

**THOMAZ AKIRA FURUKAWA**

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS  
PARA HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA USP**

São Paulo  
2022

**THOMAZ AKIRA FURUKAWA**

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS  
PARA HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA USP**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para con-  
clusão de Iniciação Científica .

São Paulo  
2022

**THOMAZ AKIRA FURUKAWA**

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS  
PARA HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA USP**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para con-  
clusão de Iniciação Científica .

Área de Concentração:  
Engenharia Mecatrônica

Orientador:  
Leopoldo Rideki Yoshioka

Co-orientador:  
Oswaldo Horikawa

São Paulo  
2022

---

Prof. Dr. Leopoldo Rideki Yoshioka

---

Prof. Dr. Oswaldo Horikawa

Dedico esse trabalho aos atuais  
e futuros integrantes da ZIMA -  
Soluções Medico Hospitalares

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, à minha família, que me forneceram inspiração, suporte emocional e financeiro para que eu chegassem até a universidade.

Ao meus professores orientadores, Leopoldo Yoshioka, pela a oportunidade de participar do grupo , fazer a manutenção do projeto e sempre dar suporte, tanto em ajuda, quanto em ensinamentos através de boas conversas e alguma risadas. Ao Professor Oswaldo Horikawa, que foi um forte auxílio técnico no desenvolvimento dos projetos e me inspirou a ser um engenheiro melhor.

Aos coordenadores de área e antigos membros, Vanderson Santos, Lucas Boccia, Lucas Grob, Wu Kam Long, Pedro Croso, Caio Oliveria, Lucas Junji e Joao Magano que sem essa equipe nada do que será apresentado seria possível.

*“Para ganhar, tem que jogar bem e dar sorte.”*

- Josué Ramalho da Silva

## RESUMO

Desde 2020, a Escola Politécnica e Hospital Universitário da USP colaboraram juntos para o desenvolvimento de soluções tecnológicas na área da saúde. O trabalho de incentivo a inovação foi o responsável pelo projeto Robô Hospitalar, robô autônomo para entregas de exames laboratorias, que chamou atenção dos colaboradores do Hospital para as oportunidades de inserir a tecnologia para inovar na saúde. Com o desenvolvimento do projeto e a entrega de resultados concretos, novas oportunidades surgiram, sendo duas delas sementes de dois novos projetos: o Dispensador de Remédios da Farmácia do HU e o aparelho de reabilitação Ciclo Ergômetro. Com a aproximação da Escola Politécnica e o Hospital Universitário da USP o incentivo a inovação se deu de diversas maneiras, não se limitando a entrega de projetos mas também a criação de grupos focados em inovação na saúde.

**Palavras-Chave** – Automação, Algoritmos de Controle, Programação de Embarcados, Robótica, Saúde, Eletromédicos, Hospitalar, Inovação.

## LISTA DE FIGURAS

1	Núcleo de Inovação e Tecnologia (INTEC) . . . . .	16
2	Segunda Versão do Robô Hospitalar . . . . .	16
3	ZIMA - Soluções Médico Hospitalares . . . . .	16
4	Robo modelo Hospi(1) . . . . .	17
5	Aparelho(alemão) Reck Motomed(2) . . . . .	18
6	Maquina selecionadora modelo PillPick (3) . . . . .	19
7	Entrega de exames laboratoriais no HU . . . . .	20
8	Leito UTI Adulto (HU) . . . . .	21
9	Farmácia (HU) . . . . .	22
10	Seleção de remédios (HU) . . . . .	22
11	Dr.Fugita e Alunos da ZIMA . . . . .	22
12	Fusion 360 . . . . .	26
13	Altium Designer . . . . .	26
14	Gazebo . . . . .	26
15	Robot Operating system (ROS) . . . . .	26
16	Github . . . . .	26
17	Rviz . . . . .	26
18	Diagrama Projeto Golgi Bot . . . . .	28
19	Estrutura Golgi Bot . . . . .	29
20	Cabide de remédios Golgi Bot . . . . .	30
21	Roldanas V-SLOT Golgi bot . . . . .	30
22	Roldanas V-SLOT Creality CR-10 PRO . . . . .	30
23	Esquema de Tração . . . . .	31

24	Motor com redução . . . . .	31
25	Atuador linear . . . . .	31
26	Bomba de vácuo . . . . .	31
27	Distribuição de energia Golgi . . . . .	32
28	Fonte Chaveada 12V . . . . .	32
29	fonte raspberry pi 3b+ . . . . .	32
30	Conversor de tensão Buck . . . . .	32
31	BTS 7960 . . . . .	33
32	AK555 . . . . .	33
33	Encoder rotativo 600 Pulso . . . . .	33
34	Sensor de pressão MPX . . . . .	33
35	Módulo chave fim de curso . . . . .	33
36	Eletronica Golgi . . . . .	34
37	Módulo de movimentação Golgi PCB . . . . .	35
38	Módulo de movimentação Golgi esquemático . . . . .	35
39	Módulo Raspberry Golgi PCB . . . . .	35
40	Módulo Raspberry Golgi esquemático . . . . .	35
41	Atuador linear . . . . .	36
42	Bomba de vácuo . . . . .	36
43	Ponte H l298n . . . . .	36
44	Máquina de estados Loop ESP-32 . . . . .	38
45	Diagrama de blocos Controle em X . . . . .	38
46	Diagrama de blocos Controle em Z . . . . .	39
47	Kivy . . . . .	39
48	Sistema Golgi . . . . .	39
49	Módulo RFID . . . . .	40

50	Solenoide 12V . . . . .	40
51	Diagrama Projeto Ciclo . . . . .	42
52	Bicicleta cicloergométrica WCT fitness . . . . .	43
53	Ciclo Ergômetro no Leito (CAD) . . . . .	43
54	Polia bipartida . . . . .	44
55	Transmissão por corrente ciclo . . . . .	44
56	Pedal Ergonômico . . . . .	44
57	Distribuição de Energia Ciclo . . . . .	45
58	Motor MB300W24 . . . . .	46
59	Módulo Ciclo Ergômetro . . . . .	46
60	Esquemático Módulo Ciclo . . . . .	46
61	ACS712 20A . . . . .	47
62	Diagrama de blocos Controle RPM . . . . .	49
63	Diagrama de blocos Controle Torque . . . . .	50
64	Hema Bot . . . . .	52
65	Modulo Hema Bot . . . . .	53
66	Esquemático módulo Hema Bot . . . . .	53
67	Logo ZIMA . . . . .	55
68	Estrutura ZIMA . . . . .	58
69	Modulo movimentação Golgi . . . . .	61
70	Reunião Farmácia (HU) . . . . .	61
71	Golgi Bot miniatura . . . . .	61
72	Golgi Bot tamanho Real . . . . .	61
73	Teste Ciclo Ergômetro . . . . .	62
74	Reunião UTI Adulst . . . . .	62
75	Fabricação Hema Bot . . . . .	63

76	Hema Bot Real . . . . .	63
77	Evento HU 20/04/2022 . . . . .	63

# SUMÁRIO

<b>Parte I: INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1</b> <b>Objetivo</b>	<b>17</b>
1.0.1 Robo Hospitalar / Hema-Bot . . . . .	17
1.0.2 Ciclo Ergômetro . . . . .	18
1.0.3 Automação da Farmácia / Golgi-Bot . . . . .	18
<b>2</b> <b>Motivação</b>	<b>20</b>
2.1 Problemas . . . . .	20
2.1.1 Contaminação por contato com amostras laboratorias . . . . .	20
2.1.2 Fisioterapia para paciente de mobilidade reduzida . . . . .	21
2.1.3 Seleção de medicamentos . . . . .	21
2.2 Solução proposta . . . . .	22
<b>3</b> <b>Metodologia</b>	<b>23</b>
3.0.1 Projetos . . . . .	23
3.0.2 Gestão . . . . .	23
<b>4</b> <b>Arquitetura do Projeto</b>	<b>25</b>
4.0.1 Sistema Mecânico . . . . .	25
4.0.2 Sistema Eletrônico . . . . .	25
4.0.3 Sistema Computacional . . . . .	25
<b>Parte II: GOLGI BOT</b>	<b>27</b>
<b>5</b> <b>Hardware Golgi</b>	<b>29</b>

5.1	Estrutura Mecânica . . . . .	29
5.1.1	Armazenamento de fármacos . . . . .	29
5.1.2	Mecanismo de movimentação 3D . . . . .	30
5.1.3	Carenagem de proteção . . . . .	31
5.2	Sistemas Eletrônicos . . . . .	32
5.2.1	Distribuição de energia . . . . .	32
5.2.2	Sistema de tração . . . . .	33
5.2.3	Sistema de realimentação . . . . .	33
5.2.4	Módulos embarcados . . . . .	34
5.2.5	Mecanismo de captura . . . . .	35
<b>6</b>	<b>Software Golgi</b>	<b>37</b>
6.1	Algorítimo de movimentação . . . . .	37
6.1.1	Máquina de estados . . . . .	37
6.1.2	Controle PID . . . . .	37
6.2	Interface com usuários . . . . .	38
6.2.1	Controle de estoque . . . . .	38
6.2.2	Autenticação . . . . .	39
<b>Parte III: CICLO ÉRGOMETRO</b>		<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Hardware Ciclo</b>	<b>43</b>
7.1	Estrutura Mecânica . . . . .	43
7.1.1	Estrutura mecânica e fixação . . . . .	43
7.1.2	Mecanismo de rotação e pedalada . . . . .	43
7.1.3	Pedais ergonômico . . . . .	44
7.2	Sistemas Eletrônicos . . . . .	45
7.2.1	Distribuição de enregia . . . . .	45

7.2.2	Sistema de tração . . . . .	46
7.2.3	Módulos embarcados . . . . .	46
7.2.4	Sistema de realimentação . . . . .	47
<b>8</b>	<b>Software ciclo</b>	<b>48</b>
8.1	Algorítimo de movimentação . . . . .	48
8.1.1	Máquina de estados . . . . .	48
8.1.2	Controle PID . . . . .	49
8.2	Interface com usuários . . . . .	50
8.2.1	Configuração de exercicio . . . . .	50
8.2.2	Coleta e amostra de parâmetros . . . . .	50
<b>Parte IV: HEMA BOT</b>		<b>51</b>
<b>9</b>	<b>Versão 3 robô hospitalar</b>	<b>52</b>
9.1	Carenagem . . . . .	52
9.2	Modulos embarcados . . . . .	52
<b>Parte V: ZIMA</b>		<b>54</b>
<b>10</b>	<b>Porque zima?</b>	<b>56</b>
<b>11</b>	<b>Nossos Pilares</b>	<b>57</b>
11.1	Conhecimento em livre acesso . . . . .	57
11.2	Aprendizado e experiência . . . . .	57
11.3	Soluções viáveis . . . . .	57
<b>12</b>	<b>Estrutura</b>	<b>58</b>
<b>Parte VI: RESULTADOS</b>		<b>60</b>

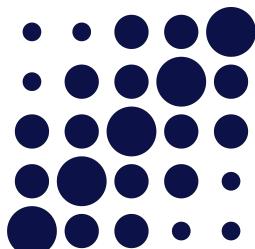


# **PARTE I**

## **INTRODUÇÃO**

A Escola Politécnica e o Hospital Universitário vem se aproximando através de projetos como O Robô Hospitalar, um Robô capaz de se movimentar autonomamente dentro do hospital e realizar as entregas de exames laboratorias. Esse projeto foi promovido pela iniciativa do Professor Leopoldo e Dr. Oscar Fugita, responsável pelo Núcleo de Inovação e Tecnologia do HU(INTEC). Com o sucesso da colaboração se concretizando através da evolução do projeto, que já se encontrava na Segunda Versão em 2021, foi proposto a resolução de dois novos problemas do HU para esse grupo de alunos responsáveis pelo Robô. No segundo semestre de 2021 o grupo de pesquisa que antes apenas desenvolvia o robô, iniciou a concepção de duas novas máquinas, uma que operaria na Farmácia do HU e outra que seria usada pela equipe de Fisioterapia da UTI Adulto. Como apoio financeiro, o grupo contava com o Amigos da Poli, fundo patrimonial que financiou, desde o inicio, os projetos propostos por Professor Leopoldo. Além do aumento no número de projetos, dos recursos disponíveis veio também um crescimento no número de alunos interessados em inovação na saúde, políticos atraídos pelas mídias sociais de divulgação do Robô Hospitalar. Em agosto de 2021, tive a oportunidade de, juntamente com meus colegas, fundar a ZIMA - Soluções Médico Hospitalares (4), que sintetiza todo esse apoio docente, financeiro e institucional em um grupo de extensão de alunos motivados a impactar a saúde através de tecnologia. Indo além do desenvolvimento de pesquisa, esse documento contempla a criação de um instituição criada por alunos que perpetuará o seu impacto na comunidade USP e na graduação dos Engenheiros Politécnicos oferecendo um espaço de experimentação e aprendizado em inovação da saúde.

Figura 1: Núcleo de Inovação e Tecnologia (INTEC)



**INTEC**  
Núcleo de Inovação e Tecnologia - HU/USP

Fonte: INTEC

Figura 2: Segunda Versão do Robô Hospitalar



Fonte: autor

Figura 3: ZIMA - Soluções Médico Hospitalares



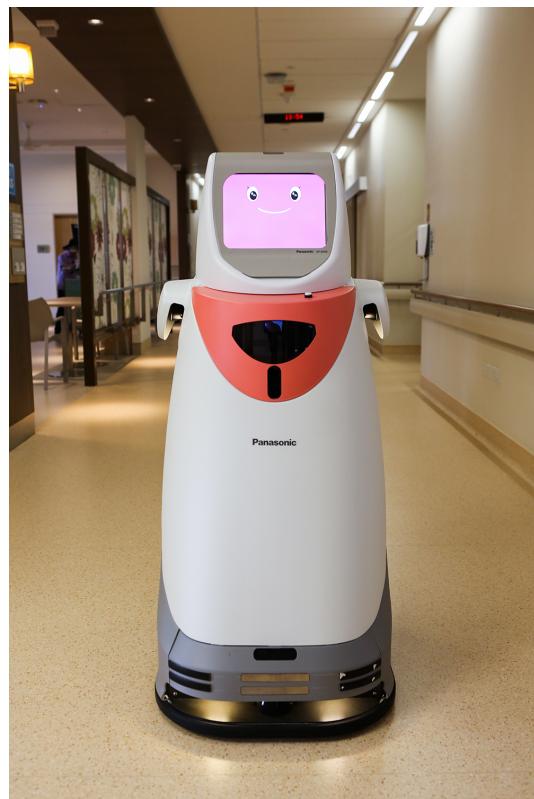
Fonte: autor

# 1 OBJETIVO

## 1.0.1 Robo Hospitalar / Hema-Bot

Dar continuidade ao Projeto piloto da parceria HU X POLI, Robô Hospitalar, fazendo melhorias técnicas e estéticas ao modelo proposto e fabricado anteriormente. Isso seria feito através da Terceira Versão do Robo, apelidado de Hema-BOT, nome inspirado célula sanguínea responsável pelo transporte de oxigénio e gás carbônico no corpo humano.

Figura 4: Robo modelo Hospi(1)



Fonte: businesswire

### 1.0.2 Ciclo Ergômetro

Fazer a concepção e prototipação de um equipamento de reabilitação capaz de ser usado por paciente acamados com saúde debilitada. O equipamento deve auxiliar o movimento ou resisti-lo dependo da saúde do paciente, além disso o aparelho irá coletar dados como velocidade de rotação, quantidade de ciclos realizados e esforço médio. Em suma, será um ciclo ergometro com sistema de tração controlado(auxílio/resistência) que coleta e processa parâmetros importantes para mensurar a progressão do tratamento fisioterapeutico do paciente.

Figura 5: Aparelho(alemão) Reck Motomed(2)



Fonte: monteggia

### 1.0.3 Automação da Farmácia / Golgi-Bot

Realizar a concepção e fabricação de uma máquina selecionadora de remédios. Tal equipamento seria semelhante a uma vending-machine porém de remédios. Ela contaria com um sistema que permite realizar o controle de estoque farmaco, analise de estoque, registro de entrata e saida, autenticação via chave única e a programação de retirada automática dessas receitas. De maneria resumida, o equipamento faria a seleção dos remédios de maneria automática, manten-se assim registro de todas operações feitas pela máquina assim como os responsáveis por recarregar ou retirar medicamentos, o que garante a segurança do processo e a rastreabilidade de falhas na seleção, além do ganho de

segurança a ela poderá operar 24 horas permitindo assim que a equipe da farmácia possa se dedicar integralmente ao cuidado do paciente.

Figura 6: Maquina selecionadora modelo PillPick (3)



Fonte: monteggia

## 2 MOTIVAÇÃO

A dinâmica de hospitais é complexa, existe uma rede grande de colaboradores, fornecedores(remédios,equipamentos e utilitários médicos), controle de estoque(material cirúrgico e fármacos) e prestação de serviço(consultas, exames e procedimentos cirúrgicos). Se tratando de Hospitais Públicos a otimização desses processos é fator determinante da qualidade do serviço e bom uso dos recursos(limitados) públicos. No HU-USP foi reportado, através do INTEC, a necessidade de tecnologias que resolvessem três problemas: Contaminação por contato com material laboratorial; Fisioterapia para paciente de mobilidade reduzida e Seleção de medicamentos.

### 2.1 Problemas

#### 2.1.1 Contaminação por contato com amostras laboratoriais

Evidenciado pela pandemia, o risco de contaminação por inúmeras doenças pelo contato com amostras é algo que ocorre no Hospital Universitário, no qual um colaborador é designado especificamente ao trabalho de transportar as amostras, do ponto de coleta(Pronto Socorro) até o laboratório. O envolvimento de uma terceira pessoa no processo, aquele que transporta o exame, aumenta o risco de espalhamento de patógenos e diminui a segurança sanitária do Hospital

Figura 7: Entrega de exames laboratoriais no HU



Fonte: Autor

### **2.1.2 Fisioterapia para paciente de mobilidade reduzida**

Com o avanço da pandemia de Covid-19, inumeros pacientes foram internados devido ao processo de entubação ou outras decorrências da doença. Essa imobilização induz perder massa muscular em 48 horas sem o estímulo motor, além de iniciar rápido esse processo se da de forma aguda ao ponto de paciente que passam 1 ou 2 semanas acamados não conseguirem sustentar o peso do próprio corpo. Para resolver isso é necessario um processo de fisio terapia lento, que primeiro depende da recuperação da conciênciia do paciente para iniciar tratamento, que recupera pouco a pouco a massa muscular, que irá durar semanas. Ou seja, para um paciente reber alta, é necessário que se recupere não só a patologia/lesão que o levou à imobilização como também a perda de massa muscular ocasionada por ela. Quanto mais tempo um paciente permanece na UTI mais gastos por paciente é empregado e menos pacientes são contemplados pelo sistema de Saúde público.

Figura 8: Leito UTI Adulto (HU)



Fonte: Autor

### **2.1.3 Seleção de medicamentos**

Dentro do HU-USP, todos os dias são dedicados 5 horas de trabalho de 4 colaboradores para selecionar os remédios que serão administrados aos pacientes naquele dia. Esses profissionais são enfermeiros ou farmaceúticos que realizam o trabalho mecânico de retirar remédios de gavetas e inserí-los em sacos plásticos. Além de um desperdício de mão de obra qualificada, dado a exaustão do trabalho repetitivo, existe o risco do erro humano na medicação o que pode ser motivo de piora de quadro clínico do paciente ou até óbito.

Figura 9: Farmácia (HU)



Fonte: Autor

Figura 10: Seleção de remédios (HU)



Fonte: Autor

## 2.2 Solução proposta

Após a indentificação desses problemas, a equipe de alunos(ZIMA) com os professores Leopoldo Yoshioka e Oswaldo Horikawa, foram até o hospital universitário à uma visita guiada pelo resposável de cada um dos desafios indenticados. Dr oscar fugita(Diretor do Núcleo de Inovação e Tecnologia (INTEC) e Urologista no Hospital Universitário da USP - SP), Dra. Alexandra siqueira(Coordenadora do Serviço de Fisioterapia no Hospital Universitário da USP) e Dra Valentina Porta(Diretora Técnica da Divisão de Farmácia do HU eProfessora da Faculdade de Ciências Farmacêuticas) guiaram os alunos e explicaram a dinâmica de cada um dos sistemas envolvidos e suas peculiaridades. Com essas informação os alunos, professores e profissionais da saúde chegaram em três conclusões sobre qual abordagem de engenharia usar em cada situação problema. Para a coleta de exames, seria desenvolvido um robô de mobilidade autônoma, para fisioterapia de mobilidade reduzida, um ciclo êrgometro para leitos de UTI e para a seleção de remédios, um selecionador automático de remédios.

Figura 11: Dr.Fugita e Alunos da ZIMA



Fonte: Autor

## 3 METODOLOGIA

### 3.0.1 Projetos

Para concepção, foram realizadas reuniões quinzenais entre alunos, professores e colaboradores do HU, as quais serviam para a definição dos módulos eletrônicos, modelo mecânico e software a ser usado nos projetos. O grupo trabalhou com melhorias incrementais e versionamentos dos equipamentos, consolidando as melhorias técnicas e corrigindo falhas de projeto. Essas versões foram fabricadas e testadas em laboratório para validação de hipótese e avaliação da funcionalidade do protótipo. Foi parte do processo de concepção o contato constante com a equipe do Hospital Universitário para garantir o desenvolvimento de um equipamento útil e funcional.

Toda idealização e prototipagem foi realizada pelos alunos e guiada pelos professores. Foram utilizados softwares de modelagem 3D para o desenvolvimento do CAD de cada projeto, Softwares como Altium Designer (5) na concepção de Placas de Circuito Impresso(PCBs) para os modulos eletronicos e linguagens como C++(6), Python(7) e frameworks como ROS(8) para o desenvolvimento do software responsável pelo funcionamento inteligente dos equipamentos.

Para a aquisição de materiais, contratação de serviços e todos os custos relacionados ao projeto foi usado os recursos doados pelo Fundo Patrimonial Amigos da Poli(9), o qual forneceu cerca de 156 Mil Reais através dos seus editais.

### 3.0.2 Gestão

Durante todo o processo de desenvolvimento, foi dos professores toda responsabilidade fiscal/fincaceira bem como a comunicação entre Escola Politécnica e HU, enquanto os alunos possuíam liberdade para desenvolver as atividades de projeto em termos de concepção, fabricação e teste, porém com feedback constante dos professores, médicos, farmacêuticos e Fisioterapeutas. Foram estabelecidas reuniões quinzenais entre Escola Politécnica e HU e reuniões semanais para cada área, mecânica, eletrônica e computação

feita entre alunos. Além dos encontros oficiais, reuniões extras de alinhamento, visitas técnicas e eventos foram realizados entre os alunos, professores e equipe do HU durante o processo.

## 4 ARQUITETURA DO PROJETO

Tanto a Hema Bot, quanto o Golgi Bot e Ciclo Êrgometro seguem a mesma estrutura, que é composta por três núcleos. O Eletrônico, Mecânico e Computacional, cada um responsável pelo desenvolvimento de cada subsistema dos equipamentos e pela integração entre hardware e software de maneira funcional.

### 4.0.1 Sistema Mecânico

É responsável por realizar toda concepção da estrutura e mecanismos através da modelagem 3D, manufatura de peças, prototipação e manutenção dos projetos. A equipe utiliza e domina softwares CAD de simulação para concepção "virtual", ferramentas como furadeiras, impressoras 3D, esmelfiradeira e entre outras para a manufatura mecânica e também realiza a avaliação e contratação de serviços de usinagem e soldagem. Todas tarefas de prototipagem são realizadas presencialmente no laboratório da ZIMA pelos seus integrantes.

### 4.0.2 Sistema Eletrônico

Destinado a concepção dos módulos embarcados, fornecimento de energia, sensoriamento e sistema de tração e para isso utiliza Softwares como Altium Designer e NSIM. Além disso é realizado a soldagem das placas de circuito impresso, cabeamento, manutenção eletrônica e compra e contratação de serviços/equipamentos eletrônicos.

### 4.0.3 Sistema Computacional

Encarregado desenvolver, simular e validar todo software usado nos microcontroladores ou computadores embarcados. Para isso, o domínio de ferramentas de versionamento como Git(10) e GitHub(11) são amplamente utilizados pela equipe bem como as linguagens (6), (7) e frameWorks de simulação como ROS (8), Rviz(12) e Gazebo(13). Além

de embarcados e simulações, sistemas de interação com usuário também são feitos pela computação. Mais recentemente, a equipe adicionou a área de Desenvolvimento Web e Mobile, responsável pela criação e manutenção do site da zimausp.org e do aplicativo do Hema Bot.

Figura 12: Fusion 360



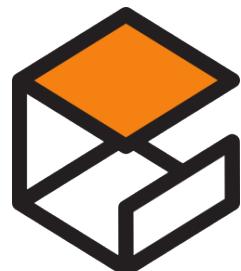
Fonte: Autodesk

Figura 13: Altium Designer



Fonte: Altium

Figura 14: Gazebo



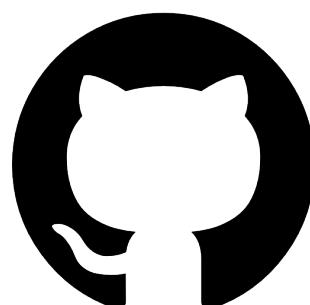
Fonte: Gazebo

Figura 15: Robot Operating system (ROS)



Fonte: Ros

Figura 16: Github



Fonte: Github

Figura 17: Rviz



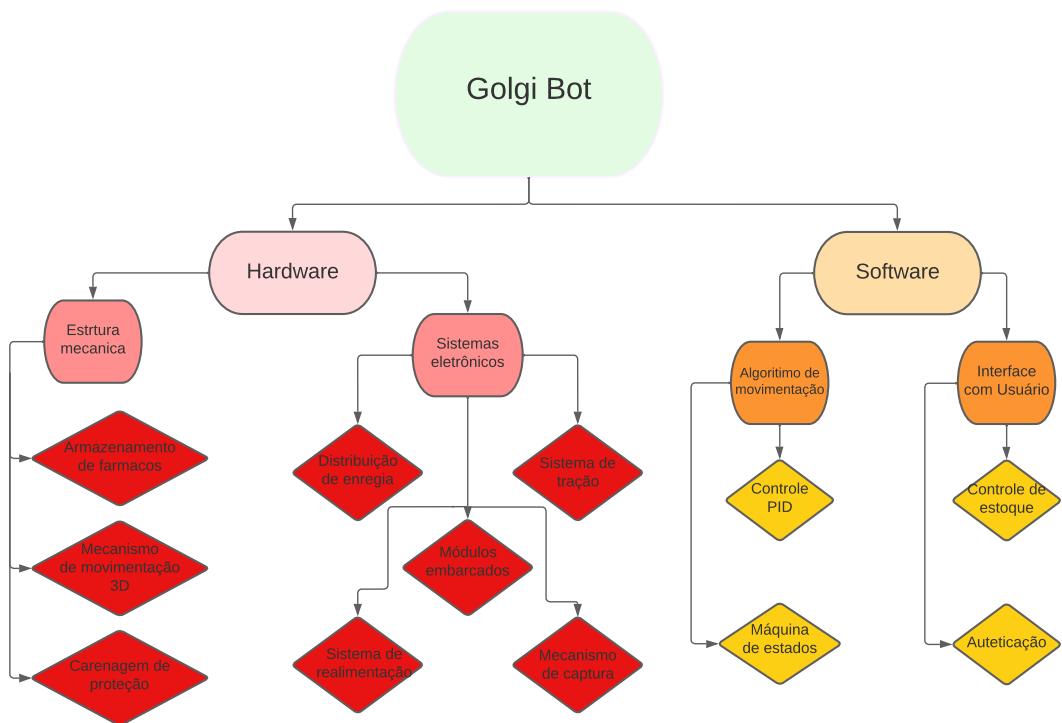
Fonte: github

## **PARTE II**

**GOLGI BOT**

O diagrama abaixo divide o equipamento em subsistemas, cada um com determinada função e aplicações mecânicas, eletrônicas ou computacionais.

Figura 18: Diagrama Projeto Golgi Bot



Fonte: Autor

## 5 HARDWARE GOLGI

Apos muita pesquisa, analise das soluções disponíveis no mercado e discussões com professores e parceiros do HU, foi determinado os requisitos que o equipamento deveria satisfazer. De maneria sucinta, o equipamento deveria ter mecanismos que fosse capaz de armazenar remedios unitarizados, captura-los e dispensá-los de maneira rápida e confiavel, além disso a máquina deve possuir uma estrutura e segura em termos eletromecânicos e sanitários.

Figura 19: Estrutura Golgi Bot



Fonte: Autor

### 5.1 Estrutura Mecânica

#### 5.1.1 Armazenamento de fármacos

Inspirado em ”vending machines”, os remédios serão dispostos em cabides. Tais cabides possuem angulação ideal e contra peso para garantira captura dos pacotes. Os cabides e contra pesos foram modelados e manufaturados no laboratório da equipe. Com 96 cabides cada um podendo armazenar cerca de 10 pacotes unitarizados a capacidade total seria de 960 comprimidos quanto completamente cheio.

Figura 20: Cabide de remédios Golgi Bot



Fonte: Autor

### 5.1.2 Mecanismo de movimentação 3D

Para que cada remedio consiga ser selecionado, foi desenvolvido um mecanismo de movimentação com 3 graus de liberdade com uma venotsa de sucção em sua extremidade. Foram usados rodizios de rolamento para perfil V-slot, solução inspirada em CNCs e impressoras 3D que utilizam o mesmo mecanismo para sua movimentação. Esse mecanismo possibilida posicionar nosso apanhador de remedios em qualquer posição XY de nosso cabiderio de remédios

Figura 21: Roldanas V-SLOT Golgi bot

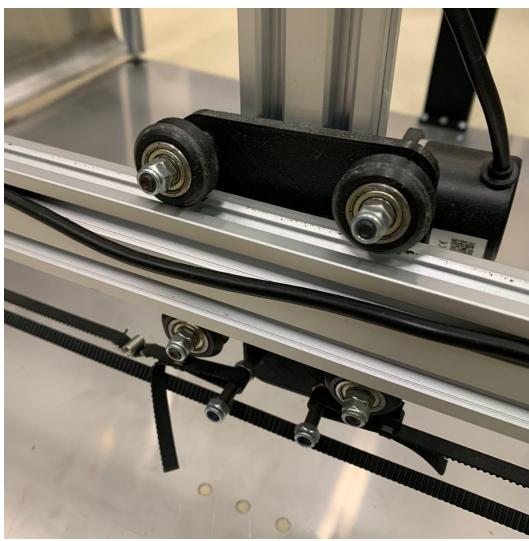


Figura 22: Roldanas V-SLOT Creality CR-10 PRO



Fonte: Autor

Para tracionar a movimentação em XZ foram usados motores 12V 800RPM que utilizam um estagio de redução (4:1). Foram alocados dois motores para tração em X e um para Y e correias dentadas GT2 para transmissão do torque para o eixo Y e para o

apanhador.

Figura 24: Motor com redução

Figura 23: Esquema de Tração



Fonte: Autor



Fonte: Robocore

Para captura do remédio, foram usados um atuador linear com uma bomba de vácuo em sua base que permite a sucção do envelope.

Figura 25: Atuador linear



Fonte: Mercado Livre

Figura 26: Bomba de vácuo



Fonte: Mercado Livre

### 5.1.3 Carenagem de proteção

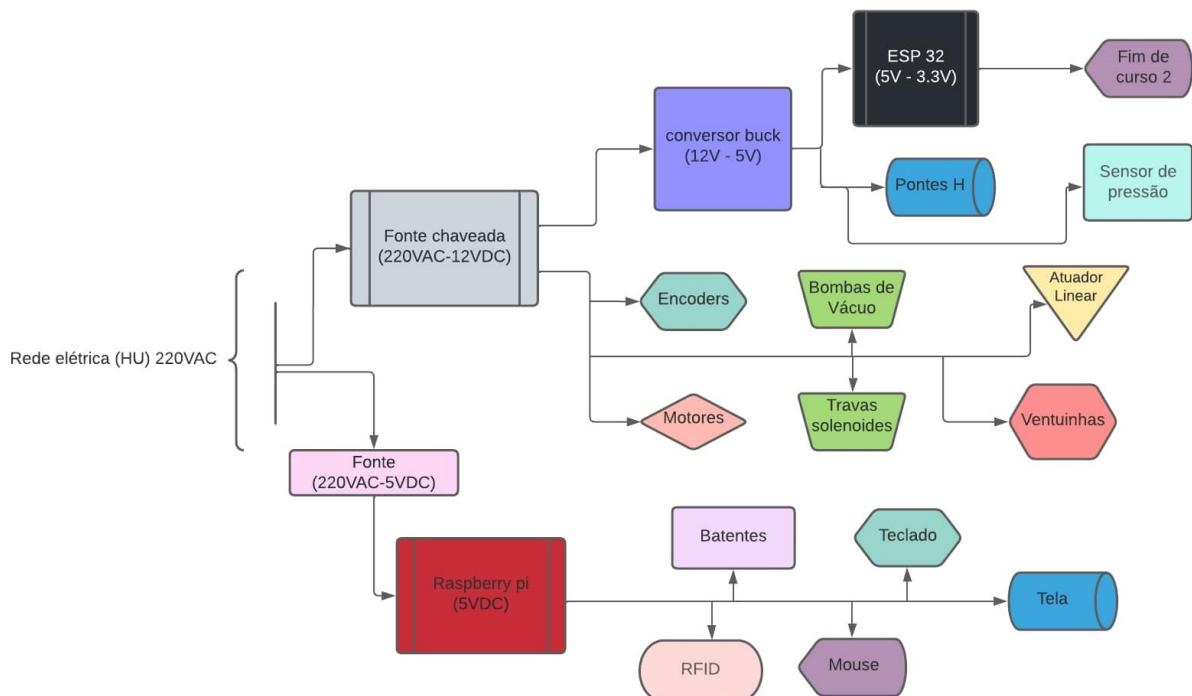
Foi escolhido o Aço inox como material da carenagem de proteção. Para possibilitar a recarga do estoque de remédios foi inserido uma porta de acrílico, que utiliza de travas solenoides e batentes para garantir que a máquina não funcione com a porta aberta, ventoinhas que fornecem pressão positiva para cabine de remédios impedindo a poreira de ser acumulada e garantindo a higiene dos remédios. Foi inserido uma plataforma de controle lateral que permite que o enfermeiro ou farmacêutico opere e a máquina.

## 5.2 Sistemas Eletrônicos

### 5.2.1 Distribuição de energia

A distribuição de energia do equipamento pode ser resumida pelo diagrama abaixo. No qual são utilizados de fontes chaveadas, conversores Buck e reguladores internos dos microcontroladores ESP32 e microprocessador Raspberry Pi para a alimentação dos componentes eletrônicos.

Figura 27: Distribuição de energia Golgi



Fonte: Autor

Figura 28: Fonte Chaveada 12V



Fonte: Mercado Livre

Figura 29: fonte raspberry pi 3b+



Fonte: Mercado Livre

Figura 30: Conversor de tensão Buck

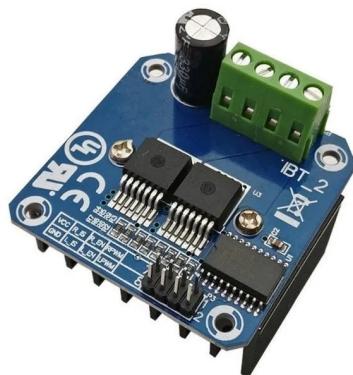


Fonte: Mercado Livre

### 5.2.2 Sistema de tração

Foram escolhidos motores AK555/306PL12S6500C DC escovados para acionar a movimentação, os quais são ativados pela Ponte H BTS 7960 que por sua vez são acionadas via PWM emitido pelo ESP32. Dessa forma controla-se não apenas a direção do movimento como também sua intensidade.

Figura 31: BTS 7960



Fonte: Mercado Livre

Figura 32: AK555



Fonte: Mercado Livre

### 5.2.3 Sistema de realimentação

Como o sistema de locomoção é baseado em motores DC e não de passo, é necessário um sistema de realimentação e um algoritmo de controle para que seja possível ir até a posição desejada. Como sensor de realimentação de posição foram usados encoderes de pulso para mensurar o deslocamento do carrinho e batentes fim de curso para setar os referenciais de inicio e fim do eixo de movimento. Para a checagem da captura é utilizado um sensor de pressão.

Figura 33: Encoder rotativo 600 Pulso



Fonte: Mercado Livre

Figura 34: Sensor de pressão MPX



Fonte: Mercado Livre

Figura 35: Módulo chave fim de curso

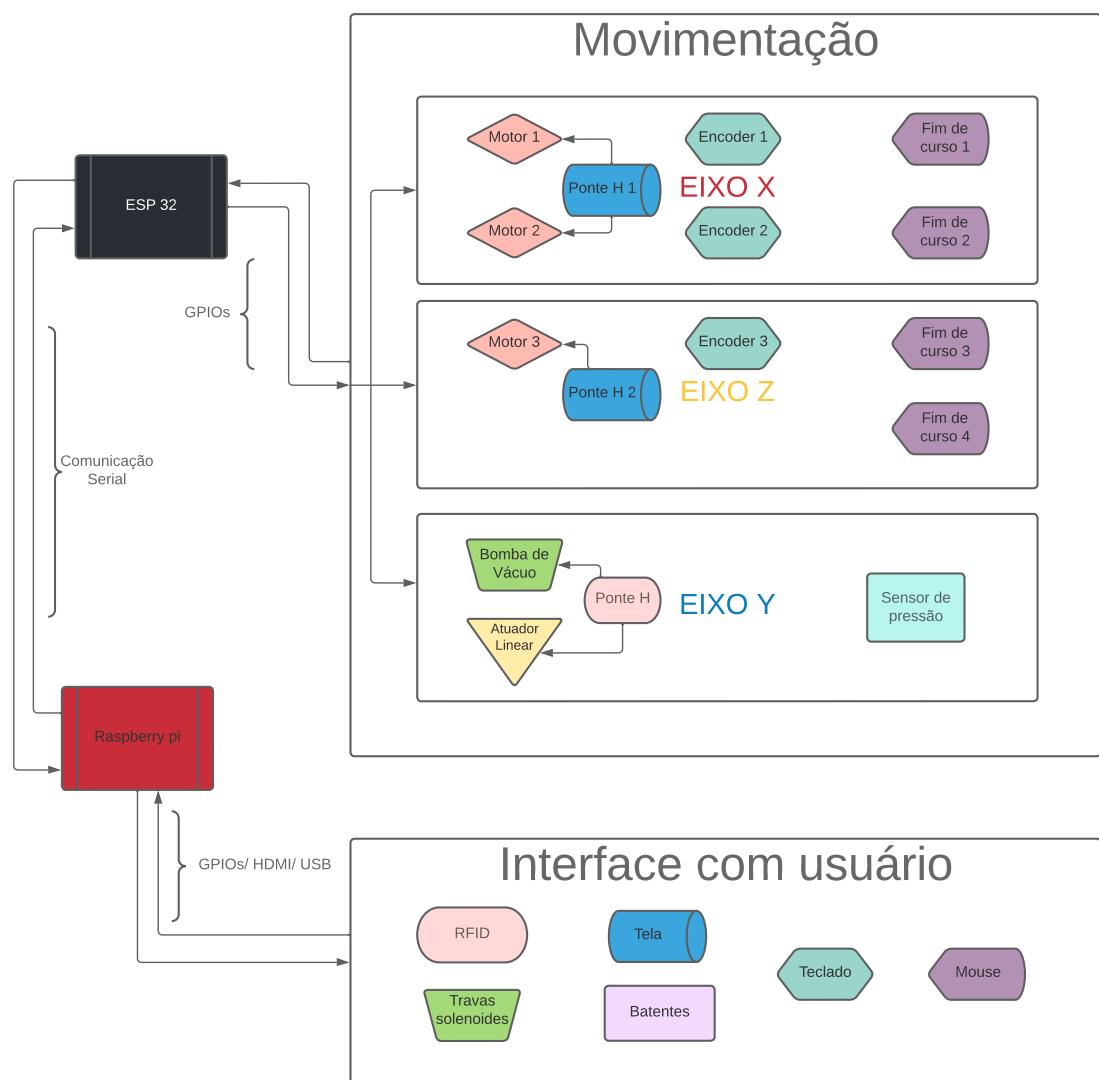


Fonte: Baú da eletrônica

### 5.2.4 Módulos embarcados

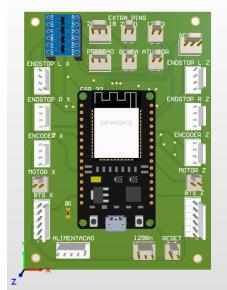
O diagrama abaixo descreve a funcionalida relacionada a cada componente eletrônico. Para garantir essas conexões e separa-las fisicamente que faça sentido foram desenvolvidos modulos eletronicos, placas de circuito impresso. Essas placas foram feitas no software Altium Designer.

Figura 36: Eletronica Golgi



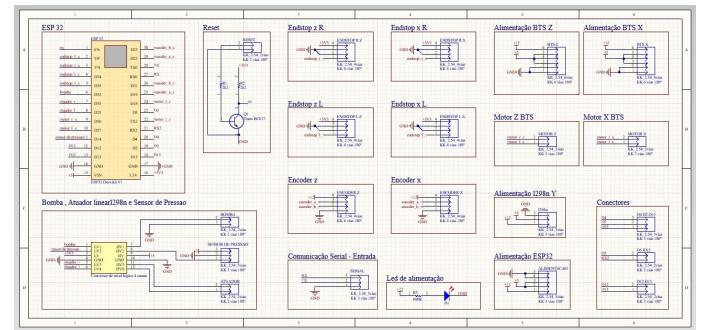
Fonte: Autor

Figura 37: Módulo de movimentação Golgi PCB



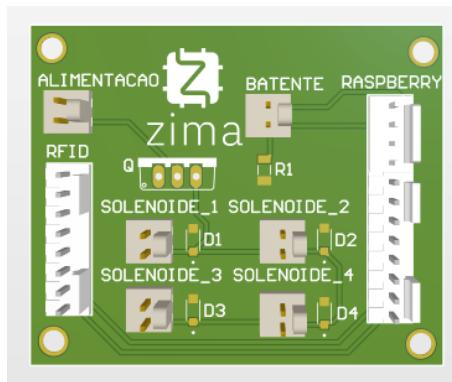
Fonte: Autor

Figura 38: Módulo de movimentação Golgi esquemático



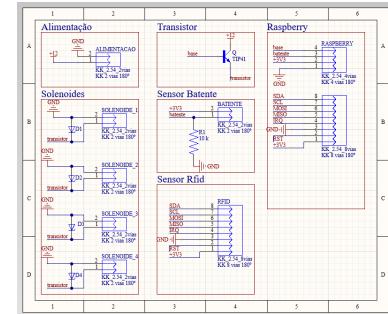
Fonte: Autor

Figura 39: Módulo Raspberry Golgi PCB



Fonte: Autor

Figura 40: Módulo Raspberry Golgi esquemático



Fonte: Autor

### 5.2.5 Mecanismo de captura

Para a captura do remédio foram utilizados dois motor, um na forma de bomba de vácuo e outro em um atuador linear. Ambos são controlados pela ponte H l289n que permite controlar a extensão e contração bem como o acionamento da bomba através de pinos digitais do ESP-32.

Figura 41: Atuador linear



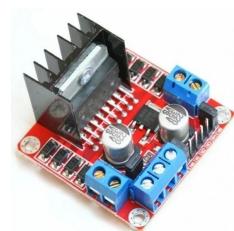
Fonte: Mercado Livre

Figura 42: Bomba de vácuo



Fonte: Mercado Livre

Figura 43: Ponte H l298n



Fonte: Mercado Livre

## 6 SOFTWARE GOLGI

### 6.1 Algorítimo de movimentação

#### 6.1.1 Máquina de estados

Usando o conceito de máquina de estados podemos controlar nossa maquina e garantir o sucesso de cada etapa.

ESTADOS:

STAND-BY: Aguarda receber via Comunicação Serial um index de 0 a 95(cabides) que sera seu alvo. Assim que o index é recebido o estado é alterado para GOING

GOING: Ativa o algoritmo de controle e faz com que o apanhador vá em direção ao seu alvo. Quando ambos eixos X e Z estão no alvo(+2mm) o estado é alterado para GETING-MEDICINE.

GETING-MEDICINE: Após chegar a posição desejada, ativa a captura do rémedio. Que consiste na extensão e contração do atuador com a bomba de vácuo ligada, usando o sensor de pressão é possível identificar a captura ou não do envelope. Caso o sensor indique falha na captura, a rotina de extensão e contração se repete, se bem sucedido o estado é alterado para DROPPING-MEDICINE.

DROPPING-MEDICINE:Após a certificação da captura, a estrutura retorna ao cesto onde o remédio deve ser depositado. Com a finalização dessa rotina o estado é alterado para STAND-BY.

#### 6.1.2 Controle PID

Para o controle de posição do apanhador foram usados dois controladores PID, um em cada eixo de movimentação. O código foi desenvolvido em C++ para ser usado na função loop do ESP32. Foram desenvolvidas bibliotecas orientadas objeto para realização

Figura 44: Máquina de estados Loop ESP-32

```

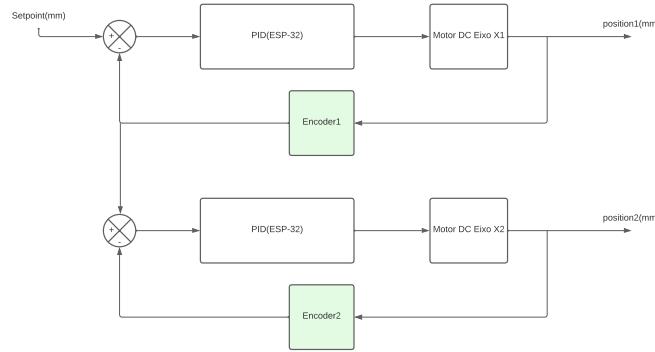
void loop() {
    switch(STATE) {
        case STAND_BY :
            // Recive Set point
            read_setpoint();
            return;
        case GOING :
            //Moves Controller
            Golgi_bot->move();
            //Code does not work without this delay (?)
            delay(2);
            check_position();
            return;
        case GETTING_MEDICINE :
            Golgi_bot->get_medicine(DELAY_EXTEND,DELAY_CONTRACT);
            STATE=DROPPING_MEDICINE;
            Serial.println("DROPPING_MEDICINE");
            return;
        case DROPPING_MEDICINE :
            Golgi_bot->drop_medicine();
            STATE=STAND_BY;
            Serial.println("STAND-BY");
            return;
    }
}

```

Fonte: Autor

de todos calculos e aquisição de dados de realimentação dos encoders. Para a calibraão dos parametros não foi realizada o trabalho analitico de obtenção de equação da planta, apenas foi realizado o ajusto empirico das constantes proporcional, integratva e derivativa de tal forma a se obter a tolerancia proposta de 2mm.

Figura 45: Diagrama de blocos Controle em X



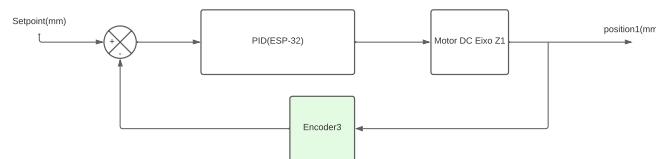
Fonte: Autor

## 6.2 Interface com usuários

### 6.2.1 Controle de estoque

Para realizar o controle de estoque foi desenvolvido um sistema de registro dos farmacos a serem armazenados na maquina bem como o controle desses itens. Hosteado no microprocessador raspberry pi b+ o software desenvolvido em Python utiliza a biblioteca

Figura 46: Diagrama de blocos Controle em Z



Fonte: Autor

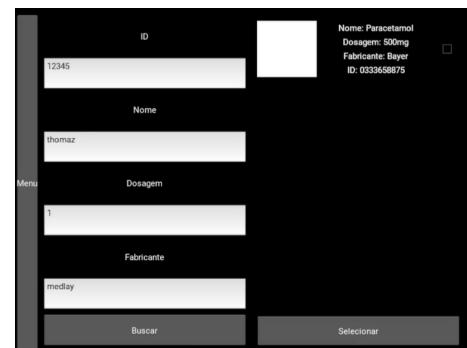
Kivy para interface gráfica. Atraves do sistema é possivel realizar a solicitação de retirada de remedio, recaregamendo da máquina, cadastro de pacientes e armazenamento de todas interações e seus respectivos responsáveis(funcionarios da farmácia)

Figura 47: Kivy



Fonte: Kivy

Figura 48: Sistema Golgi



Fonte: Autor

### 6.2.2 Autenticação

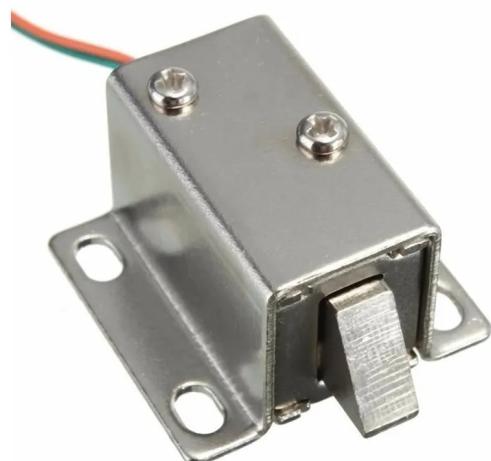
Buscando manter a segurança, foi implementado a indentificação por RFID e fechamento por trava solenoide como mecanismos de segurança. Apenas funcionários previamente cadastrados serão liberados com seu cracha USP e as travas solenoides e batentes garantem que as portas só se abram para os autenticados.

Figura 49: Módulo RFID



Fonte: WJ componentes

Figura 50: Solenoide 12V



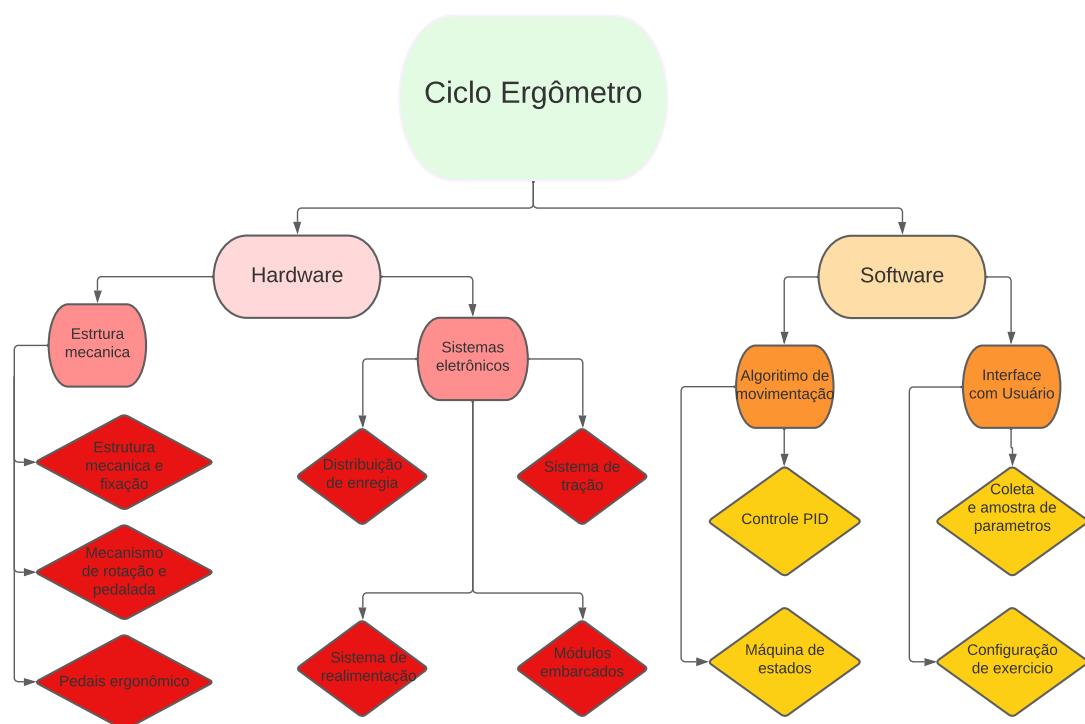
Fonte: Mercado Livre

# **PARTE III**

## **CICLO ÉRGOMETRO**

O diagrama abaixo divide o equipamento em subsistemas, cada um com determinada função e aplicações mecânicas, eletrônicas ou computacionais.

Figura 51: Diagrama Projeto Ciclo



Fonte: Autor

## 7 HARDWARE CICLO

### 7.1 Estrutura Mecânica

#### 7.1.1 Estrutura mecânica e fixação

Para oferecer estabilidade e suporte mecânico durante o exercício foi desenvolvido um mecanismo de compressão do leito de UTI, no qual usando morças e manípulos é possível ajustar a compressão e garantir estabilidade e flexibilidade na hora de acoplar a diferentes leitos. Foram usados perfis de alumínio 20x20 v-slot, chapas de MDF para base e impressões 3D em PLA para demais componentes, além disso foi usado o pedal e suporte de uma bicicleta ergonômica genérica(WCT)

Figura 52: Bicicleta cicloergométrica WCT Figura 53: Ciclo Ergômetro no Leito (CAD) fitness



Fonte: Mercado Livre

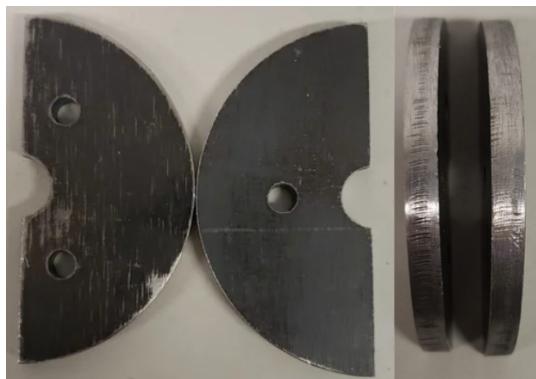


Fonte: Autor

#### 7.1.2 Mecanismo de rotação e pedalada

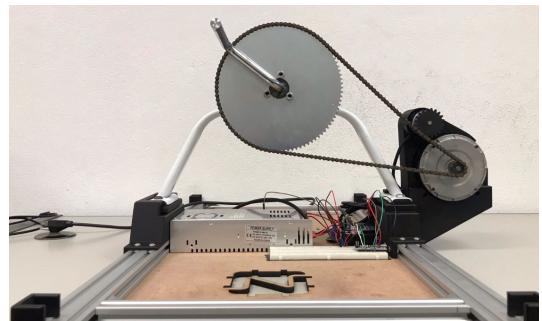
No mecanismo de pedalada, foi desenvolvido e fabricado uma polia bipartida e foi soldada ao eixo do pedal, tal polia possui os furos para acoplar uma coroa e assim transmitir o torque vindo do motor

Figura 54: Polia bipartida



Fonte: Autor

Figura 55: Transmissão por corrente ciclo



Fonte: Autor

### 7.1.3 Pedais ergonômico

importante fator para pacientes de mobilidade reduzida é um aparelho ergonômico que garanta bom posicionamento do joelho e panturilha. Para evitar lesões durante o movimento e o máximo conforto possível foi desenvolvido um pedal que se assemelha a uma bota, na qual é possível segurar panturilha e pé.

Figura 56: Pedal Ergonômico



Fonte: Autor

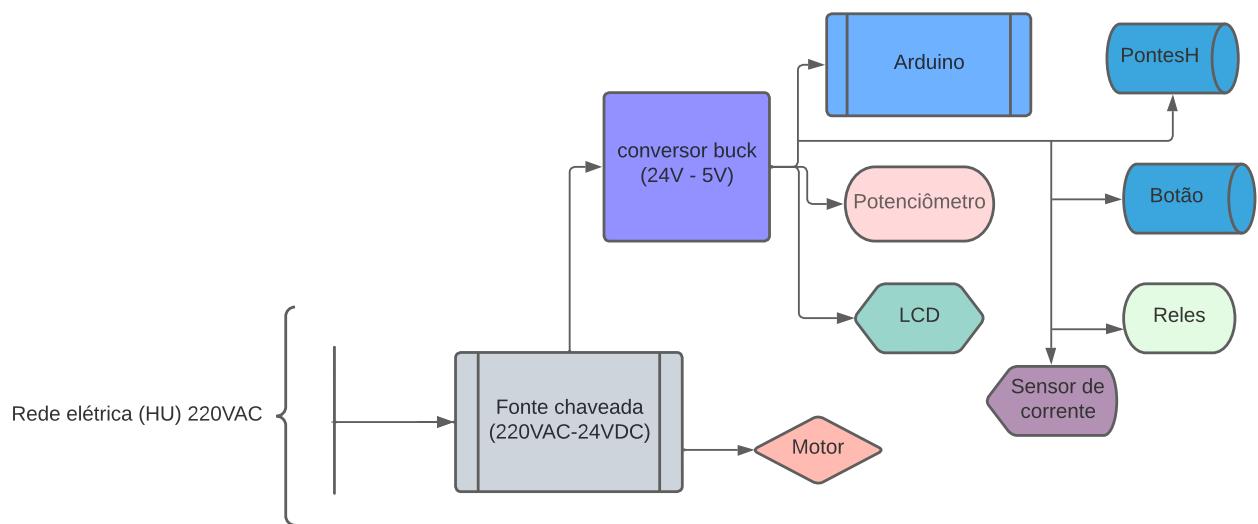


## 7.2 Sistemas Eletrônicos

### 7.2.1 Distribuição de energia

O diagrama abaixo mostra toda distribuição do projeto na qual se baseia em um fonte chaveada 24V 30A, um conversor de tensão o qual transforma 24V em 5V e assim alimenta todos os elementos exceto pelo motor. Tanto a fonte quanto o conversor já foram citados.

Figura 57: Distribuição de Energia Ciclo



Fonte: Distribuição de Energia Ciclo

## 7.2.2 Sistema de tração

Foi escolhido o motor DC escovado MB300W devido ao seu torque suficiente mente alto e custo relativamente baixo. Para aumentar o torque do motor e diminuir o RPM foi utilizado uma redução 9:1 com a coroa dentada tipo 95H. Para o controle do motor foi usado a ponte H BTS7960 já citada anteriormente.

Figura 58: Motor MB300W24



Fonte: Mercado Livre

## 7.2.3 Módulos embarcados

Para organizar o projeto eletrônico foi desenvolvido uma placa de circuito impresso que acomodasse o microcontrolador arduino, reles e sensor de corrente e recebesse o sinais do encoder, botão e potenciômetro e comandasse a ponte H e LCD.

Figura 59: Módulo Ciclo Ergômetro

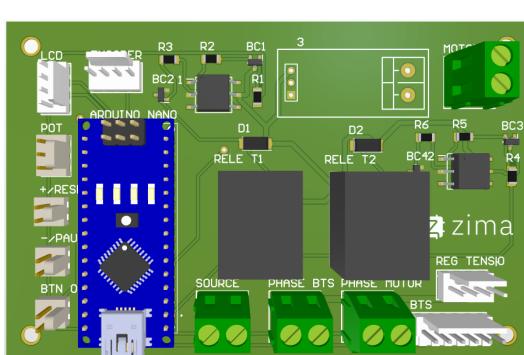
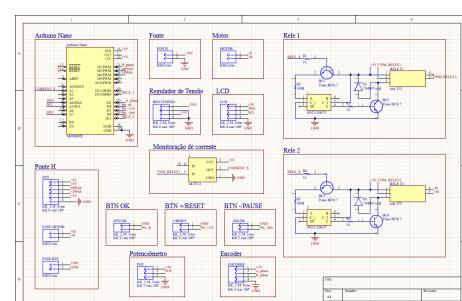


Figura 60: Esquemático Módulo Ciclo



Fonte: Autor

#### 7.2.4 Sistema de realimentação

Para mensurar e controlar parâmetros importantes do processo de reabilitação foi inserido um encoder rotativo, mesmo usado no golgi bot, para leitura do RPM e um sensor de corrente ACS712 20A para estimar o torque através do Kt do motor.

Figura 61: ACS712 20A



Fonte: Baú da Eletrônica

## 8 SOFTWARE CICLO

### 8.1 Algorítimo de movimentação

#### 8.1.1 Máquina de estados

Seguindo o mesmo raciocínio do Golgi bot, foi usado maquina de estados para definir e controlar o comportamento da maquina. Foram estabelecidos os seguinte estados:

**MODE:** Durante esse estado é solicitado via LCD o modo de operação da máquina, Manual, no qual o profissional da saúde escolhe entre atividade ativa livre, ativa resistida ou passiva. Já o automático, o ESP32 coleta dados de velocidade e torque para definir qual é o modo de operação mais adequado para aquele paciente. Após a seleção do modo o estado é alterado para TIMER

**TIMER:** Neste modo é solicitado via LCD a duração desejada do exercício, de 0 a 30 minutos. Após a seleção da duração o estado é alterado para SET VEL

**SET VEL:** Para o modo de operação passivo, no qual o motor auxilia o movimento, é uma parâmetro importante para a fisioterapia a velocidade em RPM que deve ser mantida constante, para isso é solicitado ao fisioterapeuta a velocidade alvo desejada. Após a definição o estado é alterado para SET DRAG.

**SET DRAG:** Assim como o RPM a resistência( $\text{kg} \cdot \text{m}$ ) oferecida no modo ativo resistido, no qual o motor oferece resistência ao movimento, é um parâmetro importante para mensurar a evolução do tratamento. Por isso é solicitado via LCD a resistência de 1,2 ou 3  $\text{Kg} \cdot \text{m}$ . Após a configuração o exercício é iniciado e o estado irá ser definido pela função check state que no modo manual escolhe o estado(STAND BY, ACTIVE PLUS, PASSIVE ou DONE, caso o exercício acabe) fornecido pelo potenciômetro seletor e no modo Automático é definido pelo algoritmo de diagnósticação automática.

**STAND BY :** Nesse modo o paciente realiza a pedalada livre, sem influência do motor.

**ACTIVE PLUS:** O exercício agora é influenciado pelo motor, o qual resiste o movi-

mento, o torque fornecido é estimado constante devido ao algoritimo de controle do motor que usa como realimentação o sinal do sensor de corrente.

**FADE:** Modo criado para transição entre o STAND BY e o PASSIVE, para evitar arrancada brusca do motor e adicionar conforto no exercicio o motor é ativado gradualmente.

**PASSIVE:** Agora o exercicio é totalmente auxiliado pelo motor, o qual mantem o RPM constante usando o algoritimo de controle realimento pela velocidade lida pelo Encoder.

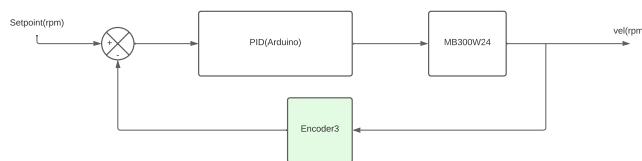
**DONE:** Com o fim da duração do exercicio o estado DONE é ativado e nele todo movimento é encerrado e no display LCD é mostrado o relatorio de exercicio, quatidade de rotações feitas em cada modo. Caso qualquer botão seja apertado, a máquina reinicia e pode ser reconfigurada, o estado é alterado para RESET.

**RESET:** O microcontrolador é reiniciado e o estado é alterado para MODE.

### 8.1.2 Controle PID

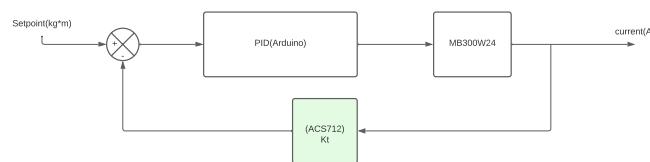
Com a mesma biblioteca desenvolvida para o controle do Golgi-bot foi implementado o dois controladores para o Ciclo Ergômetro. Um para o modo passivo, no qual o intuito é manter a velocidade(RPM) constante e igual a velocidade alvo. Já o segundo atua no modo Ativo resistido que tenta mandar o torque constante e igual ao arrasto alvo setado ao inciar a máquina.

Figura 62: Diagrama de blocos Controle RPM



Fonte: Autor

Figura 63: Diagrama de blocos Controle Torque



Fonte: Autor

## 8.2 Interface com usuários

### 8.2.1 Configuração de exercício

Para que seja usado de maneira a melhorar a saúde do paciente, é essencial que o estado de saúde do paciente seja analisado pelo fisioterapeuta e com a sua conclusão é possível ajustar parâmetros como duração do exercício, velocidade em RPM e resistência. Para isso foi implementado um visor LCD no qual é solicitado todas essas informações antes de iniciar o exercício. Com essas parametrizações é possível analisar

### 8.2.2 Coleta e amostra de parâmetros

A fim de auxiliar a melhoria da qualidade do serviço de fisioterapia foi implementado a coleta de parâmetros que mensuram a saúde e evolução do paciente. Os parâmetros coletados são, velocidade média, esforço médio, número de ciclos realizado em cada modo de operação e tempo de exercício. Todo sistema de aquisição de dados foi representado em tópicos anteriores, os quais já eram usados no controle de velocidade e resistência, foi adicionado apenas a funcionalidade de armazenamento.

# **PARTE IV**

## **HEMA BOT**

## 9 VERSÃO 3 ROBÔ HOSPITALAR

### 9.1 Carenagem

Em busca de um design mais estético e um formato geométrico mais favorável a segurança foi desenvolvido uma nova carenagem de plástico PLA para o robô. A carenagem recebeu as cores do HU e foi contemplada com diversas modificações técnicas. Foi reduzido o número de sensores e reposicionado em função da simplificação do projeto e otimização do sensoriamento, o lidar foi reposicionado para parte inferior garantindo uma movimentação mais segura. Uma tela de interface com usuário foi adicionada juntamente com um sistema de sons e iluminação LED interna e inferior.

Figura 64: Hema Bot



Fonte: Autor

### 9.2 Módulos embarcados

Se adaptando as mudanças na carenagem juntamente com a tentativa de simplificar o projeto em termos de intercomunicação entre microcontroladores e organização do hard-

ware(cabos e módulos) no interioro do robo, todos os 5 módulos utilizados anteriormente foram reduzidos a um só.

Figura 65: Modulo Hema Bot

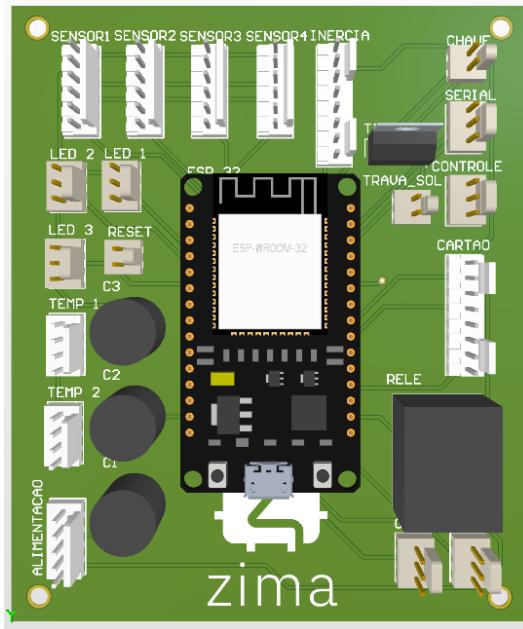
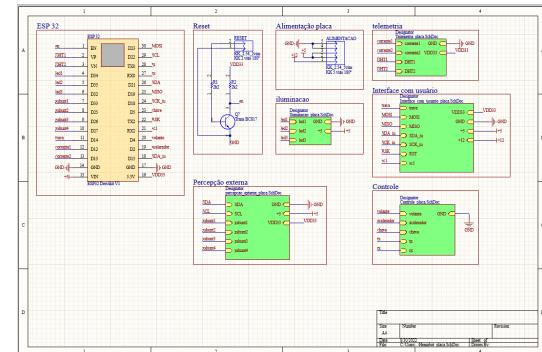


Figura 66: Esquemático módulo Hema Bot



Fonte: Autor

# **PARTE V**

## **ZIMA**

Um grupo de extensão é um conjunto de alunos que se reunem para realização de alguma atividade. Esses grupos são independentes e as todas as atividades são realizadas por alunos. Responsabilidades financeiras, fiscais, captação de recursos, treinamento dos membros e manutenção do espaço físico são responsabilidades do equipe a qual possui um professor orientador para suporte docente. Na Escola Politécnica existem diversos grupos de extensão, alguns focados em competições, outros em prestação de serviço, pesquisa e ensino. A ZIMA surgiu da vontade de perpetuar o conhecimento e o impacto da tecnologia na saúde dentro da comunidade USP.

Figura 67: Logo ZIMA



Fonte: Autor

## 10 PORQUE ZIMA?

As enzimas são responsáveis por catalisar reações, garantindo eficiência e melhor funcionamento da célula. Analogamente, dentro de um hospital, nossa tecnologia exerce uma função similar, otimizando processos e garantindo que o atendimento ao paciente seja feito com maior velocidade e segurança. É através dessa analogia que surgiu o nome ZIMA, abreviação de ”enzima”. Somos um grupo de extensão da POLI cuja missão, ao construir cada um de nossos projetos, é melhorar a qualidade dos processos hospitalares, garantindo que esse ambiente seja construído de forma mais confortável e ao mesmo tempo eficiente.

# 11 NOSSOS PILARES

## 11.1 Conhecimento em livre acesso

A ZIMA tem como pilar a produção de conhecimento livre, em "Open Source", de modo que nossa pesquisa seja acessível e replicável por qualquer instituição que tenha como objetivo a aplicação de tecnologia hospitalar com a finalidade de trazer melhor qualidade de tratamento para pacientes independente de onde, quando e por quem.

## 11.2 Aprendizado e experiência

Em meio a projetos, fabricações e testes, priorizamos desenvolver e evoluir cada integrante do time. Nossa responsabilidade não se limita a entregar os projetos ao hospital, mas formar engenheiros mais capacitados. E não apenas em habilidades técnicas mas também com a vivencia do ambiente hospitalar, para que no futuro encarem desafios ainda maiores e que impactem a sociedade através da inovação

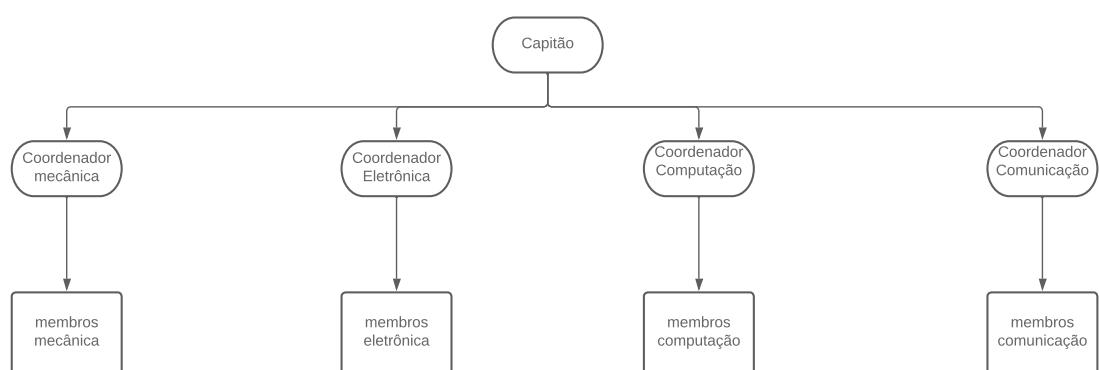
## 11.3 Soluções viáveis

Sabemos que a única maneira de expandir nosso impacto é com uma tecnologia de custo acessível e um equipamento de produção escalável. Portanto, nos comprometemos a criar soluções que sejam implementáveis tanto no ponto de vista econômico quanto industrial tornando a solução aplicável no setor público e privado.

## 12 ESTRUTURA

O grupo é dividido em uma capitania, coordenadores de área e membros de área. Cada um com suas determinadas funções.

Figura 68: Estrutura ZIMA



Fonte: Autor

### ATRIBUIÇÕES COORDENAÇÃO MECÂNICA:

A coordenação é responsável por gerir os projetos da área, tendo como responsabilidade realizar a gestão de pessoas na área, garantir a realização das tarefas, certificar a qualidade dos projetos desenvolvidos e dar suportes aos membros no que se diz a respeito de realização de tarefas e dúvidas no desenvolvimento do projeto.

### ATRIBUIÇÕES COORDENAÇÃO COMUNICAÇÃO:

A coordenação da comunicação é responsável por realizar a gestão da área, tendo como principais atribuições a garantia de realização de tarefas, o desenvolvimento de maneiras de captação de recursos, a contribuição na realização de tarefas, a certificação da qualidade das atividades desenvolvidas. Em todo cenário, dentro da comunicação,

é sempre importante pensar primeiramente pelo bem-estar dos membros e em segundo lugar pela imagem externa no grupo.

#### **ATRIBUIÇÕES COORDENAÇÃO COMPUTAÇÃO:**

É responsabilidade da coordenação da computação realizar a gestão dos projetos e dos membros da área da computação. Entende-se pela gestão dos projetos o seu acompanhamento, bem como definição de cronogramas de desenvolvimento e metas semanais a fim de maximizar a eficiência do processo de desenvolvimento. Quanto à gestão de pessoas, abrange a alocação de tarefas para os membros bem como a garantir que essas sejam cumpridas pela equipe, além de prover suporte e treinamento aos membros. Além disso, a coordenação da computação é responsável por garantir a alta qualidade dos projetos entregues ao hospital e por assegurar a integridade dos bens computacionais do grupo, sejam esses de hardware ou software.

#### **ATRIBUIÇÕES COORDENAÇÃO ELETRÔNICA:**

A coordenação da eletrônica deve realizar a gestão dos projetos eletrônicos e dos membros da área da eletrônica. Fazer o acompanhamento das atividades, bem como definir os objetivos de cada sprint de desenvolvimento. Treinar a teoria e prática eletrônica dos novos membros e garantir bom uso das ferramentas e componentes do laboratório.

#### **ATRIBUIÇÕES DA CAPITANIA:**

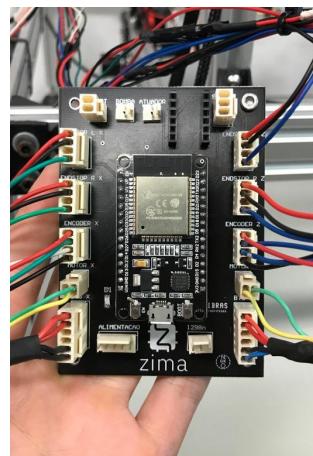
A capitania é a representante da ZIMA, dessa forma responsável pela comunicação com os professores coordenadores, médicos parceiros e colaboradores da área da saúde no geral. Além disso, é sua responsabilidade fazer a gestão macro dos projetos, tomar grandes decisões e definir as estratégias principais para o crescimento e manutenção da instituição, bem como cuidar das responsabilidades fiscais e financeiras. Devido ao alto grau de envolvimento dos projetos, é papel da capitania alinhar o cronograma financeiro com o cronograma de projeto de tal forma que ao final do cronograma tanto o projeto quanto a reserva financeira satisfaça as condições e requisitos inicialmente estabelecidos. Espera-se que quem ocupar o cargo da capitania tenha vasto conhecimento técnico dos projetos e da dinâmica interna da instituição, porém, idealmente, o capitão/capitã não necessariamente deve estar presente no dia a dia de projetos mas sim na gestão macro dos mesmos. O mesmo é responsável por definir os cargos de coordenação assim como seu sucessor.

# **PARTE VI**

## **RESULTADOS**

No projeto Golgi Bot, Automação da Farmácia do HU, foram fabricados o primeiro mini protótipo funcional o qual foi capaz de capturar remédios e se movimentar como esperado. Os sistemas eletrônicos e módulos embarcados foram fabricados e atualmente se encontramos na versão em escala real que a movimentação está sendo testada para iniciar os testes de captura. Além disso, foram realizadas diversas reuniões com os colaboradores do HU em função do software que já possui versão funcional mas segue em melhorias.

Figura 69: Módulo movimentação Golgi



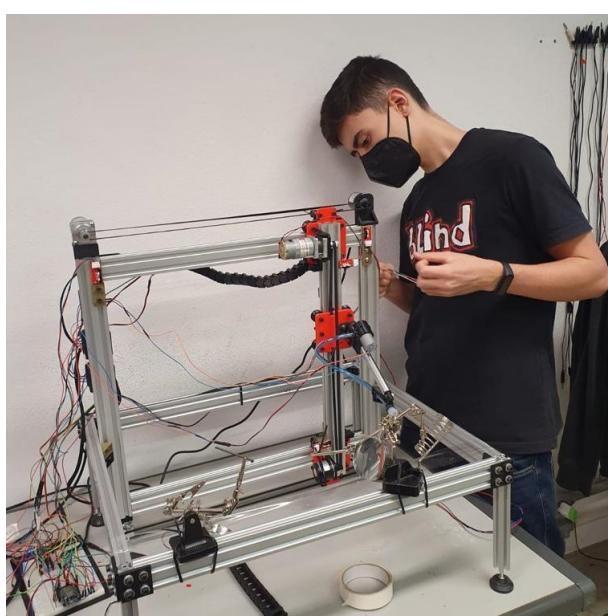
Fonte: Autor

Figura 70: Reunião Farmácia (HU)



Fonte: Autor

Figura 71: Golgi Bot miniatura



Fonte: Autor

Figura 72: Golgi Bot tamanho Real



Fonte: Autor

Para o ciclo ergometro foi fabricado toda primeira versão com o modo manual e automático. O equipamento foi completamente montado e testado com mais de 20 vo-

luntários da escola politécnica. Os resultados dos testes comprovaram a ergonomia do equipamento mas ressaltaram pontos que estão sendo corrigidos na segunda versão do cicloergometro. Para garantir o bom andamento do projeto foram feitos acompanhamentos quinzenais com a Dra Alexandra Siqueira e Prof. Oswaldo Horikawa.

Figura 73: Teste Ciclo Ergômetro



Fonte: Autor

Figura 74: Reunião UTI Adulto

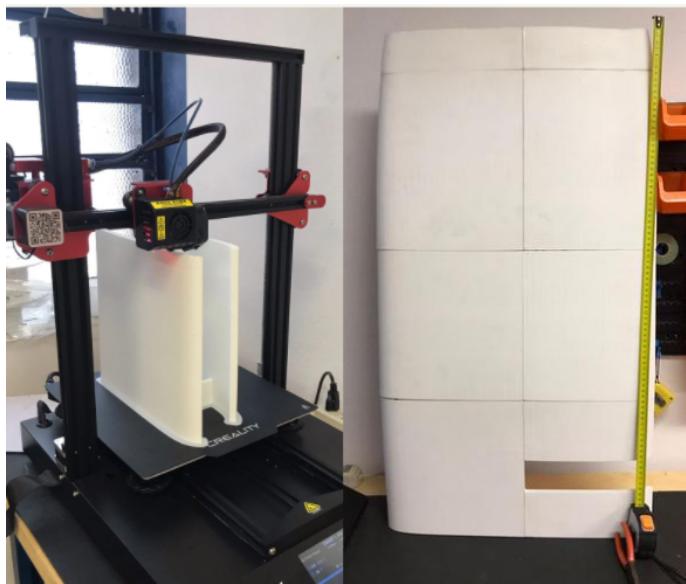


Fonte: Autor

A 3<sup>a</sup> versão do robô hospitalar Hema bot, foi concepcionada no CAD e fabricada com PLA no próprio laboratorio. Para isso foi realizado a compra de uma impressora 3D de 30x30x40cm de volume útil. Além disso foi feito a soldagem da nova placa embarcada e realizado os testes de suas funcionalidades.

Já em termos de grupo de extesão, o grupo cresceu para 25 membros ativos e se inseriu na comunidade usp através de diversas aparições para os novos ingressantes como na semana de extesão, PET mecatrônica e semana de recepção. Foi realizada toda estruturação de cargos assim como um processo seletivo para os futuros ingressantes. Além disso, outros 3 novos projetos foram adicionados ao Leque do grupo, um andadaro, um ciclo ergometro de membro superior e um dispensador de remédios controlados. O ultimo e mais marcante acontecimento foi a oportunidade do grupo de expor todos os projetos no Hospital Universitário da USP, neste evento os todos coolaboradores do HU tiveram contato direto com os projetos e suas motivações.

Figura 75: Fabricação Hema Bot



Fonte: Autor

Figura 76: Hema Bot Real



Fonte: Autor

Figura 77: Evento HU 20/04/2022



Fonte: Autor



## REFERÊNCIAS

- 1 HOPSI Panasonic. Disponível em: <<https://news.panasonic.com/global/topics/4923>>.
- 2 RECK MOTOMED. Disponível em: <<https://www.motomed.com/en/?lang=1>>.
- 3 PILLPICK Swisslog. Disponível em: <<https://www.swisslog-healthcare.com/en-us/products/pharmacy-automation/pillpick-automated-packaging-and-dispensing-system>>.
- 4 ZIMA - Soluções Médico Hospitalares. Disponível em: <<https://www.zimausp.org/>>.
- 5 ALTIUM. *Altium Designer®*. Disponível em: <<https://www.altium.com/altium-designer/>>.
- 6 BUTTICE, C. *C++ Programming Language*. Disponível em: <<https://www.techopedia.com/definition/26184/c-programming-language>>.
- 7 PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. *Python Programming Language*. Disponível em: <<https://www.python.org/>>.
- 8 ROS. *Powering the world's robots*. 2021. Disponível em: <<https://www.ros.org/>>.
- 9 AMIGOS da Poli. Disponível em: <<https://www.amigosdapoli.com.br/>>.
- 10 GIT -DISTRIBUTED-EVEN-IF-YOUR-WORKFLOW-ISNT. 2021. Disponível em: <<https://git-scm.com/>>.
- 11 GITHUB. 2021. Disponível em: <<https://docs.github.com/pt/get-started>>.
- 12 ROS. Disponível em: <<http://wiki.ros.org/rviz>>.
- 13 ROBOT simulation made easy. 2021. Disponível em: <<http://gazebosim.org/>>.