

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Projeto Integrador II - Grupo 2

Projeto Spin

Autores: Allan César , Ana Kaline , Antonio Ruan , Bruno Félix, Daniel Porto, Enzo Gabriel, Guilherme Rezende, Gustavo Insua, Gustavo Souza, Kleidson Alves, Lucas Rodrigues, Matheus Henrique, Matheus Oliveira, Peniel Etèmama, Vinícius Bueno

Orientadores: Alex Reis, Ricardo Matos Chaim, Rhander Viana, Jose Felicio da Silva, Artur Bertold

Brasília, DF

2022



Allan César , Ana Kaline , Antonio Ruan , Bruno Félix, Daniel Porto, Enzo Gabriel, Guilherme Rezende, Gustavo Insua, Gustavo Souza, Kleidson Alves, Lucas Rodrigues, Matheus Henrique, Matheus Oliveira, Peniel Etèmana, Vinícius Bueno

Projeto Spin

Projeto submetido para a disciplina (Projeto Integrador II - Grupo 2) da Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, Ricardo Matos Chaim, Rhander Viana, Jose Felicio da Silva, Artur Bertold

Brasília, DF

2022

Lista de ilustrações

Figura 1 – ZwiftHub - Fonte: (TRISPORT, 2022)	15
Figura 2 – Galaxia Advanced Roller Trainer - Fonte: (GARMIN, 2022)	16
Figura 3 – Kickr Snap Indoor Bike Trainer - Fonte: (WAHOO, 2022)	16
Figura 4 – Diagrama de Casos de Uso	23
Figura 5 – Arquitetura Geral	26
Figura 6 – Arquitetura do Subsistema - Eletrônica	26
Figura 7 – ESP32 - WiFi + Bluetooth. Fonte: (ESPRESSIF SYSTEMS, 2022)	27
Figura 8 – Exemplo de Encoder. Fonte: (RH, 2022)	28
Figura 9 – Fonte de tensão. Fonte: (POLICOMP, 2022)	28
Figura 10 – Exemplo de Regulador de Tensão. Fonte: (SMARTKITS, 2022)	29
Figura 11 – Vista Superior da idealização completa	29
Figura 12 – Vista Lateral Esquerda da idealização completa	30
Figura 13 – Vista Superior do Suporte	30
Figura 14 – Vista Superior do Sistema do Rolamento	31
Figura 15 – Vista Posterior do Sistema do Rolamento	31
Figura 16 – Vista Posterior do disco com o freio eletromagnético	32
Figura 17 – Vista Isométrica do disco com o freio eletromagnético	32
Figura 18 – Diagrama de arquitetura de software	33
Figura 19 – Fluxograma de funcionamento do Spin Embarcado	35
Figura 20 – Fluxograma de funcionamento do Spin Mobile	36
Figura 21 – Vista isométrica da montagem completa	38
Figura 22 – Vista lateral esquerda da montagem completa	38
Figura 23 – Vista Superior da montagem completa	38
Figura 24 – Aplicação da força e restrições	39
Figura 25 – Tensão equivalente de Von-Mises no suporte da roda traseira	39
Figura 26 – Tensão normal no suporte da roda dianteira	40
Figura 27 – Deformação total no suporte da roda dianteira	41
Figura 28 – Aplicação da força e restrições	41
Figura 29 – Tensão equivalente de Von-Mises no sistema do rolamento	42
Figura 30 – Ciclista em um plano inclinado.	43
Figura 31 – Esboço do freio de correntes parasitas - Fonte: (SIMEU; GEORGES, 1996)	44
Figura 32 – Núcleo magnético simples - Fonte: (CHAPMAN, 2013)	46
Figura 33 – Simulação do fluxo magnético.	48
Figura 34 – Gráfico de diminuição da velocidade.	48
Figura 35 – Material utilizado na simulação.	49

Figura 36 – Gráfico de diminuição do torque.	49
Figura 37 – ESP32 - WiFi + Bluetooth. Fonte: (ESPRESSIF SYSTEMS, 2022) . . .	53
Figura 38 – Exemplo de Encoder. Fonte: (RH, 2022)	54
Figura 39 – Módulo PWM: (MODULOPWM, 2023)	56
Figura 40 – Fonte Chaveada. Fonte: (POLICOMP, 2022)	57
Figura 41 – Módulo Regulador de tensão. Fonte: (SMARTKITS, 2022)	58
Figura 42 – Design da PCB. Fonte: Elaboração Própria (PROTEUS, 2021)	58
Figura 43 – Exemplo de placa perfurada universal. Fonte: (INFINITO, 2022)	59
Figura 44 – Teste 1 - Monitor Serial - ESP32. Fonte: Elaboração Própria (AR- DUINO,)	60
Figura 45 – Teste 1 - Monitor Serial - Celular. Fonte: Elaboração Própria (MO- RICH,)	60
Figura 46 – Teste 2 - Foto do circuito para o teste	61
Figura 47 – Teste 2 - Esquemático do circuito para o teste. Fonte: Elaboração Pró- pria (PROTEUS, 2021)	61
Figura 48 – Teste 2 - Monitor Serial - Celular. Fonte: Elaboração Própria (MO- RICH,)	61
Figura 49 – Esquemático - Teste do Encoder. Fonte: Elaboração Própria (PRO- TEUS, 2021)	62
Figura 50 – Monitor Serial - Teste do Encoder. Fonte: Elaboração Própria (AR- DUINO,)	62
Figura 51 – Esquemático Geral - Eletrônica. Fonte: Elaboração Própria (PROTEUS, 2021)	64
Figura 52 – Diagrama de Estados Spin Mobile	66
Figura 53 – Diagrama de Classes Spin	67
Figura 54 – Diagrama de Pacotes Spin Mobile	67
Figura 55 – Splash Screen	68
Figura 56 – Tela Selecionar Circuito	68
Figura 57 – Tela Prévia do circuito selecionado	69
Figura 58 – Tela Histórico de Corridas	69
Figura 59 – Tela Pause Corrida	70
Figura 60 – Tela Resumo Desempenho	70
Figura 61 – Tela Editar Dados	71
Figura 62 – Diagrama de Pacotes Spin Embarcado	71
Figura 63 – Variável de ambiente UNITY_EDITOR mock de parâmetros	72
Figura 64 – Variável de ambiente UNITY_EDITOR simulação da rotação pelo mo- vimento do mouse	73
Figura 65 – Utilização do Debug.Log()	73
Figura 66 – Posicionamento do encoder	74

Figura 67 – Posicionamento do encoder no projeto	75
Figura 68 – Posicionamento do freio eletromagnético	75
Figura 69 – Posicionamento do freio no projeto	76
Figura 70 – Posicionamento dos componentes eletrônicos na caixa	77
Figura 71 – Posicionamento dos componentes eletrônicos	78
Figura 72 – Integração eletrônica-estrutura	78
Figura 73 – Integração - Eletrônica e Software	79
Figura 74 – Organograma da equipe	87
Figura 75 – Organograma da EAP de estruturas	88
Figura 76 – Organograma da EAP de eletrônica	89
Figura 77 – Organograma da EAP de software	90
Figura 78 – Diagrama de Integração	112

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparativo entre as soluções comerciais levantadas.	17
Tabela 2 – Tabela de requisitos gerais do projeto	20
Tabela 3 – Tabela de Requisitos de Eletrônica	21
Tabela 4 – Tabela de Requisitos de Estruturas	22
Tabela 5 – Tabela de Requisitos de Software	25
Tabela 6 – Tabela de Componentes	27
Tabela 7 – Matriz de decisão - Freio	42
Tabela 8 – Orçamento de produção da base	50
Tabela 9 – Orçamento de produção do eletroímã	50
Tabela 10 – Orçamento de mão de obra da base	50
Tabela 11 – Orçamento de mão de obra do eletroímã	51
Tabela 12 – Matriz de decisão - Tecnologia de comunicação	52
Tabela 13 – Matriz de decisão - Sensor para medição da velocidade	54
Tabela 14 – Matriz de decisão - Controle do Freio Magnético	56
Tabela 15 – Orçamento - Eletrônica	63
Tabela 16 – Comparação - Engine	65
Tabela 17 – Tabela de Ferramentas de Integração e Gestão	86
Tabela 18 – Matriz SWOT	86
Tabela 19 – Lista É e Não É	86
Tabela 20 – Tabela de riscos gerais	92
Tabela 21 – Tabela de riscos de Estruturas	92
Tabela 22 – Tabela de riscos de Software	93
Tabela 23 – Tabela de riscos de Eletrônica	93
Tabela 24 – Épicos - Backlog	113
Tabela 25 – Features - Backlog	114
Tabela 26 – User Stories - Backlog	115
Tabela 27 – User Stories - Priorização	116
Tabela 28 – User Stories - Roadmap	117
Tabela 29 – Tabela autoavaliação dos integrantes - PC1	119
Tabela 30 – Tabela autoavaliação dos integrantes - PC2	125
Tabela 31 – Tabela autoavaliação dos integrantes - PC3	132

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<i>CAD</i>	<i>Desenho Assistido por Computador</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
TAP	Termo de Abertura do Projeto
PCB	Printed Circuit Board
ISO	International Organization for Standardization
<i>RPM</i>	Rotações por Minuto
<i>MPa</i>	Mega Pascal
\vec{a}_{max}	Aceleração máxima
\vec{m}_{max}	Massa máxima
ω_{max}	Velocidade Angular Máxima
B_{max}	Fluxo de Campo Magnético Máximo
i_{lid}	Corrente Líquida
dA	Elemento Diferencial de Área
dl	Elemento diferencial de Comprimento
P_d	Dissipação de Corrente Total
f_d	Força de Frenagem
l_n	Comprimento do caminho médio do núcleo
μ_r	Permeabilidade Magnética Relativa
μ_0	Permeabilidade Magnética do Vácuo
μ	Permeabilidade Magnética
\vec{F}	Força Resultante
m	Massa

\vec{a}	Aceleração
P	Força Peso
θ	Angulo de inclinação
N	Newtons
E	Campo Elétrico
v	velocidade tangencial
B	Fluxo de Campo Magnético
R	Raio Efetivo
ω	Velocidade Angular
J	Densidade de Corrente
ρ	Resistividade Elétrica
d	Espessura do Disco
D	Comprimento do lado Transversal do Disco
C	Coefficiente Geométrico
H	Intensidade de Campo Magnético
N	Número de Espiras
i	Corrente
\emptyset	Fluxo Magnético Total
T	Teslas
A	Ampere

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Detalhamento do Problema	13
1.2	Levantamento de normas técnicas relacionadas ao problema	13
1.3	Identificação de Soluções Comerciais	14
1.3.1	Zwift	14
1.3.2	Garmin Tacx	16
1.3.3	Wahoo	16
1.3.4	Comparativo entre as soluções levantadas	17
1.4	Objetivo Geral do Projeto	17
1.5	Objetivo Específicos do Projeto	17
2	CONCEPÇÃO E DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO	19
2.1	Requisitos	19
2.1.1	Eletrônica	20
2.1.2	Estruturas	21
2.1.3	Software	22
2.1.3.1	Diagrama de Caso de Uso	22
2.1.3.2	Descrição dos Casos de Uso	23
2.1.3.3	Tabela de Requisitos de Software	25
2.2	Arquitetura Geral da Solução	25
2.2.1	Arquitetura do Subsistema - Eletrônica	26
2.2.2	Arquitetura do Subsistema - Estruturas	29
2.2.2.1	Suporte	30
2.2.2.1.1	Sistema do Rolamento	30
2.2.2.2	Freio eletromagnético	31
2.2.3	Arquitetura do Subsistema - Software	33
2.2.3.1	Arquitetura cliente-servidor e MVC	33
2.2.3.2	Spin Embarcado	34
2.2.3.3	Spin Mobile	35
3	PROJETO DE SUBSISTEMAS DA SOLUÇÃO	37
3.1	Estruturas	37
3.1.1	Análise numérica dos esforços estáticos	39
3.1.1.1	Suporte para roda traseira	39
3.1.1.2	Suporte para roda dianteira	40
3.1.1.3	Rolamento	41

3.1.2	Subsistema - Freio eletromagnético	42
3.1.3	Força do usuário em um plano inclinado	42
3.1.3.1	Força do usuário em um plano declinado	43
3.1.3.2	Força do usuário em um plano reto	43
3.1.3.3	Modelo teórico do freio de Foucault para dimensionamento do eletroímã	44
3.1.3.4	Fluxo magnético máximo	45
3.1.3.5	Número de espiras	45
3.1.3.6	Simulação	47
3.1.4	Orçamento	50
3.2	Eletrônica	51
3.2.1	Projeto dos componentes	51
3.2.1.1	Tecnologia de comunicação	51
3.2.1.2	Microcontrolador	52
3.2.1.3	Solução para medição de velocidade	53
3.2.1.4	Solução para controle do freio eletromagnético	55
3.2.1.5	Alimentação do sistema	56
3.2.1.6	Placa de Circuito Impresso	58
3.2.2	Testes e Simulações	59
3.2.2.1	Teste de pareamento Bluetooth	60
3.2.2.2	Teste de leitura de sinal analógico e envio por bluetooth	60
3.2.2.3	Teste do Encoder	62
3.2.3	Lista de Componentes e Orçamento	63
3.2.4	Esquemático	64
3.3	Software	64
3.3.1	Spin Mobile	64
3.3.1.1	Engine	65
3.3.1.2	Gamificação	65
3.3.1.3	Funcionamento	66
3.3.1.3.1	Diagrama de Estados:	66
3.3.1.3.2	Diagrama de Classes:	66
3.3.1.3.3	Diagrama de Pacotes:	67
3.3.1.4	Arquitetura da Informação	68
3.3.1.4.1	<i>Splash Screen</i> - Tela de abertura da aplicação, que será mostrando enquanto o resto do aplicativo é carregado.	68
3.3.1.4.2	Tela Selecionar Circuito — Tela inicial após o usuário entrar na aplicação, tela com suporte a realidade virtual.	68
3.3.1.4.3	Tela Prévia do circuito selecionado - Tela que mostra os detalhes do circuito escolhido pelo usuário.	69
3.3.1.4.4	Tela Histórico de Corridas - Tela com lista de histórico de corridas do usuário.	69

3.3.1.4.5	Tela Pause Corrida - Tela de pausa do circuito.	70
3.3.1.4.6	Tela Resumo Desempenho - Tela mostrando o desempenho do usuário após completar um circuito.	70
3.3.1.4.7	Tela Editar Dados - Tela para o usuário editar suas informações de usuário.	71
3.3.2	Spin Embarcado	71
3.3.2.0.1	Diagrama de Pacotes	71
3.3.3	Testes	72
4	INTEGRAÇÃO DE SUBSISTEMAS E FINALIZAÇÃO DO PRODUTO	74
4.1	Detalhamento de atividades para integração entre o subsistema de Estrutura e Eletrônica	74
4.1.1	Posicionamento do encoder	74
4.1.2	Posicionamento do freio eletromagnético	75
4.1.3	Posicionamento dos demais componentes eletrônicos	76
4.2	Detalhamento de atividades para integração entre o subsistema de Eletrônica e Software	79
	REFERÊNCIAS	80
	APÊNDICES	84
	APÊNDICE A – ASPECTOS DE GERENCIAMENTO DO PROJETO	85
A.1	Termo de Abertura do Projeto (TAP)	85
A.1.1	Justificativa do Projeto	85
A.1.2	Metodologia de Trabalho	85
A.1.2.1	Repositório	85
A.1.2.2	Ferramentas de Integração e Gestão	85
A.1.3	Matriz SWOT	86
A.2	Lista É/Não É	86
A.3	Organização da Equipe	87
A.4	Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	88
A.4.1	EAP - Estruturas	88
A.4.2	EAP - Eletrônica	89
A.4.3	EAP - Software	90
A.5	Cronograma	90
A.6	Levantamento de Riscos	91
A.6.0.1	Análise quantitativa dos Riscos	91

A.6.1	Planejamento de Resposta dos Riscos	91
A.6.1.1	Prevenção	91
A.6.1.2	Transferência	91
A.6.1.3	Mitigação	91
A.6.1.4	Aceitação	92
A.6.2	Descrição dos Riscos	92
	APÊNDICE B – DESENHOS TÉCNICOS MECÂNICOS	94
	APÊNDICE C – DIAGRAMA DE INTEGRAÇÃO	112
	APÊNDICE D – DESENVOLVIMENTO ÁGIL	113
D.0.0.1	Product Backlog	113
D.0.0.1.1	Épicos	113
D.0.0.1.2	Features	113
D.0.0.1.3	User Stories	114
D.0.0.2	Priorização	116
D.0.0.3	Roadmap	116
	APÊNDICE E – PONTOS NOTÁVEIS DO CÓDIGO	118
E.1	Spin Mobile	118
	APÊNDICE F – AUTO AVALIAÇÃO DOS INTEGRANTES - PC1	119
	APÊNDICE G – AUTO AVALIAÇÃO DOS INTEGRANTES - PC2	125
	APÊNDICE H – AUTO AVALIAÇÃO DOS INTEGRANTES - PC3	132

1 Introdução

Já se é conhecido todos os benefícios da prática de atividades físicas na saúde de seus praticantes. Saúde, cuja definição dada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) diz que “é um estado de completo bem-estar físico e mental, e não somente ausência de afecções e enfermidades” (MARQUES et al., 2016). Portanto, existem inúmeros exercícios físicos que podem entregar esse valor agregado à qualidade de vida e longevidade do cidadão, destacando particularmente o ciclismo.

O ciclismo é uma modalidade esportiva que envolve o uso da bicicleta para competição ou recreação, portando seus benefícios são notórios, não influenciando somente o aspecto físico, mas também, psicológicos e sociais. Visto que se trata de um esporte democrático, causa uma sensação de prazer e bem-estar, diminuindo o nível de estresse e possibilitando a socialização com outros participantes da modalidade (OLENHEKI; VOZNIAK, 2019).

O contexto de pandemia viral ocasionado pela COVID-19 demandou adaptações para muitas atividades devido às medidas de proteção. Tal situação impacta prontamente os praticantes de modalidades esportivas realizadas ao ar livre, como o ciclismo. Dessa forma, surge o propósito para buscar soluções para esse problema de forma prática, criativa e viável (LANFERDINI; ROSA, 2021).

Uma alternativa que se mostrou efetiva foi a prática do ciclismo *indoor*, o qual se trata da atividade do ciclismo em ambiente fechado utilizando equipamentos como os rolos de treinamento. Tal modalidade se popularizou nas redes sociais dadas as soluções digitais desenvolvidas, gerando o aumento na procura por este tipo de equipamento. Isso, aliado ao advento dos esportes eletrônicos, tende a ganhar cada vez mais espaço dentre os praticantes para a manutenção dos contextos competitivos impactados pela pandemia (ROJAS-VALVERDE; FALLAS-CAMPOS; ALPÍZAR-ALPÍZAR, 2021).

Tendo isso em vista, e observando as oportunidades de contribuição, aperfeiçoamento e inovação de soluções nessa abordagem, o presente trabalho visa desenvolver uma plataforma gamificada para a prática de ciclismo *indoor* imersiva através de realidade virtual.

Tal proposta tem o objetivo de oferecer, através da prática do ciclismo *indoor*, os benefícios inerentes do ciclismo *outdoor*, a modalidade tradicional, possibilitando digitalmente uma maior socialização e imersão enquanto se pratica.

1.1 Detalhamento do Problema

A pandemia de COVID-19 teve um impacto significativo na prática de exercícios físicos ao redor do mundo. Com o fechamento de academias, parques e outros locais de treinamento, muitas pessoas tiveram que procurar maneiras alternativas de manter sua forma física e saúde. Assim, diversas pessoas começaram a praticar atividades físicas em casa, como o ciclismo *indoor*.

Existem diversas vantagens na adesão do ciclismo *indoor*, podendo citar a comodidade e praticidade de não precisar sair de casa, o que já se alia ao fator segurança, bem como todo o auxílio técnico que os modernos sistemas disponibilizam ao usuário.

Hoje já podem ser encontradas algumas soluções desta área que fortaleceram a popularização da modalidade, principalmente no contexto da pandemia. Tais soluções, conforme serão apresentados mais adiante na seção 1.3, apresentam diversos tipos de estruturas e equipamentos com particularidades que visam aumentar a atratividade da modalidade através de seus produtos.

Pensando nisso e observando conceitos em ascensão como a realidade virtual, notam-se possibilidades de inovações nesse cenário. A popularização da realidade virtual, pode ser observada pela grande expectativa e envolvimento no chamado Metaverso, o qual se trata de uma realidade paralela que visa criar um ambiente imersivo e interativo para o usuário, facilitando e expandindo às relações e a comunicação interconectada (MYSTAKIDIS, 2022).

Sendo assim, observa-se que a aplicação da realidade virtual, bem como o aperfeiçoamento de aspectos estruturais e eletrônicos, tem um alto potencial para incrementar a atratividade da prática do ciclismo *indoor*, desenvolvendo um produto inovador e de grande impacto na vida do usuário.

1.2 Levantamento de normas técnicas relacionadas ao problema

A Organização Internacional para Padronização (ISO) cujo objetivo é aprovar as normas internacionais em todos os campos técnicos, é representada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) designada para estabelecer documentos por consenso técnico da sociedade. A ABNT elabora diretrizes para seu desenvolvimento, gerenciando e homologando as normas. As normas ABNT são somente exigidas quando não há regulamentação técnica específica acerca de um determinado produto ou serviço. O sistema de normatização é dinâmico e envolve a participação de partes interessadas nos resultados. Essas normas podem ser aplicadas a produtos, serviços, processos, sistemas de gestão, estabelecendo qualidade, segurança e desempenho (ABNT, 2022).

- A ABNT NBR 5410 (NUNES, 2016), elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade, estabelece as condições necessárias das instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.
- A ISO 20957-1:2013 (NBRISO, 2013) especifica requisitos gerais de segurança e métodos de teste para equipamentos de treinamento estacionários envolvendo aspectos ambientais. Também especifica um sistema de classificação que é aplicável a todos os equipamentos de treinamento estacionários. Inclui equipamentos para uso em áreas de treinamento de organizações como associações esportivas, estabelecimentos de ensino, hotéis, pavilhões desportivos, clubes, centros de reabilitação e estúdios onde o acesso e controle são especificamente regulados pelo proprietário, equipamentos para uso doméstico e outros tipos de equipamentos, incluindo equipamento acionado por motor.

1.3 Identificação de Soluções Comerciais

Foi realizado um levantamento para analisar as soluções já disponíveis no mercado. O objetivo é revisar as tecnologias integradas pelas empresas e propor um produto com diferenciais específicos que atendam às necessidades do mercado. A seguir, serão apresentadas as empresas analisadas.

1.3.1 Zwift

Entre as empresas que se destacam na produção de aparelhos para a prática de ciclismo em ambientes fechados, a Zwift, sendo uma plataforma global de treinamento online para ciclismo, é a mais conhecida.

Como parte de seu produto, a Zwift possui o seu rolo de transmissão de resistência chamado de Zwift Hub, observável na Figura 1. Tal equipamento se trata de um rolo de treinamento próprio para uso com o aplicativo Zwift, outro produto da empresa.

Figura 1 – ZwiftHub - Fonte: (TRISPORT, 2022)



O ZwiftHub é comercializado com cassetes de 8 até 12 velocidades, sendo possível, também, a compra sem cassete para a posterior instalação de um próprio para a bicicleta do usuário. Custando \$ 499,00 USD, o equipamento possui diversas opções de conectividade por Bluetooth para conectar-se ao aplicativo, bem como a dispositivos auxiliares como *smartwatches*, medidores de frequência cardíaca, dentre outros.

O aplicativo Zwift está disponível para os sistemas operacionais Android e iOS. Se trata de uma plataforma online por assinatura (\$ 14,99 USD por mês) que, estando conectado ao rolo de treinamento com os devidos sensores e compatibilidades, é possível simular a atividade de ciclismo em cenários digitais junto a outros usuários conectados. Esses dados são do site oficial do Zwift disponível no endereço <<https://us.zwift.com>>.

Conforme as avaliações em seus fóruns e comunidades, os produtos Zwift e suas funcionalidades atendem bem às expectativas dos usuários. Salvo alguns comentários sobre perdas de conexão e insatisfação com o valor da mensalidade. Todavia, para a utilização do ZwiftHub, é necessário a remoção da roda traseira, a fixação do quadro da bicicleta no eixo do aparelho e o ajuste correto da corrente no Cassete.

Isso prejudica, de forma considerável, a praticidade da utilização em eventuais usos rápidos e casuais, dando ao usuário todo o trabalho de desmonte de sua bicicleta, bem como a sua remontagem ao final da utilização.

1.3.2 Garmin Tacx

A empresa Garmin Tacx traz uma proposta de solução com o produto Galaxia Advanced Roller Trainer apresentado na Figura 2. Possui um custo mais acessível (\$ 269,99 USD), no entanto, é defasado em muitas questões importantes quando o assunto é treinamento em ambientes fechados.

Tal produto não tem resistência significativa para simular trajetos ao ar livre, além de sua estrutura não possibilitar uma estabilidade para o usuário, recomendado apenas para treinamento de atletas profissionais do ciclismo.

Figura 2 – Galaxia Advanced Roller Trainer - Fonte: ([GARMIN, 2022](#))



1.3.3 Wahoo

Outra solução comercial já existente é da empresa Wahoo que traz uma solução, no produto Kickr Snap Indoor Bike Trainer, apresentado na Figura 3. É semelhante ao ZwiftHub, porém possui uma configuração *plug and play*, onde basta acoplar a bike sem precisar desmontá-la para utilizar.

Figura 3 – Kickr Snap Indoor Bike Trainer - Fonte: ([WAHOO, 2022](#))



Se trata de um equipamento equivalente ao ZwiftHub com um preço mais acessível (\$ 299,99 USD), contêm as mesmas conectividades e é compatível com a maioria dos aplicativos de ciclismo *indoor* mas, a Wahoo não tem uma aplicação próprio de simulação.

1.3.4 Comparativo entre as soluções levantadas

Após a análise das empresas e suas soluções dispostas nas imagens anteriores foi realizado um estudo considerando as principais funções que cada marca desempenha. A Tabela 1 apresenta uma análise de mercado dos principais recursos dos aparelhos, os preços dizem respeito ao valor do dólar referente a data de elaboração do presente relatório.

Tabela 1 – Comparativo entre as soluções comerciais levantadas.

Características	Produtos		
	Zwift	Wahoo	Garmin Tacx
Preço equipamento (R\$)	2.607,72	1.567,72	1.410,94
Preço mensalidade (R\$)	78,34	Não possui	Não possui
Aplicativo	Zwift	Não possui	Não possui
Peso (Kg)	14,9	17,0	8,2
Conectividade	Bluetooth	Bluetooth	Não possui
Potência Máxima (W)	1800	1500 - 2200	Não possui
Realidade Virtual	Não possui	Não possui	Não possui

A partir da análise da Tabela 1, pode-se concluir que os equipamentos estudados, não teriam um preço acessível após efetuadas as devidas conversões e considerando que os preços dispostos na tabela não consideram eventuais incidências de impostos e taxas.

Além disso, nota-se a predominância do Bluetooth na conectividade, e a potência máxima suportada pelos dispositivos fica entre 1500W e 2200W e nenhuma solução aplica a realidade virtual em seus produtos. Tais conclusões foram utilizadas para direcionar a concepção do produto proposto no projeto.

1.4 Objetivo Geral do Projeto

O objetivo deste projeto consiste em especificar e desenvolver um mínimo produto viável (*MVP*) de um sistema completo para a prática de ciclismo *indoor*, contendo tanto o suporte com rolamento e seus dispositivos eletroeletrônicos, bem como uma aplicação *mobile* em realidade virtual para a simulação da atividade de ciclismo em cenários digitais.

1.5 Objetivo Específicos do Projeto

- Garantir que o dispositivo seja ajustável a fim de que possa ser utilizado por diversos modelos de bicicletas pessoais;

- Implementar uma aplicação mobile de simulação em realidade virtual e o software embarcado do dispositivo;
- Assegurar que haverá comunicação, via bluetooth, entre o dispositivo e o aplicativo mobile de realidade virtual;
- Atender especificações da norma técnica NBR ISO 20957-1 de 07/2013 sobre equipamentos de treino estacionário com ênfase a parte 1 de requisitos gerais de segurança e métodos de ensaio;
- A estrutura deve resistir a forças e solavancos aplicados;
- Implementar um método de frenagem para o rolamento.

2 Concepção e Detalhamento da Solução

O produto desejado se trata de um sistema completo que possibilite a realização de atividades de ciclismo em ambientes fechados, residenciais ou não. Observando a área temática do projeto, o ciclismo *indoor*, optou-se por nomear o produto de Spin, cuja tradução do inglês tem sentido de giro ou movimento rotativo e faz referência ao giro inerente das rodas, catracas e pedais da bicicleta.

Sendo assim, será necessário adquirir um suporte com características semelhantes ao produto da empresa Wahoo, ver item 1.3.3, contudo, o produto final possuirá um rolamento cuja frenagem deve ser controlada eletronicamente e, além disso, um sensor para a captação da velocidade empregada.

Tal suporte, deverá permitir um acoplamento simplificado da bicicleta do usuário sem a necessidade de maiores intervenções na mesma, a fim de garantir uma maior praticidade na utilização do produto. Além disso, a estrutura deve ser articulada para garantir maior facilidade de transporte do equipamento.

Além disso, deverá fazer parte da solução, a especificação de uma aplicação semelhante à plataforma Zwift, ver 1.3.1, onde o usuário poderá escolher um trajeto digital que será simulado em realidade virtual. Tal aplicação será nomeada de Spin Mobile.

Dessa forma, também será necessária a especificação do subsistema eletroeletrônico responsável pela alimentação dos componentes, controle dos sensores e atuadores, bem como pela comunicação com a aplicação. A partir de um microcontrolador, que se fará necessário, se dará a ponte de integração entre o Spin Mobile e os sensores e atuadores do produto. O sistema embarcado no microcontrolador se chamará Spin Embarcado.

Posto essa concepção inicial do produto, pode-se observar que, como estratégia de subdivisão dos sistemas integrantes do projeto, é possível identificar três grandes subsistemas principais: estruturas, eletrônica e software. Dessa forma, as seções seguintes irão tratar sobre o levantamento de requisitos e do detalhamento inicial da arquitetura considerando tal estruturação do projeto.

2.1 Requisitos

Tendo o já disposto, e visando uma explanação inicial sobre os temas inerentes ao escopo do projeto, a elicitacão de requisitos gerais se deu a partir da aplicação de *brainstorming* e introspecção nas reuniões e encontros da equipe no intuito de colher opiniões e as diferentes visões dos integrantes acerca do projeto e de alinhar e definir as direções e rumos da especificação.

O *brainstorming* é uma técnica bastante dinâmica que permite uma discussão abrangente e livre, considerando opiniões e pontos de vistas pessoais de cada participante sobre os aspectos do projeto e as possíveis abordagens (BARBOSA; SILVA, 2010).

Aliado a introspecção, que se trata de uma técnica a qual se baseia em imaginar que propriedades o sistema deveria possuir para obter sucesso (MORAES, 2008), onde estas reflexões são embasadas pelas discussões tidas com os orientadores e pelas pesquisas individuais dos integrantes, foi possível elencar os requisitos apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de requisitos gerais do projeto

ID	Requisito
REQ01	A estrutura deve ser robusta e suportar o peso da bicicleta e do usuário
REQ02	O produto deve ser facilmente transportável e instalável
REQ03	O Spin Mobile deve possuir uma interface amigável e fácil de usar
REQ04	O Spin Mobile deve interagir com a velocidade da bicicleta
REQ05	Toda a comunicação dos subsistemas de software deve ser sem fio
REQ06	O produto deve ser agradável ao usuário
REQ07	A estrutura deve garantir o equilíbrio do usuário
REQ08	A estrutura deve suportar os diferentes modelos de bicicletas
REQ09	A simulação deve ter um alto grau de fidelidade
REQ10	O Spin mobile deve mostrar o progresso do usuário durante a simulação
REQ11	O dispositivo deve suportar a tensão de 220v
REQ12	A roda dianteira da bicicleta deve ficar equilibrada e imóvel
REQ13	O dispositivo deve controlar o atuador da frenagem do rolamento
REQ14	A resistência aplicada ao rolamento deve ser definida conforme as características do percurso simulado
REQ15	A comunicação dispositivo/simulação deve ser realizada em tempo real
REQ16	O usuário deve poder selecionar o percurso conforme sua dificuldade
REQ17	O Spin Mobile deve disponibilizar relatórios.
REQ18	Os componentes eletrônicos devem estar protegidos
REQ19	O dispositivo deve detectar a velocidade empregada pelo usuário
REQ20	O Spin mobile deve ser gamificado
REQ21	O Spin mobile deve permitir interação online entre usuários
REQ22	O Spin mobile pode monitorar e alertar o usuário sobre esforço excessivo

Uma vez definidos os requisitos gerais, os mesmos devem ser contemplados pelo refinamento para a definição dos requisitos específicos de cada subsistema do projeto.

2.1.1 Eletrônica

É fundamental realizar a especificação dos componentes eletrônicos necessários para o funcionamento do produto, bem como suas intercomunicações e conexões, tendo como suporte a norma técnica NBR5410, a qual em seu item 4.1.12 sobre prevenção de efeitos danosos ou indesejados na seleção dos componentes, diz que "devem ser conside-

rados os efeitos danosos ou indesejados que o componente possa apresentar, em serviço normal (incluindo operações de manobra), sobre outros componentes ou na rede de alimentação."(ABNT, 2004).

Será importante realizar uma análise de consumo energético para possibilitar o correto dimensionamento dos componentes. Além disso, a padronização das comunicações, seus protocolos e as especificações de seus meios deverá considerar o envio e recebimento de dados do aplicativo que estará sendo executado num dispositivo mobile.

Para tanto, será essencial o suporte a um software embarcado, gerenciador dessa comunicação, que vise o tempo de resposta e a veracidade dos dados enviados ao aplicativo e ao sistema de frenagem do rolamento.

A tabela 3 apresenta os requisitos eletroeletrônicos levantados pela equipe.

Tabela 3 – Tabela de Requisitos de Eletrônica

ID	Requisito	Rastreabilidade
RFH01	Realizar pareamento via bluetooth com o smartphone	REQ05, REQ06, REQ15
RFH02	Dar suporte ao software embarcado na linguagem c++	REQ18
RFH03	Estabeler e manter comunicação em tempo real com o game	REQ15
RFH04	Realizar a medição da velocidade através de sensores	REQ19
RFH05	O microcontrolador deve acionar o sistema de frenagem do rolamento	REQ13
RFH06	Não ser modificável pelo usuário	REQ18
RFH07	Deve realizar a alimentação de tensão e corrente conforme a necessidade dos dispositivos	REQ11
RNFH01	Possuir integração eficaz com o produzido nas demais frentes	REQ18
RNFH02	Utilizar componentes de fácil acesso no mercado	REQ06
RNFH03	O sistema eletrônico deve ser simples e robusto	REQ18
RNFH04	O sistema eletrônico deve ser resistente aos ruídos do sistema	REQ18

2.1.2 Estruturas

A equipe de estruturas trabalhará no projeto de toda a parte estrutural do produto. Deve-se considerar as particularidades da proposta para garantir a segurança do usuário, a praticidade de montagem e manuseio, a regulagem conforme o tamanho da bicicleta que será usada, bem como a disposição de locais seguros para a instalação dos componentes eletrônicos para proteger sua integridade física.

É importante salientar que uma simulação de realidade virtual gera muitos tipos de estímulos ao usuário, sendo possível uma perda de noção espacial do usuário durante a utilização do produto. Logo, a estrutura do suporte deve resistir às forças e solavancos, bem como as oscilações e tendências de movimentações que gerem a perda de equilíbrio do ciclista.

A tabela 4 apresenta os requisitos de estruturas para o projeto.

Tabela 4 – Tabela de Requisitos de Estruturas

ID	Requisito	Rastreabilidade
RFE01	O rolamento deve estar em constante contato com a roda da bicicleta	REQ01, REQ07
RFE02	Resistir a forças e solavancos aplicados à estrutura	REQ01, REQ06, REQ07
RFE03	Comportar e proteger componentes eletrônicos	REQ18
RFE04	Montagem simples	REQ02
RFE05	Compatível com bicicletas de aros 27,5 / 29 / 700	REQ06, REQ08
RFE06	Deve haver atrito suficiente entre a roda e o rolamento para que não ocorra descolamento das superfícies durante a realização do movimento	REQ01, REQ07
RFE07	O suporte da roda dianteira deve ser anti-derrapante	REQ07, REQ12
RNFE01	Ser de fácil transporte	REQ02, REQ06
RNFE02	Baixo Ruído	REQ06
RNFE03	Possuir um bom custo benefício	REQ06

2.1.3 Software

A implementação da aplicação mobile de simulação em realidade virtual (Spin Mobile) e do software embarcado (Spin Embarcado) exigem decisões sobre tecnologias, arquitetura e técnicas mais adequadas ao projeto, bem como a estruturação e acompanhamento do processo de desenvolvimento.

O Spin Mobile, além de permitir uma simulação de qualidade em realidade virtual, deve fornecer funcionalidades inerentes às atividades de ciclismo. Se faz necessário o desenvolvimento de menus e da lógica envolvida no processo de gamificação da simulação, bem como o mapa e objetos de interação, cabendo ao usuário escolher o percurso para ser iniciada a simulação.

Além disso, o percurso terá suas características registradas em parâmetros, que devem ser trabalhados para se comunicar via bluetooth ao dispositivo de hardware para o controle da frenagem do rolamento, bem como para o recebimento dos dados referentes à velocidade.

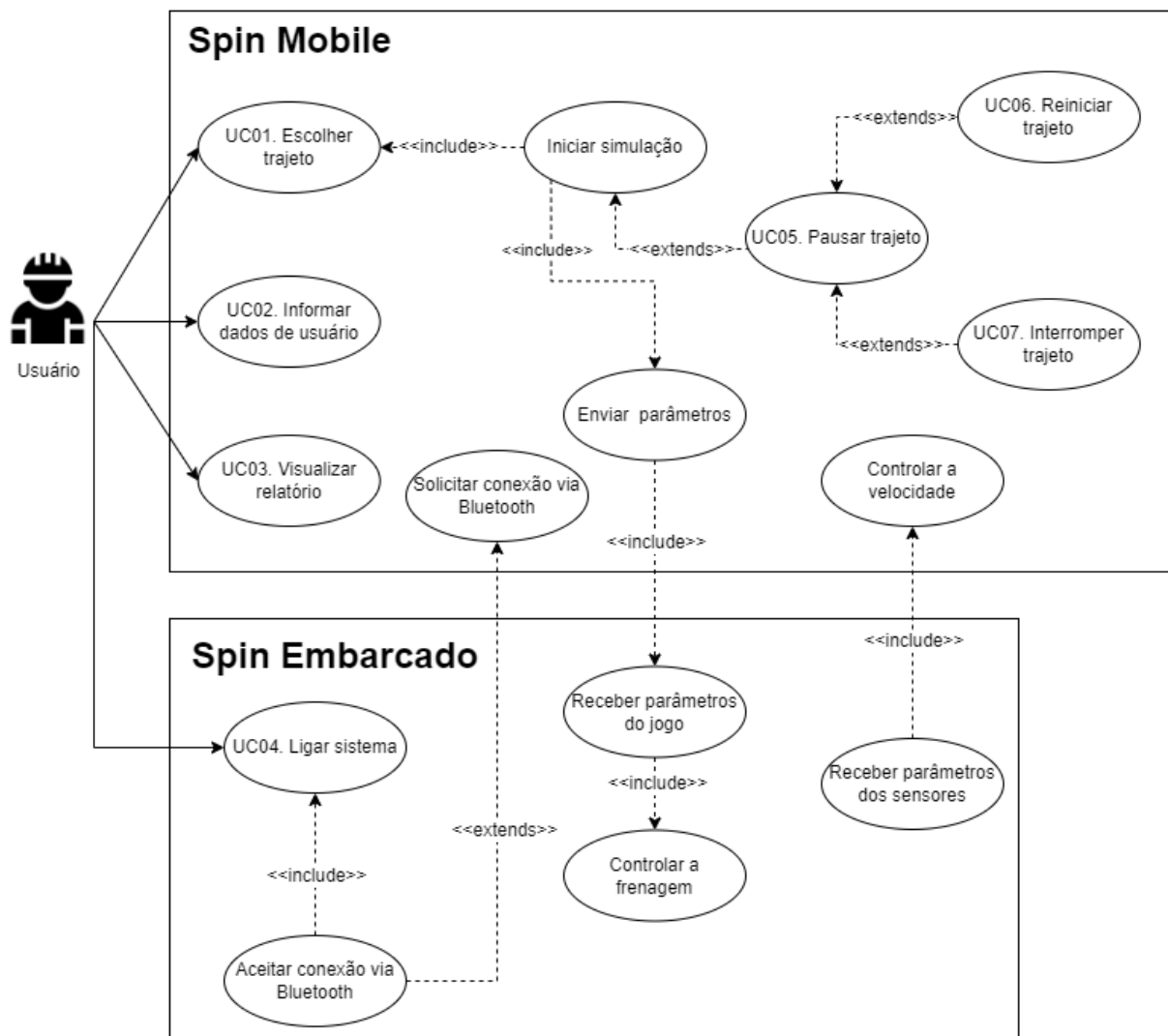
No Spin Embarcado, será considerada a necessidade de um curto tempo de resposta e dos fluxos de comunicação que acontecem constantemente com a aplicação.

2.1.3.1 Diagrama de Caso de Uso

Para uma melhor compreensão do funcionamento do Spin Mobile e do Spin Embarcado e para auxiliar no levantamento dos requisitos, foi desenvolvido o diagrama de caso de uso apresentado na figura 4), conforme as necessidades dos usuários e características do produto.

Os diagramas de casos de uso são representações gráficas que usam a notação UML (Unified Modeling Language) e objetivam descrever as funcionalidades propostas para um determinado sistema (FAKHROUTDINOV, 2020).

Figura 4 – Diagrama de Casos de Uso



2.1.3.2 Descrição dos Casos de Uso

A seguir são apresentadas as descrições dos casos de uso do sistema Spin Mobile:

- UC01. Escolher trajeto: A aplicação possui uma tela que lista todos os trajetos existentes na aplicação. O usuário pode selecionar qual, dentre os trajetos apresentados, ele deseja realizar.
- UC02. Informar dados de usuário: A aplicação deve possuir uma tela cuja finalidade é apresentar ao usuário um formulário solicitando dados de nome, altura, peso, idade e gênero do usuário. Assim, o usuário pode registrar os dados solicitados, os quais serão utilizados pela aplicação para a realização de cálculos relacionados à simulação do trajeto a ser percorrido.

- UC03. Visualizar relatório: Quando o usuário termina um trajeto, a aplicação deve apresentar uma tela com dados relacionados ao desempenho do usuário, os quais são medidos durante a realização do trajeto.
- Iniciar simulação: A aplicação deve iniciar a simulação do percurso na opção de trajeto escolhida pelo usuário.
- UC05. Pausar trajeto: Durante a execução do trajeto, deve ser possível pausar a simulação. A aplicação possui uma tela de pausa, na qual o usuário poderá retomar a simulação, reiniciá-la (UC06) ou interromper o trajeto (UC07) voltando para o menu de seleção de trajeto.
- Enviar parâmetros: Ao escolher um trajeto, a simulação desse trajeto inicia. A aplicação realiza periodicamente cálculos para a obtenção de dados que simulam a resistência do momento atual do trajeto sendo realizado pelo usuário e os envia para o Spin Embarcado por meio da conexão via Bluetooth.
- Controlar a velocidade: A aplicação recebe os dados de velocidade enviados pelo sistema embarcado e os aplica na simulação.
- Solicitar conexão via Bluetooth: Ao iniciar a aplicação, ela deve solicitar a conexão via bluetooth com o Spin Embarcado. Essa conexão é efetuada para envio e recebimento de dados.

A seguir são apresentadas as descrições dos casos de uso do sistema Spin Embarcado:

- UC04. Ligar sistema: Quando o usuário pressiona um botão físico, o Spin Embarcado deve ser iniciado.
- Aceitar conexão via bluetooth: O Spin Embarcado inicia no estado de espera de solicitação de conexão via bluetooth. Quando o Spin Mobile solicita a conexão, o Spin Embarcado poderá aceitá-la.
- Receber parâmetros dos sensores: O sistema deve fazer a leitura do sensor de velocidade, realizar a correção dos dados e enviar pela conexão via Bluetooth para a aplicação Spin Mobile.
- Receber parâmetros do jogo. O Spin Embarcado recebe via bluetooth os dados relacionados à resistência a ser aplicada na estrutura do projeto spin.
- Controlar a frenagem: Controlar o sistema de frenagem. O Spin Embarcado aplica a intensidade da resistência na estrutura do projeto spin conforme o dado de resistência recebido do Spin Mobile.

2.1.3.3 Tabela de Requisitos de Software

A tabela 5 apresenta os requisitos de software levantados para o projeto, com o auxílio dos casos de uso elaborados e considerando os requisitos gerais levantados.

Tabela 5 – Tabela de Requisitos de Software

ID	Requisito	Rastreabilidade
RFS01	O Spin mobile deve cadastrar o usuário	REQ09, REQ20, REQ21
RFS02	O usuário deve poder realizar o login para utilizar o Spin mobile	REQ20, REQ21
RFS03	O usuário deve poder visualizar e editar o seu perfil	REQ09, REQ20, REQ21
RFS04	O usuário deve poder interagir com outros usuários	REQ21
RFS05	O Spin mobile deve coletar o valor do aro da bicicleta antes de iniciar a simulação	REQ09
RFS06	Durante a simulação, o usuário deve visualizar informações sobre o seu progresso	REQ10
RFS07	Durante a simulação, o usuário deve visualizar sua frequência cardíaca	REQ10, REQ22
RFS08	Com os dados do usuário, o Spin mobile deve calcular a frequência cardíaca máxima	REQ22
RFS09	O usuário deve ter acesso ao seu histórico de utilização	REQ17
RFS10	Durante a simulação, deve ser alertado ao usuário caso a sua frequência cardíaca esteja se aproximando da máxima calculada	REQ22
RFS11	A simulação deve ser interrompida caso a frequência cardíaca do usuário ultrapasse a máxima calculada	REQ22
RFS12	O Spin mobile deve categorizar o usuário de acordo com a média da razão entre a sua potência gerada e seu peso (W/Kg)	REQ17, REQ20
RFS13	O Spin mobile deve conter um sistema de pontuação de desempenho nos percursos	REQ20
RFS14	O Spin mobile deve oferecer Skins como prêmios ao se evoluir de rank e bater metas de pontuações em circuitos	REQ20
RFS15	O usuário deve poder visualizar o relatório de seu desempenho no percurso ao final da simulação	REQ17
RFS16	O usuário deve poder finalizar o percurso a qualquer momento da simulação	REQ03
RFS17	O Spin mobile deve ajustar a inclinação da personagem na simulação conforme a inclinação do usuário	REQ09
RFS18	O Spin mobile deve poder realizar o pareamento via bluetooth com o dispositivo	REQ05, REQ06, REQ15
RFS19	O Spin embarcado realizar o pareamento via bluetooth com o Spin mobile	REQ05, REQ06, REQ15
RFS20	O Spin embarcado deve monitorar a velocidade do rolamento	REQ15, REQ19
RFS21	O usuário deve poder escolher o percurso entre opções de dificuldades variadas	REQ16
RFS22	O Spin mobile deve calcular a resistência a ser aplicada no rolamento do dispositivo	REQ09, REQ14, REQ15
RFS23	O Spin embarcado deve alterar a resistência com base nos valores recebidos pelo Spin mobile	REQ09, REQ14, REQ15
RFS24	A velocidade na simulação deve alterar de acordo com a velocidade empregada pelo usuário	REQ09
RNFS01	O Spin mobile deve ter uma boa interface e proporcionar uma boa experiência de uso	REQ03, REQ06
RNFS02	O Spin mobile deve ser compatível com Android e iOS	REQ06

2.2 Arquitetura Geral da Solução

De forma geral, a arquitetura da solução consistirá na integração dos três subsistemas que compõem o projeto, conforme é mostrado na Figura 5.

O Spin Mobile se comunicará via *bluetooth* com o Spin Embarcado que estará instalado no microcontrolador. Dessa forma, Spin Embarcado atuará como um gerenciador dos dados gerados pelo usuário. Para tanto, tal sistema se comunicará com o microcon-

trolador a fim de receber os dados de velocidade do rolamento captados pelo sensor, além de controlar a intensidade do campo eletromagnético gerado no freio do rolamento.

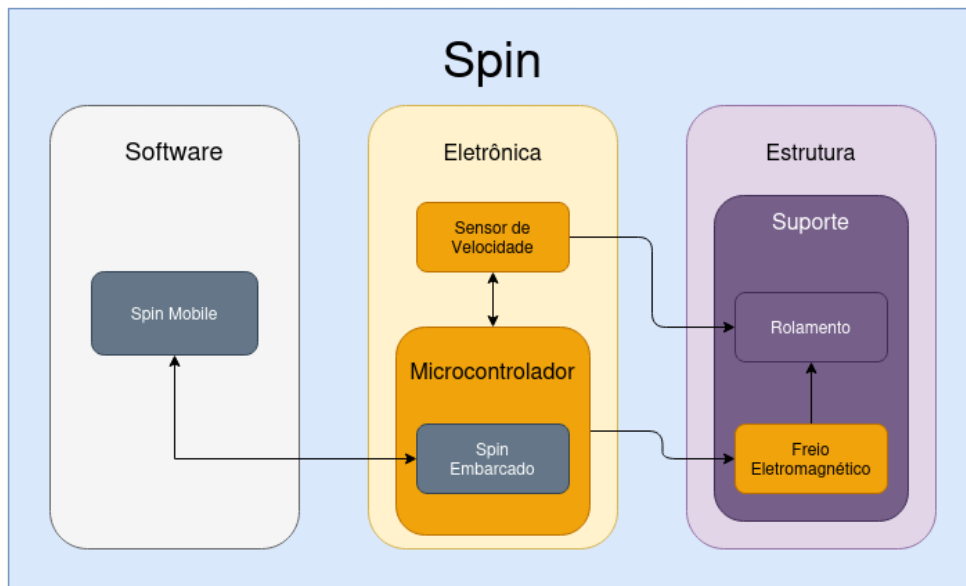


Figura 5 – Arquitetura Geral

2.2.1 Arquitetura do Subsistema - Eletrônica

A arquitetura do subsistema de eletrônica é de mais fácil visualização com o organograma observável na Figura 6.

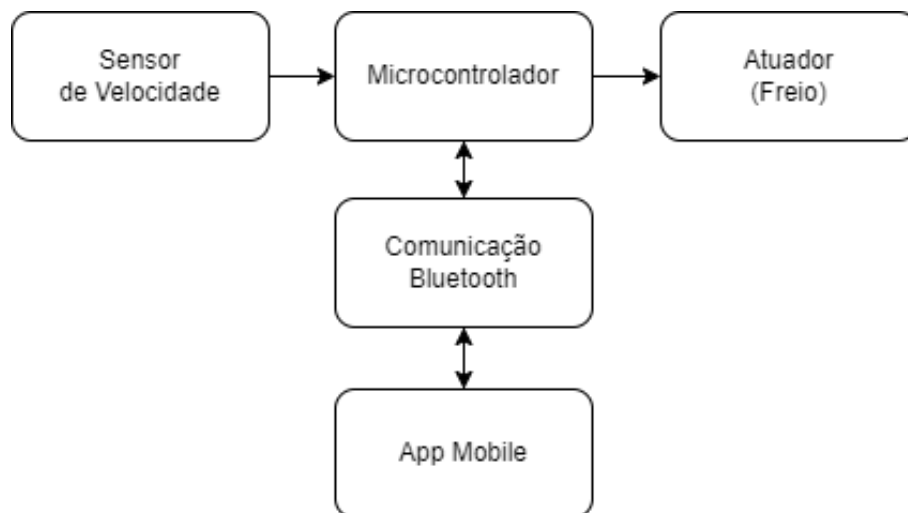


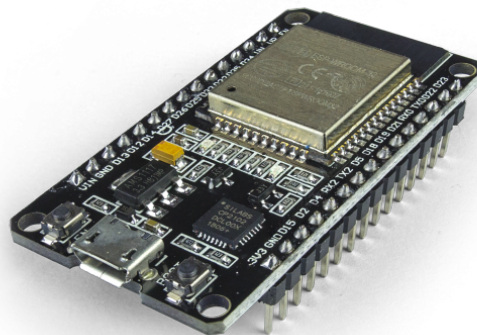
Figura 6 – Arquitetura do Subsistema - Eletrônica

Os componentes foram escolhidos com base na necessidade inicial do projeto, visto que podem sofrer pequenas alterações ou incremento ao longo de sua realização. Tais componentes estão listados na Tabela 6

Componente	Modelo	Preço (R\$)
Microcontrolador	ESP32	75,00
Sensor de Velocidade (opção 1)	Sensor indutivo	40,00
Sensor de Velocidade (opção 2)	Gerador de Tensão	70,00
Sensor de Velocidade (opção 3)	Encoder	150,00
Fonte de alimentação	Fonte Chaveada 10A	60,00
Alimentação do microcontrolador	Módulo regulador de tensão	48,00

Tabela 6 – Tabela de Componentes

Por conta da aquisição e interpretação de dados do sistema por completo será necessário utilizar um processador, neste caso um microcontrolador que é um pequeno computador num único circuito integrado o qual contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída. Para este projeto, a estimativa de escolha é a Esp32, pois possui WI-FI e Bluetooth, que serão necessários para a comunicação entre os sistemas.

Figura 7 – ESP32 - WiFi + Bluetooth. Fonte: ([ESPRESSIF SYSTEMS, 2022](#))

Tendo em vista que o projeto visa impor uma dificuldade diferente consoante o local do percurso que o usuário se encontra, é preciso realizar a aquisição da velocidade por meio de sensor e também ajustar o freio magnético para que a resistência do rolo seja alterada com a dificuldade. Após levantamento, foram considerados três tipos de sensores, sendo que o mais promissor a ser utilizado é o encoder.

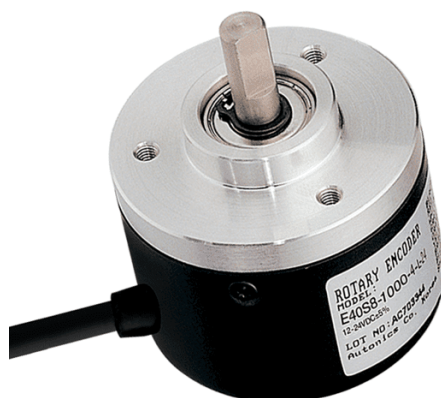


Figura 8 – Exemplo de Encoder. Fonte: (RH, 2022)

Visando o atendimento às especificações de tensão e corrente do freio eletromagnético que será utilizado, é necessário realizar a alimentação correta de todo o sistema, tendo em vista os componentes que se dividem entre o esquema do freio e outra parte para o microcontrolador. Para isso, será utilizada uma fonte estabilizadora que possua a determinação dos componentes.



Figura 9 – Fonte de tensão. Fonte: (POLICOMP, 2022)

Considerando que o sistema precisa alimentar o microcontrolador com a tensão ajustada, especificada de fábrica, é necessário recorrer a um circuito regulador de tensão.

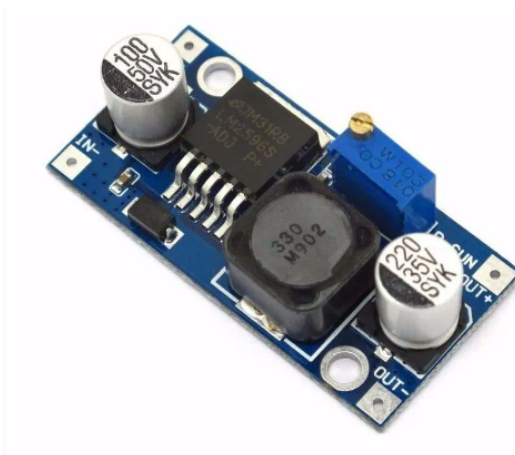


Figura 10 – Exemplo de Regulador de Tensão. Fonte: (SMARTKITS, 2022)

2.2.2 Arquitetura do Subsistema - Estruturas

A idealização estrutural partiu de produtos já existentes com uma boa estabilidade e segurança para o usuário, baseada no produto Kickr Snap Indoor Bike Trainer (WAHOO, 2022) apresentada na Figura 3. Portanto, a arquitetura do sistema de estruturas é composta por quatro elementos principais: suporte para roda dianteira, suporte para roda traseira, rolamento e freio eletromagnético. As Figuras 11 e 12 apresentam o esboço inicial bidimensional do projeto conceitual.

O produto final precisará de elementos que o usuário já possua para que a atividade física seja realizada em sua completude. Esses elementos são: Bicicleta (aros compatíveis 27,5 / 29 / 700), óculos de realidade virtual para celular e *smartphone*.

Todos os CAD's apresentados nas imagens foram desenvolvidos no *Ansys Space Claim*.

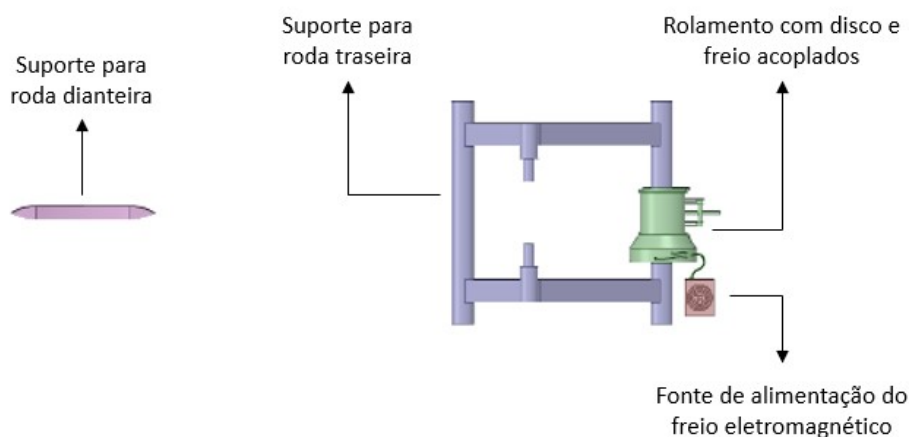


Figura 11 – Vista Superior da idealização completa

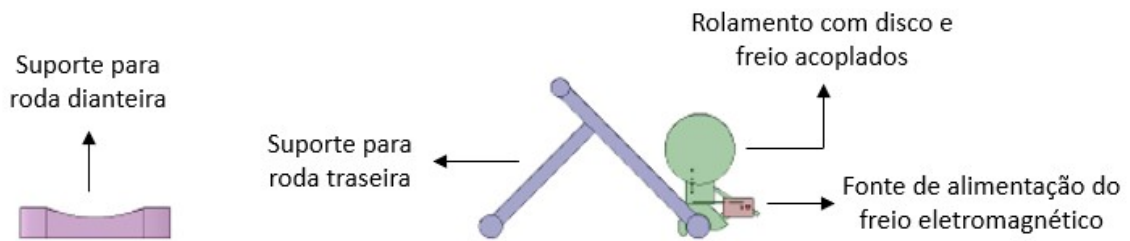


Figura 12 – Vista Lateral Esquerda da idealização completa

2.2.2.1 Suporte

O suporte é a parte principal do projeto quando o tema é estabilidade e segurança, o suporte da roda traseira foi comprada da empresa *Kickr Snap Indoor Bike Trainer* (WAHOO, 2022), apresentada na Figura 3, e adaptada para suportar o freio eletromagnético, trazendo assim uma proposta já testada e com garantia de funcionalidade.

O esboço mostrado na Figura 13 foi criado considerando os principais componentes do sistema do suporte traseiro sem nenhuma adaptação da solução comercial escolhida.

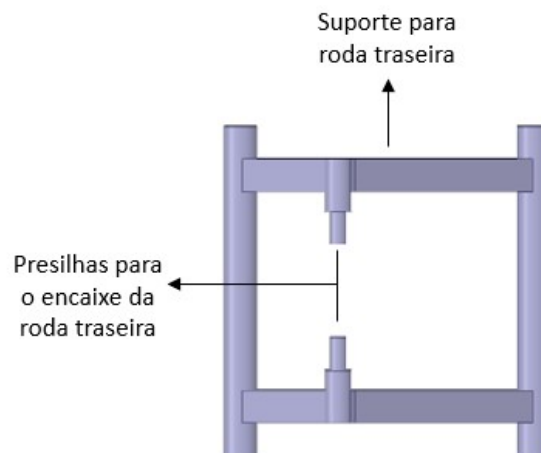


Figura 13 – Vista Superior do Suporte

2.2.2.1.1 Sistema do Rolamento

Uma vez escolhido o suporte para a bicicleta, um que mantenha seu aspecto estrutural sem modificação, ou seja, sem retirada das suas rodas. A solução para essa questão foi encontrada pelo produto comercial *Kickr Snap Indoor Bike Trainer* (WAHOO, 2022)

apresentada na Figura 3. Tal solução é compatível, pois utiliza um método de ajuste de altura que permite variação de tamanhos de aros, fazendo assim com que o produto tenha uma ampla compatibilidade com bicicletas distintas.

O esboço mostrado nas Figuras 14 e 15 foi criado considerando os principais componentes do sistema de rolamento e uma adaptação com o modo de frenagem escolhido para esse projeto.

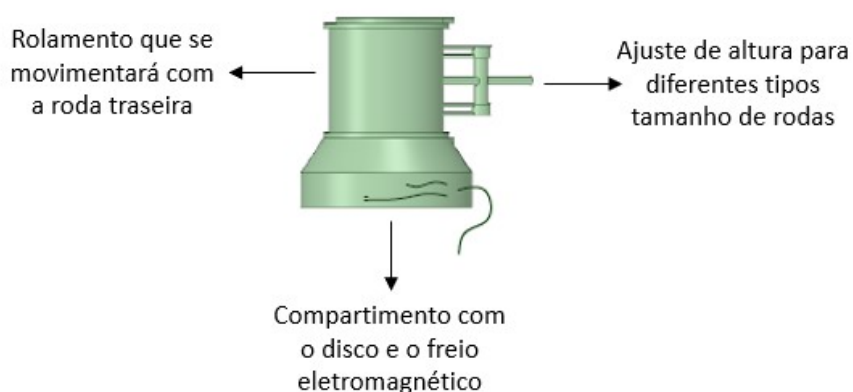


Figura 14 – Vista Superior do Sistema do Rolamento

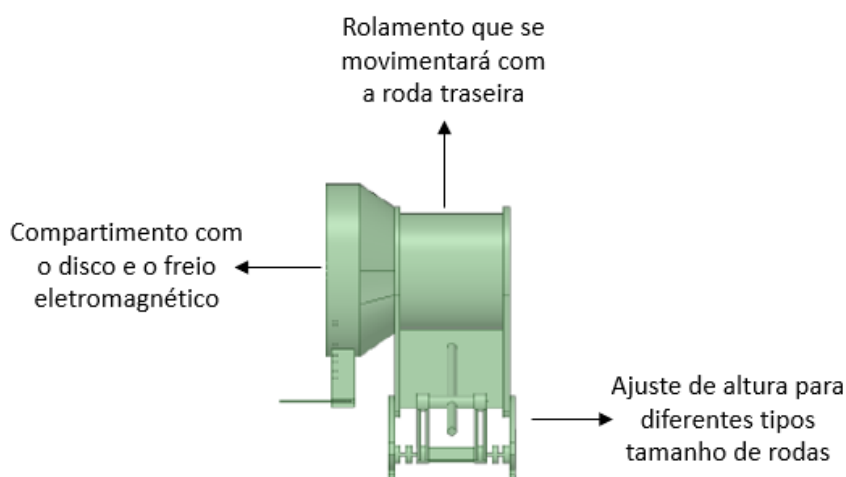


Figura 15 – Vista Posterior do Sistema do Rolamento

2.2.2.2 Freio eletromagnético

Um freio eletromagnético é composto por correntes parasitas geradas por eletroímãs que trazem uma resistividade para o objeto em movimento, fazendo assim com que,

sem a participação direta do usuário, seja possível o controle sobre o fluxo magnético gerado, portanto, a resistividade criada. Por esse principal motivo, esse tipo de freio foi escolhido para o produto, uma vez que torna mais imersivo para o destinatário final.

O esboço mostrado nas Figuras 16 e 17 foi criado considerando os principais componentes de um freio eletromagnético, sendo: disco e eletroímã. Tais componentes foram acoplados ao rolamento por meio de um eixo e se encontram em uma caixa lateral, para não ficarem expostos e arisquem serem danificados, como pode ser visto no esquema da Figura 16.

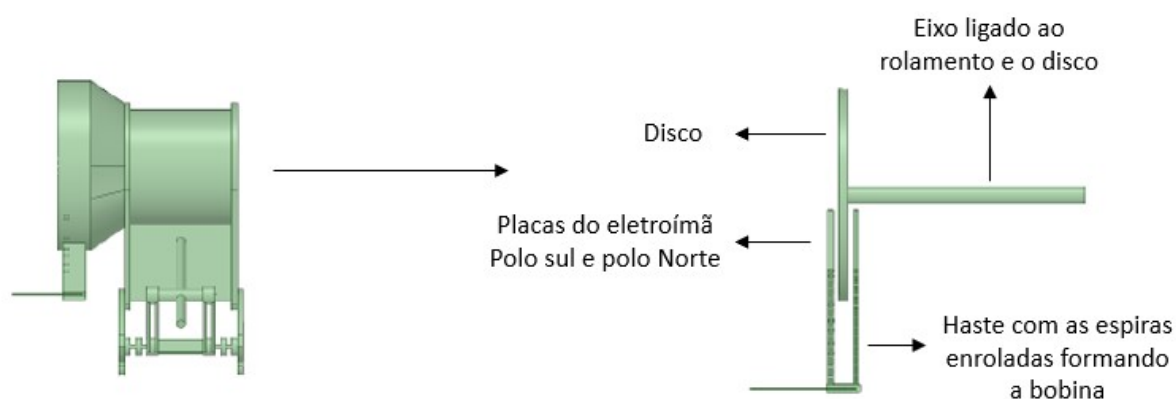


Figura 16 – Vista Posterior do disco com o freio eletromagnético

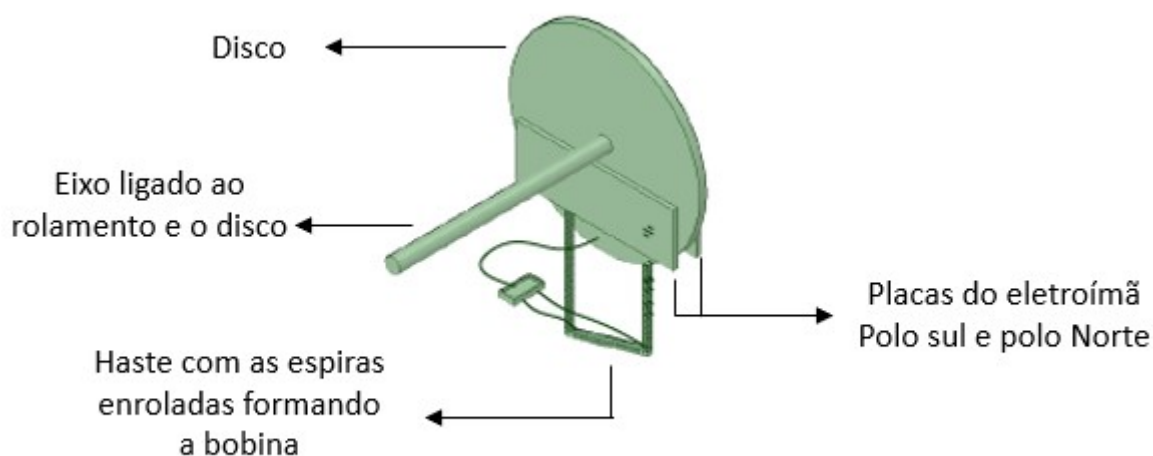


Figura 17 – Vista Isométrica do disco com o freio eletromagnético

Os eletroímãs podem ter diferentes formas, uma vez que precisam de um polo norte, polo Sul e espiras para a criação da bobina. Na concepção inicial fizemos o polo

sul, polo Norte em formato de placas retangulares e as espiras das bobinas enroladas na haste, como mostrado na Figura 17.

2.2.3 Arquitetura do Subsistema - Software

A arquitetura de um software está relacionada a organização do mesmo, onde é abordado, por exemplo, o paradigma adotado para a implementação do projeto, a comunicação entre os componentes do software, e a estrutura do projeto. A arquitetura do projeto também pode ser utilizada para determinar atributos de qualidade do sistema, prover suporte ao reuso de componentes, e atuar como uma estrutura para atender os requisitos do sistema.

Para a definição da arquitetura do software, foram consideradas as melhores escolhas para o produto no escopo do projeto. É importante reiterar que existem dois subsistemas de software: o Spin Embarcado, o qual estará instalado na memória do microcontrolador, e o Spin Mobile, que será um aplicativo que fará a simulação em realidade virtual.

A partir disso, foram levantadas as melhores tecnologias que podem cumprir os requisitos do projeto. A figura 18 ilustra como se dá a arquitetura do software do projeto.

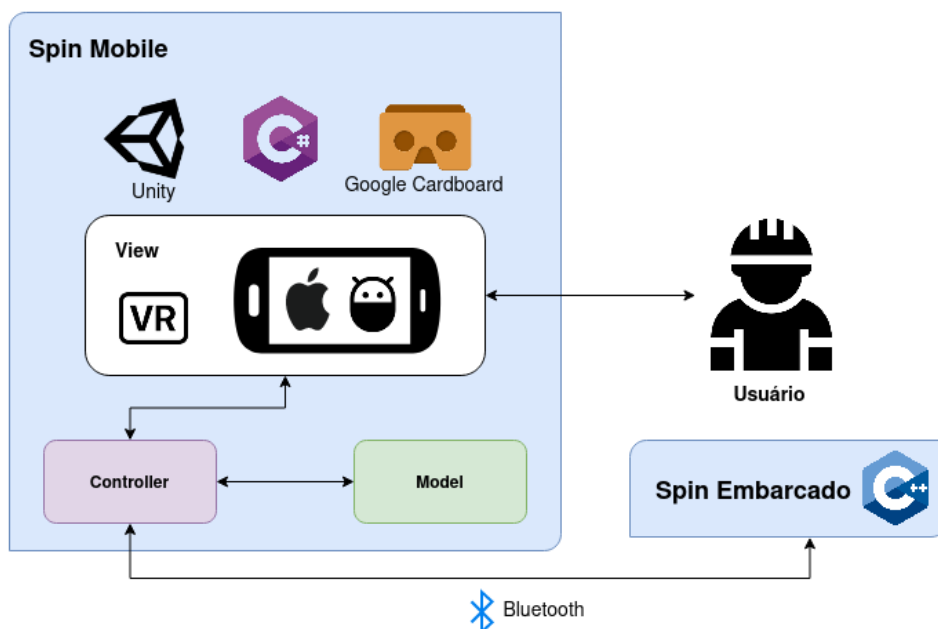


Figura 18 – Diagrama de arquitetura de software

2.2.3.1 Arquitetura cliente-servidor e MVC

Arquitetura cliente-servidor é um modelo de arquitetura de software que se baseia na divisão de tarefas entre os componentes de um sistema em duas camadas: o cliente e o servidor.

No modelo cliente-servidor, o cliente é responsável por fazer as solicitações de serviços e apresentar os resultados para o usuário, enquanto o servidor é responsável por realizar os serviços solicitados e retornar os resultados para o cliente. Esse modelo permite que o cliente e o servidor possam ser executados em máquinas diferentes, o que pode ser útil em casos onde o cliente precisa de recursos de processamento mais leves ou para distribuir a carga de trabalho entre vários servidores.

No Spin, o Spin Mobile se comporta como o cliente enquanto o embarcado funciona como o servidor. No momento em que a aplicação solicita a velocidade lida no rolamento, é enviado ao embarcado o valor da corrente que deve ser aplicado pelo atuador do rolamento.

Além disso, o Modelo-Visão-Controlador (MVC) é uma arquitetura de software que separa a representação da informação da interação do usuário com ela. Nesse modelo, a "visão" é responsável por apresentar os dados para o usuário, o "modelo" é responsável por armazenar e manipular os dados, e o "controlador" é responsável por gerenciar a lógica de negócios e a comunicação entre a visão e o modelo.

O MVC será aplicado de forma adaptada no Spin, onde a camada de Modelo efetuará apenas a interface com o armazenamento interno do celular.

2.2.3.2 Spin Embarcado

Para o software embarcado, tem-se a necessidade de projetar um programa que possa ser instalado na memória de 16 Mb da ESP32, que consuma até 520KB de memória RAM e que proporcione um bom tempo de resposta. Para tanto, foi escolhida a linguagem C++ para sua codificação devido a seu desempenho e a familiaridade dos desenvolvedores da equipe.

De maneira geral, o fluxograma de funcionamento da parte embarcada do nosso projeto Spin seria semelhante ao fluxograma de qualquer outro projeto de robótica ou automação: os sensores embarcados coletam dados do ambiente, os dados são processados, e os atuadores são acionados conforme as instruções do programa para realizar alguma ação. A figura 19 mostra o fluxograma de funcionamento do Spin Embarcado.

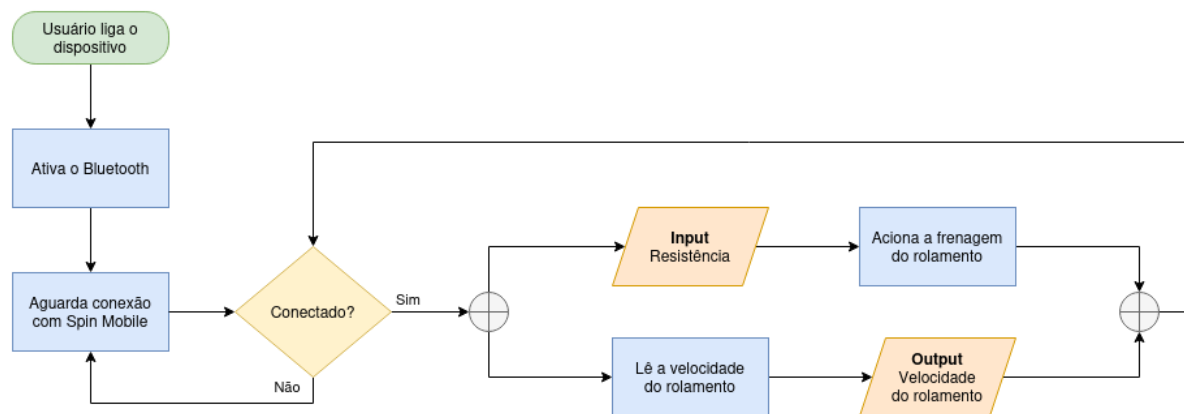


Figura 19 – Fluxograma de funcionamento do Spin Embarcado

2.2.3.3 Spin Mobile

Como tecnologia para o desenvolvimento do Spin Mobile, foi escolhida a *engine Unity*. se trata de uma plataforma de desenvolvimento de jogos e aplicativos que permite que os usuários criem conteúdo para dispositivos móveis, computadores e consoles de jogos. Ele inclui uma série de ferramentas e recursos que facilitam o processo de desenvolvimento.

O Unity suporta várias linguagens de programação diferentes, incluindo o **C#**, o UnityScript, entre outros. Isso pode ser útil para projetos de robótica e automação que precisam controlar recursos embarcados, como sensores e atuadores. Além disso, por meio da biblioteca do Google Cardboard, a Unity oferece suporte a realidade virtual.

O fluxograma de funcionamento de um aplicativo móvel criado com o Unity seria semelhante ao fluxograma de qualquer outro aplicativo móvel: o usuário interage com a interface do usuário do aplicativo, que envia solicitações para o back-end do aplicativo, que no que lhe concerne pode usar o Unity para acessar os recursos do dispositivo móvel (como câmera, GPS, etc.) e retornar os resultados para a interface do usuário. A figura 20 ilustra o fluxograma de funcionamento do Spin Mobile.

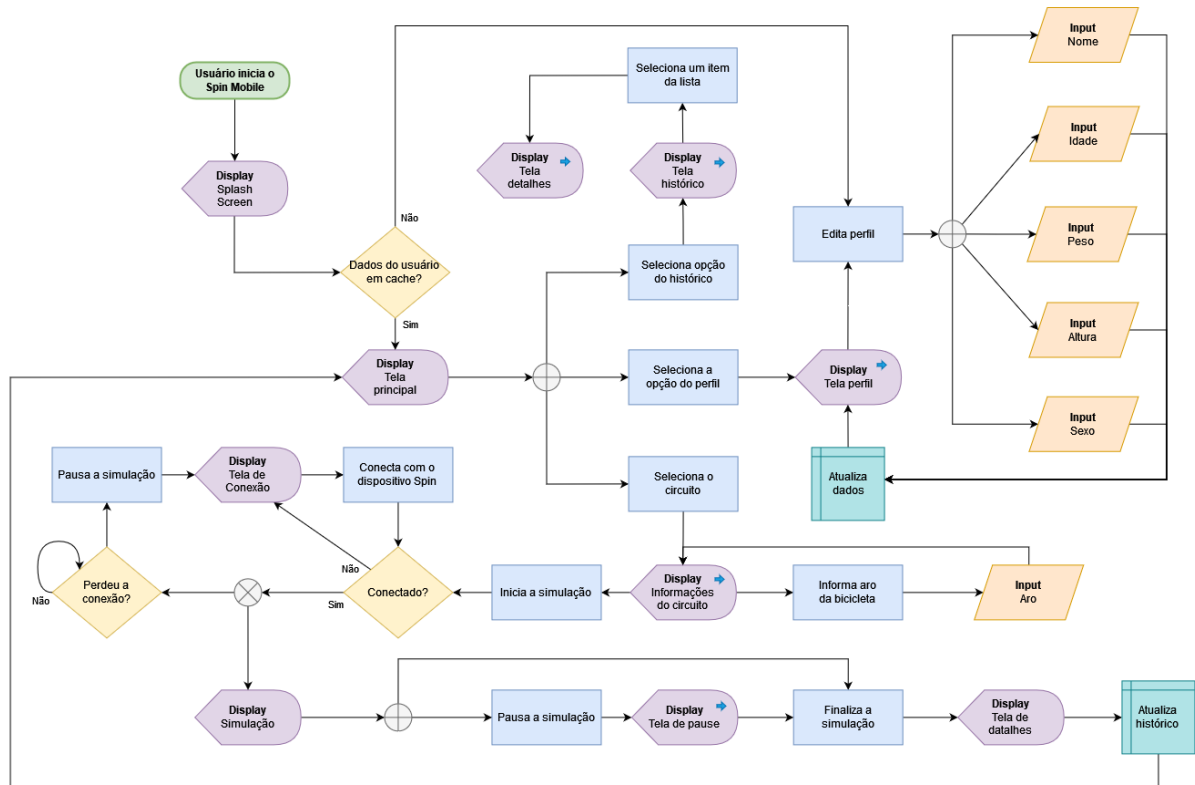


Figura 20 – Fluxograma de funcionamento do Spin Mobile

3 Projeto de subsistemas da solução

3.1 Estruturas

O detalhamento da proposta de solução, para a parte estrutural, teve seu início na determinação do tipo de suporte já testado e comercializado, como visto na seção 1.3. O objetivo é identificar a melhor forma de adaptarmos essa solução para um controle de resistência segundo as simulações de percursos realizadas. Tendo isso estabelecido, foi possível determinar o tipo de freio, a força realizada pelo usuário e, em seguida, o dimensionamento dos componentes do freio para o trajeto a ser seguido na simulação.

Para atender aos requisitos levantados do projeto, a solução da estrutura consistiu em projetar todo o aspecto mecânico do freio, com as alterações requisitadas para o funcionamento dos outros subsistemas. A estrutura do suporte para a bicicleta foi adquirida e não confeccionada, uma vez que o tempo para o projeto era limitado.

Os principais componentes estruturais são: Suporte principal, disco, eletroímã e caixa para componentes eletrônicos. Para que a montagem seja bem sucedida, é necessário que o processo de fabricação das partes tenha uma boa precisão, visando a redução máxima de possíveis instabilidades.

Os desenhos técnicos mecânicos da estrutura do suporte para a bicicleta com o rolamento e da frenagem eletromagnética estão descritos no apêndice B, onde é encontrado as vistas explodidas e as dimensões para as estruturas primordiais do projeto.

Por fim, o projeto do sistema de suporte para a bicicleta recebeu a simulação com o software *ANSYS Workbench - Static Structural* da deformação e da tensão, a fim de validar as escolhas realizadas pela indústria. A frenagem recebeu uma simulação feita no *ANSOFT MAXWELL* para detalhar o fluxo magnético exercido pelos eletroímãs no disco, visando validar o dimensionamento dos componentes.

Portanto, a integração do sistema na totalidade é apresentado nas Figuras 21, 22 e 23 com a montagem do suporte da bicicleta, o rolamento e o sistema de frenagem, em seus respectivos locais de operação.

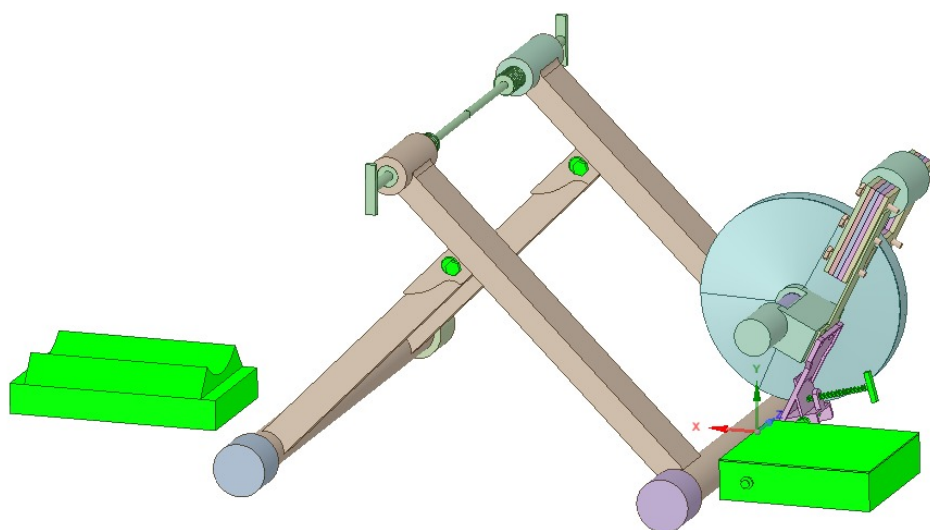


Figura 21 – Vista isométrica da montagem completa

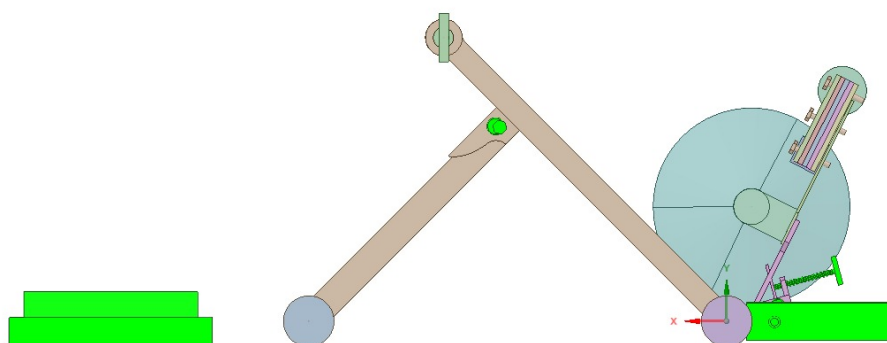


Figura 22 – Vista lateral esquerda da montagem completa

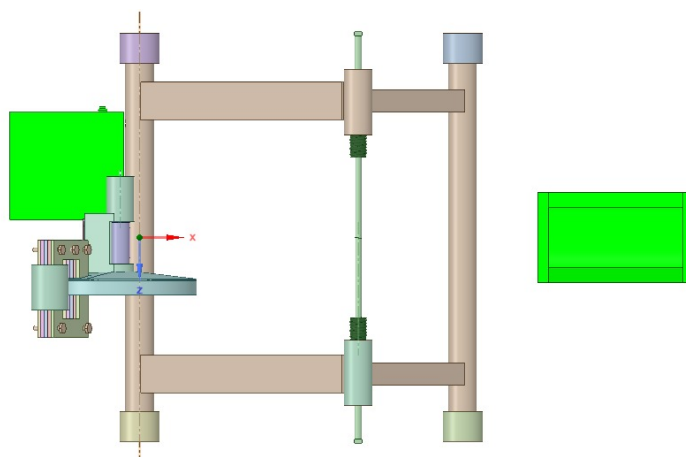


Figura 23 – Vista Superior da montagem completa

3.1.1 Análise numérica dos esforços estáticos

Para garantir que o suporte da bicicleta como um conjunto consegue resistir aos esforços padrão de solicitação durante o funcionamento, e a uma carga adicional de segurança, foram feitas simulações estruturais estáticas, com ajuda do software *Ansys Student* ® 2022 R2, em peças importantes da estrutura.

3.1.1.1 Suporte para roda traseira

Para avaliação da peça em questão, foi utilizado uma malha discretizada com 113138 nós e 60188 elementos. O objetivo e escolha desses valores de nó e malha, foi encontrar uma malha de boa qualidade mesmo utilizando a versão estudantil do *software*.

C: SUPORTE PRINCIPAL

Force

Time: 1, s

1/8/2023 8:12 PM

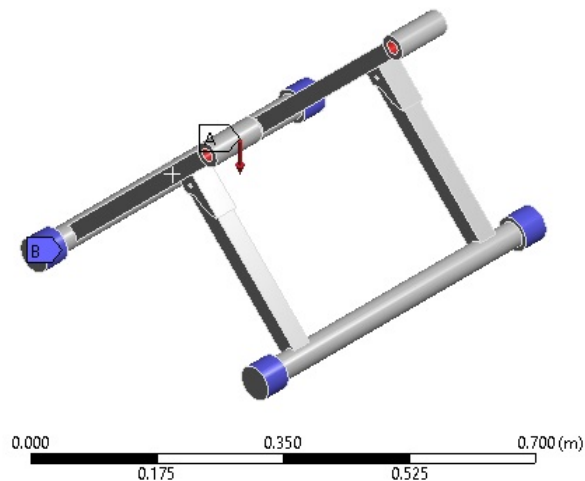
A Force: 1200, N**B** Fixed Support

Figura 24 – Aplicação da força e restrições

C: SUPORTE PRINCIPAL

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: Pa

Time: 1

1/8/2023 7:11 PM

3.5871e7 Max

3.1885e7

2.7899e7

2.3914e7

1.9928e7

1.5943e7

1.1957e7

7.9716e6

3.986e6

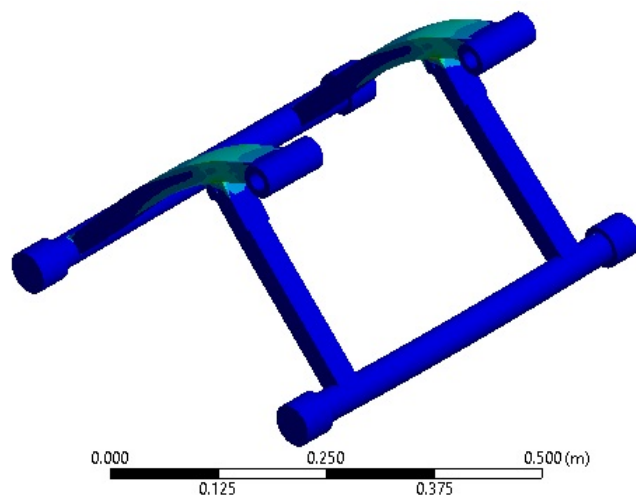
396.09 Min

Figura 25 – Tensão equivalente de Von-Mises no suporte da roda traseira

A Figura 24 apresenta onde está aplicada a força na simulação de tensão equivalente de Von Mises, esta pode ser comparada ao limite de escoamento do material para validação da resistência estrutural.

A Figura 25 ilustra a região de maior tensão para aplicação da força de 1200 N, esse valor foi obtido considerando um fator de segurança, o peso do ciclista mais a bicicleta em um total de 110 kg e a aceleração da gravidade de $9,81 \text{ m/s}^2$.

Como apresentado, para esta situação a estrutura fica sob uma tensão máxima de $35,87 \text{ MPa}$, que está bem abaixo do limite de elasticidade do aço carbono 1020, sendo de $293,5 \text{ MPa}$.

3.1.1.2 Suporte para roda dianteira

O suporte para a roda dianteira é a peça menos complexa, uma vez que sua geometria é simples e a análise é básica. Porém, ela é indispensável para o projeto tendo em vista que o ciclista não poderá ficar com uma inclinação para a frente, fazendo com que a imersão do produto fosse prejudicada.

Para esse suporte foi realizado a simulação de tensão normal sobre a área de atuação da força. A força aplicada sobre a área é a mesma suportada pelo suporte traseiro, ou seja, 1200 N, uma vez que o ciclista está apoiado sobre os dois suportes. A malha discretizada usada nessa simulação tem 26033 nós e 14206 elementos. A Figura 26 mostra os resultados obtidos para os valores das variáveis citados.

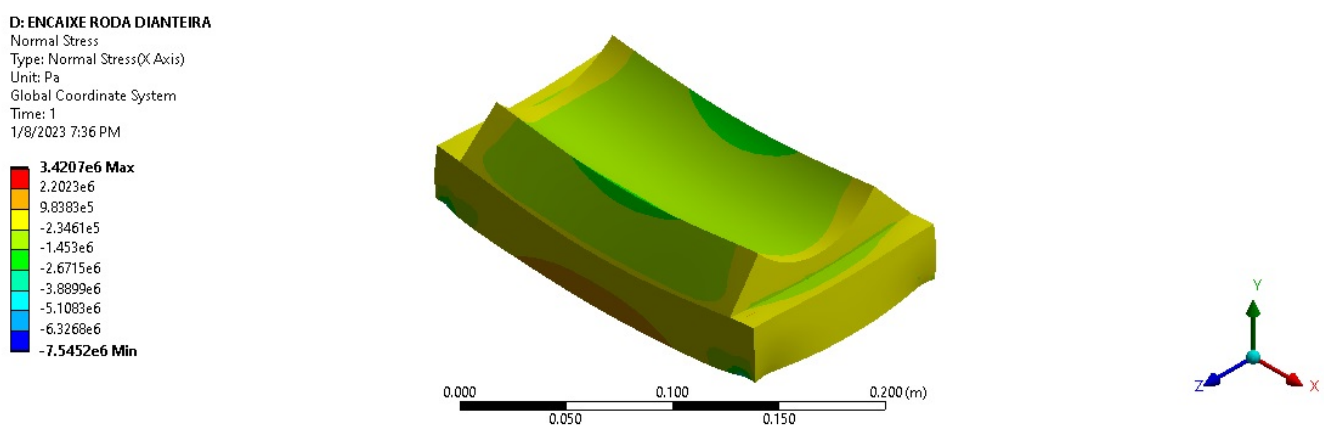


Figura 26 – Tensão normal no suporte da roda dianteira

Como apresentado, para esta situação a estrutura fica sob uma tensão máxima de $3,42 \text{ MPa}$, que está abaixo do limite de elasticidade do polietileno, sendo de 29 MPa . Esse dado pode ser comprovado pela baixa deformação total de $0,00038 \text{ m}$ apresentada na Figura 27

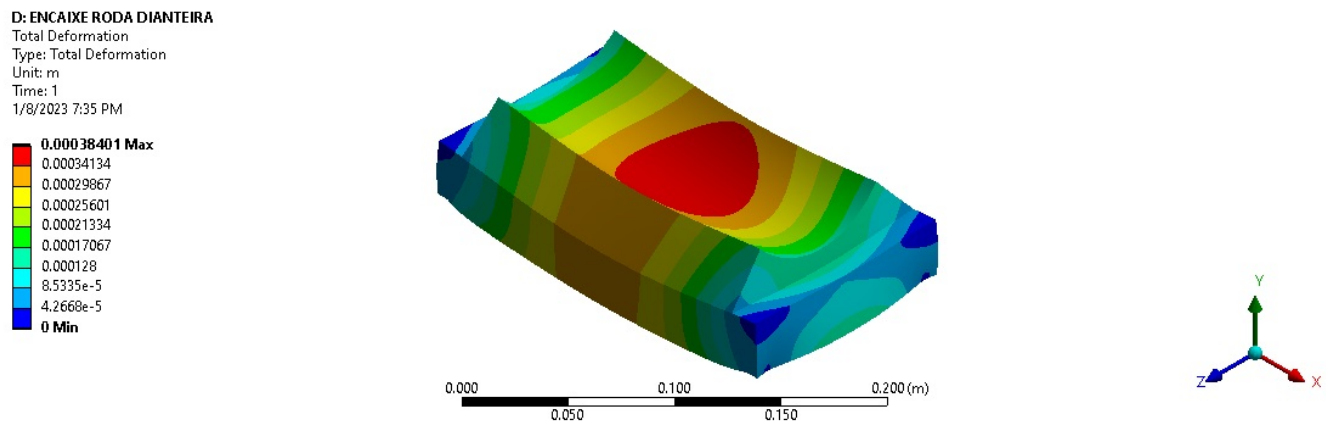


Figura 27 – Deformação total no suporte da roda dianteira

3.1.1.3 Rolamento

Para o sistema do rolamento, optou-se por realizar uma simulação utilizando o conjunto de suporte para o rolo, rolo e disco. No rolo é onde é realizada a transferência de rotação da roda da bicicleta para o disco, portanto a carga aplicada nessa região é apenas do peso da roda traseira da bicicleta.

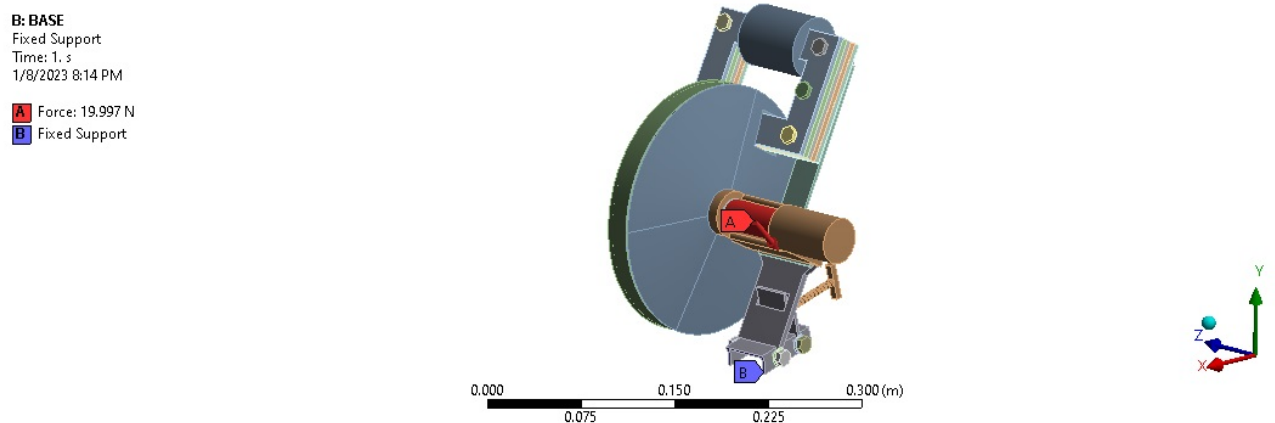


Figura 28 – Aplicação da força e restrições

De acordo com (RODAS..., 2023) o peso da roda de bicicleta de aro 29,5 é de 1,98 kg, com a aceleração da gravidade igual a $9,81 \text{ m/s}^2$, sendo assim, temos uma força aplicada de aproximadamente 20 N.

A Figura 28 mostra a direção e sentido da força no rolo com as restrições e a Figura 29 mostra os resultados de tensão no conjunto analisado.

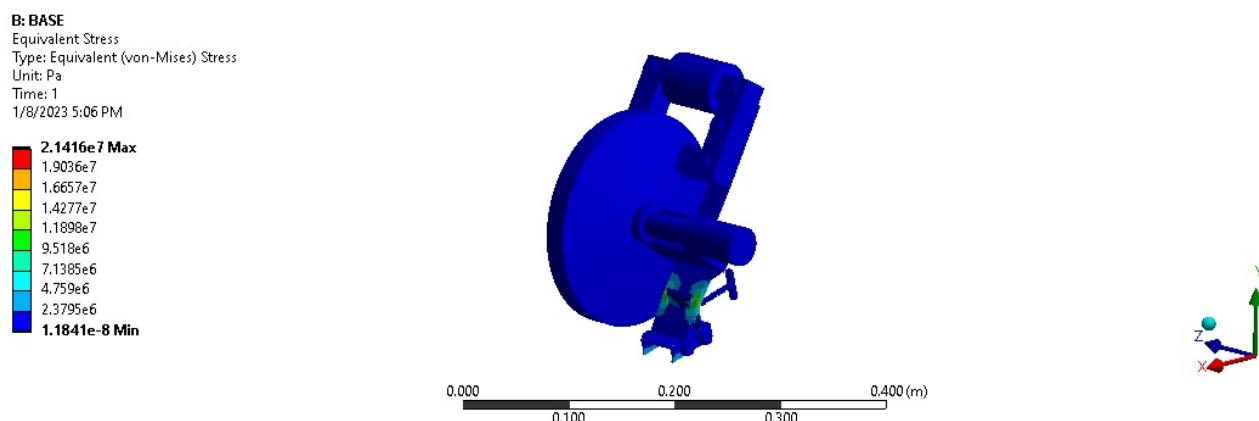


Figura 29 – Tensão equivalente de Von-Mises no sistema do rolamento

3.1.2 Subsistema - Freio eletromagnético

O freio eletromagnético é um sistema cujo objetivo é frear a rotação de uma máquina ou um equipamento, a fim de interromper seu funcionamento corretamente ou reduzir a velocidade de rotação.

Tabela 7 – Matriz de decisão - Freio

Critério	Magnético	Mecânico	Eletromagnético
Controle (Peso 3)	1	4	5
Preço (Peso 2)	4	4	3
Durabilidade (Peso 1)	5	3	4
Score	16	23	25

Para definir o freio a ser utilizado foi considerado alguns requisitos, como o controle, preço e durabilidade de cada freio. O processo de escolha foi definido utilizando uma metodologia de nota e peso, sendo a nota de 1 a 5 e o peso de 1 a 3. A nota final é a soma da equação nota vezes o peso em cada requisito. A matriz de decisão pode ser observado na Tabela 7.

3.1.3 Força do usuário em um plano inclinado

Para calcular a força máxima que o usuário terá que exercer foi utilizado o princípio fundamental da dinâmica (HALLIDAY et al., 2004), que determina que a força resultante é calculada usando as fórmulas da força peso, a fórmula da decomposição da força peso e, em alguns casos, a força de atrito.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \tag{3.1}$$

Onde \vec{F} é a força resultante, m é a massa do objeto em estudo em quilogramas e \vec{a} é a aceleração do objeto medida em metros por segundo ao quadrado.

A partir do esquemático da Figura 30, podemos obter o cálculo da força necessária para o ciclista realizar o movimento de subida.

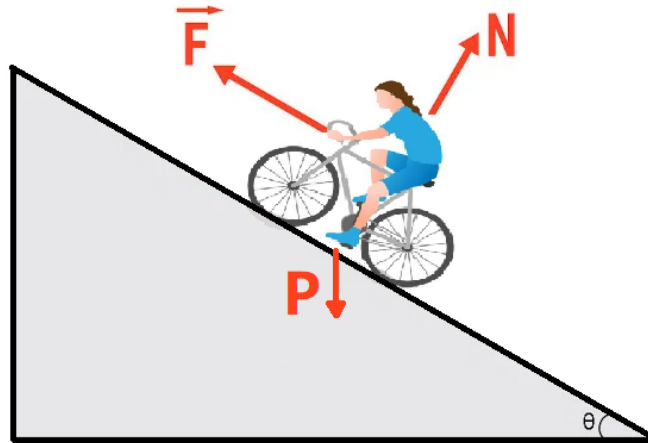


Figura 30 – Ciclista em um plano inclinado.

Nesse sentido, a força \vec{F} resultará em:

$$\vec{F} = P \sin \theta + m \cdot \vec{a} \longrightarrow \vec{F} = m \cdot g \cdot \sin \theta + m \cdot \vec{a} \quad (3.2)$$

Onde m é a massa do ciclista mais a massa da bicicleta, g é a aceleração gravitacional da Terra, \vec{a} é a aceleração do ciclista. Neste caso, consideraremos \vec{a}_{max} a aceleração máxima que o ciclista pode chegar e m_{max} a massa máxima suportada pela estrutura.

Considerando o ângulo θ igual a 30 graus, o $\vec{a}_{max} = 10 \text{ m/s}^2$ e $m_{max} = 110 \text{ kg}$, utilizando a equação 3.2, obtemos uma força de 1638,55 N. A angulação foi definida seguindo critérios da solução de software para o trajeto. A aceleração tem como base o ciclista saindo do repouso e atingido uma velocidade máxima de 40 km/h e a massa foi definida considerando o limite descrito por suportes comerciais semelhantes ao utilizado no produto proposto.

3.1.3.1 Força do usuário em um plano declinado

Assim, para o plano declinado, podemos usar a mesma metodologia da seção 3.1.3. Considerando uma inclinação mínima de -30° , a massa máxima de 110 kg e aceleração de 10 m/s^2 , e utilizando a equação 3.2 encontramos uma força menor de 560,45 N.

3.1.3.2 Força do usuário em um plano reto

Considerando uma inclinação de zero graus, a massa máxima de 110 kg e aceleração de 10 m/s^2 , e utilizando a equação 3.2 encontramos uma força de 1100 N, para o trajeto

sem inclinação.

3.1.3.3 Modelo teórico do freio de Foucault para dimensionamento do eletroímã

Um freio de corrente parasita consiste em um disco completo de cobre, alumínio ou aço em movimento rotacional através do entreferro de um eletroímã (Fig.31). Quando o disco é movido, um campo elétrico $E = v \times B$ é induzido perpendicularmente tanto à velocidade tangencial do movimento $v = R\omega$, medida no centro do polo e à indução magnética sob o polo B (SIMEU; GEORGES, 1996).

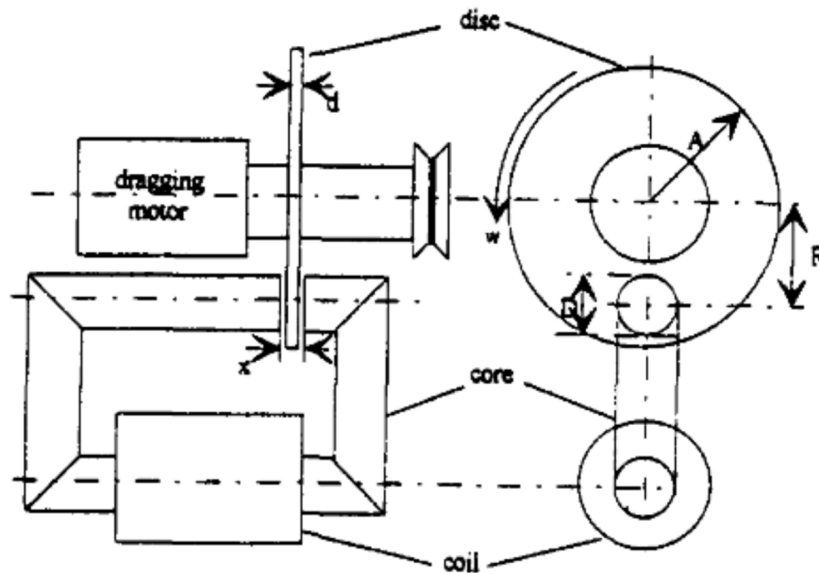


Figura 31 – Esboço do freio de correntes parasitas - Fonte: (SIMEU; GEORGES, 1996)

A densidade de corrente J sob o polo no caso do anel supercondutor ao redor do polo deslizando sobre o disco é dado pela relação.

$$J = \frac{1}{\rho(v \times B)} \quad (3.3)$$

com ρ representando a resistividade elétrica do material do disco, neste projeto será o aço *SAE 1020* ($\rho = 1,59 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$) (SUBSTECH, 2012). A dissipação de potência total pode ser calculada simplesmente integrando ρJ^2 sobre o volume eletroímã ($D^2 d$), onde $d = 2 \text{ mm}$ e $D = 25 \text{ mm}$ denotam respectivamente a espessura do disco e o comprimento do lado da seção transversal da bobina com a mesma área que a face polar. Então a variância total é:

$$P_d = \frac{D^2 d B^2 v^2}{\rho} \quad (3.4)$$

A partir da equação 3.4, a força de frenagem pode ser avaliada da seguinte forma:

$$f_d = \frac{P_d}{v} = \frac{D^2 dB^2 v}{\rho} \quad (3.5)$$

Este resultado significa que em baixas velocidades a força de frenagem é proporcional à velocidade. Um fator C é geralmente introduzido na equação 3.5, que considera a resistência de retorno das correntes parasitas induzidas.

$$f_d = \frac{D^2 dB^2 C v}{\rho} \quad (3.6)$$

Isolando o fluxo magnético B e substituindo v por $R\omega$ na equação 3.6, obtemos a seguinte equação:

$$B = \sqrt{\frac{\rho f_d}{D^2 d C R \omega}} \quad (3.7)$$

O R é o raio efetivo, observável no esboço da figura 31.

3.1.3.4 Fluxo magnético máximo

Para encontrar o fluxo magnético máximo (B_{max}), temos que determinar o valor do coeficiente C , a velocidade angular máxima (ω_{max}) e a força de frenagem máxima.

Referindo-se à figura 31 para as dimensões físicas $A = 10 \text{ cm}$, $D = 2,5 \text{ cm}$ e $R = 7,2 \text{ cm}$, (J.H, 1991) fornece o seguinte valor para o coeficiente C :

$$C = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{4} \frac{1}{\left(1 + \frac{R}{A}\right)^2 \left(\frac{A-R}{D}\right)^2} \right] = 0,4591 \quad (3.8)$$

A força máxima que será exercida pelo ciclista no plano inclinado, já foi calculada na seção 3.1.3 com o valor de $1638,55 \text{ N}$. A velocidade angular máxima (ω_{max}), será de 115 rad/s , que equivale a 1100 rpm no disco.

Substituindo os valores na equação 3.7, obtemos um fluxo de campo magnético máximo de $7,25 \text{ Teslas}$ ($B_{max} = 7,25 \text{ T}$).

3.1.3.5 Número de espiras

Os princípios físicos para análise do sistema de freio são a lei de Faraday-Lenz e a lei de Ampere (FILHO, 2014), que regem a geração de um campo magnético pela passagem de uma corrente, descritos na seguinte equação:

$$\oint H \cdot dl = i_{lid} \quad (3.9)$$

onde H é a intensidade do campo magnético produzido pela corrente líquida i_{lid} e dl é o elemento diferencial de comprimento no caminho de integração. Para ilustrar o significado da Equação 3.9, ela pode ser aplicada à Figura 32.

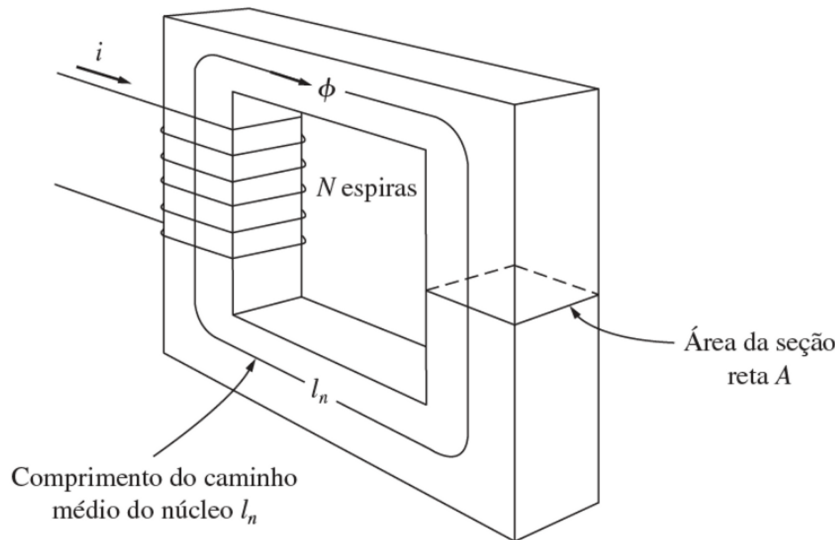


Figura 32 – Núcleo magnético simples - Fonte: (CHAPMAN, 2013)

Esta Figura 32 mostra um núcleo retangular com um enrolamento de espiras de um fio que compreende um dos braços do núcleo.

Normalmente o núcleo é composto por materiais ferromagnéticos, portanto, assume-se que todo o campo magnético criado pela corrente permaneça dentro do núcleo.

Conforme a lei de Ampere, o caminho de integração é dado pelo comprimento médio do caminho no núcleo l_n . A corrente líquida i_{lid} que passa pelo caminho de integração é então $N \cdot i$, porque a bobina enquanto transporta a corrente i cruza o caminho de integração N vezes, então a lei de Ampère permanece na seguinte forma:

$$H \cdot l_n = N \cdot i \quad (3.10)$$

Assim, é possível obter o valor da intensidade do campo magnético no núcleo devido à corrente aplicada.

$$H = \frac{N \cdot i}{l_n} \quad (3.11)$$

A intensidade do fluxo do campo magnético produzido no núcleo depende do material, e a relação entre a intensidade do campo magnético H e a densidade resultante do fluxo magnético B , medida em Tesla, é dada pela relação:

$$B = \mu H \quad (3.12)$$

em que μ é a permeabilidade magnética do material, dada em [H/m].

Usualmente a permeabilidade magnética de um material é fornecida relativamente μ_r , comparada a permeabilidade magnética do vácuo μ_0 , dada por:

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (3.13)$$

A permeabilidade do vácuo tem o valor de $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ (GOLDFARB, 2017).

Com isso é possível calcular o fluxo magnético total em uma determinada área de material magnético.

$$\emptyset = \int_A B \cdot dA \quad (3.14)$$

Onde dA é a unidade de área diferencial. Se o vetor densidade de fluxo for perpendicular ao plano da região, então A e B tornam-se constantes e 3.14 se reduz a:

$$\emptyset = B \cdot A \quad (3.15)$$

Combinando as equações 3.11, 3.12 e 3.15, têm-se:

$$\emptyset = B \cdot A = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N \cdot i \cdot A}{l_n} \quad (3.16)$$

Isolando o número de espiras N em 3.16, obtemos a seguinte equação:

$$N = \frac{B \cdot l_n}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot i} \quad (3.17)$$

Para o presente projeto, o comprimento do caminho médio do núcleo l_n , foi medido por um paquímetro e o valor obtido foi de 0,348 m. A permeabilidade magnética relativa do aço SAE 1020 (μ_r) varia de 215 – 380 (DREHMER; GERHARDT; MISSELL, 2013), foi utilizado o valor de 380, i é a corrente suportada pelo fio AWG18 que é 2,5 A e o fluxo de campo magnético será máximo de 7,25 T, valor foi encontrado utilizando a equação 3.7. Utilizando os valores citados, na equação 3.17, obtemos 2115 espiras.

3.1.3.6 Simulação

Para o desenvolvimento da simulação foi utilizado o software ANSOFT Maxwell versão 14. A Figura 33 mostra o disco e o eletroímã com as devidas dimensões, assim como o resultado da simulação do disco girando a uma velocidade de 1100 RPM.

Com base na simulação, o fluxo magnético gerado no eletroímã é de 5,8 T, este é o valor médio contido na faixa de valores do campo magnético na área onde as bobinas são

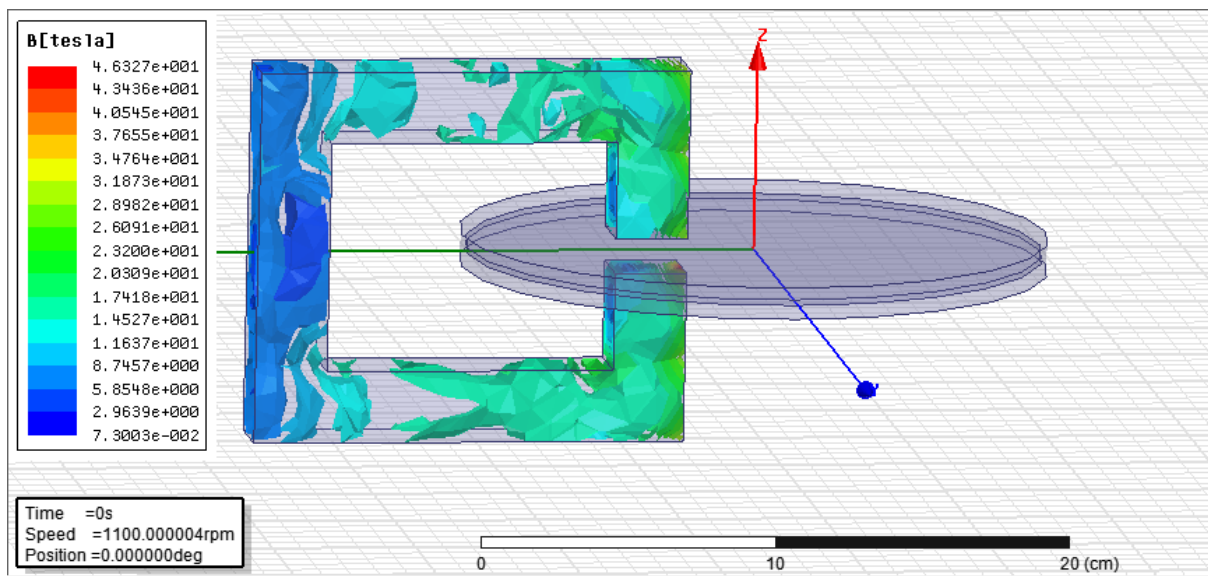


Figura 33 – Simulação do fluxo magnético.

espiraladas, região mais azul na Figura 33, além de também ter sido calculado de forma analítica. Comparando resultados obtidos para o fluxo magnético da solução teórica e da simulação, obtivemos uma divergência aceitável, uma vez que o número de expiras não é afetado significativamente.

Observando a Figura 34 podemos ver o gráfico da diminuição da velocidade do disco no período de um segundo quando exposto ao fluxo magnético.

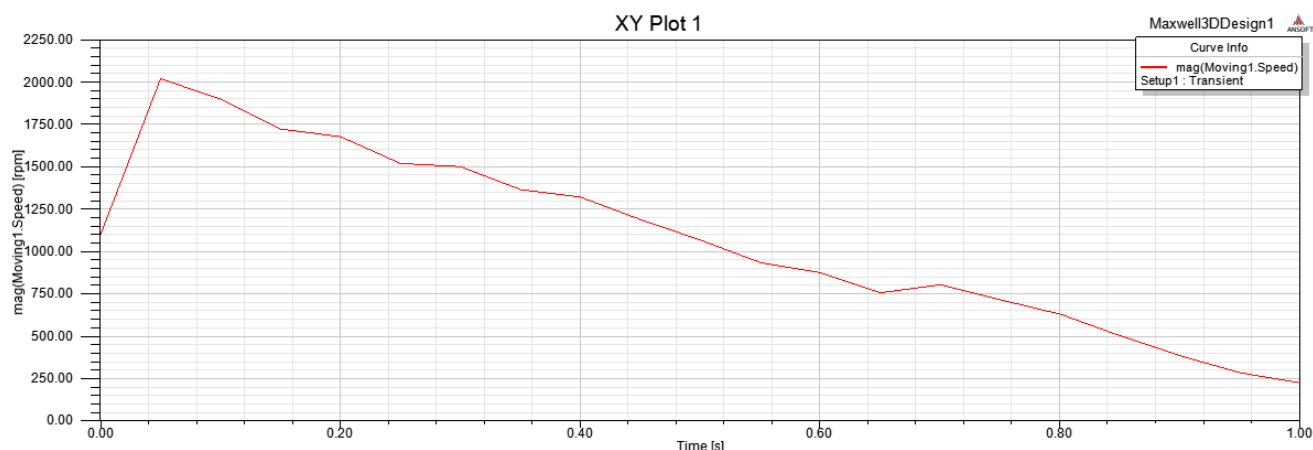


Figura 34 – Gráfico de diminuição da velocidade.

A Figura 35 descreve as propriedades do Aço 1020 que foram usadas na simulação.

Na Figura 36 é possível ver o gráfico da diminuição do torque no mesmo período de um segundo.

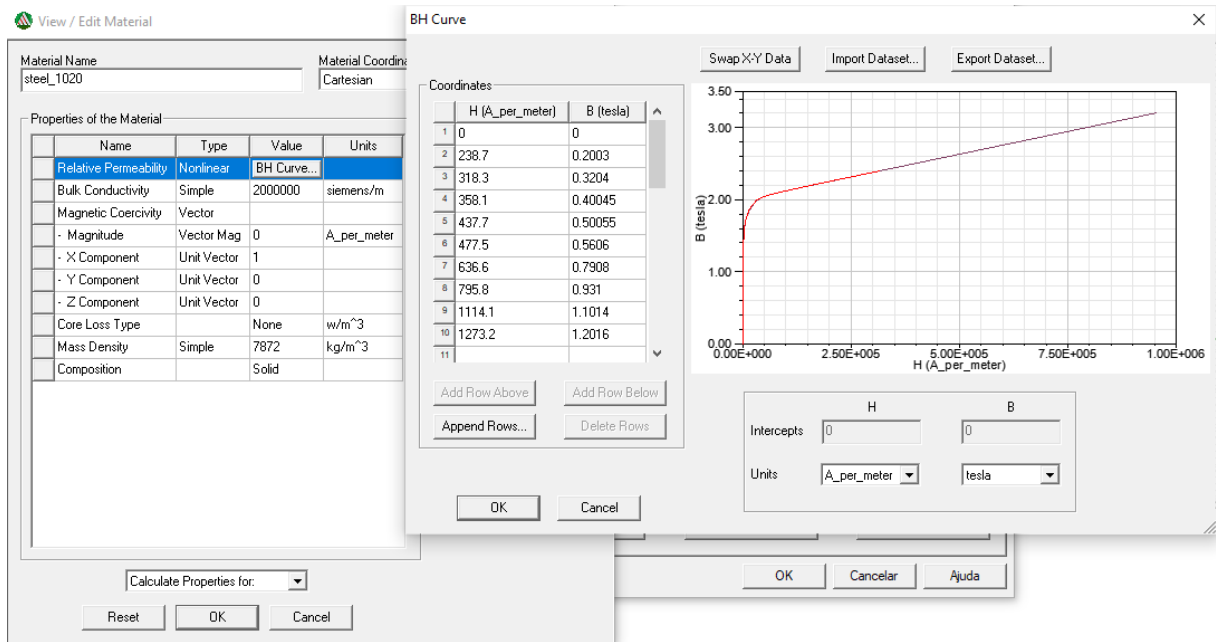


Figura 35 – Material utilizado na simulação.

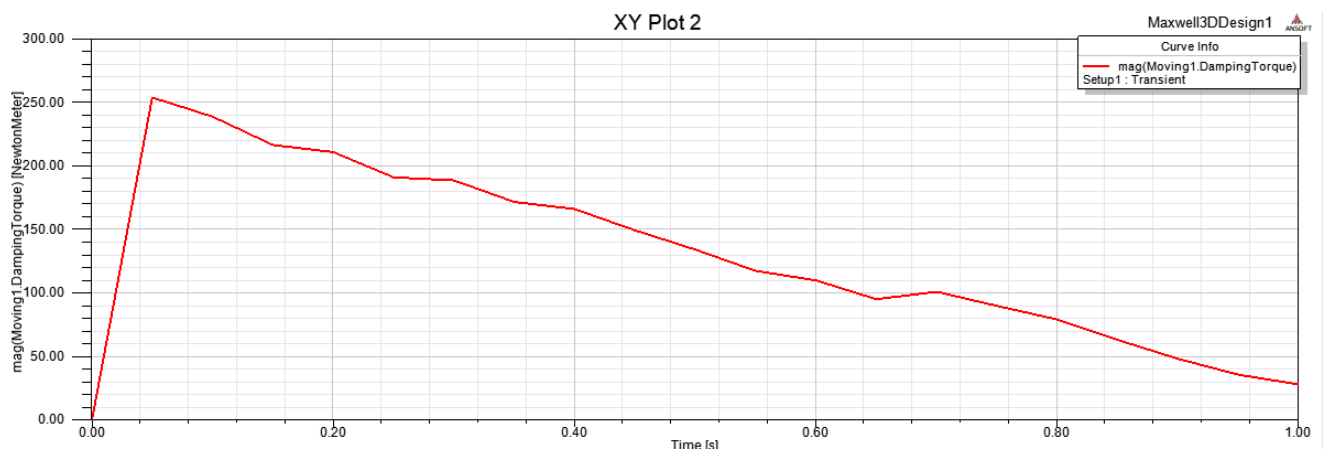


Figura 36 – Gráfico de diminuição do torque.

Analisando os dois gráficos acima pode-se notar que os valores de velocidade e torque tendem a convergir para um determinado valor que não é zero. O que é esperado, uma vez que, conforme a velocidade diminui, as correntes de Foucault e o fluxo magnético correspondente também o fazem. Todavia, em determinado momento, o fluxo torna-se tão fraco que não consegue frear por completo o movimento do disco.

3.1.4 Orçamento

Após a definição dos materiais e atividades a serem executadas para a conclusão do projeto, foi definido o orçamento da equipe de estrutura, apresentado da Tabela 8 até a Tabela 11.

Tabela 8 – Orçamento de produção da base

Produção da base			
Materiais	Preço unitário	Quantidade	Custo Total
Estrutura tubular (Aço SAE 1020)	R\$ 144.00	3	R\$ 432.00
Carretel PLA	R\$ 85.71	3	R\$ 257.13
Eixo de Aço solido, rolamentos e mancais	R\$ 122.00	1	R\$ 122.00
Rolo de aço	R\$ 87.00	1	R\$ 87.00
Parafusos com porcas	R\$ 3.90	10	R\$ 39.00
Parafusos com Rosca Infinita	R\$ 5.15	2	R\$ 10.30
<i>Custo Total materiais</i>	<i>R\$ 947.43</i>		

Tabela 9 – Orçamento de produção do eletroímã

Produção do Eletroímã			
Materiais	Preço unitário	Quantidade	Preço total
Fio de Cobre esmaltado	R\$ 145.00	1	R\$ 145.00
Chapa de Aço SAE 1020 (0,2×30×40) cm	R\$ 72.00	1	R\$ 72.00
Chapa de Aço SAE 1020 (0,5×30×40) cm	R\$ 79.00	1	R\$ 79.00
Parafusos e porcas de aço (M6x40)	R\$ 3.90	6	R\$ 23.40
<i>Custo Total materiais</i>	<i>R\$ 319.40</i>		

Tabela 10 – Orçamento de mão de obra da base

Mão de Obra da Base			
Atividades	Custo por Hora	Tempo de Trabalho (min)	Custo Total
Corte, modelagem e soldagem do tubo de aço sae 1020	R\$ 12.31	600	R\$ 123.10
CAD da Base	R\$ 48.00	240	R\$ 192.00
CAD do suporte de PLA para as peças metálicas	R\$ 48.00	60	R\$ 48.00
Produção do suporte de PLA via impressão 3D	R\$ 1.00	300	R\$ 300.00
Montagem dos sensores a Base	R\$ 10.80	60	R\$ 10.80
<i>Total</i>	<i>R\$ 673.9</i>	<i>1260</i>	
<i>Custo de Trabalho Hora</i>	<i>R\$ 32.09</i>		

Tabela 11 – Orçamento de mão de obra do eletroímã

Mão de Obra do Eletroímã			
Atividades	Custo por Hora	Tempo de Trabalho (min)	Custo Total
Corte do disco e das placas de aço sae 1020	R\$ 12,31	60	R\$ 12.31
Enrolamento do cobre na bobina	R\$ 10.80	180	R\$ 32.40
CAD do eletroímã	R\$ 48.00	90	R\$ 72.00
Montagem do eletroímã	R\$ 12.31	120	R\$ 24.62
Total	R\$ 141.33	450	
Custo de Trabalho Hora	R\$ 18.84		

3.2 Eletrônica

Após o levantamento inicial dos requisitos eletrônicos e da arquitetura inicial do projeto, foi realizado um refinamento nas propostas de solução para cada requisito.

3.2.1 Projeto dos componentes

Para o projeto dos componentes do subsistema Eletrônica, foram realizadas pesquisas, revisões bibliográficas e testes práticos para obtenção da melhor tomada de decisões e um desenvolvimento satisfatório do planejamento.

3.2.1.1 Tecnologia de comunicação

O escopo do projeto envolve a necessidade de comunicação entre o sistema eletrônico e o aplicativo de interação com o usuário, como foi listado nos requisitos do projeto (RFH03)3, que realiza a detecção da velocidade da bicicleta e a ativação do freio. Um dos requisitos é que essa conexão ocorra sem fio. Considerando tais circunstâncias, têm-se duas principais alternativas de tecnologias disponíveis ao nível de mercado e de conhecimento dos integrantes da equipe de projeto: Comunicação via Bluetooth e Comunicação via Wi-Fi

Após análise bibliográfica, obteve-se a seguinte matriz de decisão (FERRO; PORTORTI, 2005) (ENDO; ET, 2018) (WI-FI,):

Critério	Wi-Fi	Bluetooth
Comunicação sem fio (Peso 3)	5	5
Facilidade de uso (Peso 2)	3	5
Consumo energético (Peso 1)	2	4
Eficiência a curto alcance (Peso 3)	4	5
Score	35	44

Tabela 12 – Matriz de decisão - Tecnologia de comunicação

A partir dos resultados obtidos, levando-se em conta os aspectos adotados na matriz de decisão, o melhor desempenho final do projeto e a integração entre os subsistemas, a tecnologia escolhida foi o Bluetooth ([BLUETOOTH](#),).

3.2.1.2 Microcontrolador

O microcontrolador será responsável por algumas funções, dentre elas o recebimento e processamento dos dados do sensor de velocidade (página 38), além de realizar a comunicação Bluetooth com o aplicativo *mobile* e em paralelo efetuar o acionamento do freio do sistema.

Foi realizada uma pesquisa de mercado, considerando os seguintes fatores: disponibilidade de mercado, conhecimento técnico e experiência da equipe, tecnologia Bluetooth, possibilidade de integração com sensores e atuadores.

Após conclusão do estudo, o microcontrolador selecionado, entendendo ser a opção que melhor se enquadra nos fatores mencionados acima, tendo em vista o prazo do projeto, a disponibilidade no mercado e o conhecimento de operação dos membros, foi a ESP32 Bluetooth e Wi-Fi ([ESP32](#),). Que pode ser vista na imagem a seguir 37:

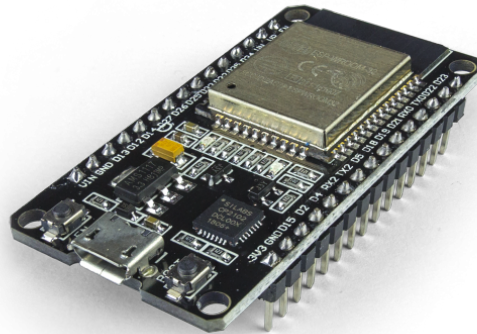


Figura 37 – ESP32 - WiFi + Bluetooth. Fonte: ([ESPRESSIF SYSTEMS, 2022](#))

3.2.1.3 Solução para medição de velocidade

Um dos objetivos do projeto é realizar a medição da velocidade do usuário em sua bicicleta. Para isso, tendo o objetivo de contemplar uma plataforma onde o usuário apenas encaixará sua bicicleta pessoal, optamos por realizar a medição da velocidade de giro do rolo e, assim, obter a velocidade de giro da bicicleta. Após pesquisas, identificamos quatro possíveis opções para realizar essa medição:

- Encoder Incremental: é um dispositivo eletromecânico composto por um disco com alguns furos e um sistema óptico que identifica a chegada em tais furos, gerando uma onda quadrada indicando a quantidade de interrupções ópticas que ocorreram ([RAIRÁN; FONSECA, 2013](#)).
- Encoder Óptico: segue o mesmo princípio de funcionamento do encoder incremental, porém é composto apenas da parte óptica eletrônica.
- Gerador de Tensão: podemos medir a tensão de saída de um gerador de tensão e identificar a proporcionalidade com a velocidade de giro do eixo.
- Sensor Indutivo: sensor capaz de detectar objetos condutivos através de princípios de eletromagnetismo e capaz de detectar movimentos como deslizamento e rotação. Através da detecção é possível detectar a velocidade de giro ([JUN; ET, 2018](#)).

Para definir a tecnologia a ser utilizada foram considerados alguns requisitos e necessidades do projeto. Tal processo pode ser visto, sistematicamente, a partir da seguinte tabela:

Tabela 13 – Matriz de decisão - Sensor para medição da velocidade

Critério	Encoder Incremental	Encoder Óptico	Gerador de Tensão	Sensor Indutivo
Custo (Peso 2)	3	5	3	2
Integração com a ESP32 (Peso 3)	5	5	3	3
Simplicidade de operação (Peso 1)	5	3	3	2
Robustez (Peso 3)	5	2	4	3
Integração com a Estrutura (Peso 2)	4	1	3	2
Score	49	36	36	28

Percebe-se que, com base nos parâmetros utilizados e pelo fato de ser a alternativa mais popular em soluções industriais (RAIRÁN; FONSECA, 2013), o encoder incremental foi escolhido como melhor opção para realizar a medição da velocidade de giro do rolo.



Figura 38 – Exemplo de Encoder. Fonte: (RH, 2022)

A fim de utilizar o encoder incremental para a medição da velocidade do usuário, foi levantada a necessidade de calcular a faixa de rotações do rolo, para encontrar quais opções de mercado atenderiam a essa faixa. Como o disco está conectado com o eixo do rolo, a velocidade da bicicleta é transferida diretamente para o disco. Porém, para a análise do sistema eletrônico é preciso que obtenhamos as rotações por minuto desse disco, que no que lhe concerne não tem a mesma dimensão que o aro da bicicleta. Sendo assim, a fórmula para a conversão da velocidade da bicicleta para as rotações por minuto do eixo, de acordo com (RESNICK; D.HALLIDAY, 1988), é:

$$Rpm = \frac{Vb}{60 * C} \quad (3.18)$$

Sendo:

- Rpm: Rotações por minuto do disco
- Vb: Velocidade da bicicleta em Km/h
- C: Circunferência do disco = 0,0006283 Km

A circunferência do disco foi obtida usando a fórmula $2\pi r$, considerando o tamanho do disco com 10 cm de raio e velocidade máxima exercida de 40 km/h. Dessa forma, obteve-se o valor máximo de aproximadamente 1100 RPM para o rolo.

A maioria dos encoders incrementais encontrados no mercado possuem um limite de 5000 RPM a 6000 RPM, atendendo, assim, às especificações do projeto. Por fim, foi escolhido um encoder incremental PNP de 400 pulsos com limite de 5000 RPM.

Outro ponto importante a ser estudado foi a inserção e o impacto de ruídos no sistema. Constatou-se que o encoder incremental não insere ruídos relevantes no sistema e que, por padrão, sua fiação é protegida contra ruídos externos.

3.2.1.4 Solução para controle do freio eletromagnético

Temos como objetivo realizar o controle de acionamento do freio eletromagnético que servirá de simulador de força que agem em diferentes inclinações que o produto possui ao longo do trajeto feito pelo usuário na realidade virtual. Após pesquisas realizadas, foram identificadas duas melhores soluções para o requisito citado acima.

- Módulo Driver PWM: É um dispositivo cuja tem como finalidade realizar o controle de potência em cargas DC. Este Módulo permite fazer o controle de velocidade de motores DC, acionamento de válvula solenoide ou controlar a intensidade luminosa de uma fita de LED (DATA... , 2023).
- Relé: O relé é um dispositivo eletromecânico desenvolvido para alterar o estado do circuito elétrico, conforme as suas configurações preestabelecidas. Ele possui um circuito de comando que aciona o seu eletroímã para fazer a mudança de posição dos contatos. Os relés são amplamente utilizados em acionamentos de lâmpadas, janelas e/ou portões eletrônicos. Também são usados em circuitos que visam automatizar algum sistema, além das suas outras aplicações. O relé pode ser acionado com um microcontrolador ou com um Arduíno, polarizando a sua entrada com 5v ou 12v. (PETRUZELLA, 2013)

Para definir a metodologia a ser utilizada foram considerados alguns requisitos e necessidades do projeto, além da norma NBR5410, "4.1.12 Prevenção de efeitos danosos ou indesejados Na seleção dos componentes, devem ser considerados os efeitos danosos ou indesejados que o componente possa apresentar, em serviço normal (incluindo operações de manobra), sobre outros componentes ou na rede de alimentação (ABNT, 2004). Tal processo pode ser visto, sistematicamente, a partir da seguinte tabela:

Tabela 14 – Matriz de decisão - Controle do Freio Magnético

Critério	Módulo PWM	Relé
Custo (Peso 2)	4	3
Integração com a ESP32 (Peso 3)	5	5
Simplicidade de operação (Peso 1)	5	4
Ajuste da tensão média de saída (Peso 4)	5	1
Score	48	29

Percebe-se que, com base nos parâmetros utilizados e pelo fato de ser a alternativa que mais se adaptou em nossa solução devido à sua simplicidade e variação de saída (DATA . . . , 2023), além de atender os requisitos de tensão e corrente de alimentação do sistema, o módulo PWM foi escolhido como melhor opção para realizar acionamento e controle do freio eletromagnético.

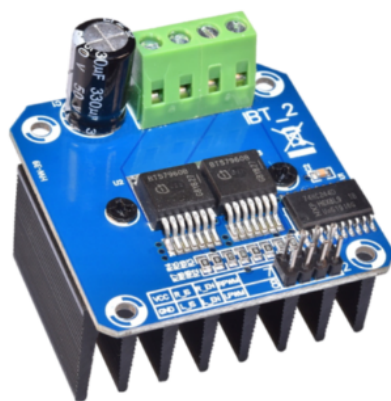


Figura 39 – Módulo PWM: (MODULOPWM, 2023)

3.2.1.5 Alimentação do sistema

A alimentação geral do sistema visa o fornecimento da tensão e corrente necessárias para o bom funcionamento do microcontrolador e do freio eletromagnético, considerando

a norma NBR5410, "1.1 Esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens."(ABNT, 2004), sendo assim a explicação será dividida em 2 partes.

Para alimentação geral do circuito, será usada uma fonte estabilizadora, a fim de garantir a tensão e corrente requeridas para o freio. Esta fonte estará ligada na tomada 220V com frequência de 60Hz e como saída terá 12V, com capacidade de corrente nominal de 10A. A fim de alcançar seu objetivo final, esta saída será direcionada ao módulo PWM, onde a tensão será ajustada e controlada conforme a necessidade de abastecimento do freio eletromagnético.

Para escolha deste equipamento de alimentação foi considerado o que a norma NBR5410 menciona para fontes, "4.2.3.1 Devem ser determinadas as seguintes características das fontes de suprimento de energia com as quais a instalação for provida: a) natureza da corrente e frequência; b) valor da tensão nominal; c) valor da corrente de curto-circuito presumida no ponto de suprimento; d) possibilidade de atendimento dos requisitos da instalação, incluindo a demanda de potência."(ABNT, 2004)



Figura 40 – Fonte Chaveada. Fonte: (POLICOMP, 2022)

A outra parte do sistema, tem como finalidade abastecer a ESP32, para isso será aproveitada a fonte de alimentação geral do sistema, com 12V, contudo é necessário abaixar esta tensão de entrada para cerca de 5V, para um bom funcionamento do microcontrolador de acordo com (DATA. . . , 2022). Com este objetivo, foi escolhido o módulo regulador de tensão, capaz de estabilizar a alimentação do microcontrolador. De acordo com (BRAGA, 2017) o módulo regulador de tensão é um circuito preparado para trabalhar na alimentação de energia e regular a tensão a partir da necessidade apresentada.

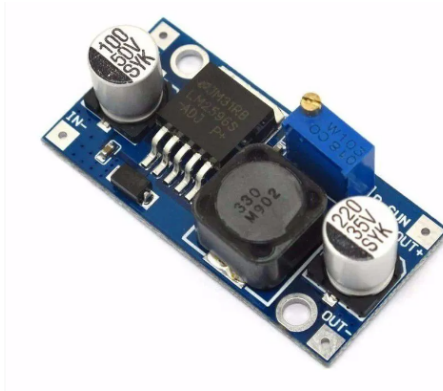


Figura 41 – Módulo Regulador de tensão. Fonte: (SMARTKITS, 2022)

Outra opção estudada para estabilizar a entrada de alimentação do microcontrolador, foi o divisor de tensão, que também é utilizado para reduzir seus valores. Contudo, este tipo de circuito não consegue passar alimentação de energia a outros componentes e serve principalmente na comunicação de um microcontrolador com outro equipamento que trabalhe com valores de tensão diferentes.

3.2.1.6 Placa de Circuito Impresso

Os sinais de saída do encoder que serão recebidas pela ESP32 possuem uma tensão de 5V, porém os pinos do microcontrolador escolhido suportam apenas 3.3V. Para isso, serão utilizados resistores de 2.2 kOhms e de 3.9 kOhms, tendo o objetivo de divisor de tensão para esses sinais.

Foi desenvolvido o seguinte modelo de PCB para atender tal necessidade de uso dos resistores e para organizar as conexões da ESP32:

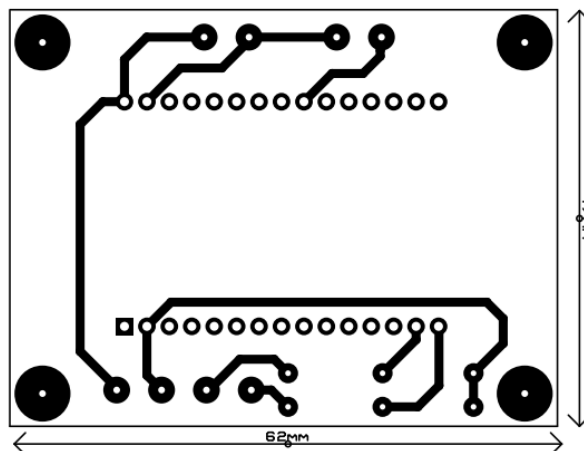


Figura 42 – Design da PCB. Fonte: Elaboração Própria (PROTEUS, 2021)

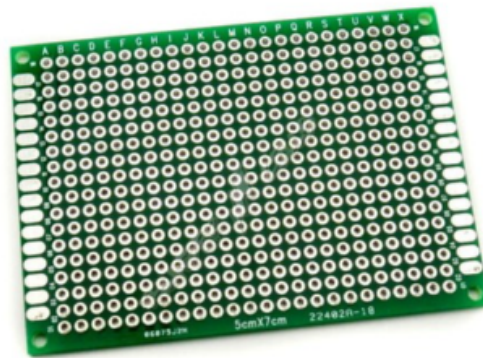


Figura 43 – Exemplo de placa perfurada universal. Fonte: ([INFINITO, 2022](#))

A montagem da placa acima será realizada em uma placa perfurada universal devido à sua praticidade de montagem e à facilidade de correção de erros em seu uso. Será utilizada uma placa como a da Figura 43:

Os demais componentes:

- Fonte de Alimentação 12V
- Módulo PWM
- Regulador de Tensão

serão conectados à ESP32 pela placa e parafusados diretamente na estrutura de proteção representada na página 70.

3.2.2 Testes e Simulações

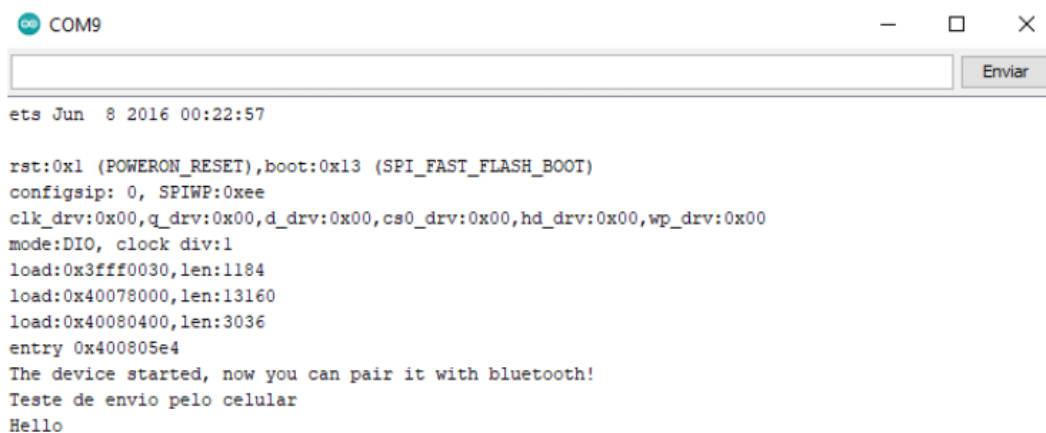
A fim de obter um melhor embasamento e resultados que indiquem a viabilidade do projeto, foram realizados alguns testes de comunicação Bluetooth entre a ESP32 e um telefone celular e de leitura de sinais do encoder incremental.

Para a realização desses testes foram utilizados os seguintes softwares:

- Arduino IDE ([ARDUINO,](#)): interface de desenvolvimento para Arduino que também tem suporte para equipamentos da Espressif, como ESP8266 e ESP32.
- Serial Bluetooth Terminal ([MORICH,](#)): aplicativo para Android que disponibiliza um monitor serial para comunicação entre dispositivos por Bluetooth.
- Proteus Design Suite ([PROTEUS, 2021](#)): *software* utilizado para o desenvolvimento de esquemáticos eletrônicos.

3.2.2.1 Teste de pareamento Bluetooth

Para o primeiro teste, de pareamento e conexão, foi utilizado um código de teste de Bluetooth em C, nativo da plataforma utilizada, para realizar o pareamento entre dispositivos e o envio e recebimento de mensagens por Bluetooth.



```
ets Jun  8 2016 00:22:57

rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0030,len:1184
load:0x40078000,len:13160
load:0x40080400,len:3036
entry 0x400805e4
The device started, now you can pair it with bluetooth!
Teste de envio pelo celular
Hello
```

Figura 44 – Teste 1 - Monitor Serial - ESP32. Fonte: Elaboração Própria ([ARDUINO](#),)

Observando a figura 44 é possível visualizar as informações de pareamento e os dados recebidos pela ESP32.

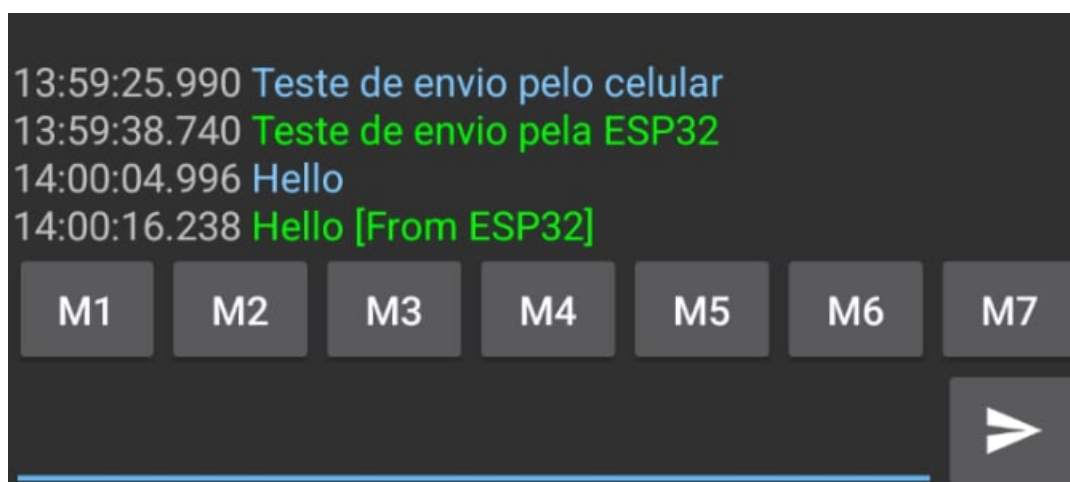


Figura 45 – Teste 1 - Monitor Serial - Celular. Fonte: Elaboração Própria ([MORICH](#),)

Na figura 45 acima é possível visualizar os dados enviados pelo celular (em azul) e os dados recebidos da ESP32 (em verde).

3.2.2.2 Teste de leitura de sinal analógico e envio por bluetooth

Para o segundo teste, foi implementado um circuito de simulação da recepção dos dados pelo encoder e do envio desses dados por bluetooth para um aparelho celular.

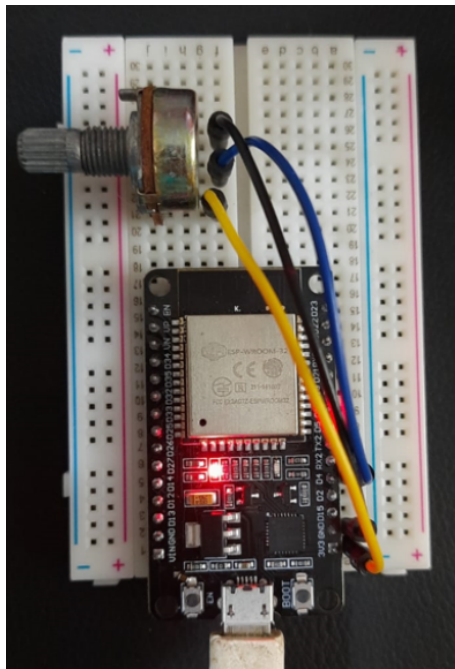


Figura 46 – Teste 2 - Foto do circuito para o teste

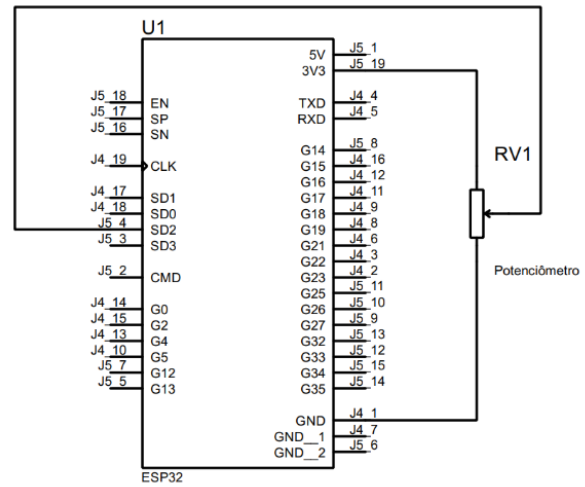


Figura 47 – Teste 2 - Esquemático do circuito para o teste. Fonte: Elaboração Própria (PROTEUS, 2021)

Nas imagens acima têm-se, respectivamente, o circuito de testes implementado e o esquemático do mesmo, efetuado através do software Proteus. Foi utilizado um potenciômetro, conectado à entrada analógica ADC2-0 da ESP32, para simular o sinal de entrada do encoder incremental.

```

16:15:07.246 Simulação Bluetooth: 0
16:15:07.750 Simulação Bluetooth: 14
16:15:08.245 Simulação Bluetooth: 162
16:15:08.747 Simulação Bluetooth: 283
16:15:09.257 Simulação Bluetooth: 420
16:15:09.763 Simulação Bluetooth: 600
16:15:10.258 Simulação Bluetooth: 763
16:15:10.752 Simulação Bluetooth: 806
16:15:11.269 Simulação Bluetooth: 695
16:15:11.763 Simulação Bluetooth: 829
16:15:12.330 Simulação Bluetooth: 1478
16:15:12.831 Simulação Bluetooth: 1859
16:15:13.249 Simulação Bluetooth: 3230
16:15:13.755 Simulação Bluetooth: 4095
16:15:14.253 Simulação Bluetooth: 4095
16:15:14.763 Simulação Bluetooth: 4095
16:15:15.253 Simulação Bluetooth: 3534
16:15:15.762 Simulação Bluetooth: 3095
16:15:16.245 Simulação Bluetooth: 2985
16:15:16.744 Simulação Bluetooth: 2661
16:15:17.248 Simulação Bluetooth: 2302
16:15:17.754 Simulação Bluetooth: 1877
16:15:18.330 Simulação Bluetooth: 923
16:15:18.754 Simulação Bluetooth: 0
16:15:19.257 Simulação Bluetooth: 0
    
```

Figura 48 – Teste 2 - Monitor Serial - Celular. Fonte: Elaboração Própria (MORICH,)

Foi desenvolvido o código em linguagem C para realizar a leitura analógica do potenciômetro, resultando em um valor de 0 a 4095, e para enviar esse valor através do Bluetooth, para um aparelho celular. Assim, obteve-se na Figura 48 a saída no terminal serial do aparelho celular.

O teste foi concluído com sucesso e os dados foram recebidos corretamente pelo aparelho celular via Bluetooth, como mostra a imagem acima.

3.2.2.3 Teste do Encoder

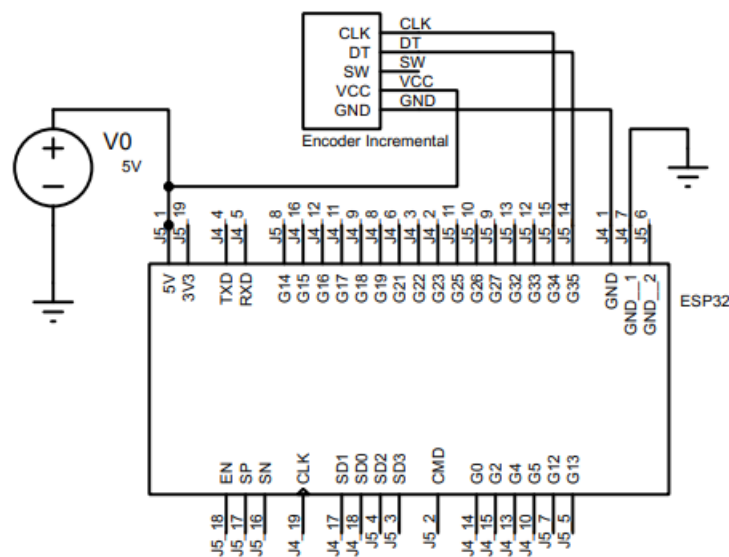


Figura 49 – Esquemático - Teste do Encoder. Fonte: Elaboração Própria (PROTEUS, 2021)

Após a compra do encoder incremental, foi realizado um teste para receber os dados do encoder pela ESP32 e contabilizar o número de voltas completas realizadas. O circuito de teste está representado no esquemático da Figura 49:

```

COM9
-----
-----
Voltas = 1
Voltas = 2
Voltas = 3
Voltas = 4
Voltas = 5
Voltas = 6
Voltas = 7
Voltas = 8
Voltas = 9
Voltas = 10
    
```

Figura 50 – Monitor Serial - Teste do Encoder. Fonte: Elaboração Própria (ARDUINO,)

Na imagem 50 podem ser vistas as saídas obtidas ao girar manualmente o eixo do encoder:

O teste foi bem-sucedido, pois, uma vez que o número de voltas/giros é conhecido, é possível calcular a velocidade do usuário.

3.2.3 Lista de Componentes e Orçamento

Após a definição dos componentes a serem utilizados, foi feito um orçamento com o levantamento dos custos envolvidos no projeto do subsistema de eletrônica:

Tabela 15 – Orçamento - Eletrônica

Funcionalidade	Item	Preço
Medição de velocidade	Encoder incremental	R\$ 145,00
Processamento e Comunicação Bluetooth	ESP32	R\$ 100,00
Resfriamento da ESP32	Dissipador de Calor	R\$ 25,00
Alimentação da ESP32	Regulador de Tensão	R\$ 22,50
Controle do Freio	Controlador PWM	R\$ 22,50
Alimentação do freio	Fonte 12V 10A	R\$ 80,00
Reduzir Tensão de Saída do Encoder	Resistores 2K2	R\$ 0,15
Reduzir Tensão de Saída do Encoder	Resistores 3K9	R\$ 0,12
Montagem da Placa	Placa Perfurada Universal	R\$ 10,00
Montagem da Placa	Conectores Borne KRA/KRE	R\$ 15,00
Interruptor	Botão liga/desliga	R\$ 5,00
Conexões Elétricas	Fio elétrico	R\$ 15,00
Mão de obra	R\$ 40,00/hora	R\$ 14.400,00
Total sem mão de obra		R\$ 440,27
Total Geral		R\$ 14.840,27

No orçamento acima, foi considerado o custo da mão de obra especializada, correspondente a uma média baseada em pesquisas de mercado (INDEED, 2022) (SALÁRIO, 2022).

3.2.4 Esquemático

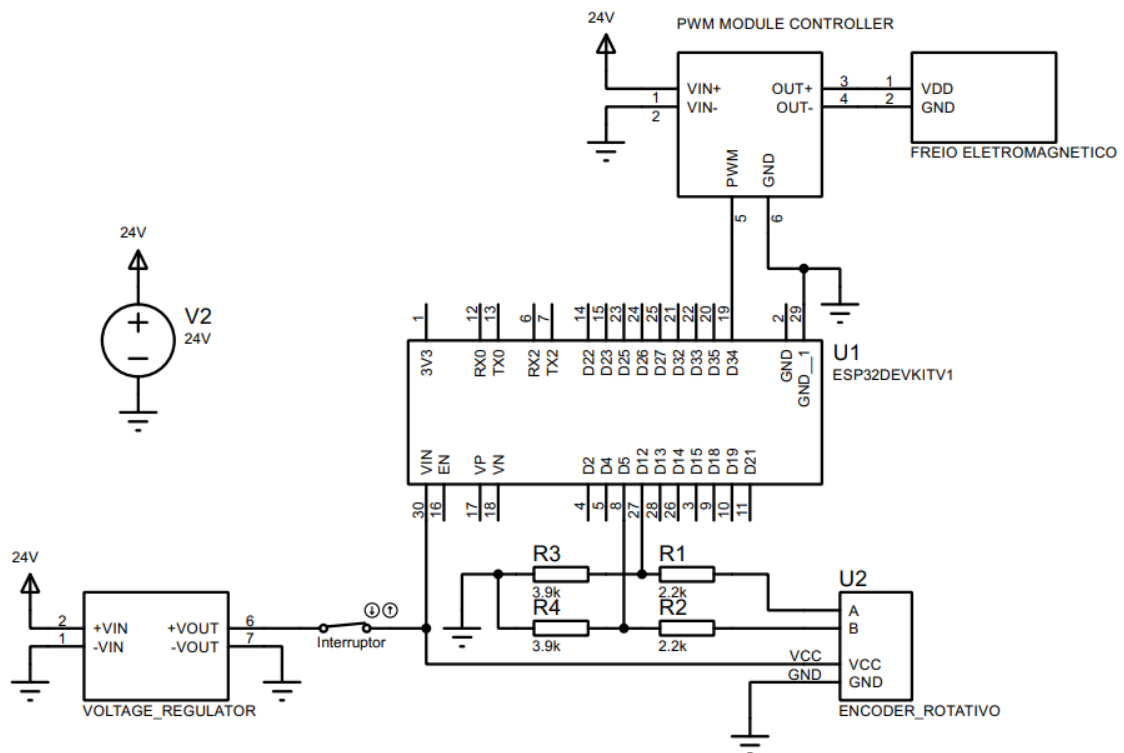


Figura 51 – Esquemático Geral - Eletrônica. Fonte: Elaboração Própria (PROTEUS, 2021)

A figura acima apresenta o esquemático de todo o sistema eletrônico envolvido no projeto. O esquemático inclui a(s):

- Alimentação da ESP32 e do freio eletromagnético com um interruptor;
- Conexões com o encoder para a detecção da rotação do rolamento;
- Conexões com o controlador PWM para o controle do freio eletromagnético.

3.3 Software

Com base em tudo debatido sobre a problemática, podemos agora detalhar a proposta de solução planejada na área de software. Seguindo os requisitos e a arquitetura planejada para o subsistema de software, será apresentado o projeto do mesmo a seguir.

3.3.1 Spin Mobile

O sistema de software é o que trata da parte do aplicativo de game desenvolvido para interação com a realidade virtual e com o dispositivo Spin. Essa frente é dividida em

2 subsistemas, sendo o primeiro deles, o Spin Mobile.

3.3.1.1 Engine

Uma *Engine*, é um ambiente integrado, feito para os criadores de jogos criarem suas aplicações. Foram levantadas possibilidades de *Engine* para a criação do game, e levantados os prós e os contras de cada uma delas para o escopo do projeto. As 2 possíveis escolhas foram a Unreal Engine 5 e a Unity. A seguir são mostradas as vantagens e as desvantagens de cada:

Tabela 16 – Comparação - Engine

	Unreal Engine 5	Unity
Vantagens	Plataforma Open Source e gratuita	Plataforma Open Source e gratuita;
	Mais facilidade para rodar projetos	Mais suporte a games com realidade virtual
	Interface mais amigável a novos usuários	Larga comunidade de usuários
	Renderização mais rápida	Menor curva de aprendizado
Desvantagens	Comunidade de usuários menor	Interface mais poluída
	Menos suporte para games com realidade virtual	Mais dificuldade para rodar projeto
	Interface mais amigável a novos usuários	

Após a análise da equipe, a *Engine* escolhida para a criação do game foi a Unity. O principal fator da escolha foi devido ao melhor suporte para games com realidade virtual.

3.3.1.2 Gamificação

A gamificação é um processo que visa engajar pessoas em algo, por meio de processos e atividades que lembram games, dando recompensas a quem participa e alcança algum objetivo (KAPP, 2014). A gamificação não está necessariamente ligada a um processo de jogo, ela pode ser usada, por exemplo, em empresas, buscando fazer os funcionários renderem mais com sistemas de recompensas.

No projeto Spin, foi estudado pela equipe formas de aplicar gamificação para fazer com que o usuário prossiga no game e busque alcançar cada vez objetivos. A partir desses estudos, foi decidido que terão diversos sistemas de gamificação na aplicação, dentre elas, coisas como:

- Pontuação por completar circuitos;
- Categorização de usuários conforme a razão entre a sua potência gerada média e o seu peso (W/kg);
- Troca de pontuação acumulada por skins de personagens e bicicletas.

3.3.1.3 Funcionamento

O funcionamento do sistema mobile pode ser entendido com o auxílio de alguns diagramas:

3.3.1.3.1 Diagrama de Estados:

Para demonstrar o comportamento dinâmico dos elementos no software foram produzidos diagramas de estados. O diagrama de máquina de estados é utilizado para estabelecer todos os possíveis estados das classes ativas do software, definir os relacionamentos e transações que essas classes poderão ter e, por fim, elicitar os estados resultantes dessas interações. A figura 52 mostra o diagrama de estado do Spin Mobile.

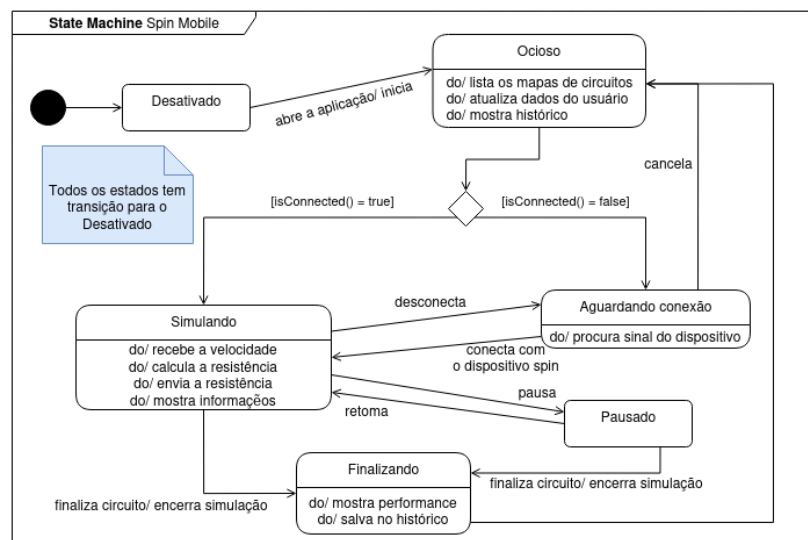


Figura 52 – Diagrama de Estados Spin Mobile

3.3.1.3.2 Diagrama de Classes:

A partir do diagrama de classes é possível notar a aplicação de alguns padrões de projeto. Podendo citar o *Singleton* com a classe *GeneralController* e o *State Machine*, utilizando uma classe separada para representar cada estado supracitado.

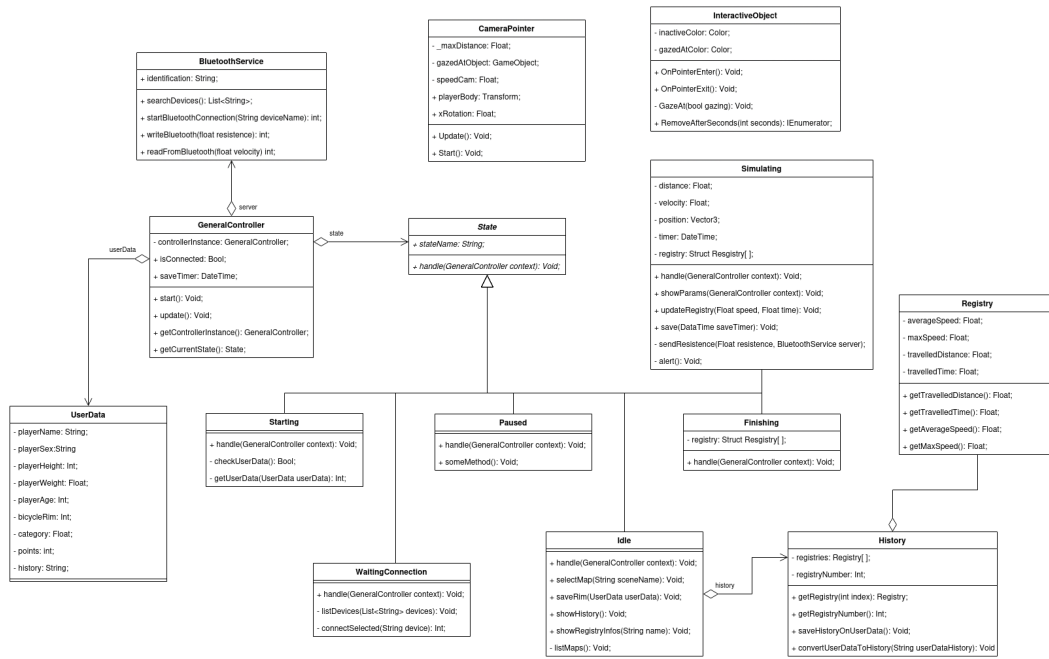


Figura 53 – Diagrama de Classes Spin

3.3.1.3.3 Diagrama de Pacotes:

Para demonstrar a organização dos diretórios da aplicação, a figura 54, apresenta o diagrama de pacotes do Spin Mobile.

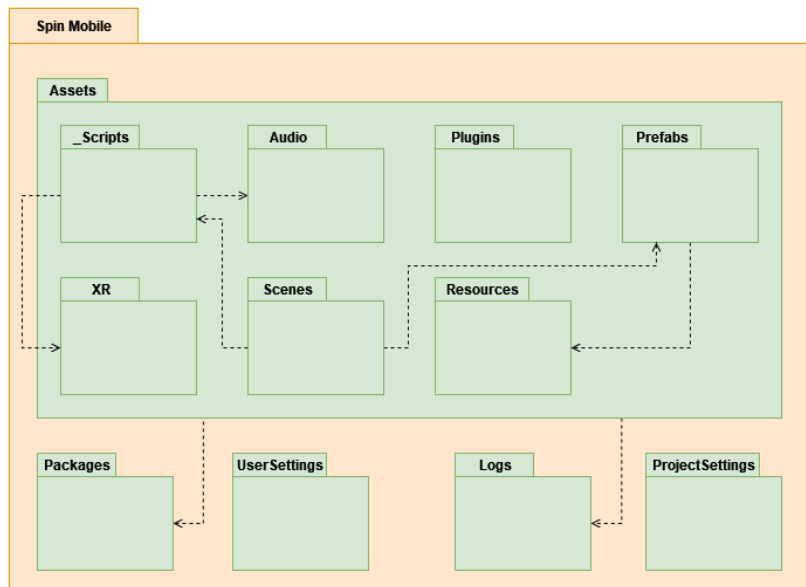


Figura 54 – Diagrama de Pacotes Spin Mobile

3.3.1.4 Arquitetura da Informação

Para a padronização do game, também foi desenvolvido um documento de identidade visual para a aplicação, definindo as fontes de texto e as cores padrões da aplicação.

A partir desse documento, também foram criados os protótipos das telas que serão desenvolvidas na aplicação. Algumas das telas principais da aplicação:

- 3.3.1.4.1 *Splash Screen* - Tela de abertura da aplicação, que será mostrando enquanto o resto do aplicativo é carregado.



Figura 55 – Splash Screen

- 3.3.1.4.2 *Tela Selecionar Circuito* — Tela inicial após o usuário entrar na aplicação, tela com suporte a realidade virtual.



Figura 56 – Tela Selecionar Circuito

- 3.3.1.4.3 Tela Prévia do circuito selecionado - Tela que mostra os detalhes do circuito escolhido pelo usuário.



Figura 57 – Tela Prévia do circuito selecionado

- 3.3.1.4.4 Tela Histórico de Corridas - Tela com lista de histórico de corridas do usuário.



Figura 58 – Tela Histórico de Corridas

3.3.1.4.5 Tela Pause Corrida - Tela de pausa do circuito.



Figura 59 – Tela Pause Corrida

3.3.1.4.6 Tela Resumo Desempenho - Tela mostrando o desempenho do usuário após completar um circuito.



Figura 60 – Tela Resumo Desempenho

3.3.1.4.7 Tela Editar Dados - Tela para o usuário editar suas informações de usuário.

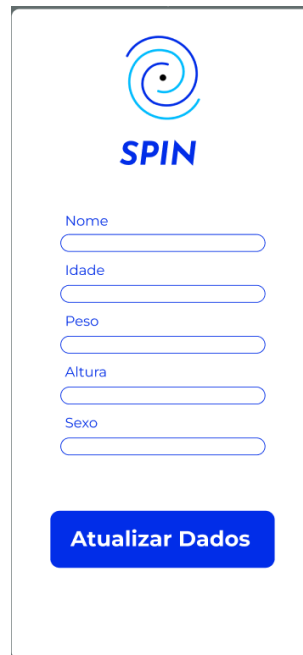


Figura 61 – Tela Editar Dados

3.3.2 Spin Embarcado

O segundo subsistema de software é o Spin Embarcado. Se trata do software que estará instalado no microcontrolador do dispositivo.

3.3.2.0.1 Diagrama de Pacotes

Para demonstrar a organização dos diretórios da aplicação, a figura 62, apresenta o diagrama de pacotes do Spin Embarcado.

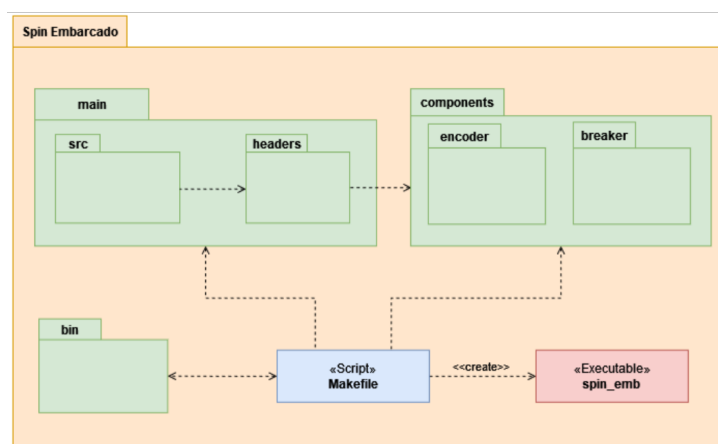


Figura 62 – Diagrama de Pacotes Spin Embarcado

3.3.3 Testes

As testagens se deram de forma a aplicar principalmente técnicas de debugging por força bruta no contexto da integração, por se tratar do momento mais importante e levando em consideração as limitações tidas pela equipe de desenvolvimento.

Para tanto, a equipe lançou mão de alguns recursos nativos da Unity e desenvolveu estratégias para encaixar a parte de testes durante a integração.

Um desses recursos é variável de ambiente `UNITY_EDITOR`, a qual identifica por meio de um valor booleano se a aplicação está rodando em ambiente de desenvolvimento, editor da engine, ou se estar em ambiente de produção, smartphone.

Dessa forma a equipe consegue manipular o contexto e utilizar dados fictícios para se realizar testes simulando um uso já integrado sem mesmo sair do ambiente de desenvolvimento.

A figura 63 mostra a utilização dessa variável para se estabelecer os parâmetros referentes aos dados do usuário quando se está em ambiente de desenvolvimento. A figura 64 mostra outro exemplo, mas referente a ativação do movimento do mouse para simular o movimento da cabeça do usuário na realidade virtual.

```
#if !UNITY_EDITOR
btService = GeneralController.controllerInstance.getBtService();
playerWeight = (GeneralController.controllerInstance.getUserData().getWeight() + 12f) * g;
bicycleRim = GeneralController.controllerInstance.getUserData().getRim();
#endif

#if UNITY_EDITOR
playerWeight = 80;
bicycleRim = 0.622f;
simState = new Simulating();
#endif
```

Figura 63 – Variável de ambiente `UNITY_EDITOR` mock de parâmetros

```
#if UNITY_EDITOR
float mouseX = speedCam * Input.GetAxis("Mouse X") * Time.deltaTime;
float mouseY = speedCam * Input.GetAxis("Mouse Y") * Time.deltaTime;

xRotation -= mouseY;
//yaw = Mathf.Clamp(yaw, -90f, 90f);
xRotation = Mathf.Clamp(xRotation, -90f, 90f);

transform.localRotation = Quaternion.Euler(xRotation, 0f, 0f);
playerBody.Rotate(Vector3.up * mouseX);
```

Figura 64 – Variável de ambiente UNITY_EDITOR simulação da rotação pelo movimento do mouse

Além disso, outro recurso utilizado para se obter um feedback do sistema sobre o que acontece internamente, foi utilizada as funções de debug como a `Debug.Log()`. Esta função permite a visualização de parametros estratégicos em tempo de execução, sendo possível visualizar a comunicação com o dispositivo via bluetooth, bem como as conversões e cálculos realizados internamente na aplicação.

A figura 65 mostra a utilização do log para mostrar, respectivamente, o dado recebido por bluetooth, a conversão realizada de RPM e a conversão feita da velocidade empregada pelo usuário.

```
if (dataIn.Length > 0){
    Debug.Log(dataIn);
    float rpmRolamento = float.Parse(dataIn.Substring(6));

    float rpmPneu = (0.025f/bicycleRim) * rpmRolamento;

    currentRPM.text = rpmPneu.ToString("0");

    Debug.Log("RPM Pneu: " + rpmPneu);

    speed = 2f * 3.6f * (float) Math.PI * bicycleRim * rpmPneu / 60f;
    speed = (speed < 0) ? 0 : speed;

    currentSpeed.text = speed.ToString("0.00") + " Km/h";

    Debug.Log("km/h: " + speed);
}
```

Figura 65 – Utilização do `Debug.Log()`

4 Integração de subsistemas e finalização do produto

A finalização do MVP proposto necessitará da integração entre os subsistemas aqui especificados. Para tanto, os próximos itens detalham como se dará tal etapa do projeto. A figura 78 em apêndice mostra o diagrama de integração desenvolvido para a solução proposta.

4.1 Detalhamento de atividades para integração entre o subsistema de Estrutura e Eletrônica

No escopo do projeto, têm-se algumas atividades de integração entre os subsistemas de Estrutura e de Eletrônica. Tais atividades dizem respeito aos trabalhos realizados pelos dois subsistemas de forma integrada.

4.1.1 Posicionamento do encoder

O encoder incremental será utilizado como sensor para captar a posição angular do rolo (impulsionado pelos giros da roda da bicicleta) e, assim, calcular a velocidade do usuário. Como o encoder irá captar a posição angular (RH, 2022) do rolo, ele deve estar posicionado de forma alinhada ao eixo do rolo, como na imagem abaixo:

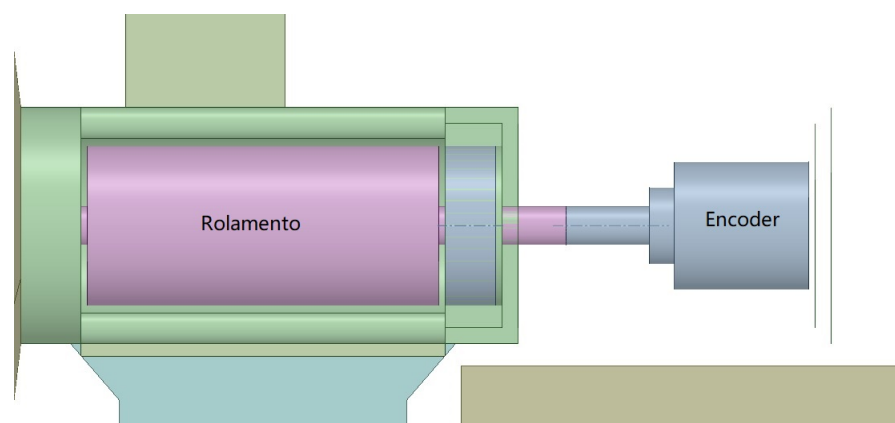


Figura 66 – Posicionamento do encoder

A figura 67 apresenta como o encoder foi posicionado no projeto.



Figura 67 – Posicionamento do encoder no projeto

4.1.2 Posicionamento do freio eletromagnético

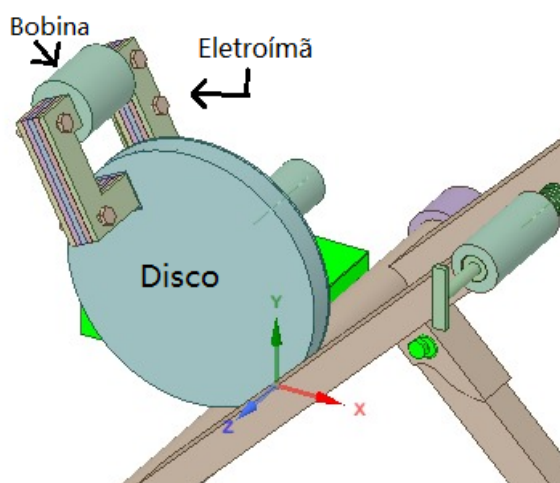


Figura 68 – Posicionamento do freio eletromagnético

A figura 69 apresenta como o freio foi posicionado no projeto.

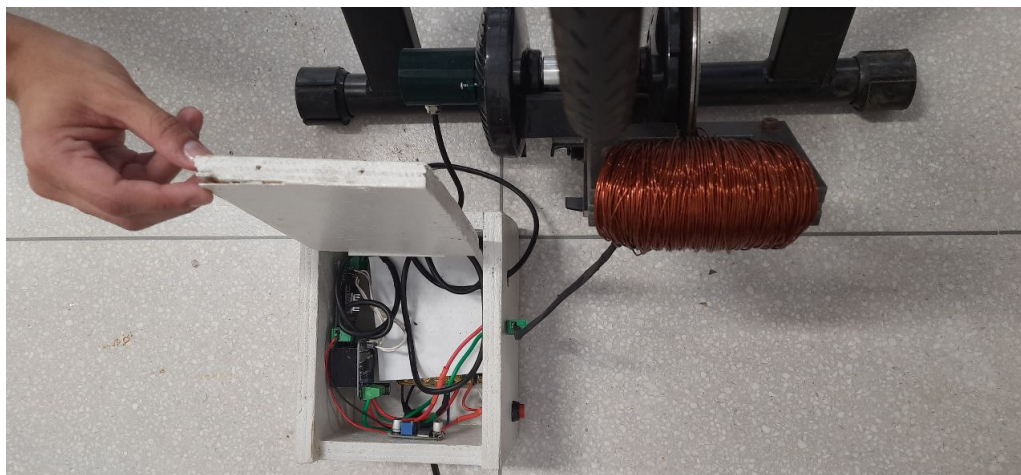


Figura 69 – Posicionamento do freio no projeto

O freio eletromagnético é necessário para frear o rolamento e assim causar uma resistência ao movimento do ciclista.

4.1.3 Posicionamento dos demais componentes eletrônicos

Foi desenvolvido, de forma integrada, um projeto para o posicionamento dos seguintes componentes eletrônicos:

- Fonte de alimentação 12V
- Regulador de tensão (para 5V)
- Controlador PWM
- Placa com a ESP32

Segue, abaixo, a imagem ilustrativa com o posicionamento dos componentes eletrônicos na estrutura:

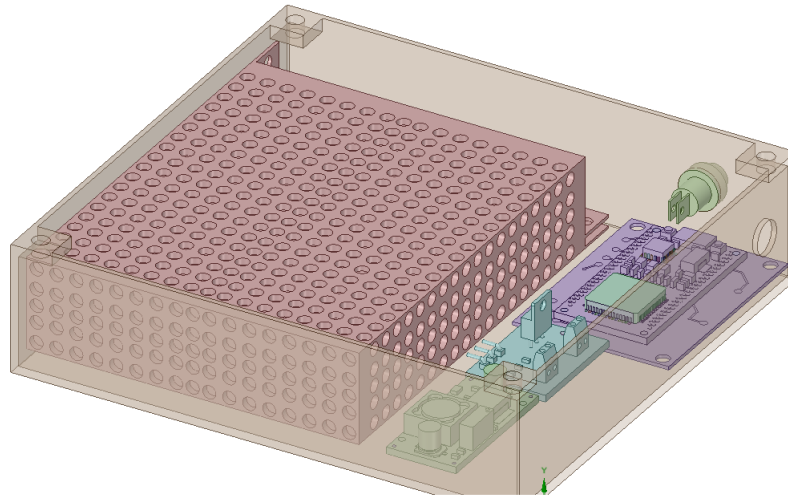


Figura 70 – Posicionamento dos componentes eletrônicos na caixa

Foi definida como solução a estrutura acima visando atender aos padrões citados na norma NBR5410 "5 Proteção para garantir segurança 5.1 Proteção contra choques elétricos 5.1.1 Introdução 5.1.1.1 Princípio fundamental"(ABNT, 2004). O princípio que fundamenta as medidas de proteção contra choques especificadas nesta norma pode ser assim resumido:

- Partes vivas perigosas não devem ser acessíveis; e
- Massas ou partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, em caso de alguma falha que as tornem acidentalmente vivas.

Dessa forma, a solução projetada, que pode ser vista na imagem acima, foi pensada para atender os requisitos mencionados, de forma que não ofereça riscos ao usuário e que esteja de acordo com a regulamentação vigente.

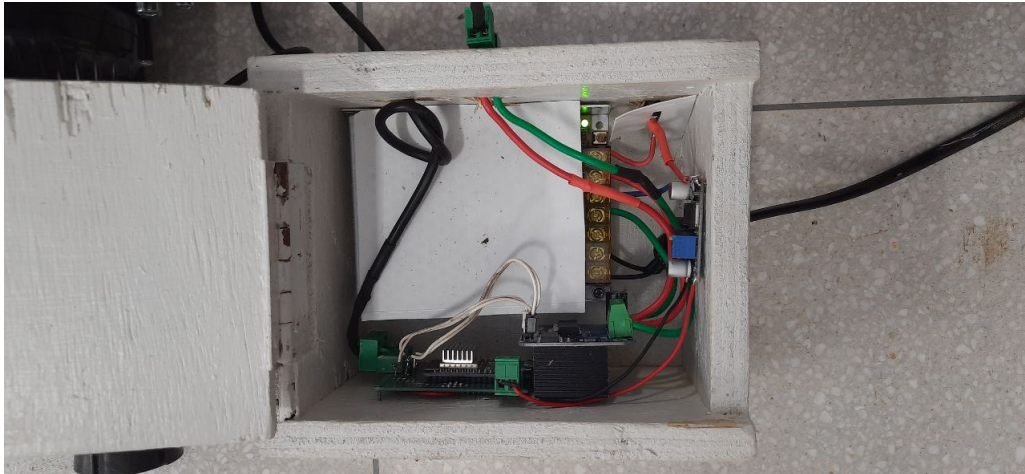


Figura 71 – Posicionamento dos componentes eletrônicos

O material usado para a caixa de proteção dos componentes eletrônicos é a madeira, que é um ótimo isolante térmico. (MORESCHI, 2014) observa que a madeira possui um nível de calor específico elevado, ou seja, é difícil, e demora muito para que ela fique quente. Ao mesmo tempo, tem baixa condutividade térmica, o que faz com que o calor não se desloque com facilidade por ela. É uma barreira física que não interfere na conexão via bluetooth dos componentes eletrônicos com os de software, além de ser um dos melhores não condutores de eletricidade. A figura 72 mostra a integração dos componentes eletrônicos da estrutura.



Figura 72 – Integração eletrônica-estrutura

4.2 Detalhamento de atividades para integração entre o subsistema de Eletrônica e Software

As atividades de integração entre os subsistemas de Eletrônica e de Software podem ser visualizadas através do seguinte recorte do Diagrama de Integração (página 112):

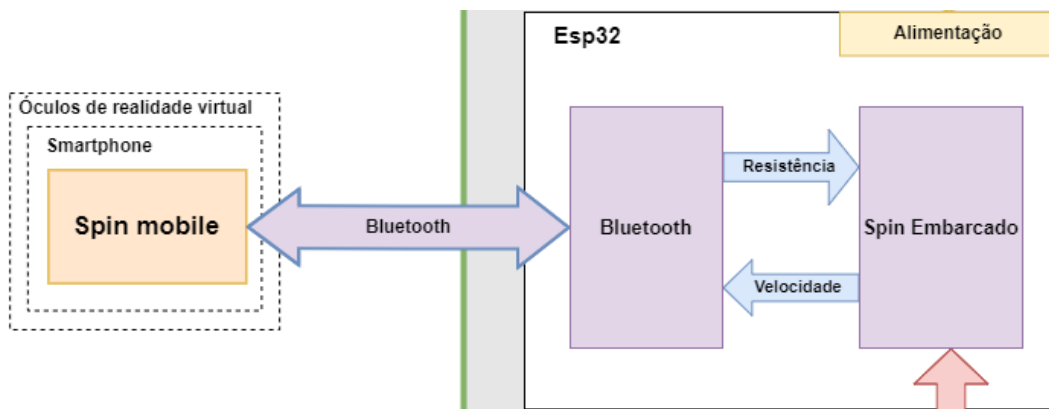


Figura 73 – Integração - Eletrônica e Software

Essa integração pode ser estruturada nos seguintes tópicos:

- Envio do valor de resistência do freio eletromagnético do Spin Mobile para o Spin Embarcado via Bluetooth.
- Envio do valor medido da velocidade do usuário do Spin Embarcado para o Spin Mobile via Bluetooth.

A comunicação mencionada acima foi simulada através de testes de envio e recepção de dados via Bluetooth da ESP32 para um aparelho celular. (Mais informações sobre os testes em [3.2.2](#))

Referências

- ABNT. Nbr 5410: Instalações elétricas em baixa tensão. *ABNT/NBR5410*, v. 1, p. 209, 2004. Citado 4 vezes nas páginas 21, 56, 57 e 77.
- ABNT. *ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas*. 2022. <<https://www.abnt.org.br/institucional/sobre>>. (Accessed on 12/06/2022). Citado na página 13.
- ARDUINO. *Arduino IDE: The arduino environment*. <<https://arduino.cc/>>. (Accessed on 19/12/2022). Citado 4 vezes nas páginas 3, 59, 60 e 62.
- BARBOSA, S.; SILVA, B. *Interação humano-computador*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2010. Citado na página 20.
- BLUETOOTH. *Bluetooth Technology Website*. <<https://www.bluetooth.com>>. (Accessed on 16/12/2022). Citado na página 52.
- BRAGA, N. C. *Fontes de Alimentação*. [S.l.]: Editora NCB, 2017. v. 2. Citado na página 57.
- CHAPMAN, S. J. *Fundamentos de máquinas elétricas*. [S.l.]: AMGH editora, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 46.
- DATA Sheet ESP32. 2022. <<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1243003/ESPRESSIF/ESP32/1706/3/ESP32.html>>. (Accessed on 12/28/2022). Citado na página 57.
- DATA Sheet PWM. 2023. <<https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=BTS7960&sField=4>>. (Accessed on 01/12/2022). Citado 2 vezes nas páginas 55 e 56.
- DREHMER, A.; GERHARDT, G. J.; MISSELL, F. P. Case depth in sae 1020 steel using barkhausen noise. *Materials Research*, SciELO Brasil, v. 16, p. 1015–1019, 2013. Citado na página 47.
- ENDO, K.; ET al. Evaluation of educational applications in terms of communication delay between tablets with bluetooth or wi-fi direct. *Vietnam journal of computer science*, v. 5, n. 3-4, p. 219–227, 2018. Citado na página 51.
- ESP32. *ESP32 Series Datasheet - Espressif Systems*. <<http://www.espressif.com>>. (Accessed on 16/12/2022). Citado na página 52.
- ESPRESSIF SYSTEMS. *ESP32 Series Datasheet*. [S.l.], 2022. Citado 4 vezes nas páginas 2, 3, 27 e 53.
- FAKHROUTDINOV, K. Uml use case diagrams. *uml-diagrams.org*, 2020. Disponível em: <<https://www.uml-diagrams.org/use-case-diagrams.html>>. Citado na página 22.
- FERRO, E.; POTORTI, F. Bluetooth and wi-fi wireless protocols: a survey and a comparison. *IEEE wireless communications*, v. 12, n. 1, p. 12–26, 2005. Citado na página 51.

- FILHO, R. F. P. Estudo de um sistema de frenagem eletromagnética empregando correntes parasitas. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014. Citado na página 45.
- GARMIN. *Tacx Galaxia Advanced Roller Trainer | Bike Trainer | Garmin*. 2022. <<https://www.garmin.com/en-US/p/690895>>. (Accessed on 11/20/2022). Citado 2 vezes nas páginas 2 e 16.
- GOLDFARB, R. B. The permeability of vacuum and the revised international system of units. *IEEE Magnetics Letters*, v. 8, p. 1–3, 2017. Citado na página 47.
- HALLIDAY, D. et al. *Fundamentos de física*. Companhia Editorial Continental, 2004. ISBN 9789702401759. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=q_7ZAAAACAAJ>. Citado na página 42.
- INDEED. *Quanto ganha um Engenheiro Eletrônico*. 2022. <<https://br.indeed.com/conselho-de-carreira/pagamento-salario/quanto-ganha-engenheiro-eletronico>>. (Accessed on 12/16/2022). Citado na página 63.
- INFINITO, H. *Placa Universal Perfurada*. 2022. <<https://www.huinfinito.com.br/>>. (Accessed on 01/05/2022). Citado 2 vezes nas páginas 3 e 59.
- J.H, W. Critical torque of eddy current brake with widely separated soft iron poles. *IEE, IEE Proceeding*, v. 138, n. 4, 1991. Citado na página 45.
- JUN, G.; ET al. Indutivo: Contact-based, object-driven interactions with inductive sensing. *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on user interface software and technology*, p. 321–333, 2018. Citado na página 53.
- KAPP, K. *GAMIFICATION: Separating Fact from Fiction*. 2014. <[https://people.potsdam.edu/betrusak/625/Gamification%20-%20Separating%20Fact%20from%20Fiction%20\(Mar%2014\).pdf](https://people.potsdam.edu/betrusak/625/Gamification%20-%20Separating%20Fact%20from%20Fiction%20(Mar%2014).pdf)>. (Accessed on 06/01/2023). Citado na página 65.
- LANFERDINI, F. J.; ROSA, R. G. da. Impacto da pandemia de covid-19 sobre o treinamento esportivo. *Educação Física e Ciências do Esporte no tempo presente*, 2021. Citado na página 12.
- MARQUES, A. et al. *Direito a Saúde, Cobertura Universal e Integralidade Possível*. 2016. <https://www.almg.gov.br/export/sites/default/acompanhe/eventos/hotsites/2016/encontro_internacional_saude/documentos/textos_referencia/00_palavra_dos_organizadores.pdf>. (Accessed on 01/07/2023). Citado na página 12.
- MODULOPWM. 2023. ://www.piscaled.com.br. (Accessed on 06/10/2023). Citado 2 vezes nas páginas 3 e 56.
- MORAES, E. A. de. *Utilização de uma estratégia para identificação de fontes de informação na fase de elicitação*. Dissertação (Mestrado) — PUC-Rio, Rio de Janeiro, maio 2008. Citado na página 20.
- MORESCHI, C. Propriedades da madeira. v. 4, 2014. Citado na página 78.
- MORICH, K. *Serial Bluetooth Terminal for Android*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai_morich.serial_bluetooth_terminal>. (Accessed on 19/12/2022). Citado 4 vezes nas páginas 3, 59, 60 e 61.

MYSTAKIDIS, S. Metaverse. *Encyclopedia*, MDPI, v. 2, n. 1, p. 486–497, 2022. Citado na página 13.

NBRISO. 20957-1 equipamento de treino estacionário - parte 1: Requisitos gerais de segurança e métodos de ensaio. *ISO/TC 83*, v. 1, p. 16, 2013. Citado na página 14.

NUNES, E. d. G. S. Prevenção contra choque elétrico em edificações prediais do distrito federal: estudo exploratório das normas nr 10, nbr 5410 e nbr 5419. 2016. Citado na página 14.

OLENHEKI, W. M.; VOZNIAK, L. Fatores que levam a prática de ciclismo e benefícios para a qualidade de vida de seus adeptos. *Renovare*, v. 2, 2019. Citado na página 12.

PETRUZELLA, F. *Motores Elétricos e Acionamentos*. [S.l.]: Bookman Editora, 2013. v. 1. Citado na página 55.

POLICOMP. *Fonte Chaveada*. 2022. <<https://www.lojapolicompcomponentes.com.br/produtos/fonte-chaveada-120w-12v-10a-110-220vac/?pf=gs&variant=78621701&gclid=Cj0KCQiAwJWdBhCYARIsAJc4idAYxXT0BWVgvM830y44x344A2jyAecV1gaHfwsk7h8Cp19welLweB>>. (Accessed on 12/19/2022). Citado 4 vezes nas páginas 2, 3, 28 e 57.

PROTEUS. *Proteus Design Suite. Labcenter Electronics*. 2021. <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai_morich.serial_bluetooth_terminal>. (Accessed on 19/12/2022). Citado 6 vezes nas páginas 3, 58, 59, 61, 62 e 64.

RAIRÁN, J.; FONSECA, J. Algoritmo para la aproximación de la velocidad de giro de un eje mediante un encoder incremental. *Ingeniería y universidad*, v. 17, n. 2, p. 293–309, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 53 e 54.

RESNICK, R.; D.HALLIDAY. *Física 1*. [S.l.]: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1988. v. 4. Citado na página 54.

RH. *Encoder Incremental 1000 pulsos*. 2022. <<https://www.rhmateriaiseletricos.com.br/encoder-incremental-1000-pulsos-e40s6-1000-3-t-24>>. (Accessed on 12/25/2022). Citado 5 vezes nas páginas 2, 3, 28, 54 e 74.

RODAS Roval Traverse 6B Aro 29, Peso Aprox. 1,98 Kg, Nova. – Conti Bike. 2023. <<https://contibikes.com.br/produto/rodas-roval-traverse-6b-aros-29-peso-aprox-198-kg-nova/#:~:text=Rodas%20Roval%20Traverse%206B%20Aro,1%2C98%20Kg%2C%20Nova.>>>. (Accessed on 01/06/2023). Citado na página 41.

ROJAS-VALVERDE, D.; FALLAS-CAMPOS, A.; ALPÍZAR-ALPÍZAR, M. Esports en tiempos de una pandemia global: oportunidades y futuros desafíos al transformar el juego en un deporte en costa rica. *Pensar en Movimiento: Revista de ciencias del ejercicio y la salud*, scielo, v. 19, p. 260 – 271, 06 2021. ISSN 1659-4436. Disponível em: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-44362021000100260&nrm=iso>. Citado na página 12.

SALÁRIO. *Engenheiro Eletrônico - Salário, piso salarial, o que faz e mercado de trabalho em Engenharia Elétrica*. 2022. <<https://www.salario.com.br/profissao/engenheiro-eletronico-cbo-214310/>>. (Accessed on 12/16/2022). Citado na página 63.

- SIMEU, E.; GEORGES, D. Modeling and control of an eddy current brake. *Control Engineering Practice*, Elsevier, v. 4, n. 1, p. 19–26, 1996. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 44.
- SMARTKITS. *Regulador de tensão*. 2022. <<https://www.smartkits.com.br/fonte-ajustavel-lm2596-step-down>>. (Accessed on 12/22/2022). Citado 4 vezes nas páginas 2, 3, 29 e 58.
- SUBSTECH. *Carbon steel SAE 1020 [SubsTech]*. 2012. <https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=carbon_steel_sae_1020>. (Accessed on 01/06/2023). Citado na página 44.
- TRISPORT. *Zwift lança smart trainer Zwift Hub – Tri Sport Magazine – News, Triathlon, Ironman, Endurance, Performance*. 2022. <<https://www.trisportmag.com.br/zwift-lanca-smart-trainer-zwift-hub/>>. (Accessed on 11/20/2022). Citado 2 vezes nas páginas 2 e 15.
- WAHOO. *KICKR SNAP Indoor Bike Trainer for Cycling*. 2022. <<https://www.wahoofitness.com/devices/indoor-cycling/bike-trainers/kickr-snap-buy>>. (Accessed on 11/20/2022). Citado 4 vezes nas páginas 2, 16, 29 e 30.
- WI-FI. *Wi-Fi Alliance: Wi-Fi Direct*. <<https://www.wi-fi.org/discover-wifi/wi-fi-direct>>. (Accessed on 16/12/2022). Citado na página 51.

Apêndices

APÊNDICE A – Aspectos de Gerenciamento do Projeto

A.1 Termo de Abertura do Projeto (TAP)

A.1.1 Justificativa do Projeto

Para muitos potenciais usuários, faltam atrativos, na prática de ciclismo *indoor*. Tendo isso em vista, será desenvolvida uma plataforma para a prática de ciclismo *indoor* de forma gamificada, possibilitando que o usuário se divirta através da imersão pela simulação interativa em realidade virtual de circuitos de ciclismo, enquanto pratica um esporte.

A.1.2 Metodologia de Trabalho

Todo o desenvolvimento do produto será realizado de maneira colaborativa entre os autores em uma estrutura de governança e subgrupos. Será utilizada uma metodologia baseada na metodologia Scrum, porém de maneira simplificada. As sprints serão semanais, todas as quarta-feiras.

A.1.2.1 Repositório

Foi criada uma organização no Github para a centralização dos artefatos e códigos produzidos pela equipe e para o trabalho de maneira colaborativa. A organização pode ser acessada em: <<https://github.com/PI-2-Spinning>>

Também está disponível uma pasta no Google Drive com os testes realizados, o vídeo propaganda produzido e um simples manual do usuário: <https://drive.google.com/open?id=1XJvtSj_jJIHwTuFmcseVLaMiJb9Rou2X&usp=drive_copy>

A.1.2.2 Ferramentas de Integração e Gestão

Durante o desenvolvimento do projeto, será necessário o uso de uma série de ferramentas para a integração e gestão do grupo. Para isso, foi escolhido diversas ferramentas para auxiliar e facilitar o andamento do projeto. A tabela A.1.2.2 descreve todas as ferramentas usadas.

Ferramenta	Descrição
Telegram Messenger	Principal canal de comunicação do grupo
Overleaf	Ferramenta de desenvolvimento dos Relatórios para as entregas dos Pontos de Controles
Github	Plataforma de hospedagem dos repositórios de desenvolvimento de Software
Trello	Plataforma utilizada pelos diretores técnicos para controle das entregas dos desenvolvedores
Discord	Ferramenta de pareamentos e reuniões remotas
Google Drive	Ferramenta de armazenamento e desenvolvimento de documentações auxiliares

Tabela 17 – Tabela de Ferramentas de Integração e Gestão

A.1.3 Matriz SWOT

	Forças	Fraquezas
Internas	Orientação dos professores Equipe Multidisciplinar Equipe Especializada	Primeiro contato com o contexto Primeiro trabalho da equipe Inesperiência com desenvolvimento de games
Externas	Produto gamificado Desenvolvido na UnB Produto estabelecido no mercado	Considerável concorrência
	Oportunidades	Ameaças
Internas	Conhecimento dos orientadores Experiências prévias da equipe Infraestrutura disponível	Tempo para execução Responsabilidades paralelas da equipe Recursos limitados
Externas	Produto com diferencial inovador Alta procura Solução acessível	Competição com marcas conhecidas Difícil reprodutibilidade

Tabela 18 – Matriz SWOT

A.2 Lista É/Não É

É	Não É
Uma plataforma para prática de ciclismo indoor	Um equipamento para academias
Uma solução gamificada	Um jogo
Uma plataforma eletrônica e interativa	Um esporte apenas mecânico
Uma solução moderna de IoT	Uma solução obsoleta

Tabela 19 – Lista É e Não É

A.3 Organização da Equipe

A equipe foi organizada em 4 categorias: Coordenador Geral, Diretor Técnico, Diretor de Qualidade e Desenvolvedor. A divisão em subgrupos foi feita para uma melhor gestão da equipe e do desenvolvimento técnico. Entenda os papéis:

- Coordenador Geral: tem por objetivo assegurar a boa gestão da equipe, ser o ponto focal de decisões e garantir a boa comunicação e a boa integração entre as partes.
- Diretor de Qualidade: tem por objetivo assegurar a observância dos padrões de qualidade estabelecidos para o projeto.
- Diretor Técnico: tem por objetivo liderar os integrantes de um subgrupo e delegar tarefas e responsabilidades e prestar contas ao coordenador geral.
- Desenvolvedor: tem por objetivo realizar as tarefas práticas e técnicas de desenvolvimento do produto e se reportar ao diretor técnico.

O organograma da equipe está apresentado na figura:

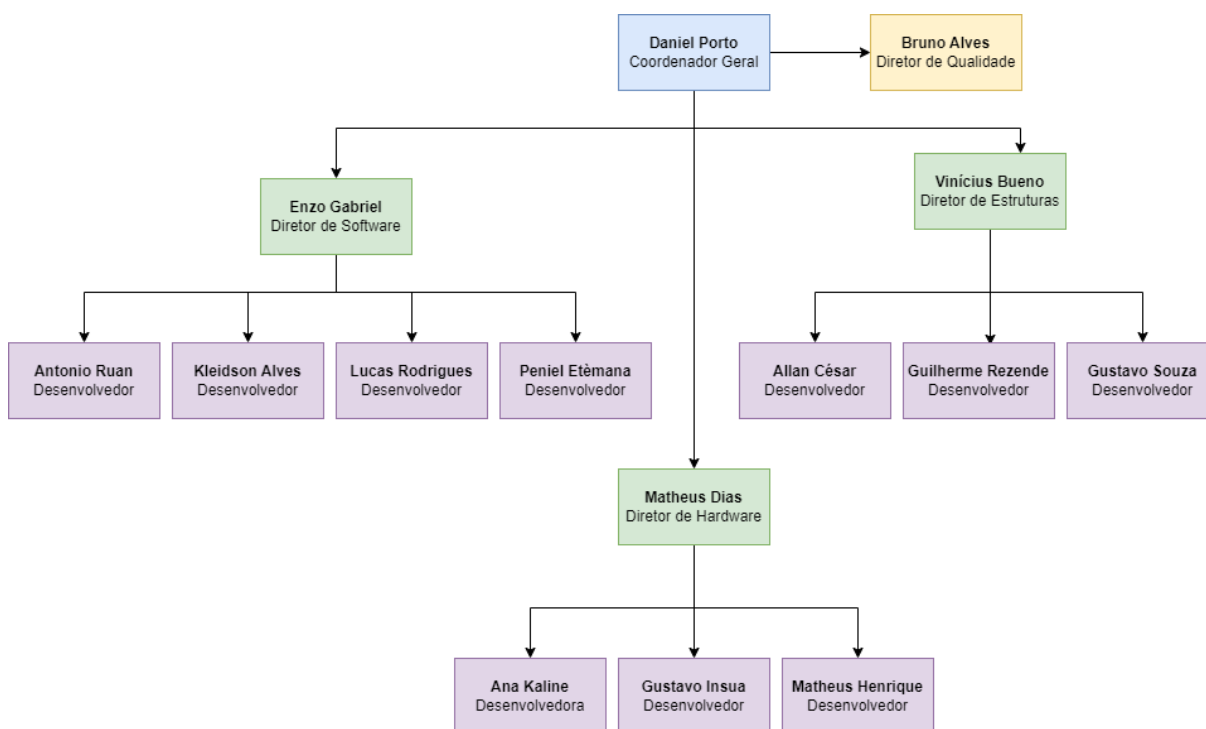


Figura 74 – Organograma da equipe

A.4 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

A.4.1 EAP - Estruturas

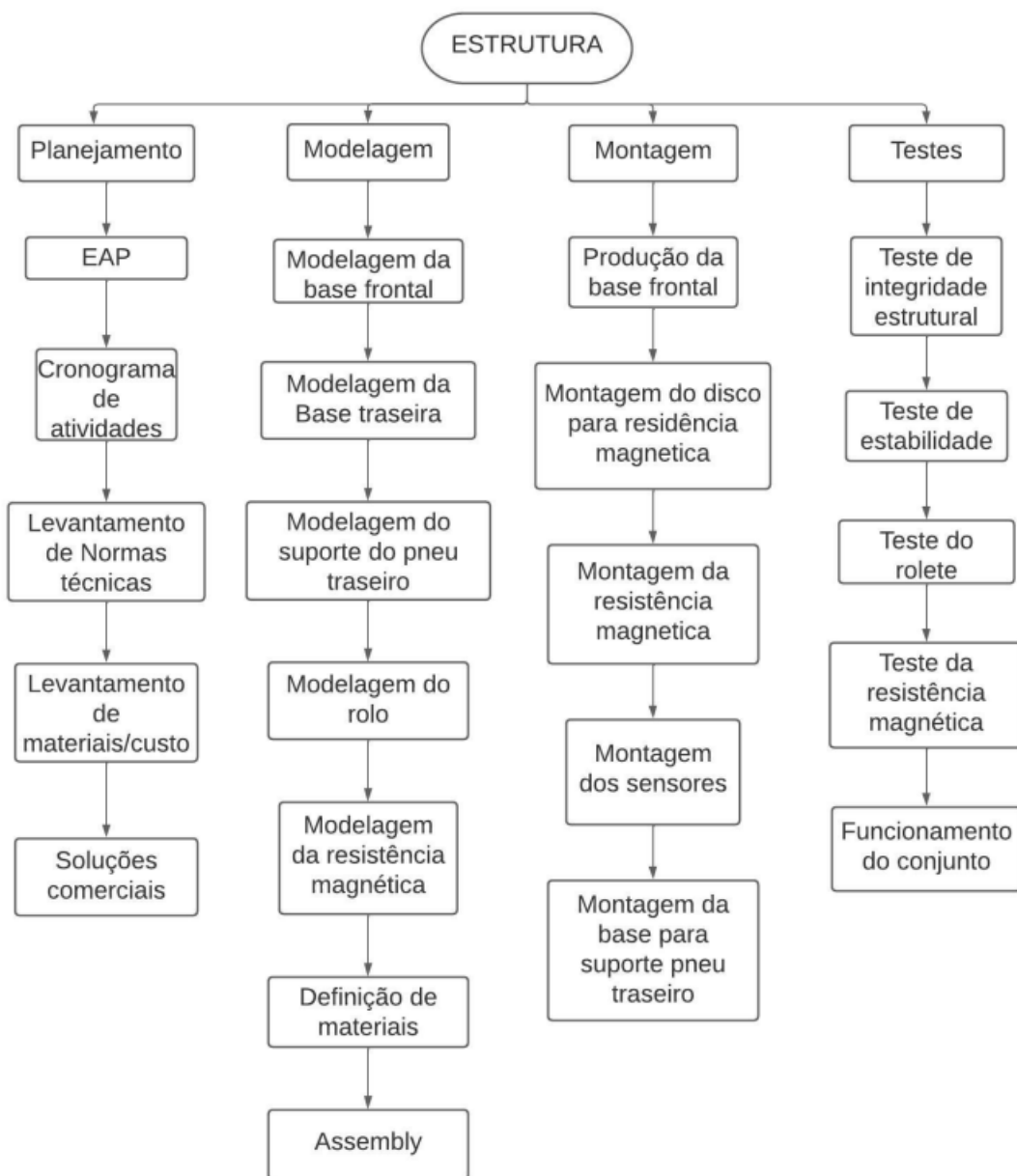


Figura 75 – Organograma da EAP de estruturas

A.4.2 EAP - Eletrônica



Figura 76 – Organograma da EAP de eletrônica

A.4.3 EAP - Software

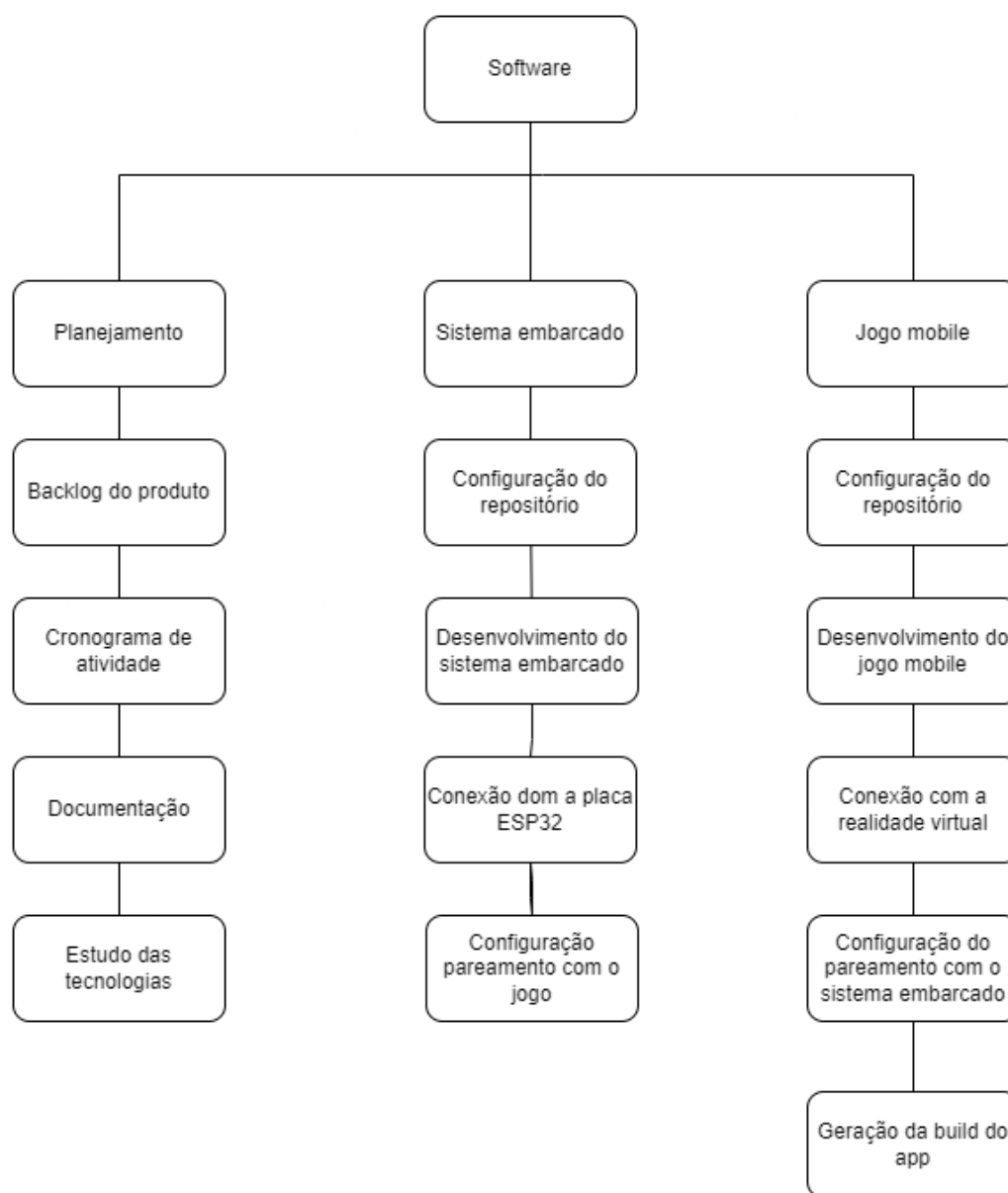


Figura 77 – Organograma da EAP de software

A.5 Cronograma

O cronograma das atividades foi desenvolvido na plataforma Trello e está disponível no seguinte link: <<https://trello.com/b/RdOyTW7w/spin-cronograma>>

A.6 Levantamento de Riscos

O levantamento dos riscos do projeto é uma das etapas do gerenciamento de riscos. O gerenciamento de riscos é processo voltado para a antecipação de prováveis problemas que possam surgir durante o desenvolvimento do projeto. A metodologia do PMBOK descreve em suas diretrizes a importância do gerenciamento de riscos para a comunicação e obtenção de acordo e apoio entre as partes interessadas no projeto.

A.6.0.1 Análise quantitativa dos Riscos

Conforme a qualificação apresentada anteriormente, realizou-se uma análise quantitativa que consiste em analisar numericamente os efeitos dos riscos identificados no projeto. Os riscos vão ser quantificados conforme o impacto, probabilidade e prioridade. Deste modo os riscos serão classificados conforme a escala a seguir: Muito Baixo, Baixo, Moderado, Alto, Muito Alto

A.6.1 Planejamento de Resposta dos Riscos

Com o intuito de se planejar para reduzir ameaças aos objetivos do projeto, são consideradas atividades em respostas aos riscos associados a solução proposta. Assim, é necessário seguir uma ordem de aplicação de cada uma dessas atividades, esta ordem está descrita a seguir.

A.6.1.1 Prevenção

A prevenção é uma estratégia de resposta ao risco, assim, a equipe deve agir de modo a eliminar a ameaça ou proteger o projeto contra os impactos provenientes desses riscos. Ou seja, o planejamento feito pode ser alterado buscando a eliminação total da ameaça. Pode-se, também, estender o cronograma, alterando a estratégia ou até mesmo reduzir o escopo para que tais riscos sejam prevenidos.

A.6.1.2 Transferência

Esse tipo de estratégia consiste na transferência de riscos alocando o impacto e a responsabilidade da ameaça para terceiros. No entanto, esse tipo de abordagem não consegue eliminar o risco, apenas designa o esforço de gerenciamento dela para outra área, equipe ou software.

A.6.1.3 Mitigação

O processo de mitigar um risco é uma resposta em que a equipe envolvida no desenvolvimento do projeto atua buscando a redução da probabilidade ou impacto do risco. Sendo que, ações que buscam a redução da ocorrência do risco são bem mais vantajosas

do que a de reparar os danos causados pelo mesmo. Há situações em que não é possível reduzir a probabilidade de ocorrência do risco, então, deve-se abordar fatores capazes de determinar a gravidade do impacto.

A.6.1.4 Aceitação

A aceitação é a resposta que deve-se evitar, nesta a equipe decide não agir para diminuir a ocorrência do risco. Esse tipo de abordagem só é aplicada quando não é possível resolver o problema ou este é economicamente inviável de se evitar, diminuir ou transferir.

A.6.2 Descrição dos Riscos

Os riscos foram divididos em gerais e específicos para cada área segundo as Tabelas 20, 21, 22, 23

Riscos Gerais			
Risco	Consequência	Impacto	Medida a Tomar
Membro do grupo contrair COVID	Diminuição da taxa de trabalho da equipe	Médio	Prevenir seguindo as recomendações da OMS
Problemas de comunicação entre a equipe	Atraso no desenvolvimento do projeto	Alto	Prevenir gerindo as agendas de cada integrante
Aperto nas entregas devido a semestre mais curto	Baixa qualidade do projeto	Alto	Prevenir montando um cronograma coerente com o semestre
Atraso no prazo de entrega dos equipamentos	Atrasos no desenvolvimento do projeto	Alto	prevenir

Tabela 20 – Tabela de riscos gerais

Riscos de Estruturas			
Risco	Consequência	Impacto	Medida a Tomar
Atrito entre os componentes	Reduz a vida útil do produto	Médio	Mitigar com análise dos esforços
Vibrações mecânicas	Instabilidade e fadiga da estrutura	Muito Alto	Prevenir seguindo a montagem com cuidado
Dimensionamento inconsistente	Falha na integração dos componentes	Alto	Prevenir prestando atenção
Montagem equivocada dos subsistemas	Não funcionamento do projeto	Muito Alto	prevenir prestando atenção
Erro na resistência aplicada	Impossibilidade de uso	Alto	prevenir mal uso

Tabela 21 – Tabela de riscos de Estruturas

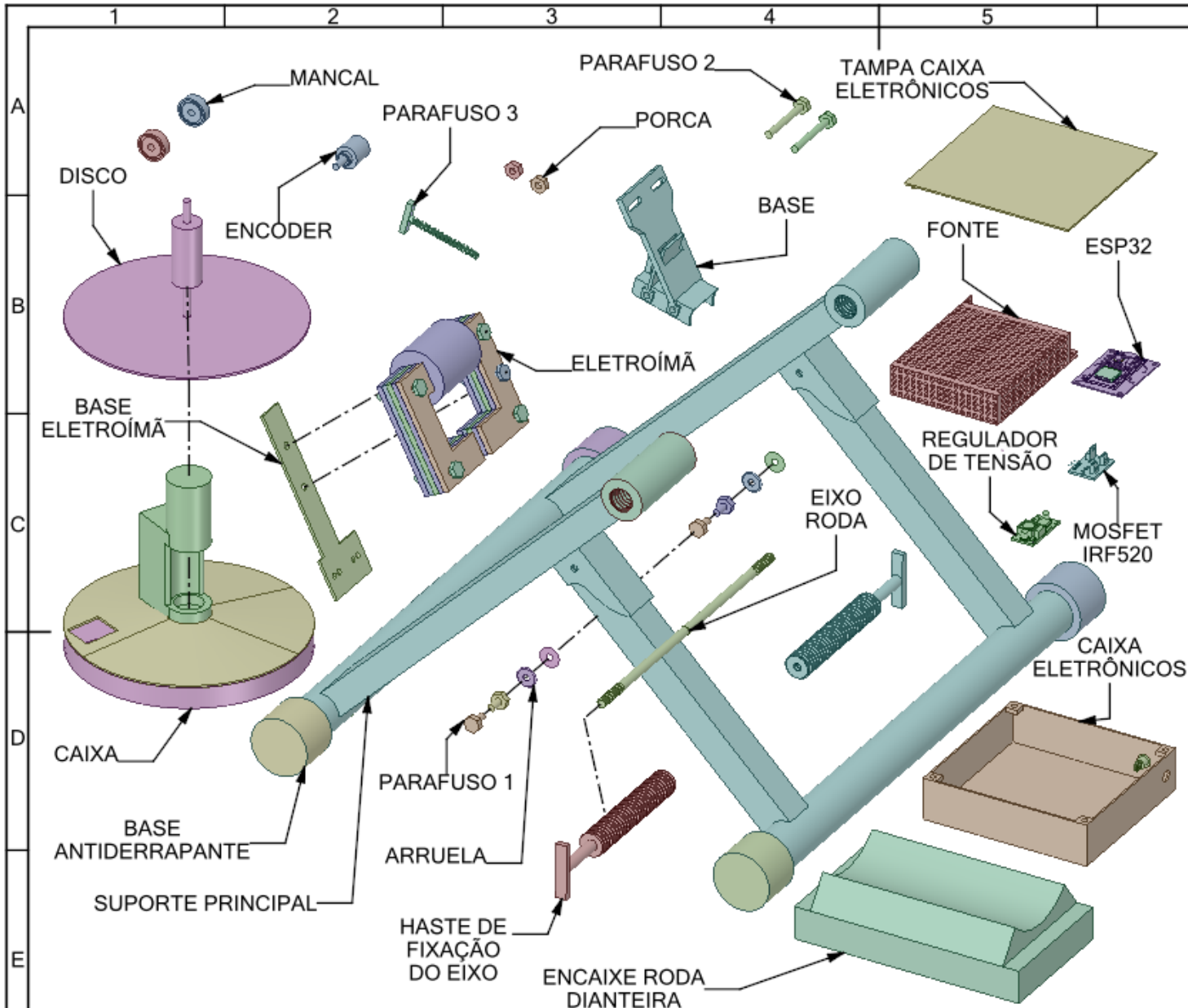
Riscos de Software			
Risco	Consequência	Impacto	Medida a Tomar
Não conhecimento das tecnologias selecionadas	Atraso no desenvolvimento do sistema	Alto	Prevenir estudando a tecnologia embarcada necessária
Falha na integração com a parte Eletrônica	Não funcionamento do projeto	Muito Alto	Prevenir realizando testes parciais
Falha no desenvolvimento do trajeto	Não funcionamento do projeto	Muito Alto	Prevenir estudando a tecnologia embarcada necessária
Falha nos equipamentos de desenvolvimento	Atrasos no desenvolvimento do projeto	Médio	Informar aos demais integrantes

Tabela 22 – Tabela de riscos de Software

Riscos de Eletrônica			
Risco	Consequência	Impacto	Medida a Tomar
Queima dos componentes	Não funcionamento do projeto	Muito Alto	Mitigar
Falha nos sensores	Falha no envio de sinais elétricos	Muito Alto	Mitigar
Falha ou atraso na comunicação	Não funcionamento do projeto	Alto	Mitigar
Superaquecimento de componentes	Danos aos componentes	Alto	prevenir
Falhas no projeto das placas de circuito impresso	Não funcionamento do projeto	Moderado	prevenir

Tabela 23 – Tabela de riscos de Eletrônica

APÊNDICE B – Desenhos Técnicos Mecânicos

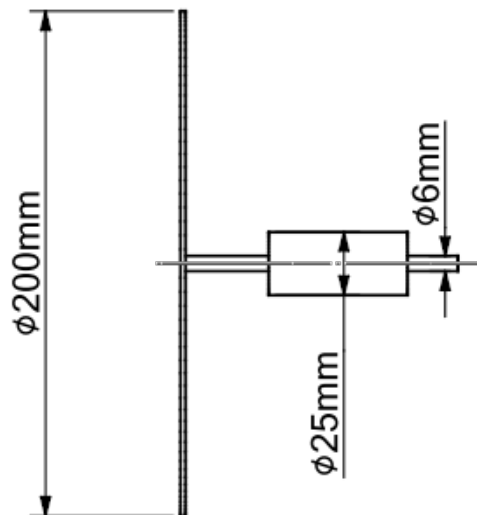


ITEM NO.	PART NUMBER	QTY
1	SUPORTE PRINCIPAL	1
2	BASE	1
3	CAIXA	1
4	DISCO	1
5	MANCAL	1
6	ENCODER	1
7	BASE ELETROIMÃ	1
8	ELETROIMÃ	1
9	PARAFUSO 1	4
10	PARAFUSO 2	2
11	PARAFUSO 3	1
12	HASTE DE FIXAÇÃO DO EIXO	2
13	EIXO RODA	1
14	ARRUELA	6
15	PORCA	1
16	CAIXA ELETRONICOS	1
17	REGULADOR TENSÃO	1
18	MOSFET IRF520	1
19	ESP32	1
20	FONTE	1
21	ENCAIXE RODA DIANTEIRA	1

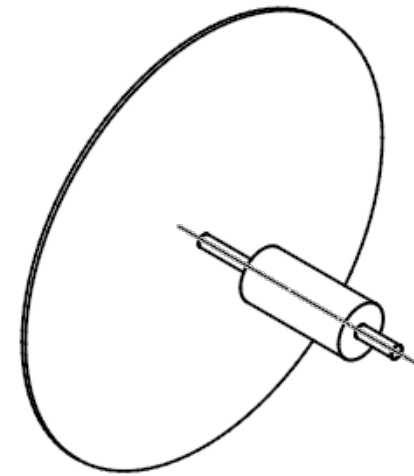
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

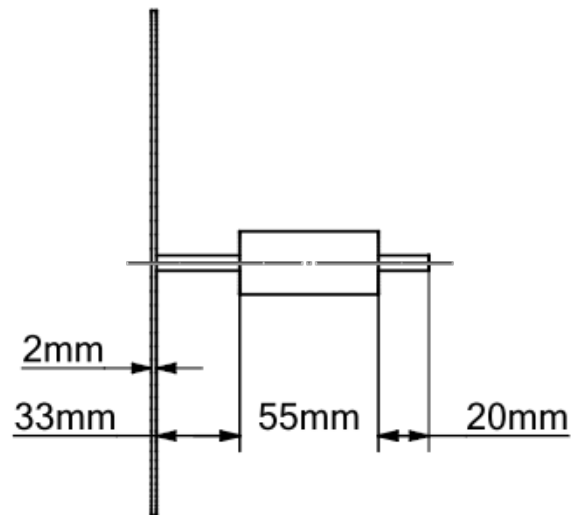
TAM A4	SEMESTRE 2022 / 2	VISTA EXPLODIDA COMPONENTES Gustavo Souza Carvalho	REV
ESCALA 1:5	Nº DESENHO	1	FOLHA 1 DE 1



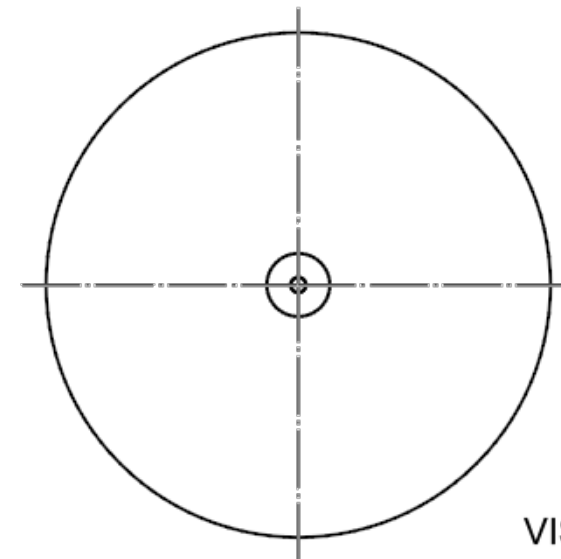
VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL



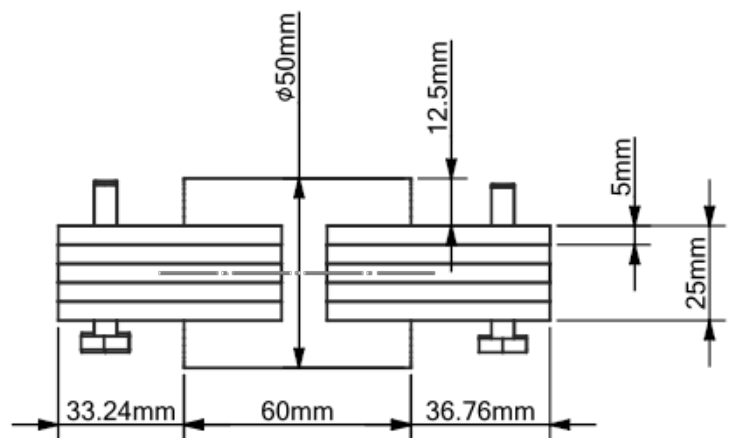
VISTA LATERAL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

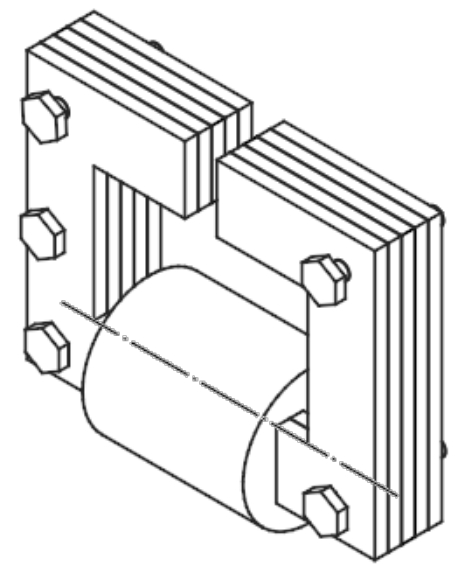
PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

TAM	SEMESTRE	DISCO		REV
A4	2022 / 2	Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo		2

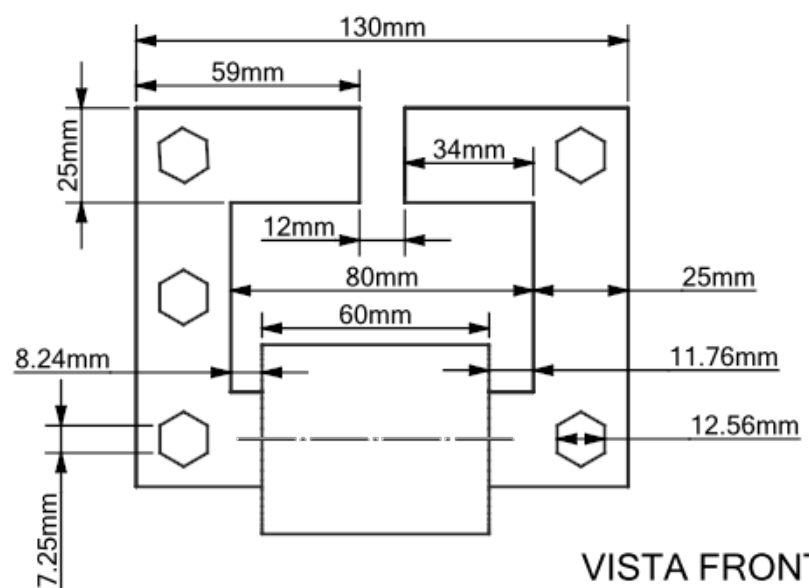
ESCALA 1:3	N° DESENHO 2	MATERIAL AÇO 1020	3 DIEDRO
------------	--------------	-------------------	----------



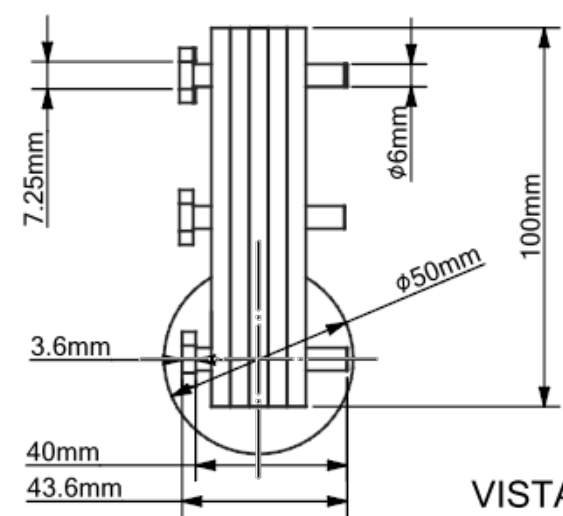
VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA

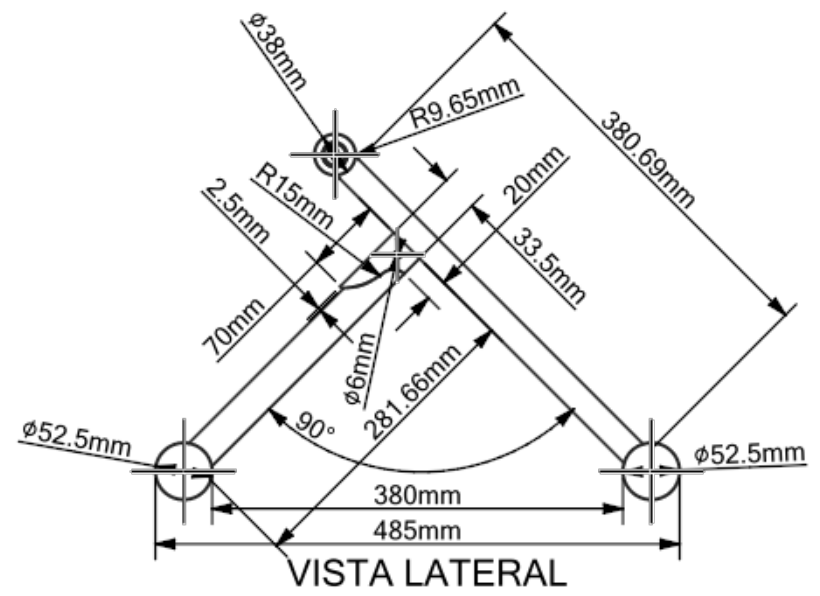
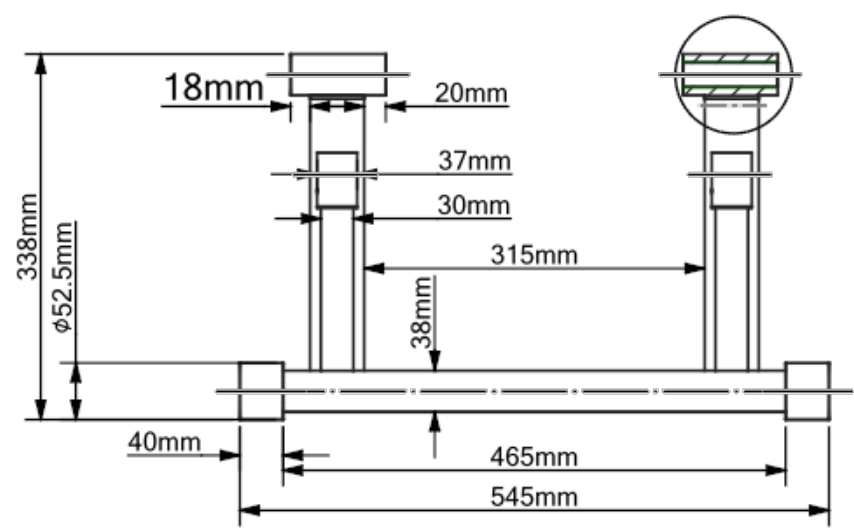
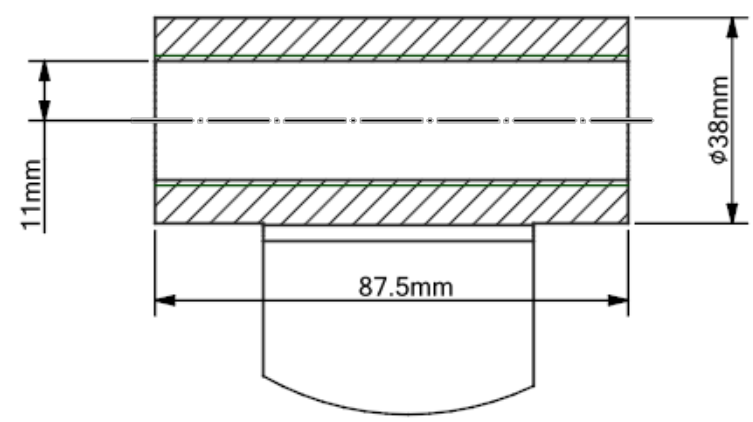
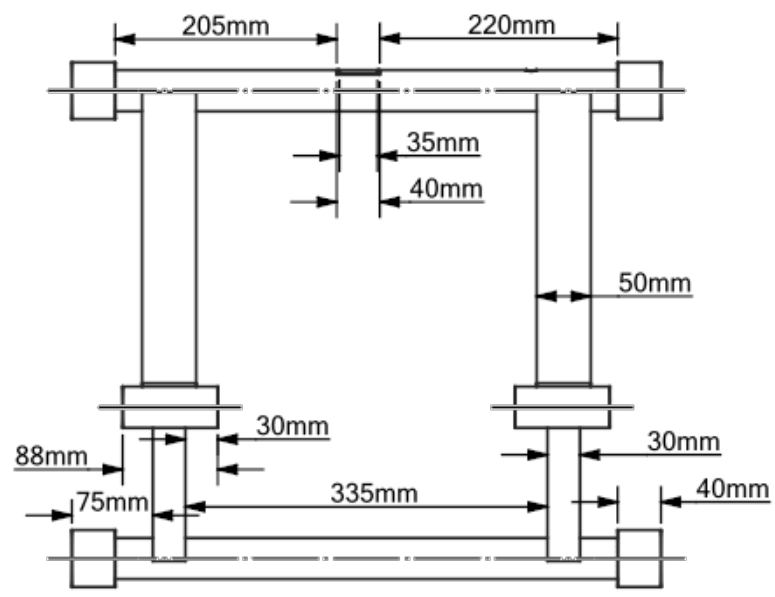


VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA			
PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN			
TAM A4	SEMESTRE 2022 / 2	ELETROÍMÃ	REV 2
Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo		ESCALA 1:2	Nº DESENHO 3 MATERIAL AÇO 1020 3 DIEDRO

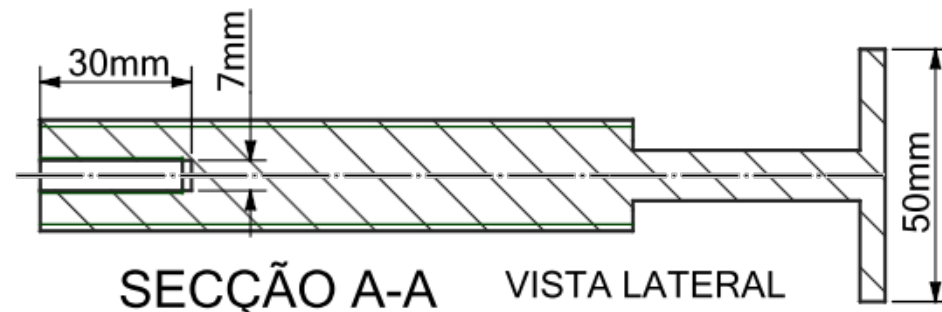
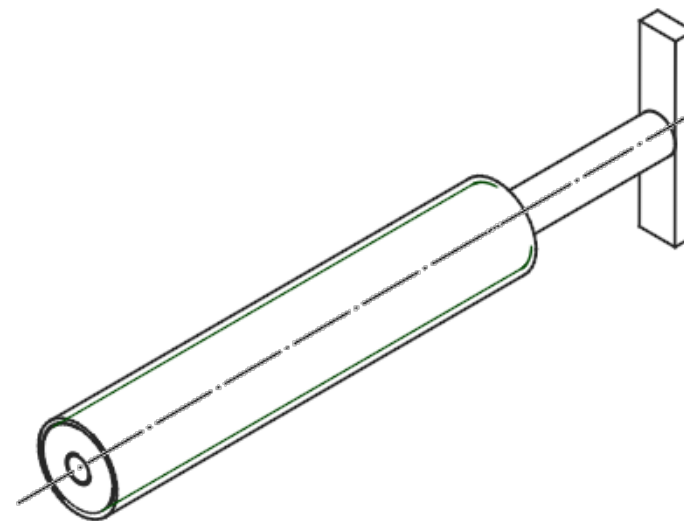
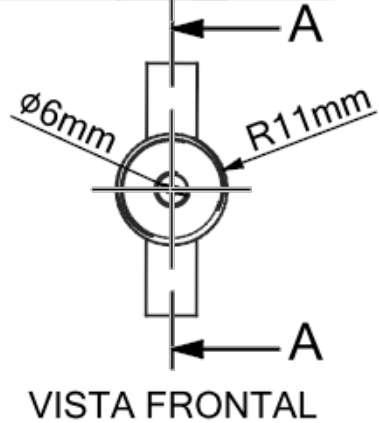
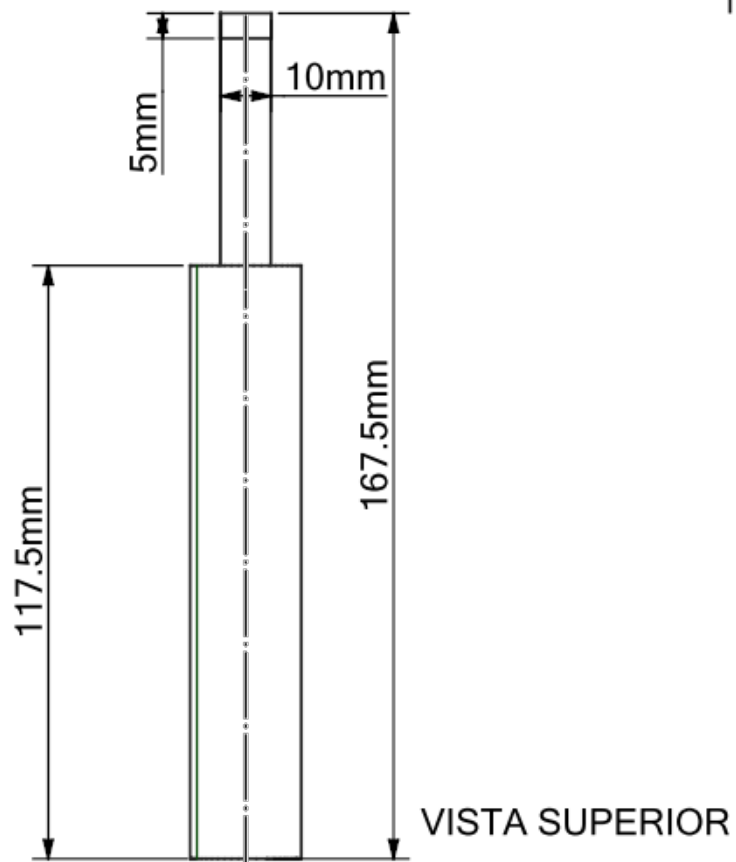


UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

TAM A4	SEMESTRE 2022 / 2	SUPORTE PRINCIPAL Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo	REV 2
-----------	----------------------	---	----------

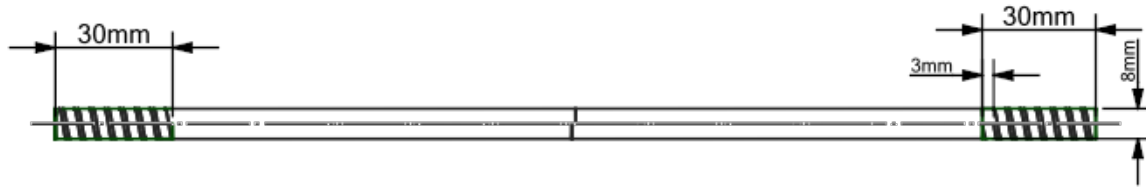
ESCALA 1:7	Nº DESENHO 4	MATERIAL AÇO 1020	3 DIEDRO
------------	--------------	-------------------	----------



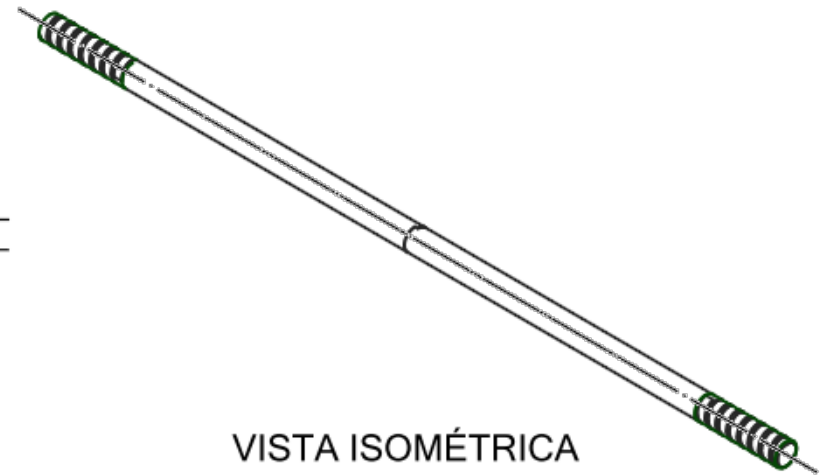
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

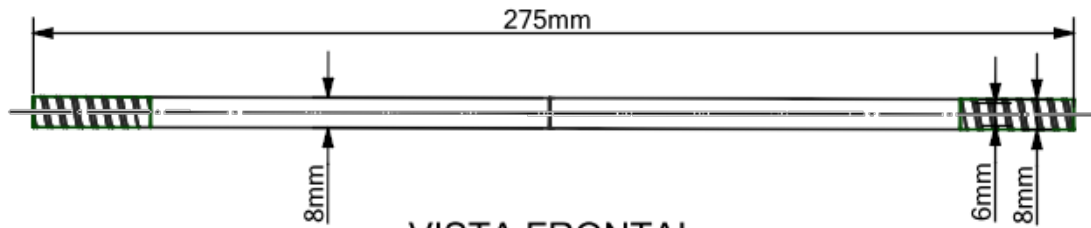
TAM A4	SEMESTRE 2022 / 2	HASTE DE FIXAÇÃO EIXO Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo	REV 2
ESCALA 2:3	Nº DESENHO 5	MATERIAL AÇO 1020	3 DIEDRO



VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL



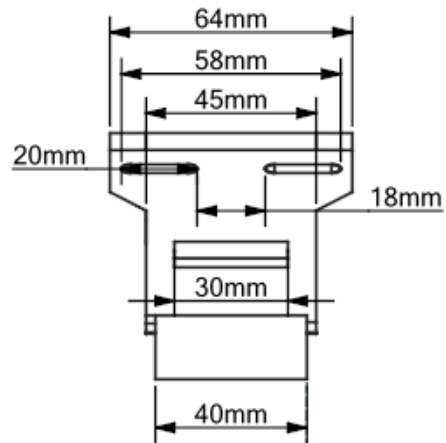
VISTA LATERAL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

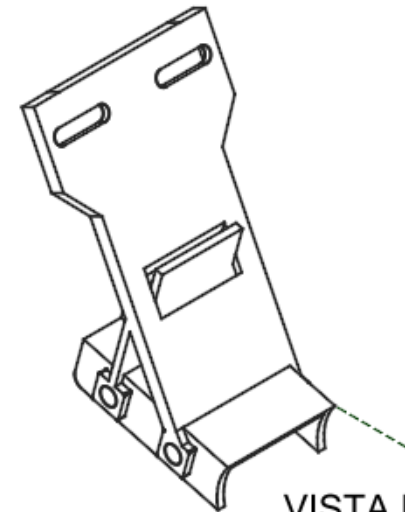
PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

TAM	SEMESTRE	EIXO RODA		REV
A4	2022 / 2	Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo		2

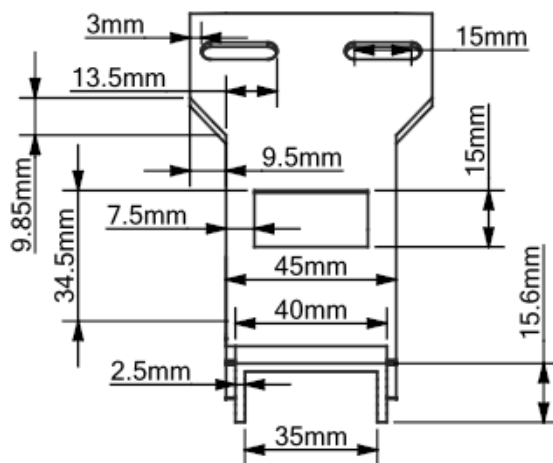
ESCALA 1:2	N° DESENHO 6	MATERIAL AÇO 1020	3 DIEDRO
------------	--------------	-------------------	----------



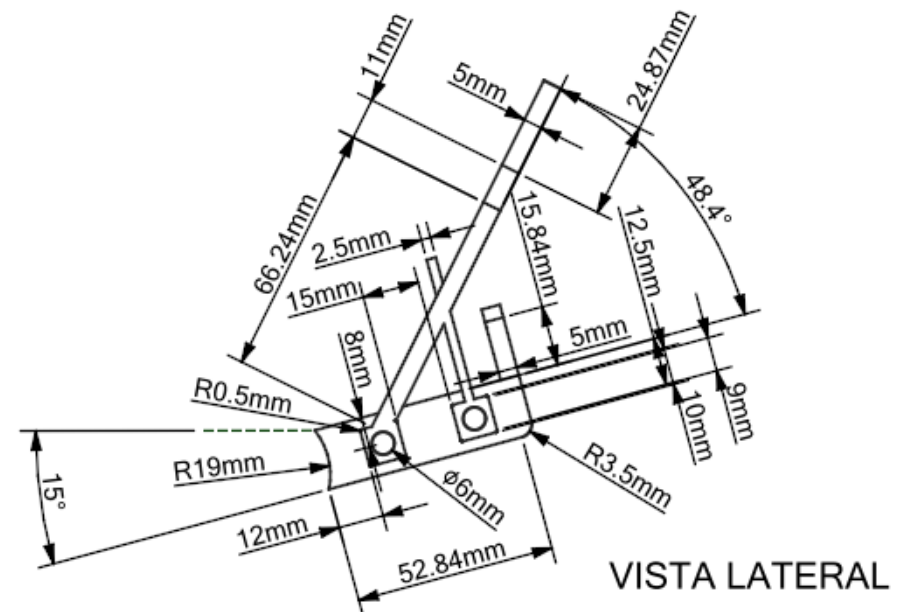
VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL



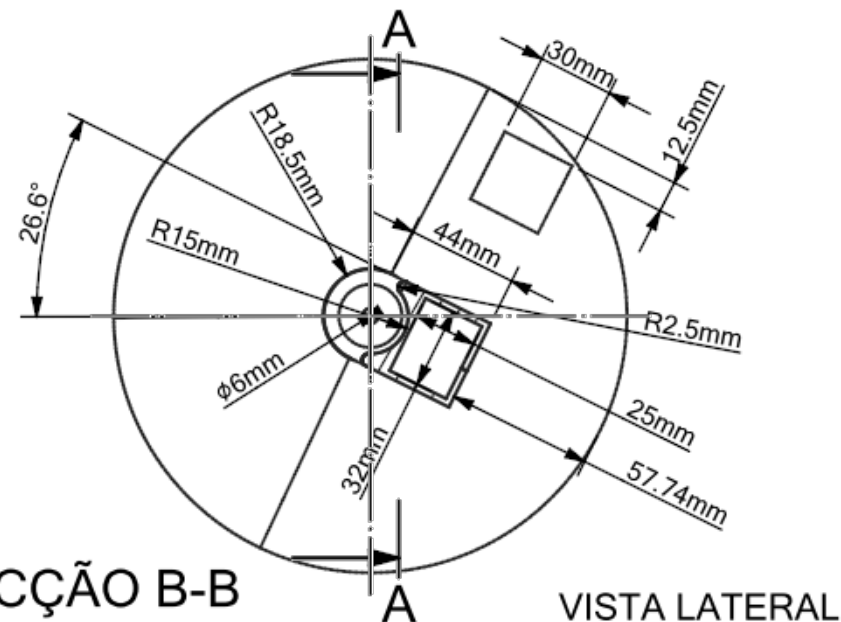
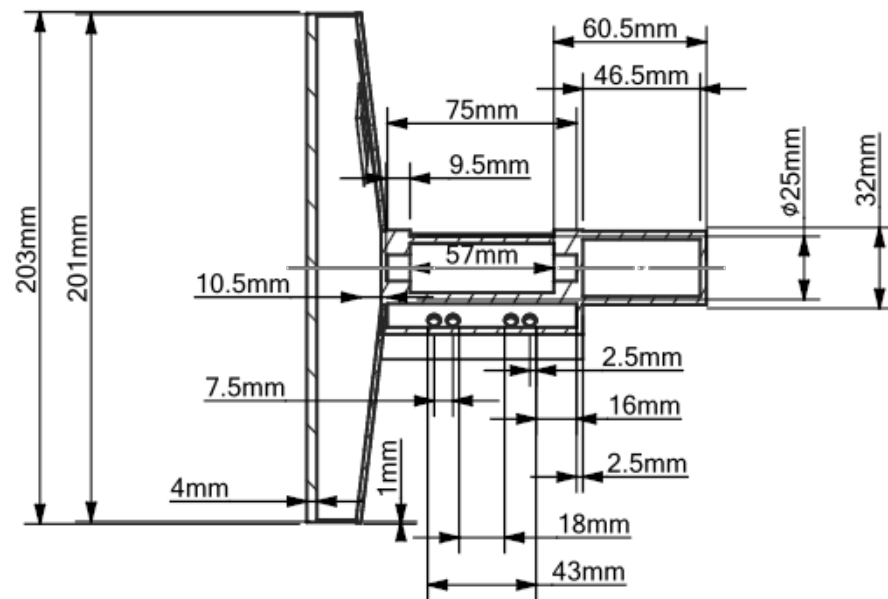
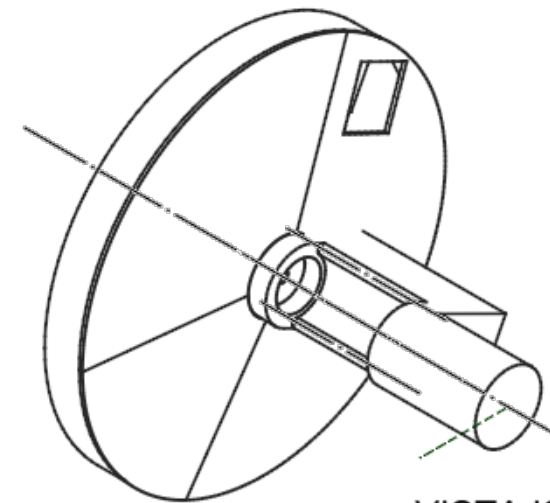
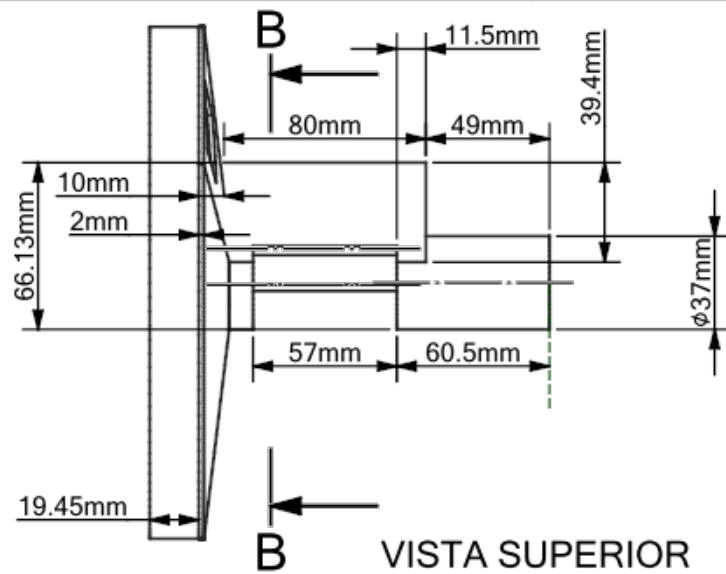
VISTA LATERAL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

TAM	SEMESTRE	BASE		REV
A4	2022 / 2	Des: Gustavo Souza Carvalho	Rev: Vinicius Bueno Macedo	2

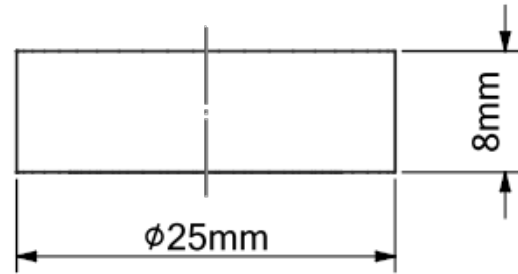
ESCALA 1:2	Nº DESENHO 7	MATERIAL AÇO 1020	3 DIEDRO
------------	--------------	-------------------	----------



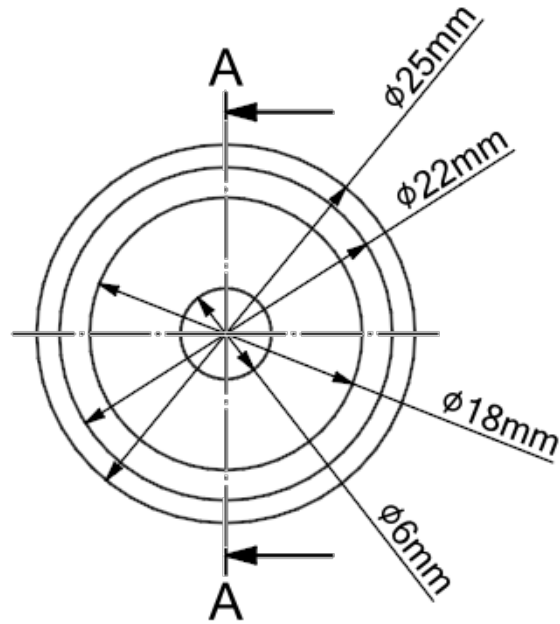
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

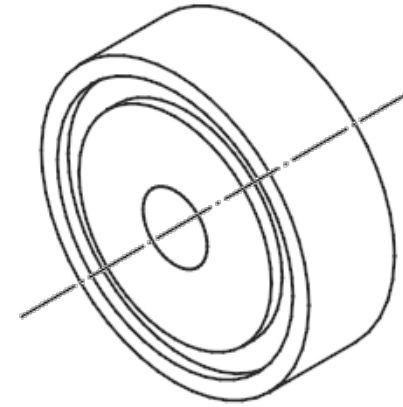
TAM		SEMESTRE		CAIXA		REV
A4		2022 / 2		Des: Gustavo Souza Carvalho	Rev: Vinicius Bueno Macedo	2
ESCALA 1:3		Nº DESENHO 8	MATERIAL POLIETILENO		3 DIEDRO	



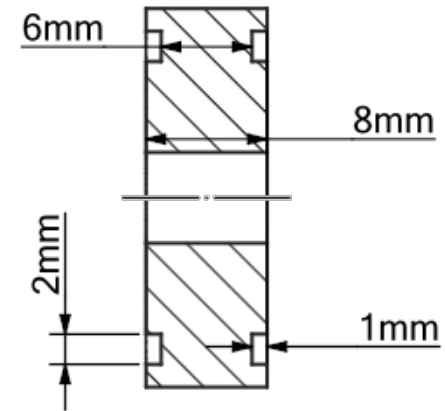
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA ISOMÉTRICA

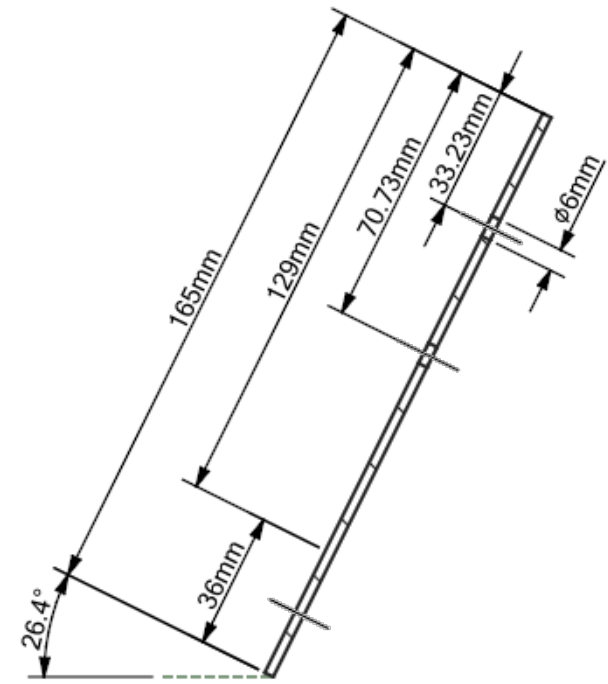
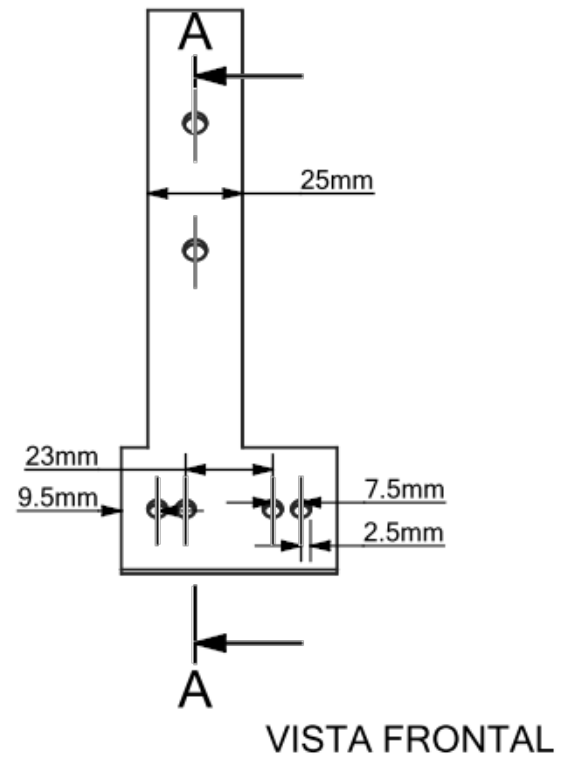
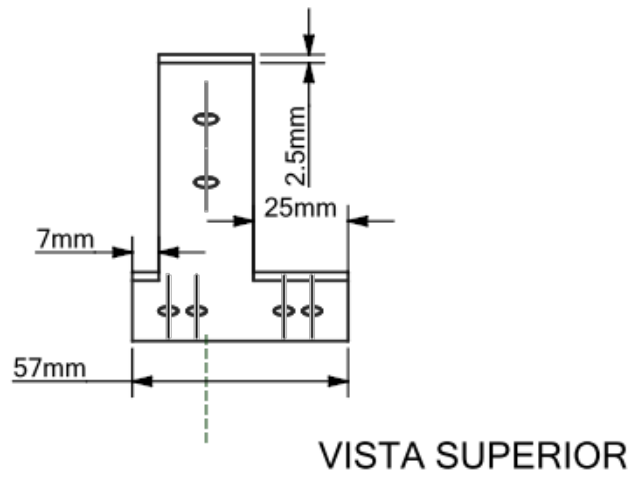


SECÇÃO A-A
VISTA LATERAL

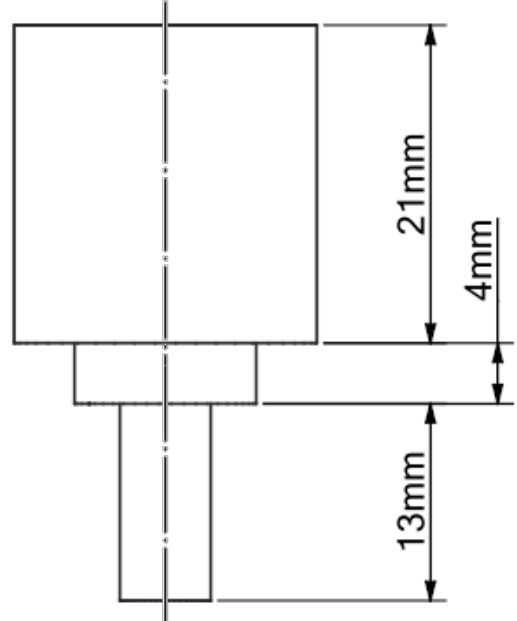
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

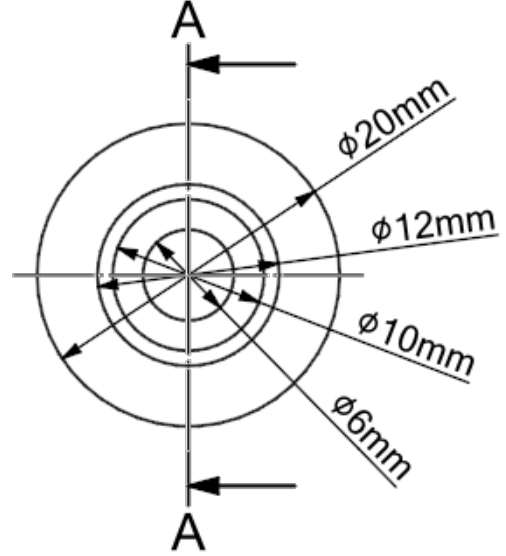
TAM	SEMESTRE	MANCAL		REV
A4	2022 / 2	Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo		2
ESCALA 2:1		Nº DESENHO 9	MATERIAL AÇO 1020	3 DIEDRO



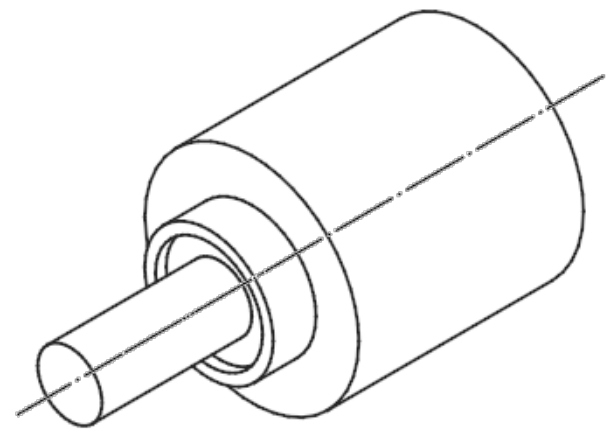
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA			
PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN			
TAM A4	SEMESTRE 2022 / 2	BASE ELETROÍMÃ Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo	REV 2
ESCALA 1:2	Nº DESENHO 10	MATERIAL AÇO 1020	3 DIEDRO



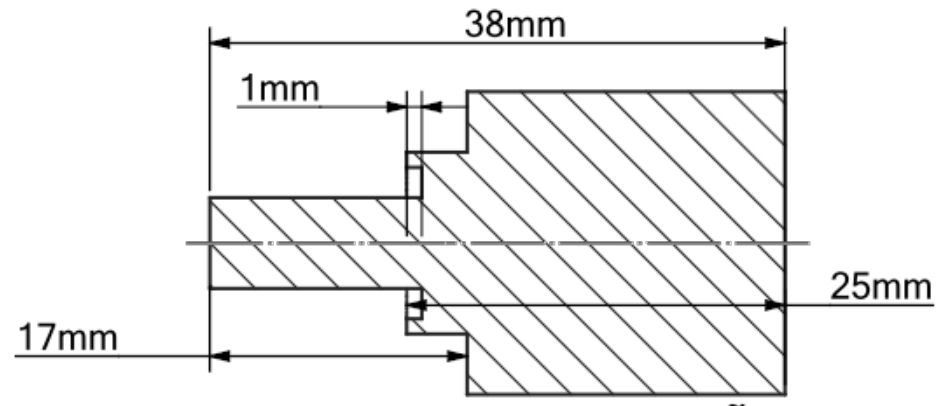
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



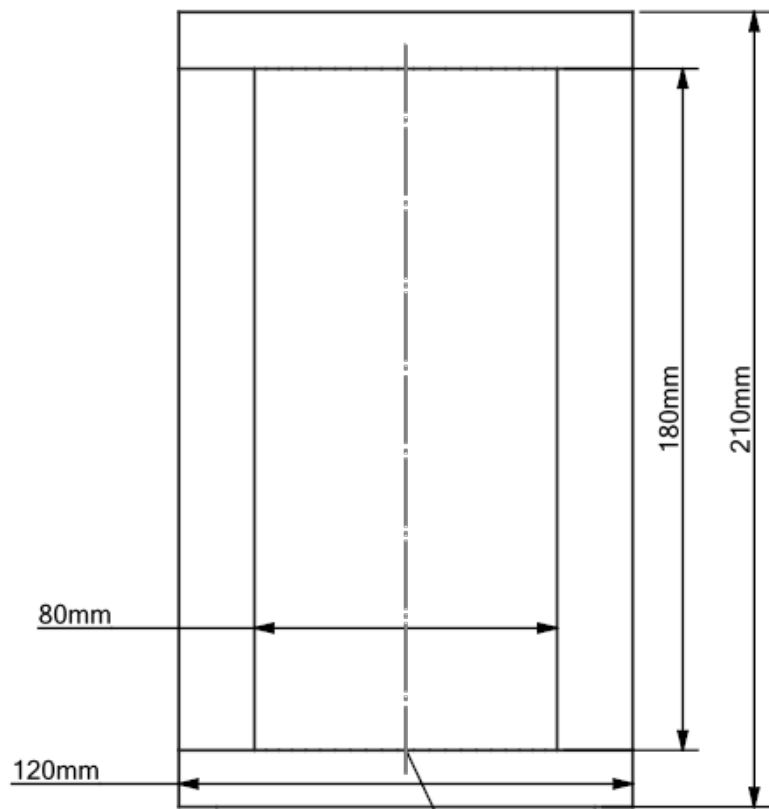
VISTA ISOMÉTRICA



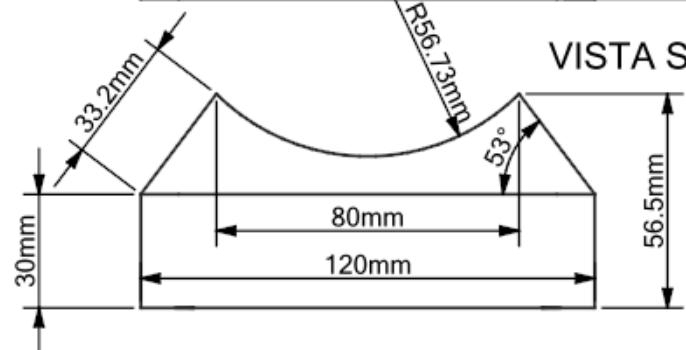
VISTA LATERAL

SECÇÃO A-A

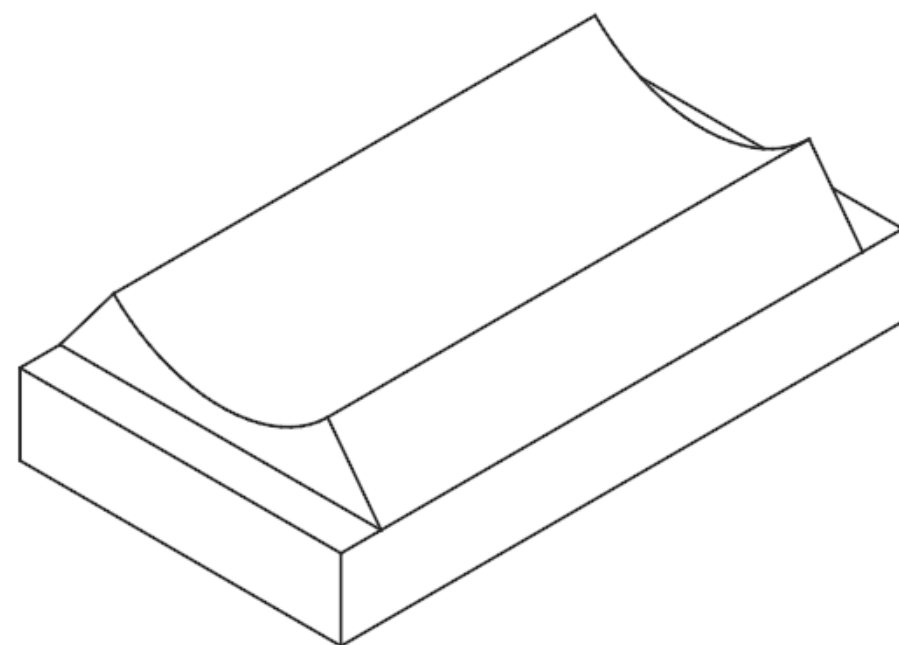
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA			
PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN			
TAM A4	SEMESTRE 2022 / 2	ENCODER Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo	REV 2
ESCALA 2:1	Nº DESENHO 11	MATERIAL AÇO 1020	3 DIEDRO



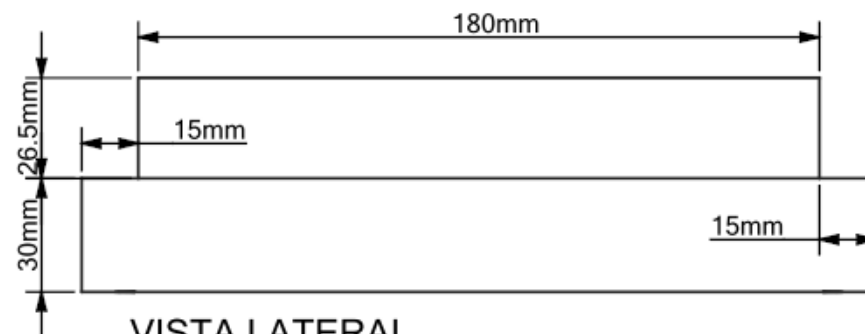
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

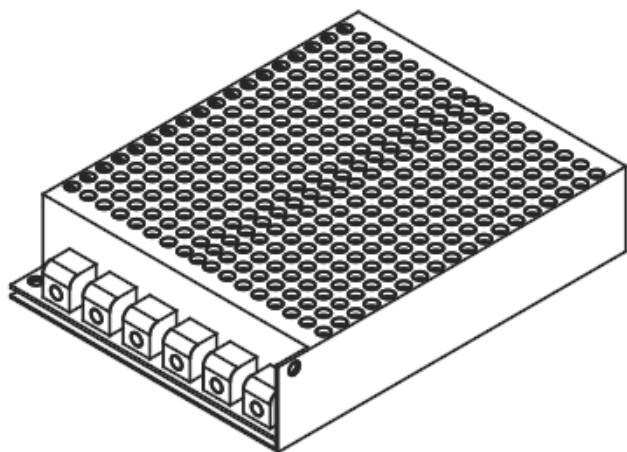


VISTA ISOMÉTRICA

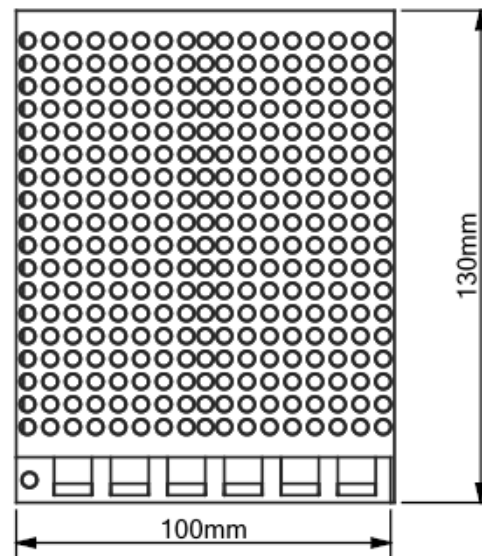


VISTA LATERAL

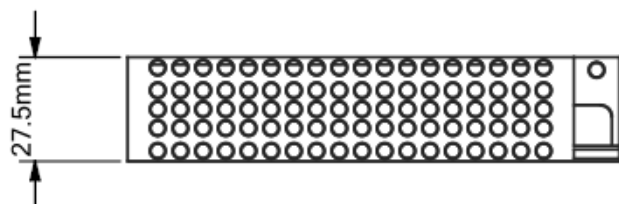
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA			
PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN			
TAM A4	SEMESTRE 2022 / 2	ENCAIXE RODA DIANTEIRA Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo	REV 2
ESCALA 1:2	Nº DESENHO 12	MATERIAL POLIETILENO	3 DIEDRO



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL

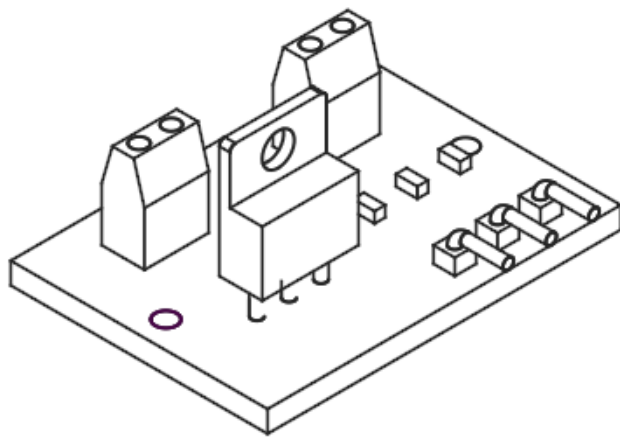


VISTA FRONTAL

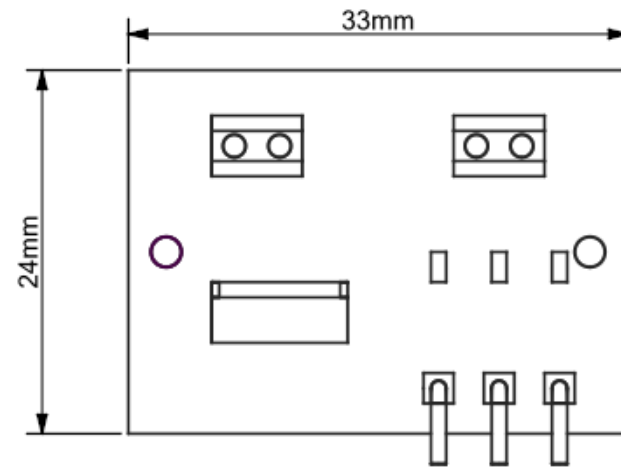
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

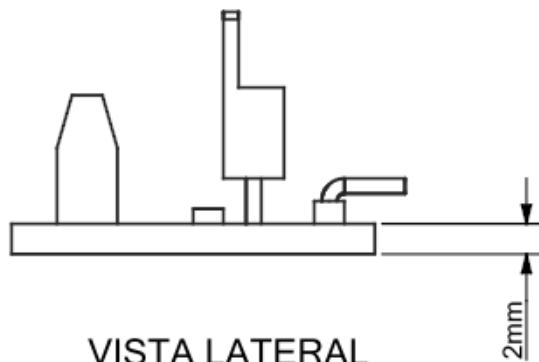
TAM	SEMESTRE	FONTE		REV
A4	2022 / 2	Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo		2
ESCALA 1:2		Nº DESENHO 13	MATERIAL ELETRÔNICO	3 DIEDRO



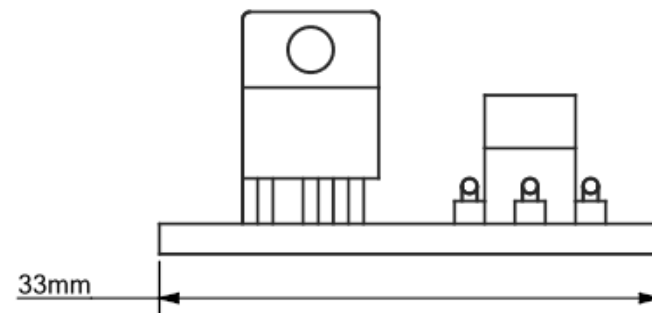
VISTA ISOMÉTRICA



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



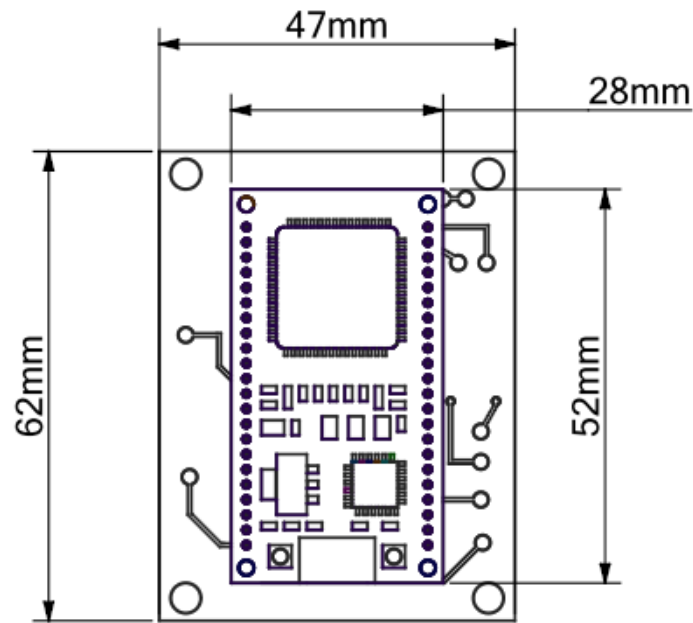
VISTA FRONTAL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

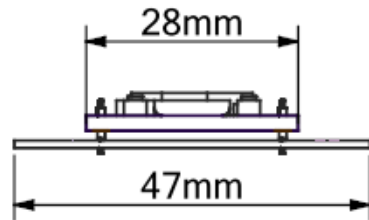
PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

TAM	SEMESTRE	MOSFET		REV
A4	2022 / 2	Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo		2

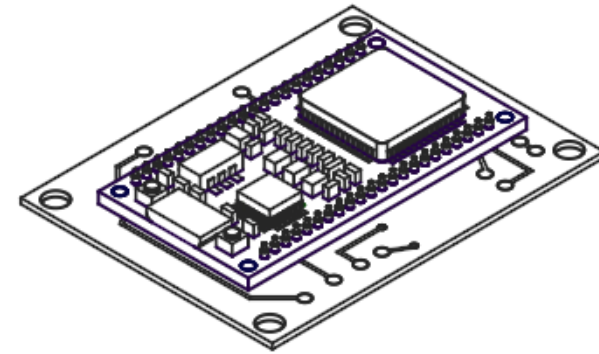
ESCALA 2:1	Nº DESENHO 14	MATERIAL ELETRÔNICO	3 DIEDRO
------------	---------------	---------------------	----------



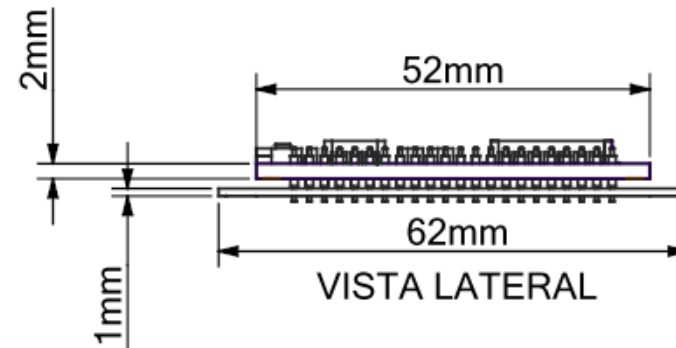
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA ISOMÉTRICA



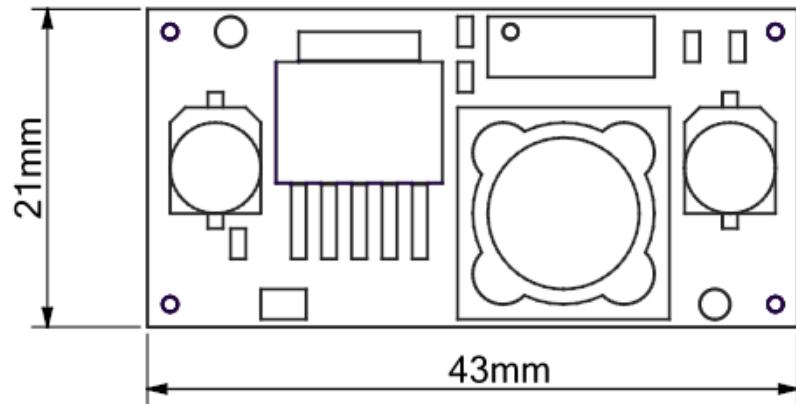
VISTA LATERAL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

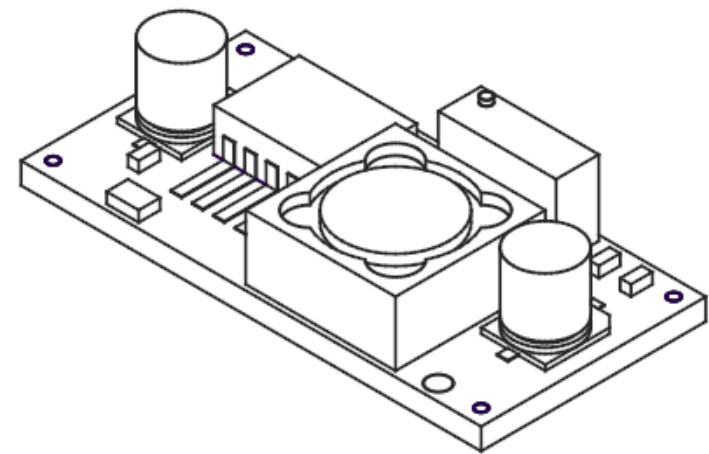
PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

TAM	SEMESTRE	ESP32		REV
A4	2022 / 2	Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo		2

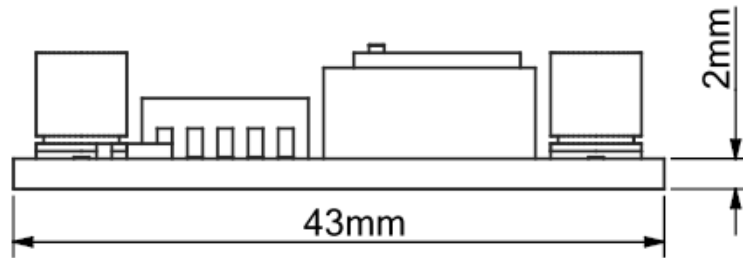
ESCALA 1:1	N° DESENHO 15	MATERIAL ELETRÔNICO	3 DIEDRO
------------	---------------	---------------------	----------



VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROJETO INTEGRADOR 2 - SPIN

TAM A4	SEMESTRE 2022 / 2	REGULADOR DE TENSÃO Des: Gustavo Souza Carvalho Rev: Vinicius Bueno Macedo	REV 2
-----------	----------------------	---	----------

ESCALA 2:1	Nº DESENHO 16	MATERIAL ELETRÔNICO	3 DIEDRO
------------	---------------	---------------------	----------

APÊNDICE C – Diagrama de integração

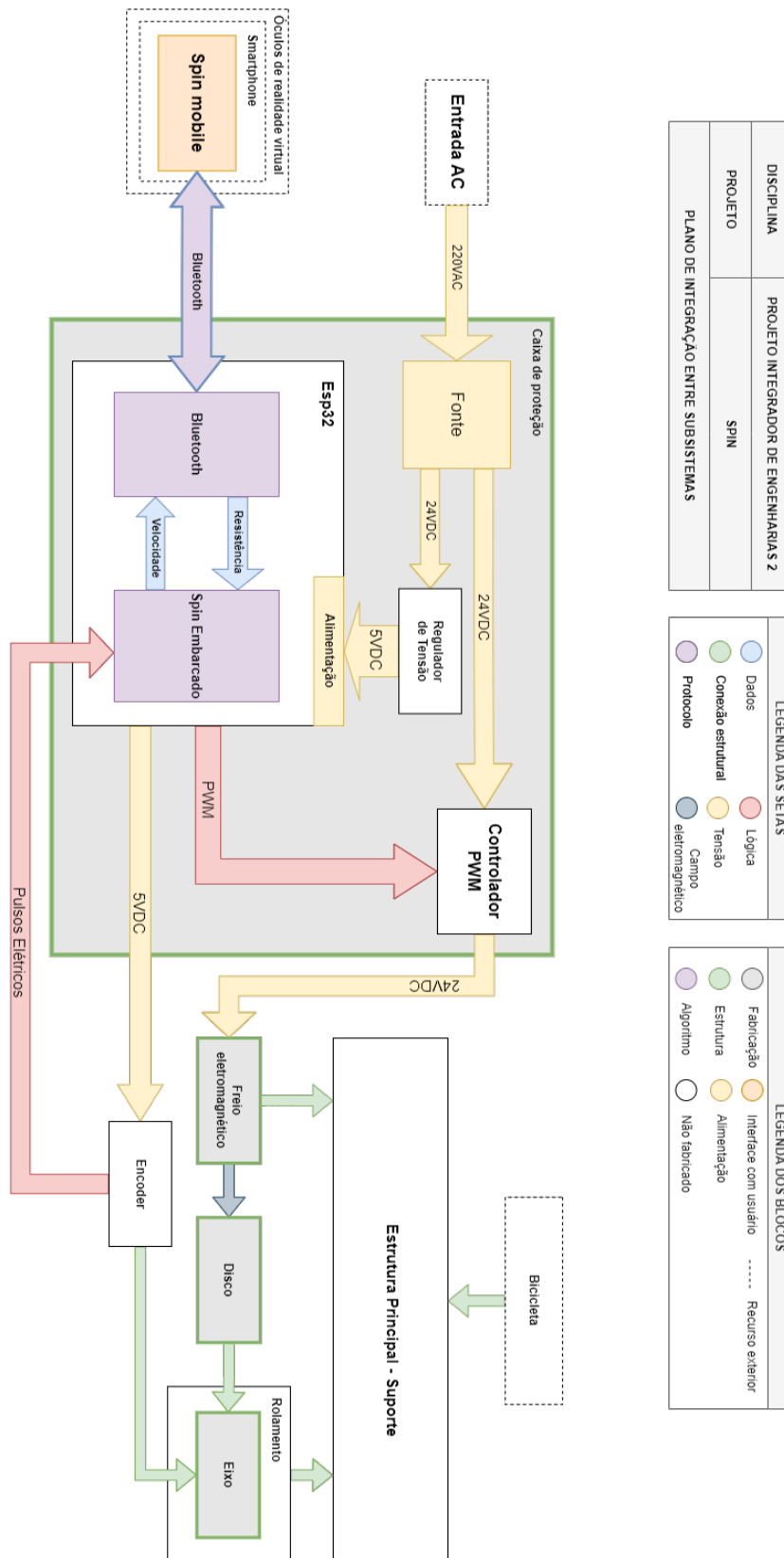


Figura 78 – Diagrama de Integração

APÊNDICE D – Desenvolvimento Ágil

Para o planejamento e definição do processo de desenvolvimento do produto, foi levando uma série de artefatos que, juntos, descrevem a visão do produto traduzida na implementação por parte da equipe de desenvolvedores.

D.0.0.1 Product Backlog

O backlog do produto se trata de um conjunto de requisições do cliente e de pendências que serão implementadas no produto pela equipe de desenvolvimento. Os itens que compõem o backlog, geralmente, são as histórias de usuário que podem estar organizado para possuir muitos graus de granularidade sempre e, assim, facilitando e promovendo entregas e iterações de qualidade.

D.0.0.1.1 Épicos

Um épico determina um conjunto de *features* que precisam ser desenvolvidas e tem o objetivo de realizar um Tema, o qual seria um grau de granularidade superior que englobaria um conjunto de épicos.

Tabela 24 – Épicos - Backlog

Épicos	
ID	Nome
EP01	Comunicação
EP02	Controle
EP03	Usuário
EP04	Simulação
EP05	Gamificação

D.0.0.1.2 Features

Uma *Feature* é um serviço que atende a uma necessidade das partes interessadas. Cada recurso inclui uma hipótese de benefício e critérios de aceitação. Determina um conjunto de histórias de usuário que precisam ser implementadas e satisfeitas, visando realizar um épico.

Tabela 25 – Features - Backlog

Features	
ID	Descrição
FT01	Pareamento Bluetooth
FT02	Envio de parâmetros
FT04	Aplicação da resistência
FT05	Acesso
FT06	Perfil
FT07	Histórico
FT08	Realização
FT09	Progresso e monitoramento
FT10	Pontuação
FT11	Ranking
FT12	Premiação

D.0.0.1.3 User Stories

Descrito pela perspectiva do usuário final, uma *User Stories* determina um objetivo final do mesmo na utilização de funcionalidades da aplicação desenvolvida. Esse item é a menor unidade de trabalho de forma com que a implementação precise satisfazê-la.

Tabela 26 – User Stories - Backlog

User Stories	
ID	Descrição
US01	Eu, como Spin mobile, devo encontrar e me conectar com o dispositivo Spin para estabelecer a comunicação via bluetooth em tempo real.
US02	Eu, como Spin mobile, durante a realização da simulação, devo enviar em tempo real ao dispositivo Spin o valor da resistência a ser aplicada no rolamento.
US03	Eu, como Spin embarcado, devo enviar em tempo real ao Spin mobile a velocidade do rolamento para ela ser utilizada na aplicação.
US04	Eu, como Spin embarcado, devo converter o valor da resistência a ser aplicada em sinal elétrico para que seja controlado o atuador eletromagnético.
US05	Eu, como Spin embarcado, devo enviar os sinais elétricos ao atuador eletromagnético para que seja aumentada ou diminuída a intensidade do campo aplicado no rolamento.
US06	Eu, como usuário, gostaria de me cadastrar na plataforma para conseguir utilizar o Spin.
US07	Eu, como usuário, gostaria de realizar o login e logout no Spin mobile para conectar e desconectar a minha seção no app
US08	Eu, como usuário, gostaria de remover o meu cadastro na plataforma para deixar de utilizar o Spin.
US09	Eu, como usuário, gostaria de editar os meus dados registrados no Spin para atualizar a minha situação.
US10	Eu, como usuário, gostaria de modificar a skin do meu personagem e bicicleta para personalizar a minha simulação
US11	Eu, como usuário, gostaria de ter uma listagem com todos os meus treinos realizados no Spin para ter acesso a seus detalhes.
US12	Eu, como usuário, gostaria de acessar as informações de um treino em específico para visualizar a minha performance no mesmo.
US13	Eu, como usuário, gostaria de selecionar um mapa conforme a sua dificuldade para iniciar a simulação.
US14	Eu, como Spin mobile, antes de iniciar a simulação, devo colher do usuário a informação sobre o aro da bicicleta utilizada para fins de conversões e cálculos.
US15	Eu, como Spin mobile, devo renderizar o mapa e o personagem selecionado pelo usuário para realizar a simulação em realidade virtual.
US16	Eu, como usuário, gostaria de entrar em um mapa multiplayer para realizar a simulação juntamente com outros usuários conectados.
US17	Eu, como Spin mobile, devo mostrar a animação do movimento do personagem quando o usuário pedalar para percorrer o mapa do circuito.
US18	Eu, como Spin mobile, devo calcular as forças atuantes no movimento conforme as características do circuito e do usuário para definir o valor da resistência.
US19	Eu, como Spin mobile, devo mostrar a animação do personagem inclinado quando o usuário fizer o mesmo.
US20	Eu, como Spin mobile, devo mostrar a distância percorrida, a altitude, a velocidade e o cronometro para o usuário acompanhar o seu progresso no circuito.
US21	Eu, como Spin mobile, devo mostrar a potencia gerada, a frequência cardíaca e o RPM da roda para o usuário monitorar esses aspectos.
US22	Eu, como usuário, gostaria de ver um resumo do meu progresso ao final do circuito para observar o meu desempenho.
US23	Eu, como usuário, gostaria de pausar e finalizar o circuito a qualquer momento da simulação para ter um maior controle sobre a atividade.
US24	Eu, como Spin mobile, devo alertar o usuário caso sua frequência cardíaca esteja se aproximando do limite seguro para fins de atenção.
US25	Eu, como Spin mobile, devo interromper a simulação caso a frequência cardíaca do usuário ultrapasse o limite seguro para garantir a sua segurança.
US26	Eu, como Spin mobile, devo ofertar um sistema de pontuação aos usuários conforme metas definidas em circuitos para incentivar o usuário a obter as premiações.
US27	Eu, como Spin mobile, devo categorizar os usuários pela média da razão entre a sua potencia gerada e seu peso (W/Kg) para montar rankings de usuários
US28	Eu, como usuário, gostaria de ganhar skins de personagem e bicicleta como premiação pela obtenção de pontos e avanço no rank.

D.0.0.2 Priorização

Para buscar identificar quais *Users Stories* geram mais valor para o produto, usamos a metodologia *First-Things-First* para estabelecer a priorização da implementação do software.

O *First-Things-First* é uma técnica de priorização utilizada baseada em custo, valor e risco dos requisitos de um projeto. A ideia é estabelecer uma ordem de prioridades na hora em que se fará a implementação de algumas funcionalidades, utilizando, então, o valor, custo e risco para se avaliar o impacto dessas implementações.

Tabela 27 – User Stories - Priorização

US	Prioridade	Status
US01	2,362	Obrigatório
US03	1,865	
US14	1,693	
US02	1,540	
US04	1,213	
US05	1,213	
US22	1,219	
US13	1,143	
US23	0,974	
US18	0,899	
US24	0,889	
US25	0,889	
US15	0,816	
US09	0,820	
US20	0,807	
US21	0,807	
US27	0,642	
US17	0,610	Dispensável
US11	0,525	
US12	0,525	Não será implementado
US26	0,250	
US06	0,214	
US07	0,214	
US08	0,214	
US19	0,138	
US10	0,073	
US16	0,071	
US28	0,071	

D.0.0.3 Roadmap

A definição do *Roadmap* irá ilustrar, em caráter cronológico, qual será o caminho da implementação da solução do problema. Foi separado pelas sprints do projeto, todas as *User Storys* mapeadas.

Tabela 28 – User Stories - Roadmap

Roadmap	
Sprint 1	US01
	US09
	US13
	US14
Sprint 2	US15
	US03
	US18
	US02
Sprint 3	US04
	US05
	US22
	US17
Sprint 4	US20
	US21
	US27
Sprint 5	US23
	US24
	US25
Sprint 6	US11
	US12

APÊNDICE E – Pontos Notáveis do Código

E.1 Spin Mobile

- Classe genérica para o comportamento dos objetos interativos (Botões): [InteractiveObject](#)
- Condicional que verifica como se dará o comportamento da camera, sendo no editor da Unity, controlada pelo mouse, ou não, controlada pela RV: [CameraPointer.cs](#)
- Classe para controlar a reticula guia da direção do olhar do usuário: [ReticleControl.cs](#)
- Classe para controle e validação dos inputs de informações do usuário: [AddInfoManager.cs](#)
- Classe cuja instancia será o Singleton controlador geral da aplicação: [GeneralController.cs](#)
- Método que garante a persistencia do Singleton: [GeneralController.Awake\(\)](#)
- Classe referente ao historico do usuário: [History.cs](#)
- Classe que controla o comportamento do personagem na simulação: [PlayerController.cs](#)
- Método que inicia os parametros do usuário no personagem ao iniciar a simulação: [PlayerControlelr.Start\(\)](#)
- Método que atualiza a simulação 30 vezes por segundo: [PlayerController.FixedUpdate\(\)](#)
- Método que define o movimento do personagem na simulação dentro da rota definida: [PlayerController.MovePlayer\(\)](#)
- Comando para envio da resistência que deve ser aplicada, a qual foi calculada logo a cima: [PlayerController.cs:line95](#)
- Comando para receber a velocidade empregada pelo usuário na bicicleta: [PlayerController.cs:line97](#)
- Comando para atualizar a velocidade, já convertida nas linhas anteriores, na apresentação ao usuário na simulação: [PlayerController.cs:line111](#)
- Classes que implementam o State Machine: [StateMachine](#)

APÊNDICE F – Auto Avaliação dos Integrantes - PC1

Tabela 29 – Tabela autoavaliação dos integrantes - PC1

Nome	Contribuição
Allan César	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvedor de estruturas • Idealizador da proposta de estrutura em conjunto com a equipe • Aplicação das figuras da introdução • Levantamento de normas técnicas em conjunto com a equipe • Desenvolvimento dos requisitos de estrutura em conjunto com a equipe • Escrita da documentação do projeto • Revisão da Identificação de Soluções Comerciais • Desenvolvimento do Levantamento de Riscos • Desenvolvimento do Cronograma
Ana Kaline	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvedora de Eletrônica • Idealizadora da proposta de Eletrônica em conjunto com a equipe • Desenvolvimento dos Objetivos Específicos • Levantamento das Normas Técnicas

Antonio Ruan	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do Diagrama de Casos de Uso
Bruno Félix	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento do Diagrama de Estados• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento dos requisitos de software em conjunto com a equipe• Aprimorou documentação das ferramentas
Daniel Porto	<ul style="list-style-type: none">• Coordenador geral• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento da EAP geral• redação do conceito• definição das frentes de trabalho• Especificação do problema• desenvolvimento do cronograma• Levantamento dos requisitos gerais• Levantamento dos requisitos específicos• delegação de atividades• ajustes da redação final do relatório

Enzo Gabriel	<ul style="list-style-type: none">• Diretor técnico de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do diagrama de casos de uso• Desenvolvimento do EAP• Aprimoramento dos riscos do projeto
Guilherme Rezende	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de estruturas• Idealizador da proposta de estrutura em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do EAP• Desenvolvimento dos requisitos de estrutura em conjunto com a equipe
Gustavo Insua	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Eletrônica• Idealizador da proposta de Eletrônica em conjunto com a equipe• Levantamento dos componentes eletrônicos em conjunto com a equipe

Gustavo Souza	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de estruturas• Idealizador da proposta de estrutura em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do desenho CAD• Desenvolvimento dos requisitos de estrutura em conjunto com a equipe
Kleidson Alves	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do Diagrama de Estados
Lucas Rodrigues	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do Diagrama de Arquitetura de Software
Matheus Henrique	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Eletrônica• Idealizador da proposta de Eletrônica em conjunto com a equipe• Desenvolvimento da EAP de Eletrônica• Realização da pesquisa de mercado• Desenvolvimento dos Objetivos Gerais

Matheus Oliveira	<ul style="list-style-type: none">• Diretor Técnico de Eletrônica• Idealizador da proposta de Eletrônica em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do TAP• Desenvolvimento do fluxograma de funcionamento do sistema eletrônico• Levantamento dos componentes eletrônicos em conjunto com a equipe• Direção da montagem do sistema eletrônico• Direção dos testes e integração entre os sistemas eletrônico e <i>software</i>• Direção dos testes e integração entre os sistemas eletrônico e <i>estruturas</i>
Peniel Etèmana	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do Diagrama de Arquitetura de Software

Vinícius Bueno	<ul style="list-style-type: none">• Diretor Técnico de estruturas• Idealizador da proposta de estrutura em conjunto com a equipe• Aplicação das referências no documento• Levantamento de normas técnicas em conjunto com a equipe• Desenvolvimento dos requisitos de estrutura em conjunto com a equipe• Escrita da documentação do projeto
----------------	---

APÊNDICE G – Auto Avaliação dos Integrantes - PC2

Tabela 30 – Tabela autoavaliação dos integrantes - PC2

Nome	Contribuição
Allan César	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvedor de estruturas • Idealizador da proposta de estrutura em conjunto com a equipe • Escrita da documentação do projeto • Idealização da solução do freio eletromagnético • CAD do freio eletromagnético • Montagem do MVP
Ana Kaline	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvedora de Eletrônica • Idealizadora da proposta de Eletrônica em conjunto com a equipe • Desenvolvimento dos Objetivos Específicos • Levantamento das Normas Técnicas • Resolução da análise de esforços • Levantamento de matéria prima • Calculos do freio eletromagnético • Revisão do relatório

Antonio Ruan	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Revisão do relatório• Levantamento das tecnologias
Bruno Félix	<ul style="list-style-type: none">• Backlog do produto• Priorização do backlog• Roadmap de software• Revisão do relatório• plano de integração

Daniel Porto	<ul style="list-style-type: none">• Coordenador geral• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• redação do conceito• correção do relatório conforme feedback• refatoração dos artefatos de software• Orçamentos• Levantamento de recursos• delegação de atividades• identidade visual• ajustes da redação final do relatório• plano de integração• Configuração do ambiente de desenvolvimento• diagrama de pacotes
Enzo Gabriel	<ul style="list-style-type: none">• Diretor técnico de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• protótipo de alta fidelidade
Guilherme Rezende	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de estruturas• Idealizador da proposta de estrutura em conjunto com a equipe• Montagem do MVP• ajustes do MVP

Gustavo Insua	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Eletrônica• Idealizador da proposta de Eletrônica em conjunto com a equipe• Levantamento dos componentes eletrônicos em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do projeto de componentes do subsistema Eletrônica• Realização de testes com os componentes de alimentação do subsistema Eletrônica.• Revisão do relatório
Gustavo Souza	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de estruturas• Idealizador da proposta de estrutura em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do desenho CAD• Resolução da análise de esforços• Responsável pelos Desenhos Técnicos Mecânicos

Kleidson Alves	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do Diagrama de Estados• Atualização do diagrama de caso de uso• Desenvolvimento da tela de inserção dos dados• Configuração do ambiente de desenvolvimento• diagrama de pacotes
Lucas Rodrigues	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do Diagrama de Arquitetura de Software• Solução para a utilização de Bluetooth no Unity• Pesquisa sobre utilização de VR em plataformas mobile• Atualização do diagrama de caso de uso
Matheus Henrique	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Eletrônica• Idealizador da proposta de Eletrônica em conjunto com a equipe• Realização da pesquisa de mercado• Desenvolvimento dos Objetivos Gerais• Realização da simulação eletromagnética

Matheus Oliveira	<ul style="list-style-type: none">• Diretor Técnico de Eletrônica• Idealizador da proposta de Eletrônica em conjunto com a equipe• Levantamento dos componentes eletrônicos em conjunto com a equipe• Desenvolvimento do projeto de componentes do subsistema Eletrônica• Realização de testes com a comunicação Bluetooth da ESP32• Realização de testes com o Encoder Rotativo Incremental• Levantamento do orçamento do subsistema Eletrônica• Revisão do relatório• plano de integração
Peniel Etèmãna	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Idealizador da proposta de software em conjunto com a equipe• Revisão do relatório• levantamento de bibliografia• solução para os testes com a esp32

Vinícius Bueno	<ul style="list-style-type: none">• Diretor Técnico de estruturas• Idealizador da proposta de estrutura em conjunto com a equipe• Aplicação das referências no documento• Levantamento de normas técnicas em conjunto com a equipe• Desenvolvimento dos requisitos de estrutura em conjunto com a equipe• Escrita da documentação do projeto• Resolução de força do ciclista• Resolução do fluxo de campo magnético• Resolução do número de espiras do eletroímã• Ajustes no Documento• Ajustes dos erros ortográficos e concordâncias• plano de integração
----------------	--

APÊNDICE H – Auto Avaliação dos Integrantes - PC3

Tabela 31 – Tabela autoavaliação dos integrantes - PC3

Nome	Contribuição
Allan César	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvedor de estruturas • Desenho CAD do suporte para o encoder • Escrita do detalhamento para integração de estrutura e eletrônica • Ajuste de erratas no documento • Montagem do MVP • Testagens • Criador e apresentador do vídeo propaganda
Ana Kaline	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustes no relatório • Testagens • levantamento de materiais para a caixa de componentes eletrônicos
Antonio Ruan	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do sistema de waypoint • Aplicação de conceitos físicos na simulação • Integração do Software • Testagens

Bruno Félix	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Software• Integração do Software• Testagens• Ajustes gerais Relatório
Daniel Porto	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento do mapa do circuito• Configuração da RV• Integração do software• Levantamento de recursos• Testagens• Atribuição de tarefas e responsabilidades
Enzo Gabriel	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento dos botões da garagem• Integração do Software• Testagens• Desenvolvimento do monitoramento dos dados do usuário durante o percurso
Guilherme Rezende	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Estruturas• Integração de Estruturas com Eletronica• Montagem e ajustes do MVP• Testagem

Gustavo Insua	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Eletrônica.• Integração com outros subsistemas.• Testes e ajustes
Gustavo Souza	<ul style="list-style-type: none">• Testagens• Ajustes nos desenhos técnicos
Kleidson Alves	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento da aplicação mobile• Revisor do código da aplicação do embarcado• Integração do Software• Testagens
Lucas Rodrigues	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de software• Testes de comunicação bluetooth entre os dispositivos mobile e embarcado• Integração do Software• Testagens
Matheus Henrique	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Eletrônica• Integração entre os subsistemas Eletrônica e Estrutura• Testagens

Matheus Oliveira	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvedor de Eletrônica.• Integração com outros subsistemas.• Testes e ajustes
Peniel Etèmana	<ul style="list-style-type: none">• Apoio na parte Embarcado (Eletrônica)• Desenvolvedor de Software• Integração do Software• Testagens
Vinícius Bueno	<ul style="list-style-type: none">• Montagem do MVP• Testagens• Ajustes no relatório