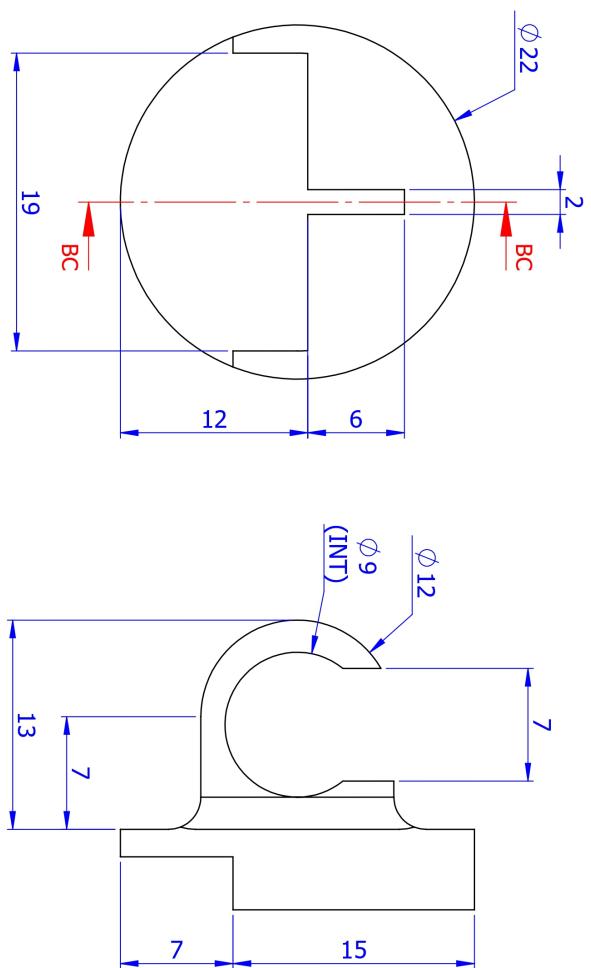
ISO 128	DATA	NOME
DES.	26/10/2024	Pedro
PROJ.	21/08/2024	Pedro
ESCALA		
DENOMINAÇÃO		
Haste intermediária		
FOLHA		
DE	N. DO DESENHO	
1	I-PMTCC-001	


  
 Escala Técnica Estadual

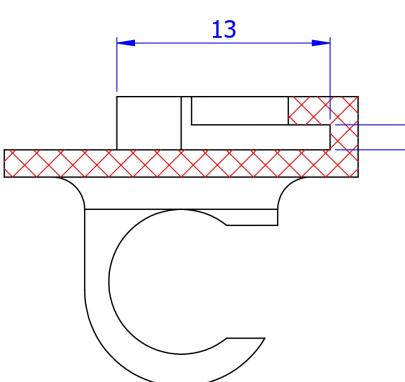


		ISO 10619
		DATA
2:1		DES. 26/10/2024
		PROJ. 21/08/2024
ESCALA	DENOMINAÇÃO	NOME
	Encalhe da seringa	Pedro
		
FOLHA	1	Escola Técnica Estadual
DE	1	Nº DO DESENHO
I-PMTCC-002		

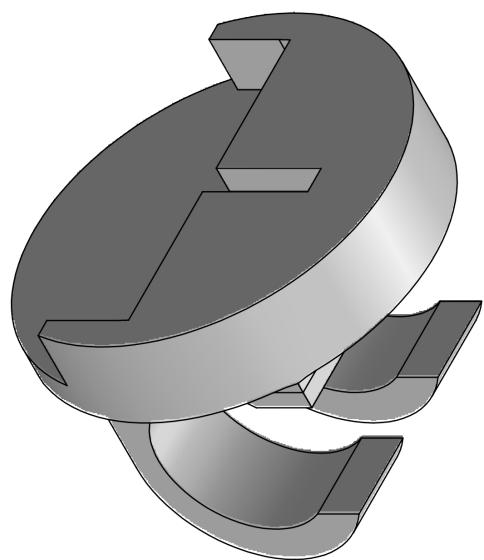
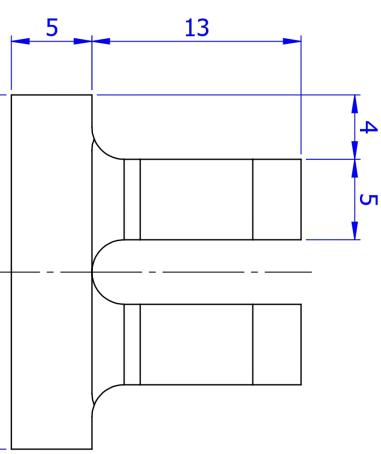
Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º S  
2X



2 (Folga interna)

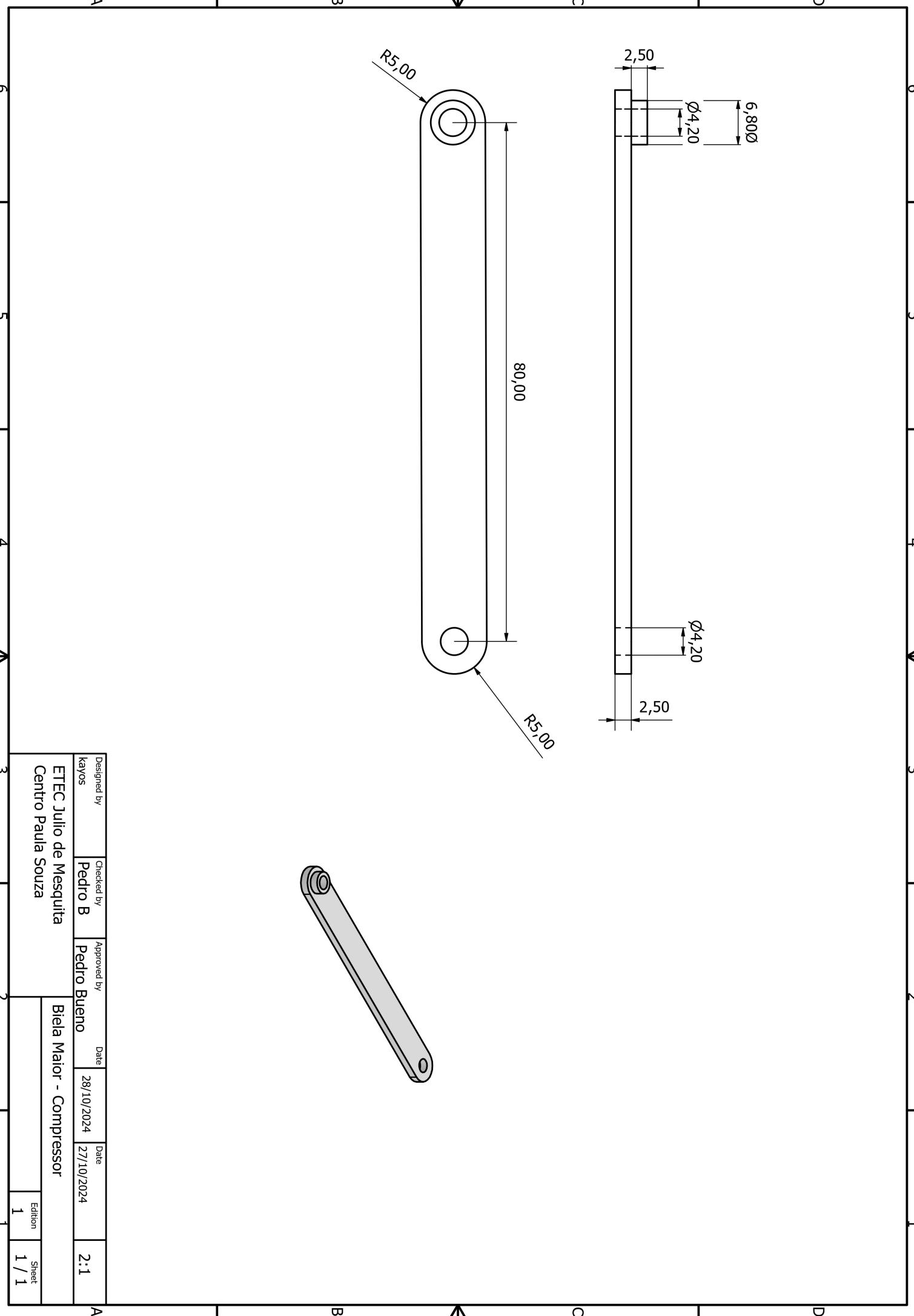


CORTE BC-BC  
ESCALA 3 : 1

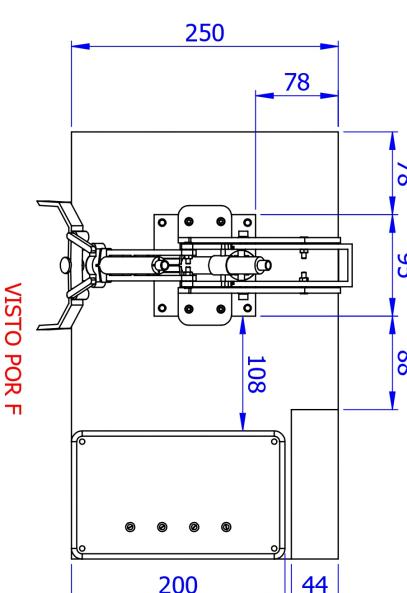
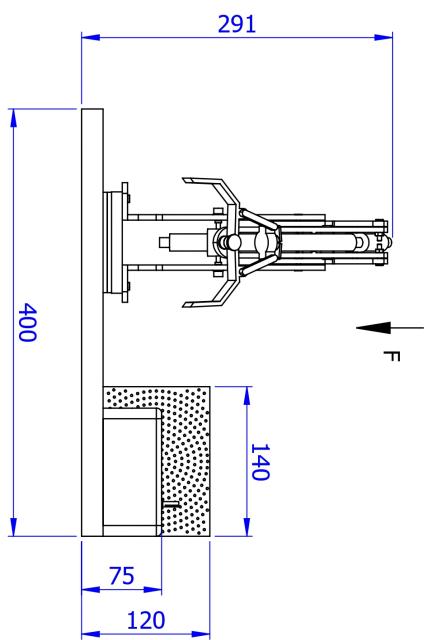


ISO R128	DATA	NOME	
DES.	26/10/2024	Pedro	
PROJ.	21/08/2024	Pedro	
ESCALA	2:1	DENOMINAÇÃO	Accionador das seringas
1	1	FOLHA	1
DE	N. DO DESENHO		I-PMTCC-003

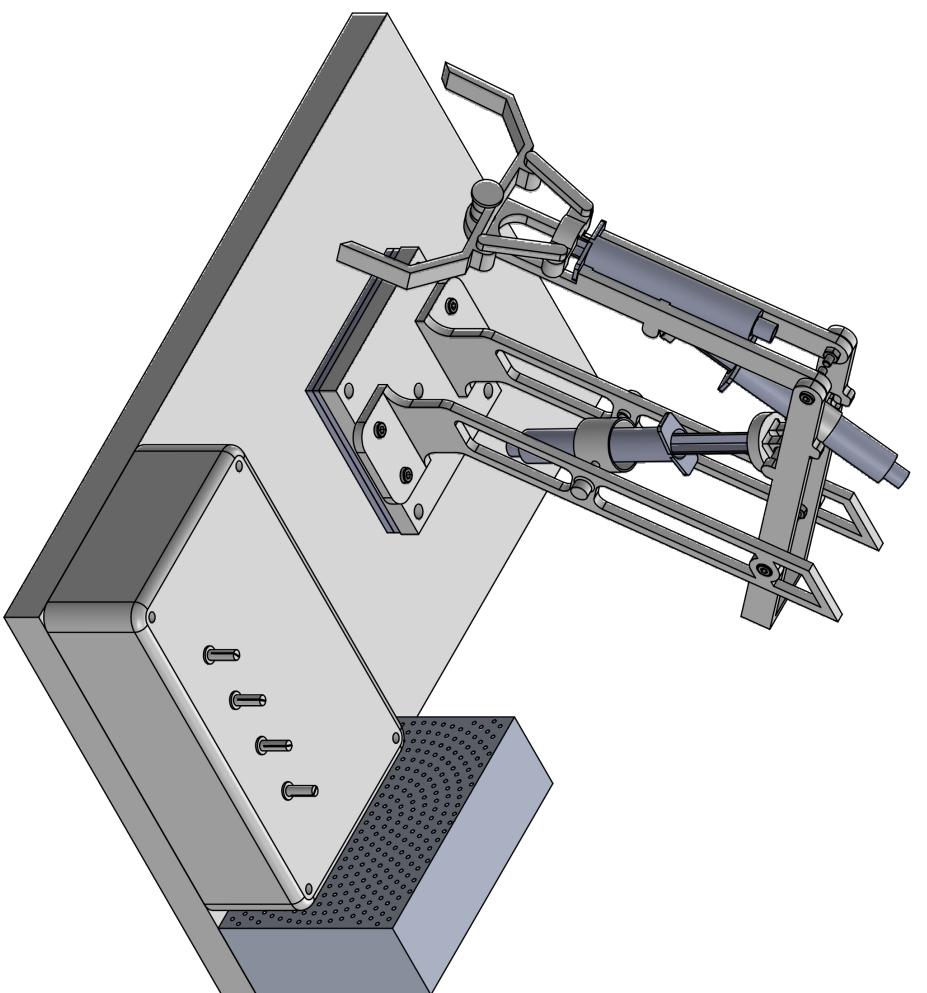
**Etec**  
Escola Técnica Estadual



# Trabalho de conclusão de curso - Mecatrônica - 4º S

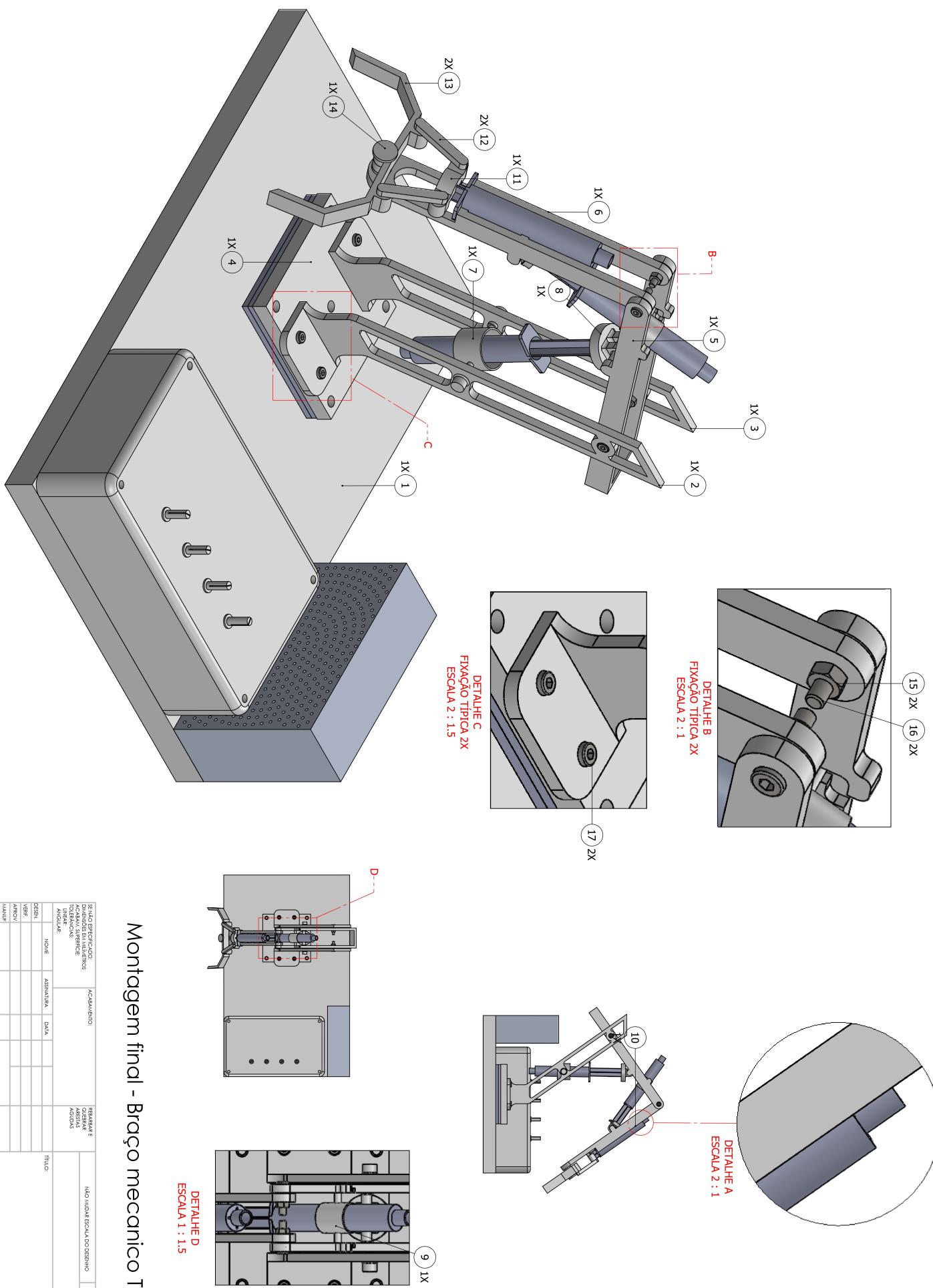


VISTO POR F



Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
1	B-PMTCC-001	-	PLA	1
2	B-PMTCC-003	-	PLA	1
3	B-PMTCC-003	-	PLA	1
4	B-PMTCC-002	-	PLA	1
5	I-PMTCC-001	-	PLA	1
6	G-PMTCC-002	-	PLA	1
7	B-PMTCC-004	-	PLA	1
8	B-PMTCC-005	-	PLA	1
9	I-PMTCC-002	-	PLA	1
10	I-PMTCC-003	-	PLA	1
11	G-PMTCC-005	-	PLA	1
12	G-PMTCC-003	-	PLA	2
13	G-PMTCC-001	-	PLA	2
14	G-PMTCC-004	-	PLA	1
15	PORCA SEXTAVADA M4	-	-	4
16	PARAFUSO ALLEN CABEÇA CILINDRICA M4x16	-	-	4
17	PARAFUSO ALLEN CABEÇA CILINDRICA M4x10	-	-	4

ISO R128	DATA	NOME		
	25/10/2024	Pedro		
DES.				
PROJ.	21/08/2024	Pedro		
ESCALA			FOLHA	
			1	DE N- DO DESENHO
1:5	Braço Hidráulico Mecatrônico			2 Montagem final - Braço mecanico TCC



## Montagem final - Braço mecanico TCC

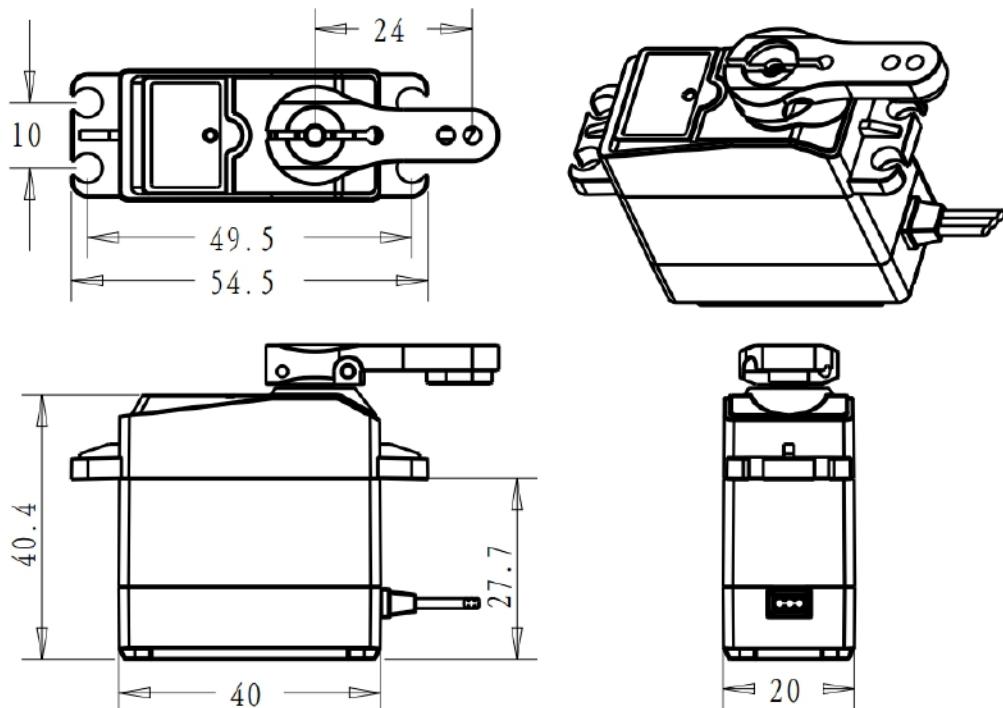
## 12.3 Datasheets e Componentes



产品型号 (Product Name): DS3225 (Red)

产品描述 (Product Description): 6V 25kg RC Digital Servo

产品图 (Drawing)



1. 使用环境条件 Apply Environmental Condition

No.	Item	Specification
1-1	存储温度 Storage Temperature Range	-30°C ~ 80°C
1-2	运行温度 Operating Temperature Range	-25°C ~ 70°C
1-3	工作电压范围 Operating Voltage Range	4.8-6.8V

2. 机械特性 Mechanical Specification

No.	Item	Specification
2-1	尺寸 Size	40*20*40.5mm
2-2	重量 Weight	60g
2-3	齿轮比 Gear ratio	275
2-4	轴承 Bearing	Double bearing
2-5	舵机线 Connector wire	300±5mm
2-6	马达 Motor	3-pole(s)
2-7	防水性能 Waterproof performance	IP66



东莞市达盛舵机科技有限公司

Dongguan City Dsservo Technology Co., Ltd

产品规格书(Product datasheet)

page 2/2

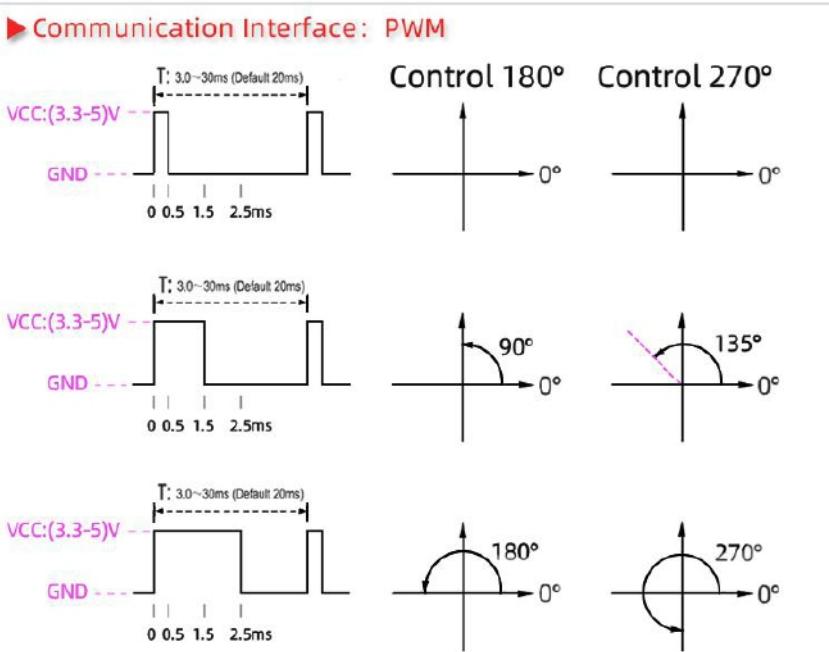
### 3. 电气特性 Electrical Specification

No.	工作电压 Operating Voltage	5V	6.8V
3-1	待机电流 Idle current(at stopped)	4mA	5mA
3-2	空载转速 Operating speed (at no load)	0.16 sec/60°	0.14sec/60°
3-3	堵转扭矩 Stall torque (at locked)	24.5 kg-cm	28 kg-cm
3-4	堵转电流 Stall current (at locked)	2.1A	2.9A

### 4. 控制特性 Control Specification

No.	Item	Specification
4-1	驱动方式 Control System	PWM(Pulse width modification)
4-2	脉宽范围 Pulse width range	500~2500μsec
4-3	中点位置 Neutral position	1500μsec
4-4	控制角度 Running degree	180° or 270° (when 500~2500 μ sec)
4-5	控制精度 Dead band width	3 μsec
4-6	控制频率 Operating frequency	50-330Hz
4-7	旋转方向 Rotating direction	Counterclockwise (when 500~2500 μsec)

### 5. 关于 PWM 控制说明 About PWM Control



更多的舵机规格书和 3D 模型, 请到网站下载(For more servo datasheet and 3D files, please go to the website to download) [www.dsservo.com](http://www.dsservo.com)

## 6 Pin Configuration and Functions

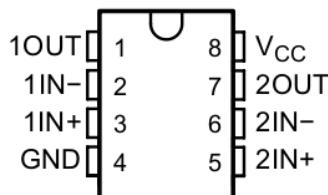
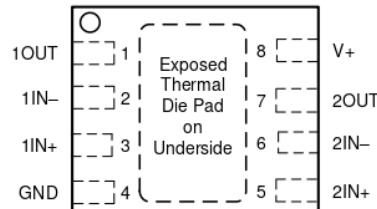


Figure 6-1. D, DGK, JG, P, PS, DDF or PW Package 8-Pin SOIC, VSSOP, PDIP, SO, or TSSOP Top View



Connect thermal pad directly to GND pin.

Figure 6-2. DSG Package 8-Pin WSON With Exposed Pad Top View

Table 6-1. Pin Functions

NAME	PIN		I/O	DESCRIPTION
	SOIC, VSSOP, PDIP, SO, DDF and TSSOP	DSG		
1OUT	1	1	Output	Output pin of comparator 1
1IN-	2	2	Input	Negative input pin of comparator 1
1IN+	3	3	Input	Positive input pin of comparator 1
GND	4	4	—	Ground
2IN+	5	5	Input	Positive input pin of comparator 2
2IN-	6	6	Input	Negative input pin of comparator 2
2OUT	7	7	Output	Output pin of comparator 2
VCC	8	8	—	Positive Supply
Thermal Pad	—	PAD	—	Connect directly to GND pin

# MC78XX/LM78XX/MC78XXA

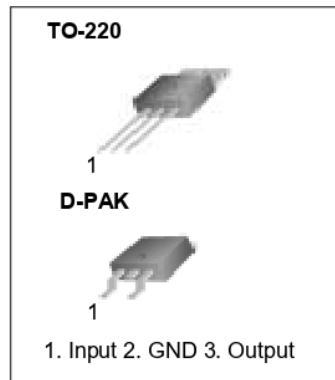
## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

### Features

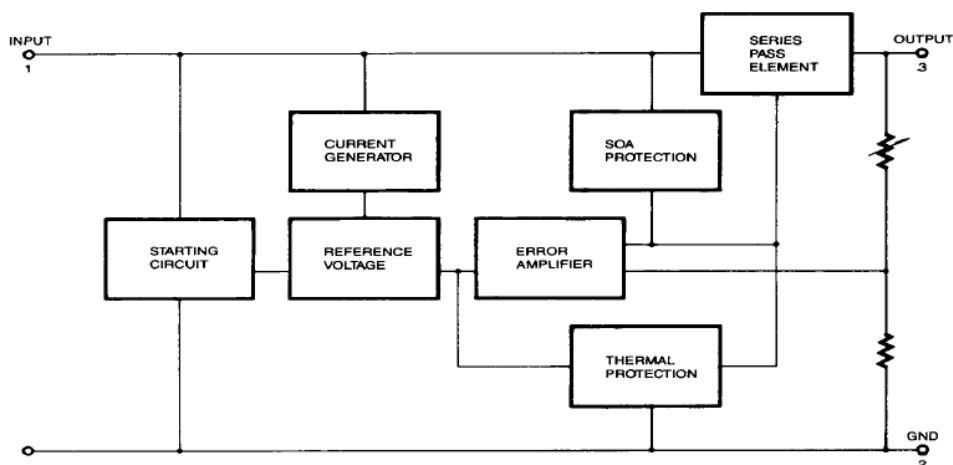
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

### Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

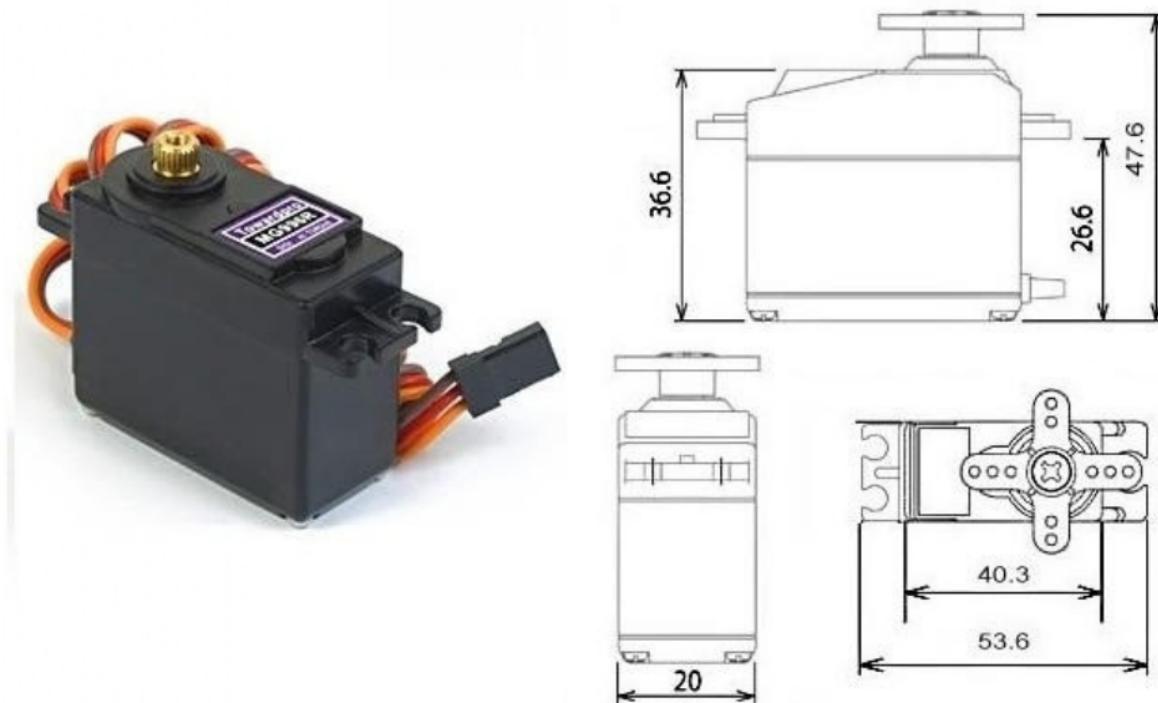


### Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

# MG996R High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



This High-Torque MG996R Digital Servo features metal gearing resulting in extra high 10kg stalling torque in a tiny package. The MG996R is essentially an upgraded version of the famous MG995 servo, and features upgraded shock-proofing and a redesigned PCB and IC control system that make it much more accurate than its predecessor. The gearing and motor have also been upgraded to improve dead bandwith and centering. The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

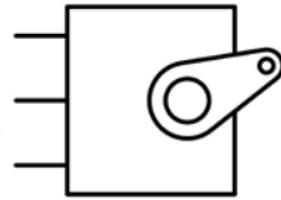
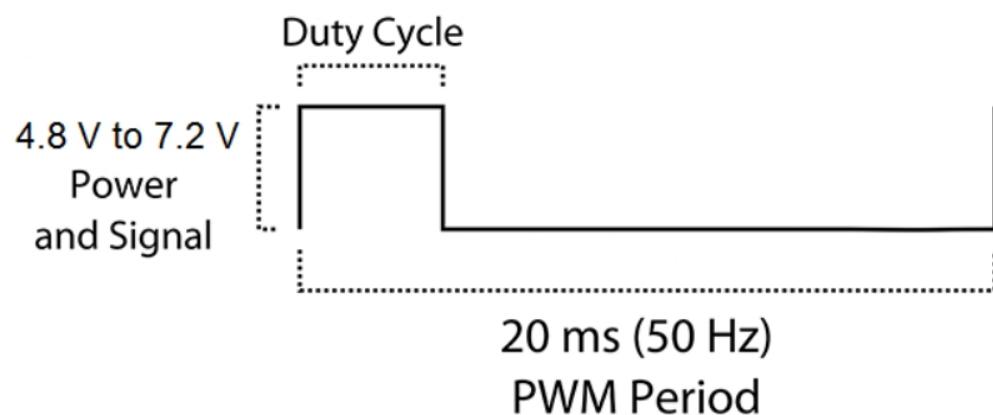
This high-torque standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. The MG996R Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

## Specifications

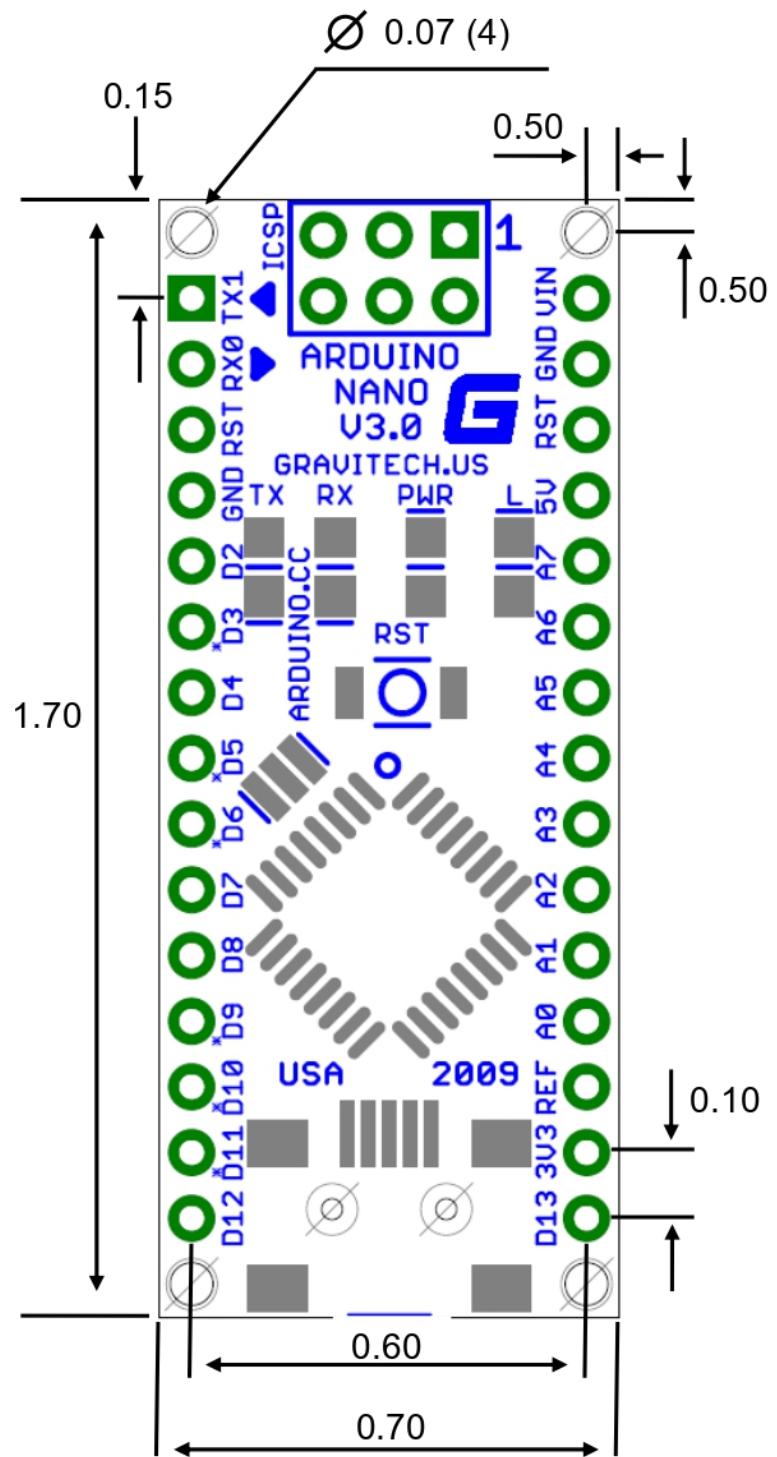
- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 9.4 kgf·cm (4.8 V), 11 kgf·cm (6 V)
- Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)

- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
- Running Current 500 mA – 900 mA (6V)
- Stall Current 2.5 A (6V)
- Dead band width: 5  $\mu$ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Temperature range: 0 °C – 55 °C

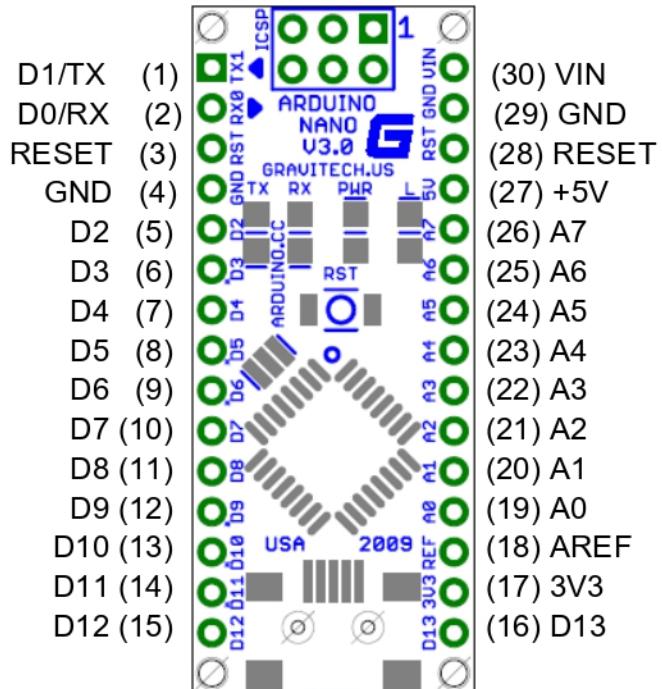
PWM=Orange (☱)  
 Vcc=Red (+)  
 Ground=Brown (–)

## Arduino Nano Mechanical Drawing



## Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A0-A7	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

## 5A 180KHz 36V Buck DC to DC Converter

XL4015

## Function Block

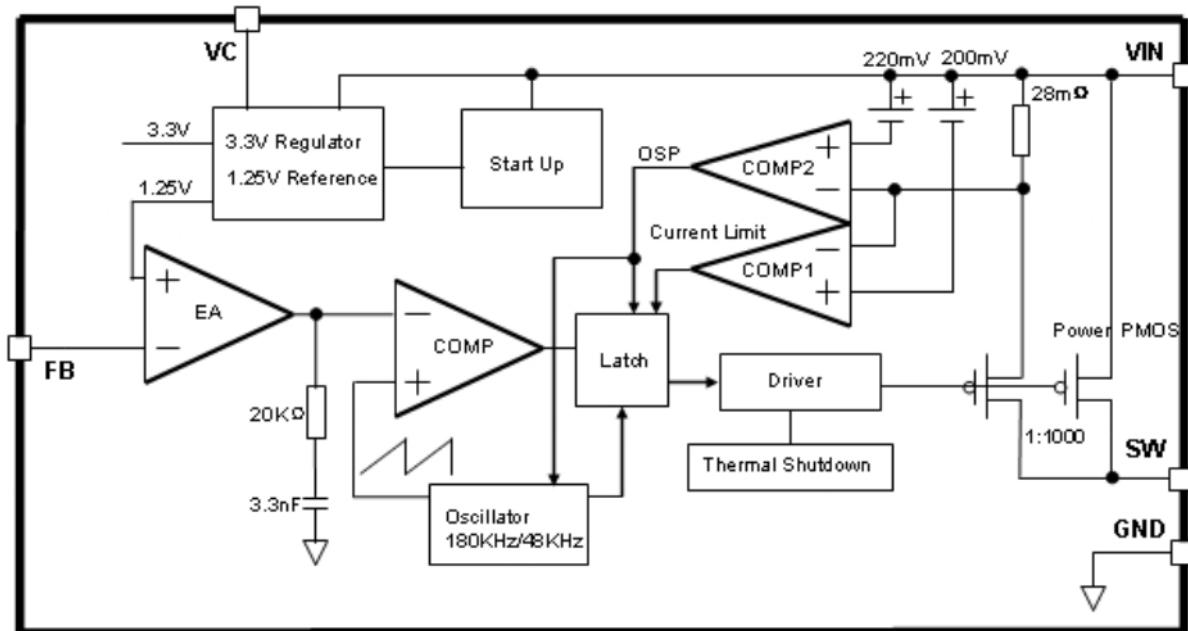


Figure3. Function Block Diagram of XL4015

## Typical Application Circuit

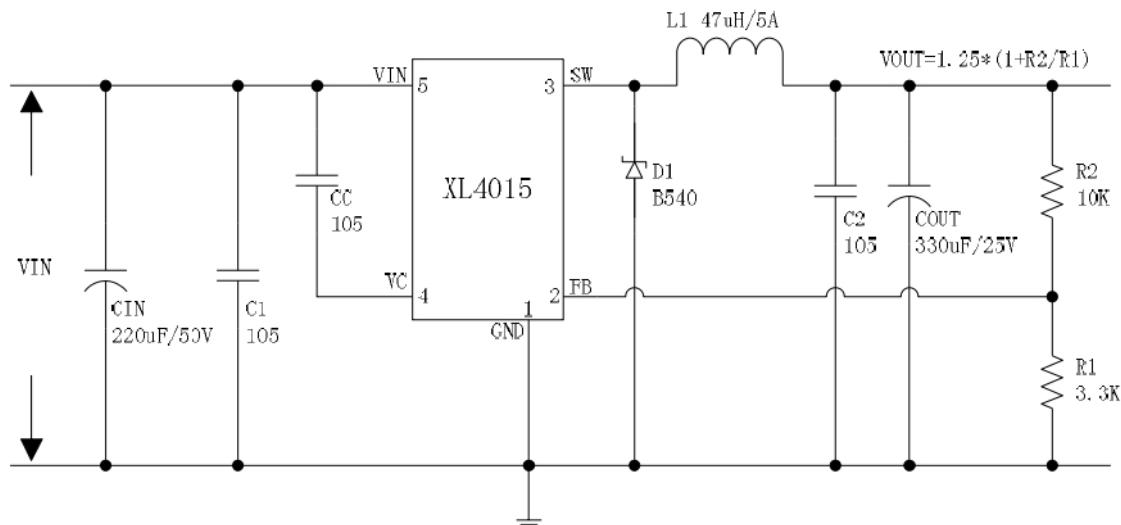


Figure4. XL4015 Typical Application Circuit (VIN=8V~36V, VOUT=5V/5A)