



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Projeto Integrador de Engenharia 2

Rocket Guide Station: Estação de monitoramento e controle de lançamento de foguetes

Autores: Artur Almeida, André Bargas, Augusto Vilarins,
Diogo Sens, Douglas Brandão, Francisco Matheus, Gabriela
Alves, Gustavo Linhares, Isaque Alves, João Egewarth, Luísa
Prospero, Milena Martins, Misael Andrade e Thainá Rodrigues.

Brasília, DF

2020



Artur Almeida, André Bargas, Augusto Vilarins, Diogo Sens, Douglas Brandão, Francisco Matheus, Gabriela Alves, Gustavo Linhares, Isaque Alves, João Egewarth, Luísa Prospero, Milena Martins, Misael Andrade e Thainá Rodrigues.

**Rocket Guide Station:
Estação de monitoramento e controle de lançamento de
foguetes**

Trabalho submetido à disciplina de Projeto Integrador de Engenharia 2 referente ao **Ponto de Controle 1**, na Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, José Felício, Rhander Viana Ricardo Matos Chaim
e Paolo Gessini.

Brasília, DF

2020

Lista de ilustrações

Figura 1 – <i>Fishbone</i>	15
Figura 2 – Ideias iniciais para solucionar o problema.	18
Figura 3 – Matriz <i>SWOT</i> . Matriz foi construída usando a ferramenta Lucidchart. .	29
Figura 4 – 5W1H. O diagrama foi construído usando a ferramenta Visual Paradigm Online Diagrams.	30
Figura 5 – <i>Cumulative Flow</i> da equipe de Software coletados de 27 de agosto até 26 de setembro de 2020.	33
Figura 6 – <i>Cumulative Flow</i> da equipe de Eletrônica coletados de 27 de agosto até 26 de setembro de 2020.	33
Figura 7 – <i>Cumulative Flow</i> da equipe de Estrutura e Energia coletados de 27 de agosto até 26 de setembro de 2020.	34
Figura 8 – <i>Risk Burndown</i> geral: multiplicação da probabilidade do evento do risco pelo impacto do evento no desenvolvimento do projeto, durante a Release 1.	38
Figura 9 – Diagrama do Lançamento.	42
Figura 10 – Placa Lora Esp32 da HELTEC.	43
Figura 11 – Sensor de pressão e temperatura BMP280 (Bosch).	44
Figura 12 – Módulo GPS GY-NEO6MV2 (uBlox).	46
Figura 13 – Célula de carga - 50 kg.	47
Figura 14 – Célula de carga - 50 kg.	48
Figura 15 – Estação de controle de solo.	49
Figura 16 – Tela da interface do usuário.	50
Figura 17 – Teclado da interface do usuário.	51
Figura 18 – Tabela de comparação de single board computers. Fonte : Autor . . .	51
Figura 19 – Nvidea Jetson Nano Developer Kit.	52
Figura 20 – Características comuns de baterias.	55
Figura 21 – Características técnicas da bateria escolhida.	56
Figura 22 – Regulador de tensão modelo LM2596.	57
Figura 23 – A maleta sobre diferentes ângulos	59
Figura 24 – Maleta em visão isométrica	60
Figura 25 – Fluxograma do sistema de alimentação	65
Figura 26 – Atuadores elétricos	68
Figura 27 – Atuador Pneumático	69
Figura 28 – Visão geral da arquitetura de software	70
Figura 29 – Diagrama de blocos do projeto. Fonte: Autor	81
Figura 30 – Visão geral da arquitetura de software. Fonte: Autor	83

Figura 31 – Business model canvas. Fonte: Autor	85
Figura 32 – Mapa mental da Estrutura Analítica do Projeto.	87
Figura 33 – Esboço inicial	89
Figura 34 – CAD da maleta verso	89
Figura 35 – CAD's da maleta frente	89
Figura 36 – CAD's da maleta lateral	90
Figura 37 – CAD's da maleta superior	90
Figura 38 – CAD's da maleta isométrica	90
Figura 39 – Roadmap PC1. Fonte: Autor	91
Figura 40 – Roadmap PC2. Fonte: Autor	92
Figura 41 – Roadmap PC3. Fonte: Autor	92
Figura 42 – Tanque de abastecimento e Tubo flexível	101
Figura 43 – Válvulas	101
Figura 44 – Conectores	101

Lista de tabelas

Tabela 1 – Requisito Gerais	21
Tabela 2 – Requisitos de Estrutura	22
Tabela 3 – Requisitos de Software	22
Tabela 4 – Requisitos de Eletrônica	23
Tabela 5 – Requisitos de Energia	23
Tabela 6 – Requisitos de Usabilidade	24
Tabela 7 – Lista de É/Não É	25
Tabela 8 – Equipe do Projeto	28
Tabela 9 – <i>Milestones</i> identificados.	31
Tabela 10 – Estimativa de custos de Materiais	39
Tabela 11 – Estimativa de custos componentes eletrônicos	39
Tabela 12 – Especificações principais dos componentes do sensoriamento.	48
Tabela 13 – Consumo elétrico dos componentes.	53
Tabela 14 – Quadro comparativo de escolha de materiais	64

Lista de abreviaturas e siglas

CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
RUP	<i>Rational Unified Process</i>
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>
RGS	<i>Rocket Guide Station</i>
GPS	<i>Global Positioning System - Sistema de Posicionamento Global</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
EAP	<i>Estrutura Analítica de Projetos</i>
TAP	<i>Termo de Abertura de Projeto</i>
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i>
LASC	<i>Latin America Space Challenge</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SOA	<i>Service oriented architecture</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
PC	<i>Ponto de Controle</i>
SWOT	<i>strengths, weaknesses, opportunities, and threats</i>
FOFA	<i>Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças</i>
5W1H	<i>Who, What, Where, When, Why, How</i>
FIT	<i>Feira de inovação tecnológica</i>
FGA	<i>Faculdade Gama</i>
ISO	<i>Organização Internacional de Normalização</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
PRFV	<i>Polímero Reforçado com Fibra de Vidro</i>

PRFC	<i>Polímero Reforçado com Fibra de Carbono</i>
PLA	<i>Poli Ácido Lático</i>
ABS	<i>Acrilonitrila Butadieno Estireno</i>
GCS	<i>Ground Control Station</i>
IA	<i>Inteligencia artificial</i>

Sumário

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.1	Problematização	14
1.2	Justificativa	15
2	ESCOPO	17
2.1	Metodologia de elucidação do escopo e do produto	17
2.2	Escrita da visão do produto dinamicamente	18
2.3	Objetivos Gerais	18
2.4	Objetivos Específicos	19
2.4.1	Eletrônica	19
2.4.2	Energia	20
2.4.3	Software	20
2.4.4	Estrutura	20
2.5	Requisitos Gerais	21
2.6	Requisitos Específicos	22
2.6.1	Estrutura	22
2.6.2	Software	22
2.6.3	Eletrônica	23
2.6.4	Energia	23
2.6.5	Requisitos de Usabilidade	24
2.7	Lista É/Não É	24
3	TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	27
3.1	Introdução	27
3.2	Justificativa do Projeto	27
3.3	Stakeholders	27
3.3.1	Equipe	27
3.3.2	Professores	28
3.3.3	Capital Rocket Team - CRT	28
3.4	Matriz SWOT	29
3.5	5W1H	29
3.6	Bussines Model CANVAS	30
3.7	Estrutura Analítica do Projeto	30
3.8	Roadmap	31
3.8.1	Marcos Identificados	31
3.9	Viabilidade Técnica	32

3.9.1	Metodologia	32
3.9.2	Papeis	34
3.9.3	Ritos Adotados	35
3.9.3.1	Planejamento da <i>Sprint</i>	35
3.9.3.2	Revisão da <i>Sprint</i>	36
3.9.3.3	Retrospectiva da <i>Sprint</i>	36
3.9.4	Ferramentas	36
3.10	Gestão dos Riscos	37
3.11	Estimativa de Custos	38
4	CONCEPÇÃO E DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO	41
4.1	Solução Geral	41
4.2	Eletrônica	41
4.2.1	Telemetria	42
4.2.2	Sensoriamento	44
4.2.2.1	Altitude e Velocidade	44
4.2.2.2	Localização Geográfica (GPS)	45
4.2.2.3	Peso do foguete	46
4.2.2.4	Especificações dos sensores	48
4.2.3	Central de controle	48
4.2.3.1	Interface do usuário	49
4.2.3.2	<i>Single Board Computer</i>	51
4.3	Energia	52
4.3.1	Consumo dos componentes	52
4.3.2	Alimentação	53
4.3.2.1	Cálculo para autonomia do sistema	53
4.3.3	Bateria	54
4.3.4	Regulador de tensão	55
4.3.5	Carregador de bateria	56
4.4	Estrutura	57
4.4.1	Maleta	57
4.4.1.1	Elementos estruturais	57
4.4.1.2	Design conceitual	58
4.4.1.3	Especificações de materiais	61
4.4.1.3.1	Quadro comparativo na escolha de materiais:	64
4.4.2	Abastecimento	65
4.4.2.1	Elementos do sistema de alimentação	65
4.4.2.2	Funcionamento do sistema de abastecimento	66
4.4.2.3	Características do abastecimento	67
4.4.2.4	Atuadores elétricos ou pneumáticos	68

4.5	Software	69
4.5.1	Representação da arquitetura	70
4.5.1.1	Visão Geral	70
4.5.1.2	Serviços	71
4.5.1.2.1	Comunicação	71
4.5.1.2.2	Persistência	71
4.5.1.2.3	Consulta e inferência	71
4.5.1.2.4	Interface	71
4.5.1.2.5	Simulação	72
4.5.1.3	Arquitetura computacional	72
4.5.2	Visão de implementação	72
4.5.2.1	Ambiente	72
4.5.2.2	Machine Learning	72
4.5.2.3	Serviços	73
4.5.2.3.1	Comunicação	73
4.5.2.3.2	Persistência	73
4.5.2.3.3	Consulta e inferência	73
4.5.2.3.4	Interface	73
4.5.2.3.5	Simulação	74
4.5.3	Metas e restrições de arquitetura	74
4.5.3.1	Metas	74
4.5.3.2	Restrições	74
REFERÊNCIAS		75
APÊNDICES		79
APÊNDICE A – DIAGRAMA DE BLOCOS DO SISTEMA		81
APÊNDICE B – VISÃO GERAL DA ARQUITETURA DE SOFTWARE		83
APÊNDICE C – BUSINESS MODEL CANVAS		85
APÊNDICE D – EAP		87
APÊNDICE E – ESBOÇO INICIAL E CAD		89
APÊNDICE F – ROADMAP		91
APÊNDICE G – AUTOAVALIAÇÃO		93

ANEXOS**99****ANEXO A – ELEMENTOS DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO . . 101**

1 Contextualização

Competições universitárias de foguetes são eventos em que equipes formadas por estudantes (de engenharia, em sua maioria) precisam desenvolver um foguete experimental que consiga atingir uma altitude máxima específica (1km, 3km ou 7km, dependendo da competição). O propósito dessas competições é incentivar os participantes a se envolverem no desenvolvimento de um projeto desafiador e ao mesmo tempo estimulante, semelhante a eventos estudantis de nível médio ou mesmo fundamental, nos quais a propulsão do foguete é emulada com experimentos lúdicos (com o uso de bicarbonato de sódio, ou bombas de pressão)¹, porém não menos interessantes.

No entanto, diferente desses eventos, numa competição universitária, são utilizados propulsores a combustão, semelhantes aos utilizados em foguetes reais, ainda que em escala reduzida (por isso experimentais). Essa exigência demanda, naturalmente, uma série de medidas de seguranças que devem ser observadas pelas equipes durante as competições. Uma dessas medidas é o raio de distância mínima da base de lançamento, que define a área na qual nenhuma pessoa deve ficar durante o lançamento do foguete². Isso exige que alguns atos preparatórios do lançamento sejam feitos remotamente.

A Capital Rocket Team (CRT) é a equipe da Universidade de Brasília dedicada a participar dessas competições de foguetes. Fundada em 2015 por estudantes do curso de Engenharia Aeroespacial, desde sua origem a equipe trabalha com um tipo específico de propulsão: a propulsão híbrida. Nela, as substâncias responsáveis pela propulsão (chamadas de par propelente) são armazenadas no foguete em estados físicos distintos ([SUTTON, 2016](#)). No caso dos foguetes da Capital, o combustível (parafina) fica em estado sólido, em formato cilíndrico dentro da câmara de combustão do motor, enquanto o oxidante (óxido nitroso) fica em estado líquido em um tanque separado.

O sistema propulsivo é completado por um ignitor, que fica junto ao combustível na câmara de combustão, uma substância que necessita somente de uma fonte de calor (que pode ser um resistor elétrico) para iniciar sua combustão. Na hora do lançamento, uma corrente elétrica aquece o resistor. O tanque contendo o óxido nitroso é aberto, despejando o oxidante na câmara de combustão. A mistura do oxidante com o combustível contido na câmara, mais o calor gerado pela combustão do ignitor, provoca a reação principal de combustão do propulsor. Os gases resultantes dessa combustão são expelidos pelo bocal de saída do motor (chamado de tubeira). Essa saída dos gases gera uma força de empuxo direcionada para o solo, o que faz o foguete deslocar no sentido oposto, em direção ao apogeu. E assim é feita a decolagem do foguete.

¹ Cf. Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG): <https://bit.ly/3c968ki>

² Cf. Latin America Space Challenge (LASC): <https://bit.ly/2FQ2Ru9>

1.1 Problematização

Como visto, as características de um foguete de propulsão híbrida, somadas com as exigências de segurança da competição, somadas também com as necessidades típicas de uma missão de lançamento (como o registro da altitude durante o voo) resultam em uma série de demandas que a Capital Rocket Team precisa atender para ter uma missão bem sucedida. Para fins deste trabalho, a Capital será tratada como um cliente (e referenciada por esse termo a partir de agora) que deseja contratar um serviço prestado pela presente equipe de Projeto Integrador 2 (referenciada a partir de agora como "equipe") para sanar algumas dessas demandas, as quais são:

- fazer o abastecimento do tanque de oxidante remotamente, uma vez que o foguete já esteja colocado na base de lançamento e a mangueira de abastecimento esteja acoplada a ele manualmente (o que é permitido pelas regras de segurança);
- fazer a ignição do foguete remotamente, a qual consiste em emitir um sinal elétrico capaz de aquecer o resistor ligado ao ignitor pelo tempo necessário para que este inicie sua combustão, bem como em abrir a válvula que conecta o tanque do oxidante ao motor do foguete;
- fazer a coleta dos dados de telemetria do foguete durante o voo, de modo a registrar tanto sua variação de altitude e velocidade em tempo real como sua posterior localização, para fins de recuperação.

Essas demandas possuem o elemento comum de serem, de uma forma ou de outra, a execução de uma tarefa à distância. Ademais, cada uma delas tem características específicas que são variáveis conforme as dimensões do foguete. Por exemplo, a quantidade de oxidante necessária para o tanque do foguete varia conforme a altitude de apogeu desejada (quanto maior o apogeu, maior o tempo de voo e, consequentemente, maior será a quantidade necessária de oxidante para a combustão).

Para fins do presente projeto, a equipe utilizar-se-á dos parâmetros com que o cliente trabalha atualmente (foguete de apogeu de 1km). No entanto, a solução a ser desenvolvida precisará observar esse caráter variável de alguns parâmetros presentes nas demandas contidas na execução de uma missão de lançamento.

A proposta da equipe é o desenvolvimento de uma estação de controle remota capaz de coordenar essas diversas atividades, por meio do envio e recebimento de sinais que sejam capazes de coletar os dados pertinentes à operação de lançamento e ao voo subsequente, bem como atuar sobre dispositivos que executem as tarefas demandadas (como por exemplo a abertura ou fechamento de válvulas).

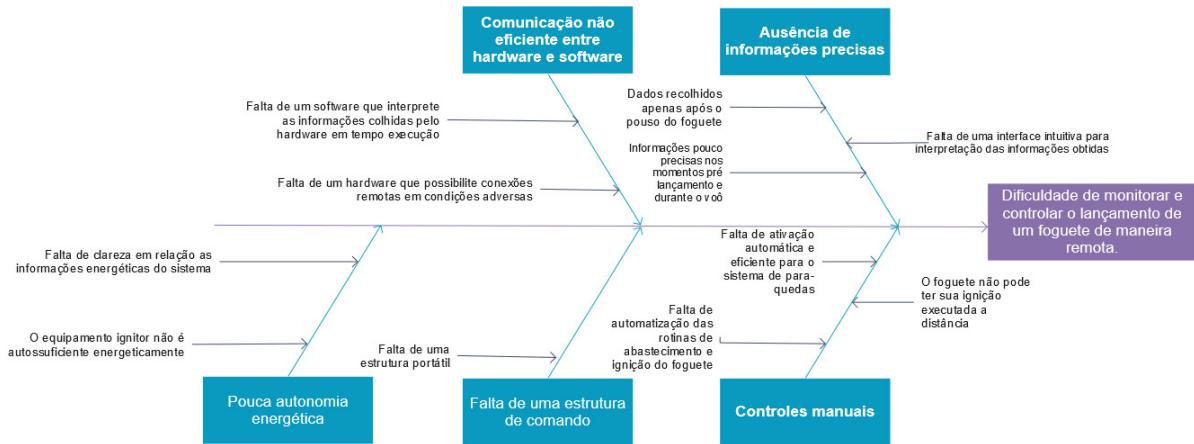


Figura 1 – Fishbone

1.2 Justificativa

Há dois pontos que precisam ser fundamentados a respeito do projeto: a escolha da demanda e a natureza da solução proposta para essa demanda. Quanto à escolha da demanda, optou-se por atender um problema concreto enfrentado por um agente que atua efetivamente na área de tecnologia. Ainda que o propósito principal da equipe seja de fato atender as diretrizes estabelecidas pela matéria, adotar um *stakeholder* adicional traz a dupla vantagem de: a) definir requisitos do projeto de maneira clara, uma vez que o que se precisa ou não fazer é expresso pelo trabalho que o cliente já desenvolve; e b) dar destinação útil ao projeto (caso aprovado) após o fim da matéria, o que está em consonância com o propósito do curso de promover o desenvolvimento de produtos que tenham aplicação prática e/ou potencialmente comercial.

Quanto à natureza da solução, acreditamos que o projeto está voltado a tornar uma rotina de trabalho mais eficiente e segura. Como vimos nos requisitos de segurança das competições, uma plataforma que automatize uma série de tarefas necessárias para a preparação do lançamento de um foguete é mais do que bem-vinda, em favor da segurança dos membros de uma equipe de competição. Ademais, o cliente já reportou dificuldades passadas quanto a essas tarefas, em particular o abastecimento do tanque e o desacoplamento da mangueira, feitos com um sistema de cordas e polias em caráter contingencial.

Desenvolver uma solução definitiva para essas atividades acessórias permitirá que o cliente torne mais produtivo seu trabalho voltado especificamente no desenvolvimento do seu foguete e, quem sabe, o trabalho de outras equipes interessadas e que atuem em projetos semelhantes, o que, em última análise, ajudará no desenvolvimento da atividade espacial brasileira como um todo.

2 Escopo

2.1 Metodologia de elucidação do escopo e do produto

Lean Inception é o nome dado ao método colaborativo para alinhar um grupo de pessoas sobre o MVP (produto mínimo viável) que será desenvolvido. É uma sequência de atividades para alinhar e definir objetivos, estratégias e o escopo do produto. (CAROLI, 2014)

O produto mínimo viável, em Inglês *Minimum Viable Product* (MVP), é a versão mais simples de um produto que pode ser disponibilizada para o negócio. O MVP determina quais são as funcionalidades mais essenciais para que se tenha o mínimo de produto funcional que possa agregar valor para o negócio (produto mínimo) e que possa ser efetivamente utilizado e validado pelo usuário final (produto viável). (MOOGK, 2012)

O nome *Inception* vem do RUP (*Rational Unified Process*). *Inception* é a primeira de quatro fases do RUP: *Inception*, *Elaboration*, *Construction* e *Transition*. Na fase de *Inception* é realizada a análise sobre os objetivos, a arquitetura e o planejamento do projeto. Isso acontece por meio de entrevistas com os *stakeholders*, reuniões de alinhamento e dinâmicas de equipe. As informações obtidas nessas atividades são convertidas em requisitos descritos no formato de casos de uso. (CAROLI, 2014)

Apesar de a metodologia RUP ter sido adotada pela equipe, optou-se por não utilizar casos de uso para delimitar as funcionalidades do produto, pois eles caíram em desuso, e os métodos ágeis adotaram o formato de histórias do usuário, que são mais focadas nos usuários do produto e entregam mais fidelidade sobre as necessidades destes. Assim, podemos definir nosso desenvolvimento do produto como *user centered development*. Portanto, seguindo a nova metodologia adaptada, atividades sobre os usuários e suas jornadas são feitas (influência de *design thinking* e *user-centric design*); muitas histórias dos usuários são escritas, estimadas, arquitetadas e colocadas em um plano: o plano de *release* do produto. Para elucidar e definir os requisitos, as técnicas utilizadas pela equipe foram as seguintes:

- Escrita da visão de produto dinamicamente
- Desenvolvimento de um diagrama de causa e efeito
- Elaboração da estrutura analítica do projeto
- Método *Rich Picture*
- Definição dos objetivos gerais e específicos

- Definição dos requisitos
- É /não é, faz/não faz

Nos tópicos a seguir, pode-se verificar em detalhes como cada artefato foi elaborado, bem como os resultados obtidos a partir de cada artefato gerado pela equipe.

2.2 Escrita da visão do produto dinamicamente

Antes de iniciar a construção do produto, é importante que seja estabelecida uma visão compartilhada junto à equipe e aos demais envolvidos. Esse artefato, portanto, ajuda a manter o foco e a clareza quanto aos objetivos do produto e proporciona a horizontalidade e a distribuição de conhecimentos em relação esse produto. Uma das maneiras encontradas pela equipe para realizar essa atividade foi a elaboração de uma dinâmica de escrita da visão do produto de forma dinâmica, onde após toda a equipe reunida, realizou-se uma dinâmica de escrita coletiva de pontos importantes para a realização do produto. Após a dinâmica, foi gerado um artefato resultante que foi disponibilizado para a equipe e os *stakeholders*.

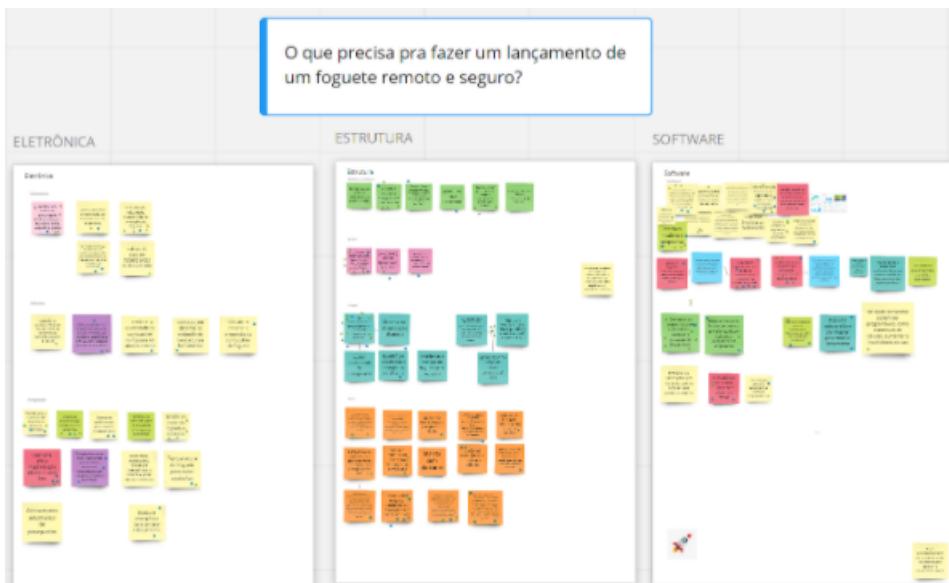


Figura 2 – Ideias iniciais para solucionar o problema.

Pode-se acessar em: <https://miro.com/app/board/o9J_kmVCAxA=/>

2.3 Objetivos Gerais

O objetivo geral do projeto é desenvolver uma tecnologia que proporciona de maneira segura o controle a longa distância do lançamento de foguetes de pequeno porte e a transmissão dos dados de voo para a central de comando (*Ground Station*), ou seja, uma

estação de controle de solo onde é possível controlar o abastecimento e o lançamento do foguete e receber os dados coletados durante o voo por uso da telemetria, contendo um interfaceamento intuitivo e versátil para o usuário.

2.4 Objetivos Específicos

2.4.1 Eletrônica

O subgrupo de eletrônica tem como objetivo desenvolver a solução de sistema embarcado que será utilizado no projeto o que inclui: a) telemetria, que consiste no modo de transmissão de dados e sinais de controle a longas distâncias; b) sensoriamento, que consiste na captação dos estímulos físicos e a emissão de sinais que possam ser convertidos novamente nos dados relevantes para análise do voo do foguete; c) hardware principal, que permite interfaceamento com o usuário.

Primeiramente serão levantados os requisitos, em conjunto com as áreas de software e energia, para melhor definição da solução e dos componentes. Em seguida, com a definição dos componentes, será feita uma bateria de testes dos sensores e periféricos com microcontroladores e microprocessadores. Umas das técnicas mais populares para documentar ideias de maneira rápida é o brainstorm. No entanto, essa técnica exige muito esforço para ser aplicada em grupo devido a dificuldade de organização das ideias e do gerenciamento de conflitos. O brainwriting é a aplicação da técnica do brainstorm de maneira silenciosa, proposto para substituir o brainstorm em grupos. “Brainwriting é a geração silenciosa e escrita de ideias por um grupo de pessoas” Existem 6 maneiras distintas de se fazer um brainwriting, Nominal Group Technique (NGT) Collective Notebook (CNB) Brainwriting Pool Pin Cards Battelle-Bildmappen-Brainwriting (BBB)

Para execução do brainwriting no nosso contexto, foram feitas algumas adaptações a partir do entendimento e aplicação de cada uma das técnicas. Foi utilizada uma combinação das técnicas “Brainwriting Pool” e “Nominal Group Technique (NGT)”, resultando na seguinte definição: O organizador deve identificar um tema central da sessão, um problema. Cada participante vai usar seu espaço no MIRO para fazer um brainstorm silencioso durante 5 minutos cronometrados. Após os primeiros 5 minutos os participantes vão usar o espaço do colega do lado pra fazer suas próprias anotações por mais 5 minutos (pode se repetir). Após a segunda ou terceira interação (dependendo do organizador) cada participante volta para seu espaço e lê suas ideias para o grupo, nessa etapa os integrantes podem fazer perguntas e comentários para ajudar a entender melhor a ideia em questão. Após todos integrantes terem lido e entendido o que foi feito, todas idéias serão agrupadas de acordo com sua similaridade ou proximidade. Cada participante receberá 1 estrela, 3 triângulos e 5 bolas. Os elementos valem: Estrela - 5 pontos, triângulo 3 pontos, bola 1 ponto. Critério de desempate: O critério de desempate é a quantidade de elementos

com pontuação maior Os integrantes terão 5 minutos para distribuir seus pontos entre as ideias selecionadas na etapa anterior. Ao fim da dinâmica é feita a contagem dos pontos e eleição das ideias que serão aproveitadas pelo grupo em ordem de prioridade.

Utilizando essa metodologia, conseguimos estabelecer uma visão compartilhada junto à equipe e aos demais envolvidos sobre o produto que seria desenvolvido. O artefato gerado ajuda a manter o foco e a clareza quanto aos objetivos do produto e proporciona a horizontalidade e a distribuição de conhecimentos em relação ao mesmo. para que assim haja a implementação do conjunto que compõe o sistema como um todo.

Por fim, os ajustes finos de calibração e integração com software serão priorizados, para que seja atingida uma melhor experiência por parte do usuário.

2.4.2 Energia

O subgrupo de energia teve como objetivo realizar o dimensionamento elétrico do sistema como um todo, para escolher as características de um banco de baterias que suporte a alimentação dos dispositivos em um intervalo de tempo desejado. Foi preciso levar em conta que o sistema é projetado para funcionar em locais remotos e, por isso, não será possível ligá-lo à rede elétrica.

Também será projetado um carregador móvel para que, após o lançamento, quando necessário, seja possível conectar o sistema à rede elétrica e assim carregar a bateria.

2.4.3 Software

Para garantir a eficiência no uso do equipamento, a equipe deverá implementar uma interface gráfica intuitiva e adaptativa que seja capaz de receber os dados de leitura realizados pelo hardware e, após uma análise, efetuar a estruturação dos dados. Além disso, deverá garantir que o controle do abastecimento, a ignição e a abertura do paraquedas do foguete aconteçam de forma remota por meio do envio de comandos executados pelo operador do equipamento.

Também será realizada a captação de informações a respeito das condições climáticas, do estado de saúde do equipamento e das informações relacionadas ao lançamento e ao voo do foguete em tempo de execução. A equipe deverá também realizar a análise quantitativa dos dados obtidos e disponibilizar graficamente os resultados por meio do sistema.

2.4.4 Estrutura

O subgrupo de estrutura ficou responsável pelo desenvolvimento físico da estação de controle e de três dispositivos periféricos, responsáveis pela atuação física da abertura

e do fechamento de válvulas do sistema de alimentação do foguete.

Quanto à estrutura da estação de controle, será desenvolvido um *case* capaz de comportar um sistema de hardware complexo, com componentes eletrônicos embarcados por um software de alto nível. É esperado que o sistema seja usado em locais remotos, com presença de elementos ambientais adversos, como poeira ou mesmo umidade. Essa estrutura deve ser ainda leve e facilmente transportável, o que influencia na escolha dos materiais de que será feita. Por fim, a estrutura da estação será dimensionada para possuir uma região de armazenamento para os componentes ignitores, além de garantir a proteção dos componentes internos contra eventuais cargas externas.

Das estruturas periféricas, a estrutura se encarregará, junto da eletrônica, do desenvolvimento de um sistema que faça a abertura física das válvulas do sistema de alimentação de forma remota. Nesse sentido, serão desenhadas estruturas que conectam as válvulas utilizadas nesse sistema com um sistema eletromecânico que consiga receber o sinal da estação e aplicar o torque necessário para abertura ou fechamento dessas válvulas.

2.5 Requisitos Gerais

O *Rocket Guide Station* (RGS) será um equipamento criado com a finalidade de tornar mais fácil e seguro o lançamento de foguetes de propulsão híbrida, levando em consideração os requisitos gerais a seguir:

Requisito	Descrição
RGS01	Realizar o abastecimento e o lançamento de foguetes de propulsão híbrida de pequeno porte de forma remota e segura.
RGS02	Obter informações relativas ao voo do foguete em tempo real.

Tabela 1 – Requisito Gerais

2.6 Requisitos Específicos

2.6.1 Estrutura

Requisito	Descrição
RFEST01	Ser de uso intuitivo para o usuário.
RFEST02	Estrutura física compacta e portátil, que dê suporte aos componentes internos da estação.
RFEST03	Material leve e resistente, capaz de proteger os componentes internos da estação de eventuais impactos e intempéries provenientes do ambiente e de seu deslocamento.
RFEST04	Possuir um espaço na estrutura para o armazenamento do sistema de ignição.
RFEST05	Ter um sistema de transmissão de torque do atuador para a válvula-esfera do sistema de abastecimento.
RFEST06	Proteger o sistema eletrônico e não gerar interferência neste.
RFEST07	Estrutura interna acessível e de fácil manutenção.
RFEST08	Sistema de abastecimento baseado nos componentes definidos pelo cliente.

Tabela 2 – Requisitos de Estrutura

2.6.2 Software

Requisito	Descrição
RFSW01	O sistema deve permitir interação do usuário com a interface.
RFSW02	O sistema deve permitir ao usuário visualizar o índice de sucesso com base de modelos estocásticos do voo em tempo de execução.
RFSW03	O sistema deve exibir dados relevantes para a análise do operador.
RFSW04	O sistema deve armazenar informações sobre o lançamento e voo de foguetes de forma indexada.
RFSW05	O sistema deve ser capaz de enviar sinais a periféricos.
RFSW06	O sistema deve ser capaz de interpretar os dados recebidos dos periféricos.

Tabela 3 – Requisitos de Software

2.6.3 Eletrônica

Requisito	Descrição
RFEL01	O sistema deve realizar o controle de toda parte sensorial acoplada aos microcontroladores e microprocessador.
RFEL02	O sistema deve ser capaz de monitorar o peso do foguete antes do lançamento.
RFEL03	O sistema deve mandar um sinal para o aquecimento da resistência da ignição do foguete.
RFEL04	O sistema deve fazer o uso de telemetria para o colhimento dos dados do foguete e seu controle.
RFEL05	A RGS deve comunicar-se numa distância mínima de 1.5Km.
RFEL06	O sistema deverá funcionar independentemente do acesso à internet.
RFEL07	A comunicação entre o foguete e o controle do usuário deverá ser feita sem fios.
RFEL08	Os controles do acionamento das válvulas, acionamento da ignição, aferição dos combustíveis e do peso, visualização dos dados de GPS altitude deverão estar integrados na interface do usuário.
RFEL09	O sistema deverá ter um <i>display</i> para mostrar os dados de telemetria/monitoramento (Hardware + Software).
RFEL10	O sistema deverá ter periféricos para interação com o usuário (botões ou teclado) (Hardware + Software).

Tabela 4 – Requisitos de Eletrônica

2.6.4 Energia

Requisito	Descrição
RFEN01	Sistema elétrico portátil que engloba o armazenamento de energia e a alimentação do sistema com dispositivos leves e compactos.
RFEN02	Autonomia energética para no mínimo 2 horas de operação e no máximo 3 horas (intervalo de tempo que leva em média para o lançamento do foguete).
RFEN03	Sistema elétrico capaz de alimentar os dispositivos de ignição.
RFEN04	Carregador móvel de bateria que utilizará a rede elétrica.

Tabela 5 – Requisitos de Energia

2.6.5 Requisitos de Usabilidade

Requisito	Descrição
RUSW01	A interação do usuário com a interface do produto deverá ser intuitiva.
RUSW02	A interface deverá possuir prevenção e notificação de erros, caso o preenchimento de dados for incorreto.
RUSW03	O produto deve ser suficiente energeticamente durante o voo.
RUSW04	As rotinas manuais de lançamento deverão ser, em sua maioria, automatizadas.
RUSW05	A estrutura deverá comportar os componentes eletrônicos da própria estação e possuir um espaço sobressalente.
RUSW06	Os módulos do sistema deverão comunicar-se por meio de rádio frequência.

Tabela 6 – Requisitos de Usabilidade

2.7 Lista É/Não É

A dinâmica de É/Não É é uma atividade que ajuda a identificar o escopo, as limitações do produto e os aspectos que devem ser realmente considerados na hora do desenvolvimento. Trata-se de uma matriz onde, por meio de uma discussão de equipe, definem-se as características, e também aquilo que não serão características, do produto. O quadrante “É”, deve ser preenchido com tudo aquilo que o produto que será desenvolvido é, e o quadrante “Não é” com tudo aquilo que o produto não deve ser.

É	NÃO É
É capaz de receber e mandar dados de controle com o foguete e sua base.	Não é à prova d'água.
É capaz de mandar sinais de controle para válvulas do abastecimento e para ignição do foguete.	Não é capaz de parar o lançamento após a ignição.
É capaz de colher dados de sensores no foguete e enviar para a visualização do usuário.	Não é capaz de comunicar-se a distâncias maiores que 2 km.
É capaz de mostrar os dados por meio de uma tela.	Não é capaz de comunicar-se com a internet.
É capaz de receber comandos do usuário por meio de um teclado.	Não é um computador pessoal (uso geral).
É capaz de comunicar-se de forma sem fio entre os microcontroladores.	Não é capaz de desabastecer o foguete
É capaz de armazenar os dados dos sensores do foguete em uma memória externa.	Não é um sistema de lançamento autônomo.
É capaz de coletar GPS, velocidade e apogeu do foguete.	Não é capaz de coletar a pressão interna e temperatura dentro do foguete e dados sobre a qualidade do combustível.
É um sistema autônomo e móvel com uso de bateria.	Não é conectado de forma fixa à rede elétrica.
É carregado periodicamente conforme a necessidade.	Não é totalmente independente da rede elétrica.
É base de comando.	Não é uma base de lançamento.
É estrutura comportadora de um hardware embarcado.	Não é um foguete experimental.
É um sistema independente do tanque de combustível.	Não é um tanque de combustível.
Tem ignição eletromecânica.	Não é uma mala comum de viagem.

Tabela 7 – Lista de É/Não É

3 TERMO DE ABERTURA DO PROJETO

3.1 Introdução

O lançamento de um foguete experimental de propulsão híbrida exige procedimentos de preparo e abastecimento que devem ser executados à distância da base de lançamento. Do mesmo modo, é recomendável fazer a coleta dos dados do foguete (em particular sua localização e altitude) durante o voo. O uso de uma estação de controle e monitoramento remoto faz-se necessário.

3.2 Justificativa do Projeto

A *Rocket Guide Station* (RGS) é uma estação remota capaz de realizar a abertura e fechamento das válvulas que compõem o sistema de alimentação utilizado pela *Capital Rocket Team*, cliente da equipe, bem como de executar a ignição do foguete no momento de seu lançamento. Além disso, é capaz de receber os dados de telemetria do foguete durante o voo. O uso dessa estação não somente otimizará o trabalho do cliente na execução dessas tarefas acessórias a uma missão de lançamento, como também poupará eles de terem de desenvolver uma estação por conta própria, possibilitando que eles se dediquem à sua função principal, que é o desenvolvimento do foguete em si.

3.3 Stakeholders

3.3.1 Equipe

A equipe é composta por alunos da disciplina Projeto Integrador da Faculdade do Gama da Universidade de Brasília (tabela 8). E tem o compromisso de entregar o produto de acordo com o escopo acordado entre o professor da disciplina e os integrantes do time;

Nome	Curso	e-mail
André Hernandez Bargas	Software	andrebargas@gmail.com
Artur Cardoso de Almeida	Automotiva	artur.kd2@gmail.com
Augusto Moreno Vilarins	Software	augusto.vilarins@gmail.com
Diogo Filipe Sens	Aeroespacial	diogosens@gmail.com
Douglas Alves Brandão	Aeroespacial	douglasbbb@gmail.com
Francisco Matheus Fernandes Gomes	Eletrônica	f.matheusbsb@gmail.com
Gabriela Alves da Gama	Software	gabrielaalvesdagama@gmail.com
Gustavo Cavalcante Linhares	Eletrônica	gugacavalcante.10@hotmail.com
Isaque Alves de Lima	Software	isaquealvesdl@gmail.com
João Henrique Egewarth	Software	egewarth@gmail.com
Luísa Prospero de Carvalho Silva	Aeroespacial	luisaprospersoc@gmail.com
Milena Martins Magalhães	Energia	milenammagalhaes@gmail.com
Misael de Souza Andrade	Eletrônica	misas.andrade@gmail.com
Thainá Rodrigues Fernandes	Energia	thaina_rodrigues.f@hotmail.com

Tabela 8 – Equipe do Projeto

3.3.2 Professores

São apoiadores e avaliadores do projeto, que auxiliam na decisão da metodologia, escopo, produção e aspectos técnicos relacionados à solução do problema;

- Alex Reis - Engenharia de Energia
- José Felício da Silva - Engenharia Eletrônica
- Paolo Gessini - Engenharia Aeroespacial
- Rhander Viana - Engenharia Automotiva
- Ricardo Matos Chaim - Engenharia de Software

3.3.3 Capital Rocket Team - CRT

Cliente, tem o encargo de fornecer os requisitos necessários para a construção do projeto, além de fornecer insumos para a construção do produto.

- e-mail: capitalrocketeam@gmail.com
- Número: (61) 99853-9777
- Redes sociais: @capitalrocketeam

3.4 Matriz SWOT

A matriz SWOT, também conhecida como matriz FOFA, é uma ferramenta gerencial que examina o ambiente interno e externo de uma organização, buscando identificar as suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, para encontrar oportunidades de melhoria e otimização do desempenho(SANTELLA, 2020).

A figura 3 apresenta a matriz SWOT, com a análise desses quatro elementos de acordo com o contexto do projeto proposto.

Forças (S)	Fraquezas (W)
<p>Qualificação da equipe</p> <p>Planejamento estratégico para cumprir metas</p>	<p>Comunicação entre os integrantes do projeto</p> <p>Grupo pró ativo e motivado</p> <p>Equipe multidisciplinar</p> <p>Redundâncias no projeto difíceis de eliminar</p> <p>Maior parte da equipe com pouco ou nenhum contato com foguetes</p> <p>Curto prazo para elaboração do projeto</p> <p>Dificuldade de comunicação por causa do EAD</p>
Oportunidades (O)	Ameaças (T)
<p>Maior custo-benefício em relação aos produtos similares</p> <p>Usar projeto para melhorar o trabalho realizado pela CRT</p>	<p>Portabilidade em relação a uma base fixa</p> <p>Contato com a CRT</p> <p>Custo alto de bons simuladores</p> <p>Rejeição do projeto por parte da CRT</p> <p>Confiabilidade nos dados fornecidos pela CRT</p> <p>Pouco mercado de consumidor</p>

Figura 3 – Matriz SWOT. Matriz foi construída usando a ferramenta Lucidchart.

3.5 5W1H

Antes de iniciar um projeto é muito importante ter com clareza: o que vai ser feito, como deve ser feito, porque deve ser feito, quem será responsável pelo trabalho, onde será feito e em qual período de tempo. A resposta para essas perguntas aprimoram o planejamento e auxiliam na criação de um plano de ação (UFMG, 2018).

A figura 4 apresenta em forma de diagrama cada uma das 6 perguntas fundamentais e suas respectivas respostas baseadas no contexto desse projeto.

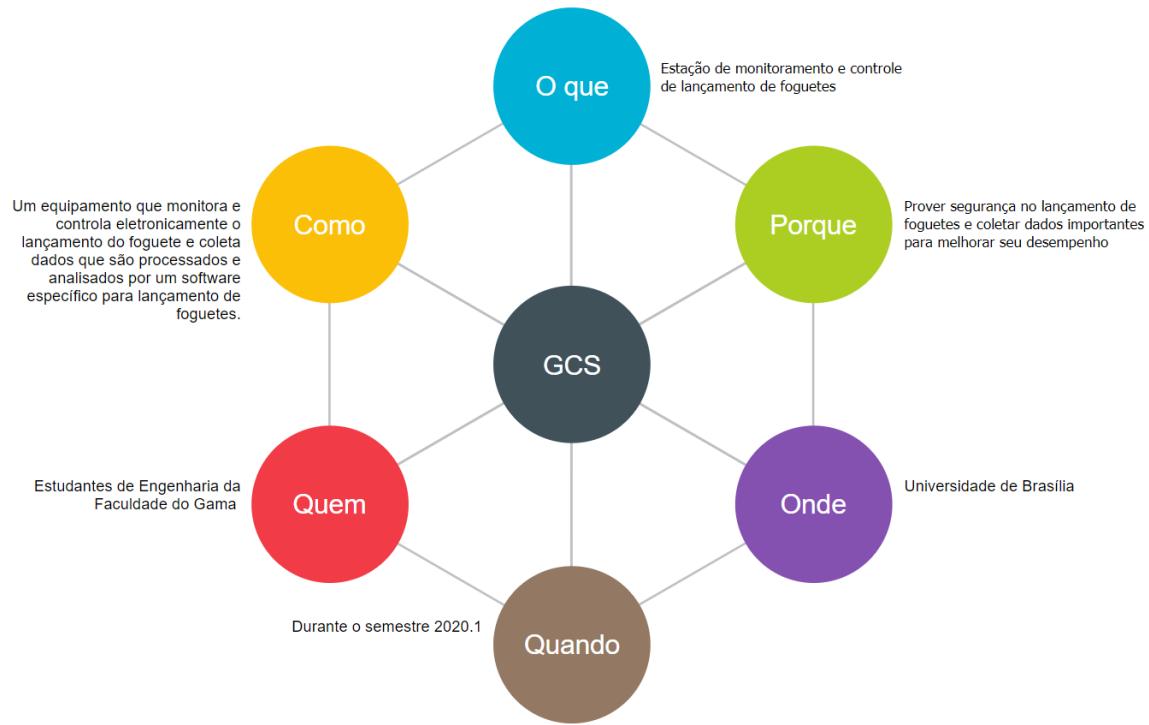


Figura 4 – 5W1H. O diagrama foi construído usando a ferramenta Visual Paradigm Online Diagrams.

3.6 Bussines Model CANVAS

Com o uso da ferramenta MIRO, foi desenvolvido um *business model* Canvas para o projeto, que pode ser visto no apêndice C: figura 31 . Comumente chamado apenas de Canvas, essa ferramenta tem como objetivo esboçar a ideia de um modelo de negócio de maneira simples, eficaz e visual. Logo, um documento como este agrupa valor ao projeto, devido ao fato deste estar ligado à uma equipe de competição.

Exemplificando, de acordo com o desempenho da equipe nas competições, a atenção dos outros competidores voltar-se-á ao projeto. Dada essa relação, poderão surgir oportunidades de realizar negócios por meio do produto desenvolvido, assim justificando o desenvolvimento e o valor desse documento.

3.7 Estrutura Analítica do Projeto

Com a necessidade de definir os objetivos e as entregas do projeto, foi criada a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) na ferramenta *Mindmeister*. O objetivo desse documento é fazer o planejamento de alto nível das atividades e dos objetivos do projeto, divididos em pacotes de entregas conhecidos como Pontos de Controle (PC). Esse documento será utilizado para fazer o planejamento das *sprints* de cada PC, para auxiliar na

comunicação com os *Stakeholders*, pois ele detalha e define quais atividades e evoluções estão previstas para cada PC.

A EAP foi definida e acordada entre o Gerente Geral, o Diretor de Qualidade e os Diretores Técnicos. Levando em consideração as necessidades dos *Stakeholders* e do contexto da disciplina. Como apresentado na Imagem 32, o projeto está organizado em 3 pontos de controle, também conhecidos como *Releases*, que consistem em pacotes de entrega que agreguem valor ao projeto e atendam às necessidades definidas no Plano de Ensino. Dentro de cada uma das entregas, estão as grandes frentes de desenvolvimento do Projeto, as quais são: Documentação/Viabilidade Técnica, Software, Eletrônica, Estrutura e Energia.

Em cada uma dessas frentes, estão definidas as atividades macro, ou os objetivos a serem alcançados e entregues nessa *Release*. Vale lembrar que a metodologia principal do projeto é Ágil, logo as atividades e objetivos podem ser alterados de acordo com a necessidade e a evolução do projeto.

3.8 Roadmap

Para uma melhor visualização e análise do *Roadmap*, ele pode ser visto no Apêndice F, mas também está disponível no link a seguir: [Roadmap](#).

3.8.1 Marcos Identificados

Os *milestones* identificados encontram-se na tabela 9.

Atividades	Data de Entrega
Entrega de Relatório Ponto de Controle 1	5 dias antes da apresentação
Apresentação Ponto de Controle 1	18/09/2020, 25/09/2020 ou 02/10/2020
Entrega de Relatório Ponto de Controle 2	5 dias antes da apresentação
Apresentação Ponto de Controle 2	16/10/2020, 23/10/2020 ou 30/10/2020
Entrega de Relatório Ponto de Controle 3	5 dias antes da apresentação
Apresentação Ponto de Controle 3	13/11/2020, 20/11/2020 ou 27/11/2020
Entrega do repositório do projeto	04/12/2020
Apresentação de projetos na FIT/FGA On Line (Feira de Inovação e Tecnologia da FGA)	04/12/2020

Tabela 9 – *Milestones* identificados.

3.9 Viabilidade Técnica

3.9.1 Metodologia

A fase inicial do projeto, também conhecida como Ponto de Controle 1 (PC1), visa garantir a definição da Metodologia, da gestão de riscos, e as definições que farão parte do desenvolvimento. Nesse projeto, o objetivo principal na definição da metodologia e da cultura é garantir o desenvolvimento e a organização da condução do projeto e das atividades de acordo com práticas da comunidade Ágil e do *DevOps* já adotadas pela comunidade (LICORISH et al., 2016).

As práticas do *DevOps* farão parte dos objetivos principais do PC1, pois irão auxiliar na gestão do projeto, baseando-se em quatro categorias: *People*, *Process*, *Delivery* e *Runtime* (LEITE et al., 2019). Desde o primeiro momento, foram aplicados e apresentados conceitos e práticas do *DevOps*, *Lean* e Ágil. Essas práticas irão auxiliar na adoção de uma nova cultura ágil e colaborativa entre os membros do projeto para garantir a qualidade nos produtos desenvolvidos.

Além dos conceitos técnicos e não técnicos do *DevOps*, foi adotado como base o framework *Scrum*, em que empregamos processos e técnicas aos papéis, eventos, artefatos e regras, adaptando as necessidades da equipe. O objetivo do *Scrum* no projeto é permitir o controle do trabalho a ser realizado por meio de uma gestão dinâmica, assim identificar obstáculos durante o processo de desenvolvimento, e reagir a eles se torna mais fácil (GREN; TORKAR; FELDT, 2015) (GREN; GOLDMAN; JACOBSSON, 2020) (LICORISH et al., 2016). A abordagem interativa e incremental empregada otimiza a previsão e monitoramento de riscos.

Também adotamos o uso do *Kanban* para controle do fluxo de produção da equipe. Para a otimização do trabalho desta, foi utilizada a ferramenta *Trello*, já integrada no *MsTeams*.

Para rastrear as tarefas e levantar dados, utilizamos o *Dashio* para coleta de Métricas e Indicadores que auxiliem as equipes. As Imagens 5, 6 e 7 apresentam o Gráfico *Cumulative Flow* desse PC1 (Sprint 0 até 3). Pelo gráfico, podemos observar as entregas feitas a cada *Sprint* (avanço no gráfico a cada 7 dias). O objetivo do time é reduzir o tempo entre as entregas para que não seja em formato de "pacotes" ao fim de cada revisão, garantindo assim uma entrega contínua. É possível observar que todos os times conseguiram fazer entregas durante a *sprint* e que na Imagem 5 e 6 existem algumas distorções nos gráficos, pois os times identificaram duplicidade de atividades e arquivaram os *Cards*.

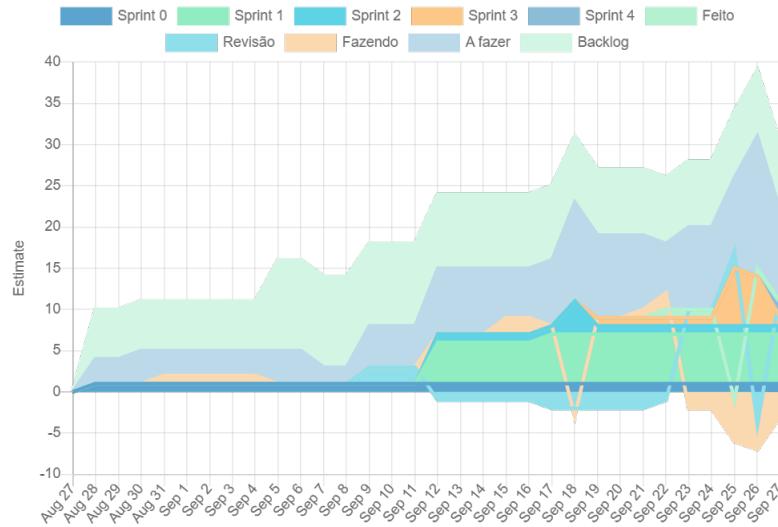


Figura 5 – *Cumulative Flow* da equipe de Software coletados de 27 de agosto até 26 de setembro de 2020.

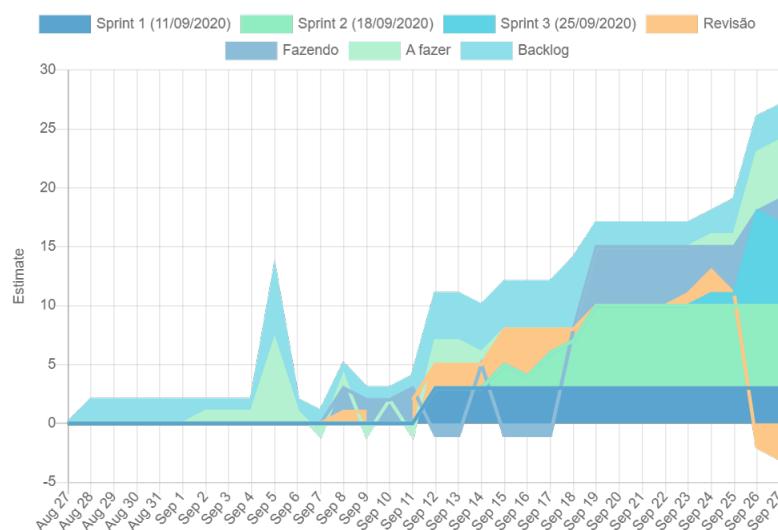


Figura 6 – *Cumulative Flow* da equipe de Eletrônica coletados de 27 de agosto até 26 de setembro de 2020.

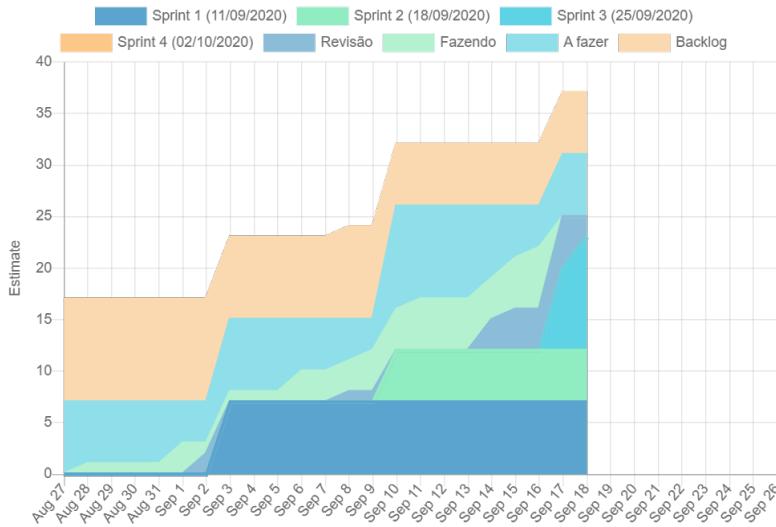


Figura 7 – *Cumulative Flow* da equipe de Estrutura e Energia coletados de 27 de agosto até 26 de setembro de 2020.

Já o XP foi uma das metodologias adotadas pelo conjunto de práticas que são ditas como boas na Engenharia de Software como pareamento, refatorar o tempo todo, testar o tempo todo, entre outros.

3.9.2 Papeis

Durante o projeto, a equipe possuirá um Gerente Geral, um Diretor de Qualidade e será subdividida em 3 subgrupos, cada um contando com um Diretor Técnico (destacado em negrito):

- Gerente Geral: Isaque Alves de Lima
- Diretor de Qualidade: Diogo Filipe Sens
- Estrutura e Energia
 - Luisa Prospero de Carvalho Silva
 - Artur Cardoso de Almeida
 - Douglas Alves Brandão
 - Milena Martins Magalhães
 - Thainá Rodrigues Fernandes
- Eletrônica
 - Gustavo Cavalcante Linhares
 - Francisco Matheus Fernandes Gomes
 - Misael de Souza Andrade

- Software
 - **João Henrique Egewarth**
 - Andre Hernandez Bargas
 - Augusto Moreno Vilarins
 - Gabriela Alves da Gama

3.9.3 Ritos Adotados

- *Sprint*

Início: sexta-feira

Fim: sexta-feira

Duração: 7 dias

3.9.3.1 Planejamento da *Sprint*

Duração máxima: 45 min

A reunião de planejamento da *Sprint* é realizada semanalmente às sextas-feiras com a participação de todos os participantes separados nas suas frentes. A reunião de planejamento segue os seguintes passos:

- 1 - O time discute quais são as prioridades e necessidades do time;
- 2 - O time deve ter um objetivo bem definido para a *sprint*;
- 3 - O time cria e seleciona as atividades que devem ser produzidas durante a *sprint*;

OBS: Como as *sprints* são semanais, as atividades devem ser pensadas para concluir em 7 dias.

- 4 - Caso haja, o time deve definir e apresentar o pareamento da semana;

OBS: Esse pareamento deverá estar no definido na *issue*.

- 5 - Criar os *cards* no *Trello*;

Deve conter nas *issues*:

- Título;
- Breve descrição;
- Responsável (no mínimo um);

- Entradas

Backlog do produto;

- Último Incremento do produto;
- Desempenho na última *Sprint*.

- **Saída**

Backlog da *Sprint*.

3.9.3.2 Revisão da *Sprint*

Duração máxima: 45 min

Missão: Iinspecionar o incremento e adaptar o *Backlog*.

A reunião de Revisão do time é realizada semanalmente às sextas-feiras com a participação de todos os membros do time. A reunião segue os seguintes passos:

- 1 - O time discute e valida as atividades e artefatos produzidos durante a *sprint* que se finaliza;
- 2 - O time discute o *Backlog* do Produto atual e se o time conseguirá atingir a meta das entregas;
- 3 - O grupo colabora com as soluções;
- 4 - É feita uma análise do mercado para definir o que é mais importante para fazer a seguir.

3.9.3.3 Retrospectiva da *Sprint*

Duração máxima: 30 min

1 - Revisar, dentro do modelo de trabalho e das práticas do processo do *Scrum*, o processo de desenvolvimento, de forma a torná-lo mais eficaz e gratificante para a próxima *Sprint*;

2 - Iinspecionar como correu a última *Sprint* em se tratando de pessoas, das relações entre elas, dos processos e das ferramentas;

3 - Priorizar os principais itens que correram bem e aqueles que, se feitos de modo diferente, poderiam ter deixado as coisas ainda melhores.

3.9.4 Ferramentas

- **Teams**

Principal ferramenta de comunicação que permite o compartilhamento de vídeos, documentos e a integração com as outras ferramentas utilizadas no projeto, além de centralizar a comunicação ela é a ferramenta principal para as conferências.

- Drive

Ferramenta em nuvem para armazenamento compartilhado. Será utilizada para compartilhar a documentação e informações entre os membros.

- Overleaf

É uma ferramenta colaborativa de escrita online em LaTeX, cujo objetivo é facilitar todo o processo de escrita, edição e publicação de documentos.

- GitHub

O GitHub é uma plataforma de hospedagem de código-fonte com controle de versão usando o Git.

3.10 Gestão dos Riscos

A Gestão de Risco é um processo de identificação, análise, avaliação, tratamento e monitoramento de um evento que pode atrasar uma entrega de um produto ou serviço. A ISO 31000 define como atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos (PURDY, 2010). Neste projeto, a gestão de risco é feita utilizando práticas da metodologia ágil, onde os riscos Técnicos, Externos, Organizacionais e relacionados ao Gerenciamento são levantados e acompanhados a cada *Sprint*, a fim de reduzir a probabilidade do risco acontecer (COHN, 2010).

Para isso, criamos um *burndown* de Riscos que auxilia no acompanhamento dos riscos por *Sprints*, verificando a probabilidade e o impacto do risco, a fim de reagir a tempo. Esse modelo de gestão de riscos baseia-se em uma métrica subjetiva, pois o próprio time define o impacto e a probabilidade do risco acontecer.

O processo de identificação, análise, avaliação, tratamento e monitoramento de um evento (interno ou externo) que pode ser um risco para o projeto é feito em todas as *sprints*, sendo que cada *sprint* cobre o período de uma semana. Primeiramente, é feito um levantamento de todos os N eventos potenciais de risco ao projeto. Cada item desse levantamento é avaliado periodicamente, levando-se em conta dois fatores: a chance de o risco ocorrer P e o impacto disso I . No nosso caso, ambos fatores (P e I) são anotados usando valores que vão de 0 a 5, indicando as seguintes avaliações qualitativas de probabilidade de cada evento ocorrer: nenhum; raro; improvável; pouco provável; muito provável; quase certo. Os cálculos e o acompanhamento dos riscos estão disponíveis na planilha de Riscos por meio do link a seguir: [Planilha de Acompanhamento dos Riscos](#).

O fator *Risk Burndown* (eixo Y no gráfico da figura 8) é calculado multiplicando-se esses dois fatores e somando os resultados para todos os N eventos avaliados. Até o momento, foram identificados $N = 17$ fatores de risco, ou seja, o maior valor possível para

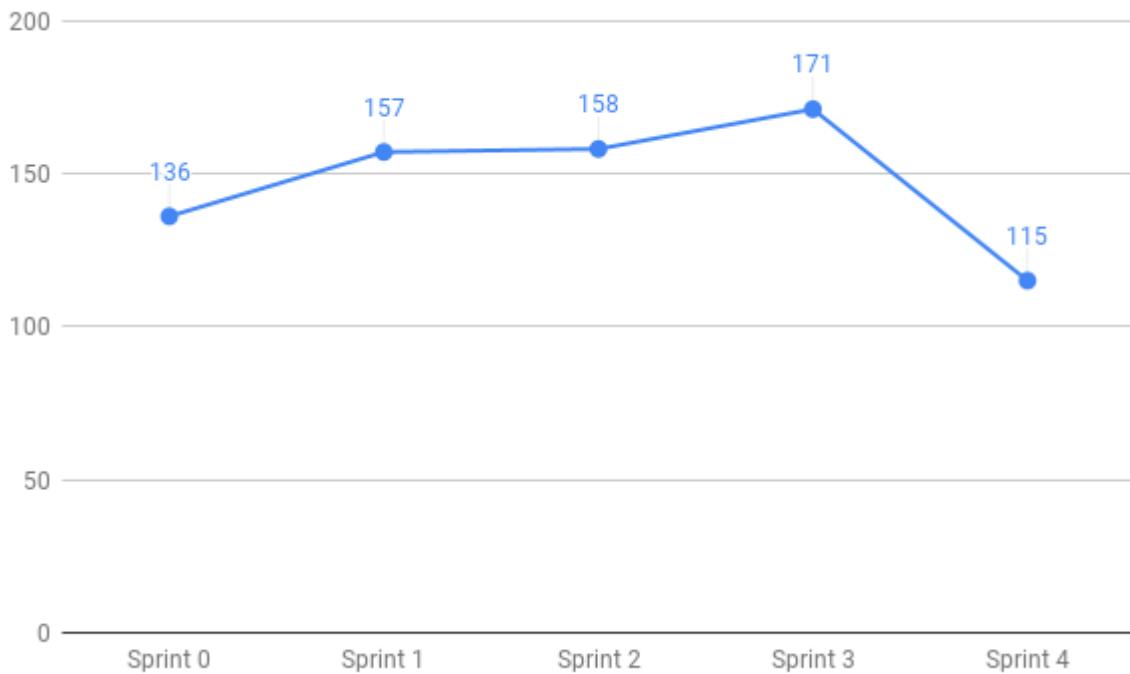


Figura 8 – *Risk Burndown* geral: multiplicação da probabilidade do evento do risco pelo impacto do evento no desenvolvimento do projeto, durante a Release 1.

o fator *risk burndown* deste projeto atualmente seria de $N \times P \times I = 17 \times 5 \times 5 = 425$, num cenário de caos absoluto. Porém, não é de se esperar que todos os fatores tenham impacto máximo e máxima probabilidade de acontecer ao mesmo tempo, por isso o gráfico da figura 8 mostra o eixo Y indo somente até 200.

Durante a análise da probabilidade, são definidas ações para mitigar o risco. Desde o início do projeto, os principais riscos foram ligados à cultura e organização das atividades, definição do escopo para atender às necessidades do cliente e à pandemia. É possível notar o crescimento de risco do projeto na *Sprint 3*, devido a identificação de novos riscos, mas é possível notar na Imagem 8 que os riscos estão diminuindo constantemente.

3.11 Estimativa de Custos

Apesar de não existir a necessidade de construção do projeto este semestre, devido a situação sanitária no qual o mundo se encontra, foi construído uma tabela com os custos totais dos materiais componentes que seriam utilizados. A tabela 10 mostra um valor estimado do metro quadrado dos materiais pesquisados.

Estrutura e Energia					
Material	Preço	Quantidade	Frete	Loja	Total
Bateria Lítio Ferro Fosfato (UPLFP12-30)	1.426,00	1	00,00	Unipower	1.426,00
Módulo Regulador de Tensão (LM2596)	10,90	3	21,11	Curto Circuito	53,81
MDF	R\$36,81	1m ² x3mm			R\$36,81
MDF	R\$62,50	1m ² x6mm			R\$62,50
PRFV	R\$52,90	1m ²			R\$52,90
PRFC	R\$421,43	1m ²			R\$421,43
PLA	R\$140,00	1kg			R\$140,00
ABS	R\$ 16,80	1kg			R\$ 16,80
Atuador pneumático	entre R\$250 a R\$2000	2			
Atuadores elétricos	entre U\$60 a U\$240	2			

Tabela 10 – Estimativa de custos de Materiais

Eletrônica					
Componente	Preço	Quantidade	Frete	Loja	Total
Jetson Nano Developer Kit	899,91	1	50,45	Submarino	950,36
TEL A LCD - 9 polegadas	269,75	1	0,00	arduoeletro	269,75
Mini Teclado com touchpad	189,14	1	0,00	Mercado Livre	189,14
Placa LoRa Esp32	129,90	3	27,90	Mercado Livre	417,60
Sensor BMP280	13,50	1	21,11	Curtocircuito	34,61
Célula de carga 50kg	16,90	1	16,50	Eletrogate	33,40
Módulo Hx711	10,40	1	19,90	Mercado Livre	30,30
Módulo GPS GY-NEO6MV2	79,90	1	19,70	Robocore	99,60

Tabela 11 – Estimativa de custos componentes eletrônicos

Com isso o custo total dos materiais do projeto inicialmente é **R\$ 3.504,57** reais.

4 Concepção e Detalhamento da Solução



4.1 Solução Geral

A solução proposta é o projeto de uma estação de controle e monitoramento do lançamento de um foguete experimental movido a propulsão híbrida. Por meio de sensores e atuadores, a estação realizará o abastecimento e a ignição remota do foguete e, durante o voo, a coleta da telemetria deste.

4.2 Eletrônica

A solução de eletrônica do projeto consiste em garantir todo o funcionamento eletrônico do projeto, que é composto pelas áreas: telemetria, sensoriamento e controle do abastecimento e ignição do foguete.

Como o principal objetivo do projeto é construir um sistema de controle e monitoramento do foguete que permita isso ser feito a uma distância segura, foi pensado em uma solução envolvendo telemetria tanto para colher os dados quanto para enviar sinais de comando. Para melhor detalhamento do projeto na parte de hardware a figura 29 no apêndice A resume bem a solução proposta.

4.2.1 Telemetria

É um processo remoto de aquisição ou envio de dados, ou seja, é utilizado para medir, rastrear ou até mesmo controlar à distância alguma coisa. Esse processo é feito geralmente por um sistema de comunicação sem fio como por exemplo por rádio frequência ou via satélite. ([CAPELARI, 2012](#)).

Atualmente, a telemetria está presente em diversos ramos da vida cotidiana do ser humano: na apuração das informações de um automóvel, no controle meteorológico, na agricultura e em outras diversas atividades. Para o projeto proposto, entende-se que o uso da telemetria em tempo real é extremamente vantajoso para a aquisição de dados durante o voo do foguete e para o controle autônomo do seu abastecimento/ignição.

Como requisito de segurança, é necessário fazer o controle do foguete à distância. O recomendado pelas regras da LASC, competição a qual o cliente pretende participar, é uma distância mínima de 500m (lembando que o foguete pode atingir uma altura de voo de aproximadamente 1km). Ou seja, fazer a aquisição de dados e o controle de abastecimento e ignição via cabo seria muito dispendioso, ou mesmo inviável, sujeito a maiores riscos de falhas, ou ficando na dependência de coletar os dados armazenados na memória do foguete somente após sua recuperação. Por essas razões, entende-se que é necessário realizar a telemetria em tempo real. Para melhor entendimento, na figura 9 encontra-se o esquemático de um lançamento de foguete.

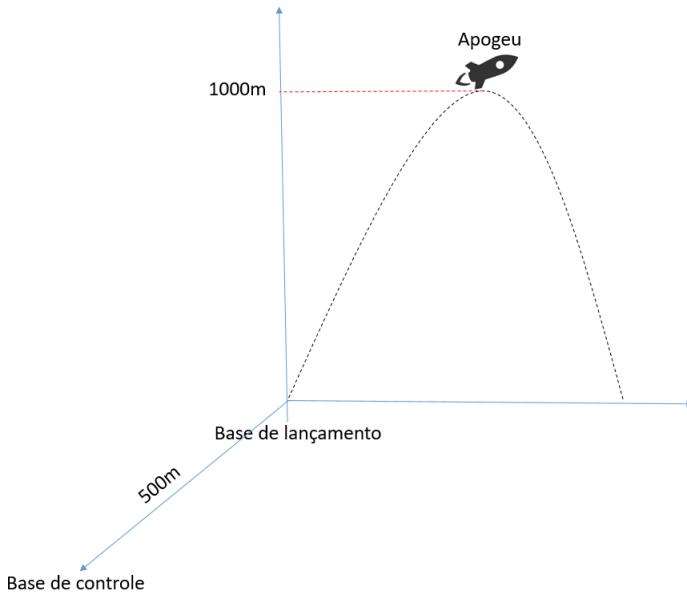


Figura 9 – Diagrama do Lançamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como trata-se de uma função específica, o controle à distância e a aquisição de dados do pré-lançamento, do lançamento, do apogeu até a chegada do foguete no chão, é

necessário compreender o problema e levantar requisitos para escolher a melhor forma de fazer a telemetria do projeto.

Foram analisados diversas formas de fazer a telemetria, entre elas estão: a telemetria feita por Radiofrequência, Lora, Wi-Fi, ZigBee, GPRS, Bluetooth, entre outras, analisando os seguintes requisitos:

- Alcance;
- Taxa de Transição de dados;
- Protocolo de Comunicação;
- Frequência dos Protocolos;
- Potência de Transmissão;
- Interface de Dados;
- Consumo.

Por fim, analisando diversos componentes, foi definido que a Placa Lora Esp32 da HELTEC figura 10 atende os requisitos do projeto citados acima, garantindo assim o funcionamento de qualidade do projeto, sendo que o principal motivo foi a distância alcançada pelo transmissor.



Figura 10 – Placa Lora Esp32 da HELTEC.

Fonte:([SYSTEMS, 2020](#))

Contudo, como forma de garantir a integridade dos dados, foi pensado em ter um cartão MicroSD para gravação dos dados, evitando assim a perda de dados por falha na telemetria.

Ainda será feito um levantamento do tamanho do pacote de dados que será gerado por cada sensor, a fim de obter uma análise completa do tamanho da informação que necessitará ser transmitida. Dependendo se a máxima taxa de dados transmitidos por segundo não conseguir suprir o tamanho do pacote gerado será necessário buscar alternativas para superar este problema como por exemplo adotar métodos de codificação([CAPELARI, 2012](#)).

4.2.2 Sensoriamento

Sensores são dispositivos que possuem a função de detectar e responder com eficiência algum estímulo. Existem vários tipos de sensores que respondem à estímulos diferentes como por exemplo: calor, pressão, movimento, luz e outros. Depois que o sensor recebe o estímulo, a sua função é emitir um sinal que seja capaz de ser convertido e interpretado pelos outros dispositivos ([MATTEDE, 2020](#)).

Definidos os requisitos do projeto, sabe-se que será necessário o uso de sensores e transdutores para a coleta de dados de altitude, velocidade e localização geográfica (GPS) do foguete, e também do peso do foguete durante o abastecimento na sua base de lançamento. Para tal, será utilizado apenas 3 sensores para obter essas 4 medidas.

4.2.2.1 Altitude e Velocidade

Para medição da altitude e velocidade do foguete durante o lançamento, foi escolhido o sensor de pressão e temperatura BMP280, visto na figura 11 ([SENSORTEC, 2018](#)).

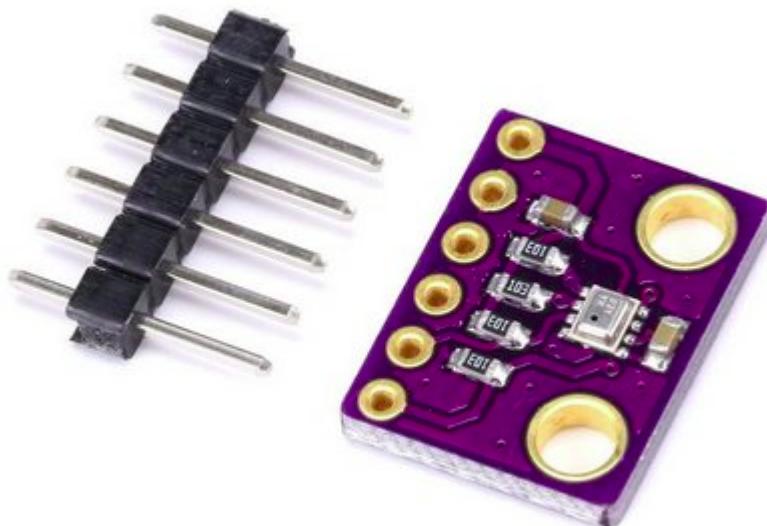


Figura 11 – Sensor de pressão e temperatura BMP280 (Bosch).

Fonte:([ARDUINOMEGA,](#))

Esse sensor mostrou-se o mais viável, pois, por meio da coleta dos dados de pressão atmosférica e temperatura, é possível, por meio de cálculos de altimetria, obter a altitude (em metros) do foguete em relação ao nível do mar durante o lançamento, conforme a equação 4.1, que apresenta a relação da altitude com a variação de pressão atmosférica (GRUSIN, 2018).

$$\text{Altitude} = 44330 \times \left(1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{1}{5.255}}\right) \quad (4.1)$$

Onde P_0 é a pressão de linha de base (pode ser adotada a pressão a nível do mar ou pressão do local) em hPa e P é a pressão a obtida em hPa.

Logo, sabendo a altitude do foguete e obtendo a sua variação ao longo do tempo, este podendo ser medido pelo *clock* próprio do microcontrolador, é possível medir a velocidade do foguete em cada instante, por meio do cálculo da velocidade média, equação 4.2.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta T} \quad (4.2)$$

Onde V é a velocidade média em m/s, ΔS é a variação de altitude em metros e ΔT é a variação de tempo em segundos.

O sensor BMP280 realiza medições de pressão com precisão de ± 1 hPa e temperatura com precisão de $\pm 1^\circ C$. Com essa precisão, é possível realizar medições de altitude com margem de erro de ± 1 metro, efetuando a leitura entre 300 e 1100 hPa, o que corresponde à faixa de altitude de +9000 à -500 m (CIA, 2017). Em relação aos sensores existente no mercado, o BMP280 foi o que melhor atendeu aos requisitos, pois ele é a versão mais atual e precisa dos modelos BMP180 e BM085, e também é de baixo consumo em relação aos sensores Mpx10dp e Mpx5700, possuindo melhor aplicabilidade.

4.2.2.2 Localização Geográfica (GPS)

A sigla GPS significa Global Positioning System, o que em português quer dizer Sistema de Posicionamento Global. É uma tecnologia que utiliza satélites e dispositivos para fornecer informações sobre a localização no globo terrestre (INFORMAÇÃO, 2020). A localização GPS será utilizada para obter a posição geográfica do foguete após sua aterrissagem, podendo também fornecer as coordenadas ao longo do lançamento para determinar a trajetória percorrida pelo foguete. Foi definido para tal função o GY-NEO6MV2 (Figura 12), um módulo GPS composto por duas partes, a antena, responsável por captar as informações provindas dos satélites e o sistema de controle, responsável pelo processamento dos dados obtidos, através de um microcontrolador interno NEO6 (UBLOX,).



Figura 12 – Módulo GPS GY-NEO6MV2 (uBlox).

Fonte: ([ROBOCORE, 2020](#))

O módulo GPS GY-NEO6MV2 foi escolhido por ser de fácil utilização, realizando a comunicação através de comunicação serial, usando apenas 2 pinos (TX e RX), permitindo a comunicação com os mais diversos tipos de equipamentos e microcontroladores. Este apresenta um consumo de corrente em média de 45 mA, enquanto o módulo similar, VK2828U7G5LF, consome em média 50 mA.

4.2.2.3 Peso do foguete

Por meio do acompanhamento do peso do antes, durante e depois do abastecimento do foguete, será possível controlar e medir a quantidade de combustível contido em seu tanque. Para mensurar o peso do foguete, será utilizada uma célula de carga.

Uma célula de carga é um transdutor de força que converte a carga que atua sobre ele em uma saída elétrica mensurável. Embora existam vários tipos, as células de carga baseadas em sensores de deformação e tensão são as mais usadas ([ENGINEERING, 2020](#)).

Neste projeto, foi escolhida a célula de carga de 50 kg, vide figura 13, que atende o peso máximo do foguete, que é de 18.5 kg com o tanque de combustível cheio e 14.3 kg vazio (dados fornecidos pela Capital Rocket Team).



Figura 13 – Célula de carga - 50 kg.

Fonte: ([ELETROGATE, 2020](#))

Este é um sensor de carga de meia-ponte, amplamente utilizado em balanças. Quando a meia-ponte é esticada, é enviado um sinal elétrico através de um fio. É possível utilizar vários sensores de carga simultaneamente para aumentar a capacidade. Como o sinal enviado pelo transdutor é elétrico, precisa-se de um módulo conversor, que fará a conversão do sinal elétrico em sinal digital para possibilitar a leitura dos dados pelo microcontrolador. Para isto, será usado o módulo conversor HX711, figura 14, um módulo amplificador e conversor HX711 de 24 bits, utilizado para amplificar o sinal de dispositivos como células de carga, fazendo a interligação entre essas células e o microcontrolador, por meio da comunicação SPI ([SEMICONDUCTOR,](#)).

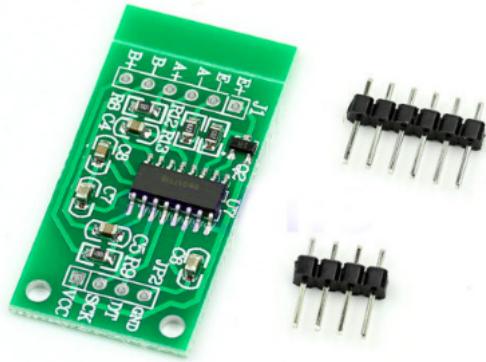


Figura 14 – Célula de carga - 50 kg.

Fonte: ([FILIPEFLOP](#),)

4.2.2.4 Especificações dos sensores

A tabela 12 apresenta os dados das principais especificações dos sensores citados acima.

Sensor	Tensão de Operação	Consumo de corrente	Comunicação	Taxa de transmissão	Formato dos Dados
BMP280	1.71 - 3.6V	3.6 A @ 1 Hz (umidade, pressão e temperatura)	I2C e SPI	I2C (até 3.4 MHz e SPI (3 e 4 fios, até 10 MHz))	unsigned 20-bit (pressão e temperatura) unsigned 16-bit (umidade)
Célula de carga 50kg	5 -10V	Resistência de entrada e saída (Ω): 1000 50	-	-	-
Módulo Hx711	4.8 - 5.5V	1.5mA	SPI	10 - 80 MHz	24 bits em complemento de 2
Módulo GPS GY-NEO6MV2	3 - 5V	10mA – 100 mA	Serial UART e SPI	9600 bps (UART baud rate) e 100 kbit/s	-

Tabela 12 – Especificações principais dos componentes do sensoriamento.

4.2.3 Central de controle

A central de controle será o ponto de acesso do usuário com os dados e comandos vindos da base de lançamento e do foguete. Um exemplo de estação pode ser visto na

figura 15.



Figura 15 – Estação de controle de solo.

Fonte : ([DGS, 2010](#))

A solução proposta para essa interface do usuário foi seguindo esse modelo de maleta onde teria uma tela, um teclado e dois botões, sendo o primeiro para acionamento da ignição e um segundo para interromper os processos em caso de emergência.

4.2.3.1 Interface do usuário

A tela escolhida pode ser vista na figura 16, esta tela possui um tamanho de 9 polegadas e uma resolução máxima de 1600x1200.



Figura 16 – Tela da interface do usuário.

Fonte : ([MERCADOLIVRE, 2020b](#))

Para a chegada dessa definição, pesquisas foram feitas e percebeu-se que geralmente telas menores, cinco e sete polegadas, possuem sensibilidade ao toque o que além de não agregar mais valor em nosso produto, dificultaria no dimensionamento da bateria dado a maior necessidade de potencia desse tipo de tela. Outro ponto levado em consideração é a questão da troca que existe entre o tamanho da tela e seu gasto energético. Precisava-se de uma tela grande o suficiente para a boa visualização dos dados, porém que fosse portátil e que consumisse pouca carga da bateria. Assim a escolha da tela com as características mencionadas anteriormente é justificada.

Para que o usuário interaja com essa tela, foi pensado em dois tipos de soluções. A primeira seria colocar todos os comandos em botões e chaves, e a segunda realizar os comandos por meio de um mini teclado. Optou-se pelo uso do teclado, devido a possibilidade de maior interatividade com a aplicação de software e facilidade para futuras atualizações no projeto.

O modelo de teclado portátil escolhido pode ser visto na figura 17. Esse teclado possui dimensões de 200x126x6,2 mm e um peso de 200g.

Porém, em conversa com os nossos *stakeholders*, chegou-se à conclusão que um botão para a ignição e um botão em caso de falha seriam necessários, devido a possibilidade de acontecimento de falhas no processo de lançamento. Assim, esses dois botões também serão integrados à nossa solução.



Figura 17 – Teclado da interface do usuário.

Fonte : ([MERCADOLIVRE, 2020a](#))

4.2.3.2 Single Board Computer

Para a melhor escolha da placa utilizada no projeto, foi montada a seguinte tabela, na figura 18. Essa tabela foi levada aos grupos de software e de energia para o debate entre capacidade de processamento e custo energético.

	Raspberry pi 4 	Raspberry pi zero W 	Asus Tinkerboard 	ODROID-C1+ 	ODROID-XU4 	Orange Pi PC2 	Raspberry pi 3B+ 
Processador	Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit 1.5GHz	1GHz single-core CPU	Quad-Core RK3288 processor	4 x ARM® Cortex®-A5 1.5GHz	2Ghz and Cortex™-A7 Octa core CPUs	Quad-core 64-bit Cortex-A53	Quad core Cortex-A53 64-bit 1.4GHz
Memória RAM	4GB DDR4	512MB LPDDR2	2GB DDR3	1GB DDR3	2GB LPDDR3	1GB DDR3	1GB DDR3
Tensão / Corrente	5V/3.0A	5V/1.2A	5V/3A	5V 2A	5V/4.0A	5V/2A	5V/2A
Dimensão (mm)	85 x 56 x 17	65 x 30 x 5	85 x 56 x 17	85 x 56 x 20	83 x 58 x 20	85 x 56	85 x 56 x 17
Wifi	802.11n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11b/g/n	802.11 ac/b/g/n	802.11b/g/n	802.11 b/g/n/AC
Bluetooth	Bluetooth 5.0 BLE	Low Energy (BLE) 4.1	Bluetooth V4.0 + EDR	Não possui	Não possui	Bluetooth V4.0 + EDR	4.2 BLE integrado
Preço	R\$ 499,00	R\$ 154,90	R\$ 550,00	R\$ 530,00	R\$ 420,00	R\$ 113,49	R\$ 400,00

Figura 18 – Tabela de comparação de single board computers. Fonte : Autor

Após algumas reuniões, ficou decidido que se usaria a raspberry pi 3B+ no projeto. Porém, conforme as *sprints* foram passando, percebemos juntamente com o grupo

de software que seria necessário mais capacidade de processamento para os algoritmos que seriam implementados. Um novo alinhamento geral foi feito e a escolha que melhor atenderia essa demanda de processamento seria o uso de uma Jetson Nano Developer Kit da Nvidia, mostrado na figura 19.



Figura 19 – Nvidea Jetson Nano Developer Kit.

Fonte : ([NVIDIA, 2020](#))

Apesar do detimento causado no dimensionamento da bateria, essa placa foi escolhida devido a sua capacidade de processamento de algoritmos de *machine learning*, assim suprindo a demanda encaminhada pela equipe de software.

4.3 Energia

A solução de energia do projeto consiste no dimensionamento de baterias que atendam às especificações e requisitos do sistema, tanto dos dispositivos eletrônicos quanto do sistema de ignição, além disso será projetado um carregador de bateria para tornar contínuo o uso do equipamento.

Para dimensionar consumo do sistema, foi observado o gasto energético dos componentes eletrônicos levando em conta que o projeto precisa de uma autonomia de, no mínimo, duas horas de uso sem a possibilidade de ter como fonte de energia a rede elétrica.

4.3.1 Consumo dos componentes

Na tabela 13 é apresentado o consumo dos principais componentes elétricos e eletrônicos do sistema levantados até agora.

Componentes	Tensão	Corrente	Potência
Tela	12V	1A	12W
Jetson Nano Developer Kit	5V	2A	10W
Teclado e botões	5V	250 mA	1,25W
Altímetro	3V	1 μ A	3 μ W
GPS	5V	10mA	500mW
Balança (célula de carga)	10V	100mA	1W
Módulo base	5V	500mA	2,5W
Módulo foguete	5V	500mA	2,5W
Módulo maleta	5V	500mA	2,5W

Tabela 13 – Consumo elétrico dos componentes.

4.3.2 Alimentação

Para a alimentação dos componentes, vão ser utilizadas tensões contínuas de 3 V, 5 V, 10 V e 12 V. A bateria a ser utilizada será de 12V, já que a maior tensão dentre todos os equipamentos é da tela de 12 V.

4.3.2.1 Cálculo para autonomia do sistema

Para calcular a capacidade da bateria necessária para alimentar o sistema, são necessários os seguintes dados:

- Somatório de potência de todos os equipamentos.
- Tempo em horas de operação do sistema de maneira autônoma.

Como especificado na tabela 13, o somatório de potências do sistema é de 32,25 W. Será utilizado o valor de 35 W por segurança. O lançamento de um foguete tem duração média de 2 horas, o valor utilizado será de 3 horas, por segurança.

Sendo assim, o somatório da potência é multiplicado pelo tempo em horas.

$$35 \times 3 = 105Wh(Wattshora) \quad (4.3)$$

Essa será a energia necessária consumida para a autonomia especificada.

Pela Lei de Ohm temos:

$$I = \frac{P}{V} \quad (4.4)$$

Onde, P se refere a potência, V a tensão e I a corrente.

$$I = \frac{105}{12} = 8,75 \text{Ah(Ampère hora)} \quad (4.5)$$

|

De acordo com o fabricante a capacidade da bateria deve ser mantida entre 50% - 60%, por segurança e de forma a prolongar a vida útil do equipamento ([UNIPOWER, 2017](#)). Considerando então uma descarga máxima de 40% a capacidade da bateria será:

$$\text{Capacidade em Ah} = \frac{8,75}{0,4} = 21,875 \text{Ah} \quad (4.6)$$

Nos catálogos dos fabricantes pesquisados a capacidade mais próxima encontrada é de 30Ah. Dessa forma será utilizada uma bateria com capacidade de **30 Ah**.

4.3.3 Bateria

Dentre os tipos mais comuns de baterias estão as de chumbo-ácido, de níquel-cádmio, de níquel-hidreto metálico e de íons de lítio. Na Figura 20 é apresentada uma comparação das características mais comuns dessas baterias ([DIAS, 2020](#)).

Para o tipo de sistema em questão, algumas características são muito importantes para selecionar adequadamente a bateria a ser utilizada. A principal delas diz respeito ao peso e tamanho, como se trata de um sistema portátil se faz necessário selecionar uma bateria o mais leve e compacta possível. Além disso, o sistema será fundamentado no princípio de carregamento e descarregamento. Sendo assim, é importante selecionar uma bateria que permita diversos ciclos em sua vida útil e que não possua efeito memória (que diminui a capacidade de carga). As características que se referem a custo e impacto ambiental também são pontos relevantes para a escolha do tipo de bateria e para o projeto como um todo.

A partir da análise dos pontos mais importantes para o sistema dimensionado em comparação com as características encontradas na Figura 20, optou-se por utilizar uma bateria de Lítio. Os parâmetros da bateria já haviam sido calculados anteriormente, dessa forma, a bateria selecionada é uma bateria de Lítio de 12V e capacidade de 30Ah.

	Chumbo- ácido	Níquel- Cádmio	Níquel-Hidreto Metálico	Íons de Lítio
Custo Inicial	Baixo	Médio	Médio	Baixo
Custo a longo prazo	Alto	Médio	Médio	Baixo
Segurança	Boa	Boa	Boa	Boa
Impacto ambiental	Alto	Alto	Médio/Alto	Médio/Baixo
	200 (dependendo da profundidade de descarga)	250	400-500	400-600
Tensão nominal da célula (V)	2	1,2	1,2	3,4
Densidade de energia (Wh/kg)	35	41	80	120
Densidade de energia volumétrica (Wh/m³)	80	120	200	280
Autodescarga por mês (%)	<5	<10	<20	<5
Efeito memória	Não	Sim	Pouco	Não
Temperatura de operação	-15 a +50	-20 a +50	-20 a +60	-20 a +60
(°C)				
Peso	Pesada	Leve	Leve	Muito leve
Tempo de carga	Longo	Médio	Médio	Curto

Figura 20 – Características comuns de baterias.

Fonte: (DIAS, 2020)

Durante as pesquisas para selecionar o fabricante, encontrou-se informações mais completas do fabricante *Unipower*, da Bateria Lítio Ferro Fosfato - LiFePO4, modelo UPLFP12-30. As especificações estão descritas na Figura 21 (UNIPOWER, 2017).

4.3.4 Regulador de tensão

Como a fonte de tensão é de 12V, serão utilizados módulos “*step down*” para regular as tensões direcionadas para alguns componentes do sistema. No projeto, será

The figure shows the UNIPOWER UPLFP12-30 battery specification sheet and a physical image of the battery.

UNIPOWER
Uma marca do Grupo UNICOBRA

Bateria Lítio Ferro Fosfato - LiFePO₄
LiFePO₄ battery

UPLFP12-30

Especificações	Specifications	
Tensão Nominal Nominal Voltage	12,8 V	
Capacidade Nominal (C5) Nominal Capacity (C5)	≥ 29 Ah	
Dimensões Dimensions ±2%	Altura Height	125 mm
	Comprimento Length	166 mm
	Largura Width	175 mm
Peso aproximado Weight approx.	4,6 kg	
Terminal Terminal	F13	
Janela de tensão Voltage window	9,6 V a 14,6 V	
Tensão de flutuação Float charge voltage	13,8 V	
Corrente máxima de descarga - contínua Max. Continue discharge current	30,0 A	
Corrente máxima de descarga - pulso Max. pulse discharge current	80 A, 10 segundos	
Corrente máxima de recarga Max. Continue charge current	20,0 A	
Condições Operacionais Operating conditions		
Vida ciclica (80% DoD) Cycle life (80% DoD)	> 4000 ciclos	
Temperatura de operação Operating temperature	Descarga: -20°C ~ 60°C Recarga: 0°C ~ 60°C	
Temperatura de armazenamento Storage temperature	0°C ~ 30°C	
Tempo de armazenamento Storage duration	12 meses a 25°C	
Grau IP IP Degree	IP50	

Physical image of the blue rectangular battery labeled "UNIPOWER" and "UPLFP12-30". Below it is a technical drawing of the terminal connection, showing two terminals labeled "Terminal" and "Terminal" with dimensions 12 and 5 indicated.

Figura 21 – Características técnicas da bateria escolhida.

Fonte: ([UNIPOWER, 2017](#))

utilizado o módulo regulador de tensão modelo LM2596 apresentado na figura 22, pois este possui uma ampla faixa de tensões de entrada e pode ser regulado para uma tensão específica de saída com uma boa eficiência ([INSTRUMENTS, 1999](#)).

As faixas de tensão usadas serão de 3V, 5V e 10V de acordo com a necessidade de cada dispositivo eletrônico no sistema.

4.3.5 Carregador de bateria

A solução inicial para o sistema consistia em realizar o carregamento da bateria *off grid*, ou seja, sem conexão com a rede elétrica, a partir do uso de placas fotovoltaicas. Porém, ao analisar as condições de operação do sistema, em especial o tempo de operação, que é previsto para no máximo 2 horas, concluiu-se que a solução mais adequada seria realizar o carregamento *on grid*, conectado à rede elétrica, a partir de um carregador de bateria, a ser projetado.

Dessa forma, a bateria será levada com carga completa até o local de lançamento, todo o sistema poderá ser alimentado a partir dela, e, ao retornar para um local com conexão à rede elétrica a bateria poderá ser recarregada e o sistema estará pronto para o próximo uso.

O carregador a ser projetado deve seguir as especificações técnicas da bateria, a



Figura 22 – Regulador de tensão modelo LM2596.

tensão de saída deve ser de 12V e a corrente máxima de saída 20A. Quanto aos parâmetros de alimentação da rede, como o lançamento não se restringe a região de Brasília e pode acontecer em diferentes locais do país, o carregador deve suportar uma tensão de entrada entre 100V e 240V.

4.4 Estrutura

4.4.1 Maleta

4.4.1.1 Elementos estruturais

O RGS necessita que todo o seu sistema seja portátil e suficiente para configurar e apoiar as missões de foguetes da CTR. Assim durante sua concepção estrutural o principal foco da equipe foi a mobilidade e a robustez para adequação às condições ambientais encontradas nos potenciais locais de lançamento e teste de foguetes. Por isso nossa estrutura deve ser equipada com todos os instrumentos necessários para o suporte eletrônico e de software responsáveis por rastrear e comandar o foguete durante o lançamento.

Como já dito o GCS precisava ser portátil assim uma case para comportar os equipamentos se faz necessária e esse se torna o primeiro elemento principal da área estrutural.

Depois tem-se a parte interna onde os componentes eletrônicos principais precisam ser inseridos, bem como um compartimento para o sistema de alimentação e um espaço de armazenamento para o sistema de abastecimento. Com isso percebe-se a necessidade do desenvolvimento de no mínimo três compartimentos isolados separados por divisórias na

parte inferior da solução. Assim as divisórias internas são o segundo elemento estrutural de interesse.

Além do que já foi dito se faz necessário o uso de uma placa para acomodar os equipamentos de acesso ao usuário, para tornar seu uso mais ergonômico, bem como uma placa na tampa superior com a mesma finalidade de separar os equipamentos de qual o usuário necessita ter acesso daqueles que são responsáveis pelo bom funcionamento do sistema. Se tornando assim terceiro elemento.

Para sua construção além das partes citadas que devem ser confeccionadas a partir do levantamento de materiais apresentados na seção 4.4.1.3 se faz ainda necessário o uso de parafusos auto-rosantes com suas devidas arruelas, dobradiças, pegas e um material para isolamento que garanta a não interferência e vibração do sistema.

Algumas recomendações são para que durante o desenvolvimento do projeto, deixe-se devidamente marcado lugares e caminhos por onde os fios elétricos e eletrônicos deverão passar, além de serem etiquetados para manutenções futuras. Outra recomendação é que todo o seu processo de montagem se baseie em uma única ferramenta de montagem, exemplo uma chave de fenda universal para a GRS.

4.4.1.2 Design conceitual

Durante a concepção de um protótipo, os subsistemas que o compõem devem desenvolver os seus componentes em forma de desenho assistido por computador (CAD), para que possa ser realizada a integração das partes e obter um modelo tridimensional virtual que represente fielmente o projeto a ser executado. Além de ser possível incluir as dimensões e o formato geométrico, também pode-se configurar o tipo de material de cada peça. Com isso, é possível estimar parâmetros que serão usados de entrada para as simulações estruturais e estimativa de preço.

Como o protótipo pode sofrer alterações ao longo do projeto, o desenho virtual se torna uma ferramenta conveniente para alterar e modificar o que for necessário para somente ser fabricado quando completamente finalizado os ajustes, evitando assim gastos desnecessários de tempo e de dinheiro.

Levando-se em conta as soluções experimentais e comerciais encontradas, é proposto uma geometria retangular em forma de uma maleta. A maleta possui alças para facilitar seu transporte e dobradiças reguláveis que permitem sua abertura e fechamento. Na parte interior da maleta há um fundo falso que dá acesso a um pequeno compartimento de armazenamento, e garante acesso também aos equipamentos eletrônicos.

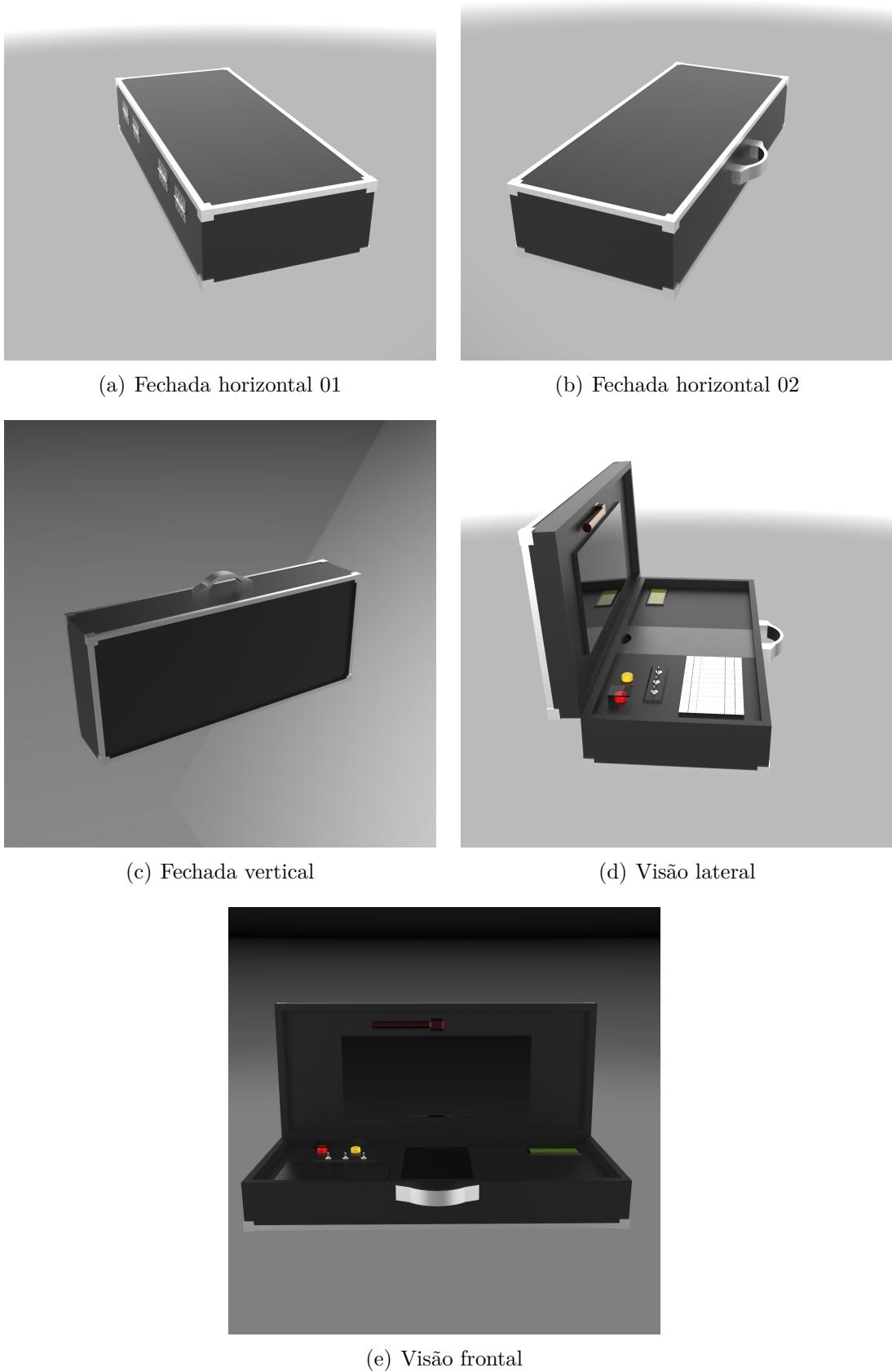


Figura 23 – A maleta sobre diferentes ângulos

Abrindo a maleta, é observada a presença de uma pequena tela para informações de carga da bateria, botões retangulares configuráveis, chaves do tipo *switch* e botões circulares nas cores amarela e vermelha, para iniciar abastecimento do tanque, e vermelha, para ignição do motor. O botão de ignição possui uma capa protetora para evitar o seu acionamento accidental. O tampo é ocupado por uma tela para exibição dos dados pertinentes ao lançamento, onde é possível ajustar seu ângulo de inclinação para melhor visualização do usuário. Acima da tela, há uma antena de comunicação que deve ser móvel para permitir fechar o tampo e, quando em uso, ser posicionada corretamente.

A solução proposta, como pode ser vista na figura 24, encontra-se em constante aperfeiçoamento na medida em que os integrantes da equipe interagem e discutem as melhorias possíveis relativas às geometrias e aos materiais da caixa da *ground station*. As imagens de CAD podem ser vistas no apêndice E.



Figura 24 – Maleta em visão isométrica

4.4.1.3 Especificações de materiais

Durante a seleção de materiais, é necessária uma sistematização que permita analisar a vasta possibilidade de combinação de materiais que podem constituir determinado produto a fim de extrair um candidato vencedor, que cumpre com maior eficiência possível os requisitos da aplicação (WALTER, 2006).

Antes de apresentar a lista em si, é necessário evidenciar as características desejáveis da caixa que será usada na *ground station*. Durante a etapa de escolha do material a ser utilizado, nem sempre é possível contemplar satisfatoriamente todos os aspectos necessários para aquela determinada finalidade. Por isso, tais aspectos são dispostos em ordem de relevância para o projeto, para que a escolha do material seja feita com embasamento teórico dentro da necessidade real do protótipo.

O fator mais relevante para a caixa da *ground station* é o correto funcionamento no local de lançamento. A caixa deve estabelecer, por meio de ondas eletromagnéticas, comunicação mútua com o foguete e com o sistema de abastecimento de propelente durante todas as etapas de lançamento. Portanto, o material escolhido não deve gerar interferência nos sistemas de comunicação.

A usabilidade e a ergonomia vem a seguir, responsáveis por garantir que o usuário consiga ler, de forma clara e precisa, todos os parâmetros relevantes para a missão e que o auxiliará na tomada de decisão. Assim, o material utilizado deve ser moldável para que embarque os componentes necessários e os disponha de maneira adequada, respeitando as suas diferentes geometrias.

O custo é o terceiro fator mais relevante, uma vez que a viabilidade de fabricação do protótipo está diretamente relacionada com seu valor final. Além do material ser acessível do ponto de vista financeiro, é desejável que ele permita agilidade em sua construção, dado que um material difícil de ser trabalhado pode gerar mais horas de trabalho, o que resulta no aumento do valor total da mão-de-obra e por consequência aumento do valor final do protótipo.

Como quarta prioridade, a caixa deve ser resistente de maneira que eventuais quedas ou impactos com outros objetos não venha a interferir o seu correto funcionamento. Materiais com boa resistência mecânica podem contemplar tal característica.

Por fim, a portabilidade se faz necessária devida à utilização da caixa ocorrer lugares de acesso restrito. Logo, a caixa deve ser leve e compacta para facilitar o seu transporte.

Visto os aspectos desejáveis à caixa, é apresentado a seguir a sugestão de possíveis materiais a serem utilizados no protótipo.

- **Medium Density Fiberboard - MDF**

O MDF é um material fabricado a partir da aglutinação de fibras de madeira com resina sintética – sendo as mais utilizadas à base de ureia formaldeído, tanino formaldeído e melamina ureia formaldeído – posteriormente submetidas à prensagem em altas temperaturas (GOMES et al., 2017). Sua composição permite que ondas eletromagnéticas possam fluir através dela.

Sua superfície é plana e lisa, oferece alta usinabilidade para encaixar, entalhar, cortar, parafusar, perfurar e moldurar, além de reduzir o uso de tintas, vernizes e ótima aceitação de revestimentos (CAMPOS; LAHR, 2002).

O custo varia de acordo com a espessura da chapa. O valor do metro quadrado de uma chapa de 3 mm é R\$36,81. Já uma chapa de 6 mm custa R\$62,50 o metro quadrado. Por possuir boa trabalhabilidade (ELEOTÉRIO; FILHO; JÚNIOR, 2000), o processo de construção pode apresentar satisfatória rapidez.

As características mecânicas específicas do material variam de acordo com o tipo de fibra e resina utilizadas. Em geral, são vantagens do MDF a alta relação entre resistência mecânica e massa específica, homogeneidade e ausência de defeitos como nós e desvios de grão (ELEOTÉRIO; FILHO; JÚNIOR, 2000).

De acordo com Silva e Gonçalves (SILVA; GONÇALVES, 2007), os MDF são projetados para serem fabricados com densidades entre 0,5 e 0,8 g/cm³.

• Polímero Reforçado com Fibra de Vidro - PRFV

É um material composto por uma matriz de resina sintética termofixa, como a Resina Epóxi, reforçada com estreitos filamentos flexíveis de vidro, cujo principal constituinte é a sílica (PIERIN et al., 2005). O PRFV não gera interferência na comunicação com os sistemas.

Possui razoável manuseabilidade, pode ser cortado, perfurado e moldado, porém caso a caixa seja composta por várias peças o encaixe entre elas pode dificultar o processo de montagem.

O processo de fabricação é lento pois é necessária a fabricação do PRFV em si, ou seja, não é vendido o PRFV pronto para uso e sim os filamentos de vidro e a resina. Além disso, o PRFV deve ser confeccionado em um molde que deve ser previamente fabricado com o formato da peça final. O custo de material suficiente para produzir um metro quadrado de PRFV é de R\$52,90.

De acordo com Lin et al (1996), conforme citado por Pierin (PIERIN et al., 2005), os PRFV exibem alta resistência mecânica, porém problemas de deformabilidade e instabilidade, devido à sua baixa elasticidade e rigidez, são os maiores inconvenientes deste material.

De acordo com CALLISTER JR. ([CALLISTER, 2000](#)), a densidade do PRFV varia entre $1,5 \text{ g/cm}^3$ podendo chegar até próximo de 3 g/cm^3 dependendo dos materiais utilizados.

• Polímero Reforçado com Fibra de Carbono - PRFC

Similar ao PRFV, o PRFC utiliza como reforço fibras compostas principalmente de carbono que resultam da pirólise de fibras plásticas, como a poliacrilonitrila (PAN).

O processo de fabricação do PRFC é análogo ao processo de fabricação do PRFV. O material para produzir um metro quadrado PRFC custa R\$421,43.

Segundo Galli ([GALLI, 2016](#)) as fibras de carbono são normalmente empregadas em aplicações que requerem elevadas propriedades mecânicas (alta resistência mecânica e alto módulo de elasticidade) associadas a uma baixa densidade.

Segundo o data sheet da HEXCEL a fibra de carbono apresenta uma densidade de $1,78 \text{ g/cm}^3$. ([HEXCEL, 2020](#))

• Poli Ácido Lático - PLA

O PLA é um polímero termoplástico feito através da extração do milho, trigo ou cana de açúcar passando por várias etapas de produção. Sua composição permite o correto funcionamento dos sistemas de comunicação.

O PLA é um material comumente usado em prototipagem rápida onde uma impressora 3D deposita o material partindo de dados provenientes de sistemas de desenho assistido por computador (CAD). Sua alta fluidez e baixa contração durante o processo de extrusão permite a produção de peças com alta precisão dimensional e bom acabamento superficial.

O filamento de PLA para impressão 3D tem valor médio de R\$140,00 o kg com a possibilidade e facilidade de poder encontrá-lo em diversas cores. O valor de processamento do PLA para projetos com baixas unidades é muito elevado, tornando inviável seu processamento por injeção ou *vacuum forming* e impressão 3D.

De acordo com Simões et al. ([SIMÕES; VIANA; CUNHA, 2009](#)), o PLA é um material rígido e resistente, difícil de deformar ou flexionar, possui alta dureza, que o torna com baixa resistência ao impacto. É um material indicado para produção de protótipos que não sejam submetidos às condições de altos esforços mecânicos, atritos ou altas temperaturas.

De acordo com o experimento realizado por Santana et al. ([SANTANA et al., 2018](#)) o PLA apresenta uma densidade de $1,24 \text{ g/cm}^3$.

• Acrilonitrila Butadieno Estireno - ABS

Para Vossen ([VOSSEN, 2009](#)), o ABS é um termoplástico que consiste em uma fase de borracha (butadieno) dispersa em uma matriz de SAN (copolímero de acrilonitrila Estireno), também denominado terpolímero.

A acrilonitrila confere estabilidade ao calor e resistência química e à flexão; o butadieno é responsável pela resistência ao impacto e tenacidade; já o estireno por sua vez é responsável pelo brilho, rigidez e fácil processamento. Devido à suas propriedade e baixo custo o ABS se tornou um material bastante utilizado por várias indústrias. O ABS pode ser Processado por injeção, extrusão e sopro.

O valor do ABS depende da forma em que você o deseja, o kg do ABS granulado custa em média R\$ 16,80 já o kg do filamento (399 m) de ABS para impressão varia de R\$50,00 a R\$100,00. O valor de processamento do ABS para projetos com baixas unidades é muito elevado, tornando inviável seu processamento por injeção ou *vacuum forming* e impressão 3D.

Assim as propriedades do ABS dependem do teor de cada componente, mas em geral o ABS apresenta boa resistência térmica e ao impacto, alta estabilidade dimensional, alta rigidez, alta dureza, baixa absorção de umidade, etc. ([JÚNIOR; JÚNIOR; HEMKEMEIER, 2014](#))

O ABS apresenta uma densidade de $1,04 \text{ g/cm}^3$.

4.4.1.3.1 Quadro comparativo na escolha de materiais:

Na confecção do quadro comparativo, foi atribuído um grau de satisfação de cada material de acordo com o requisito desejado. Este grau varia em três níveis: bom, razoável e ruim. Coube aos autores do presente trabalho definir o grau de satisfação de acordo com suas interpretações das informações dispostas anteriormente. O resultado é mostrado na tabela 14.

	MDF	PRFV	PRFC	PLA	ABS
Comunicação com os subsistemas	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Usabilidade e ergonomia	Bom	Razoável	Razoável	Bom	Bom
Custo	Bom	Bom	Ruim	Razoável	Razoável
Propriedades mecânicas	Bom	Razoável	Bom	Razoável	Razoável
Densidade	Bom	Razoável	Bom	Bom	Bom

Tabela 14 – Quadro comparativo de escolha de materiais

De acordo com o resultado da tabela 14, o material propício para a confecção do protótipo é o **MDF**.

Walter sinaliza que a dinâmica de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação devem ser flexíveis a ponto de permitir sua utilização em etapas desde o Design Conceitual ao Projeto para Manufatura (WALTER, 2006).

Se tratando de um projeto de engenharia, é possível que se escolha mais de um material, já que suas partes possuem funções diferentes. Por exemplo, a carcaça da caixa pode ser feita em PLA ou ABS, o que permite um acabamento melhorado e uma proteção em caso de eventual contato com líquidos. Já os componentes estruturais podem ser feitos em MDF, o que acarretaria na diminuição dos custos de produção, diminuição do peso e aumento das propriedades mecânicas se comparado aos polímeros.

4.4.2 Abastecimento

No referente trabalho o abastecimento é todo o conjunto que engloba o sistema de alimentação e os processos necessários para que o propelente líquido seja transferido para o foguete de forma remota, segura e no momento indicado pelo usuário.

4.4.2.1 Elementos do sistema de alimentação

A seguir é apresentado um fluxograma do sistema de alimentação, figura 25, onde logo depois é caracterizado e especificado cada componente pré estabelecido pelo cliente, em anexo A é apresentada as imagens de cada um dos elementos descritos aqui.

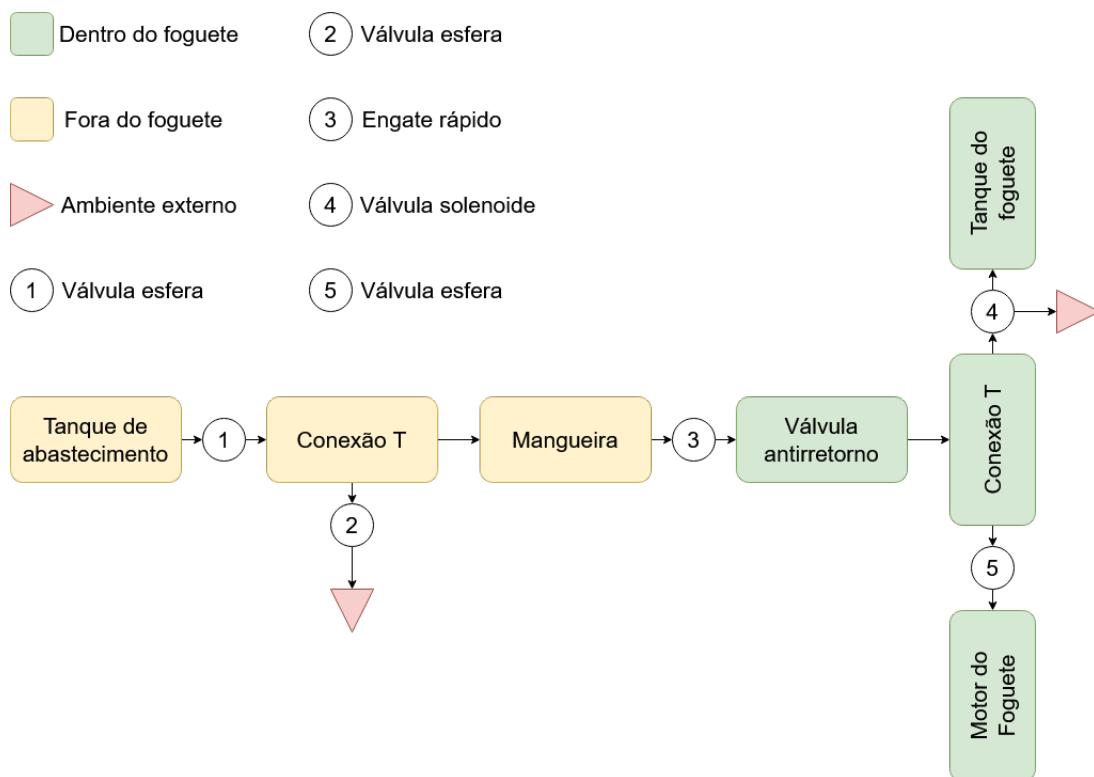


Figura 25 – Fluxograma do sistema de alimentação

- a) **Tanque de abastecimento:** É um cilindro comercial fornecido pela empresa distribuidora de óxido nitroso. A válvula esfera, item 1 da figura 25, deverá ser conectada no bocal de saída desse cilindro, com uso de adaptador caso necessário.
- b) **Válvula esfera macho-fêmea 1/2 polegada NPT:** É uma válvula de abertura de 90°. Seu manípulo deverá ser retirado e a haste ligada à esfera de abertura/fechamento será conectada ao mecanismo eletromecânico de abertura.
- c) **Conecotor em T macho-fêmea-macho 1/2 polegada NPT:** São adaptadores em pontos de bifurcação do sistema hidráulico.
- d) **Tubo flexível 1/2 polegada de aço inox com tramas de aço:** É necessário por não reagir com o óxido nitroso, como ocorre com a borracha, comum nas mangueiras convencionais.
- e) **Engate rápido 3/4 polegada NPT:** É uma conexão composta por duas peças (macho e fêmea) e um anel de segurança. Somente movendo o anel é que as duas peças podem ser desconectadas.
- f) **Válvula anti-retorno macho-fêmea 3/4 polegada NPT:** É uma válvula de sentido único, ligada ao engate rápido da mangueira e o conector T que liga o tanque ao motor dentro do foguete. Evita que o óxido nitroso volte no sentido do tanque de abastecimento.

4.4.2.2 Funcionamento do sistema de abastecimento

Com base no projeto desenvolvido pelo cliente (TEAM, 2020), o funcionamento do sistema de abastecimento ocorre em etapas, cada uma delas correspondendo a estados das válvulas se estão abertas ou fechadas, figura 25, conforme a ação desejada.

1. **Etapa 1 - Estado inicial:** todas as válvulas estarão fechadas, ou seja, o sistema estará em repouso, de modo a evitar qualquer vazamento antes do início do processo de abastecimento;
2. **Etapa 2 - Resfriamento do tanque do foguete:** abertura das válvulas 1 e 4, de modo a realizar a passagem de um fluxo inicial do fluido oxidante, com a finalidade de resfriar o tanque do foguete e otimizar seu abastecimento. O tempo de resfriamento fica a critério do usuário, e a etapa é encerrada com o fechamento das duas válvulas;
3. **Etapa 3 - Abastecimento do tanque:** abertura da válvula 1, com posterior abertura e fechamento intermitente da válvula 4 para alívio da pressão interna do tanque do foguete durante seu abastecimento. O fluido oxidante é transportado,

devido a fenômenos termodinâmicos, em estado de mistura (líquido e gás), e no tanque do foguete a sua fase gasosa deverá ser expulsa pela válvula 4, até o nível definido pelo usuário, este é controlado pela célula de carga que mede a variação de peso do foguete. Com base nos dados fornecidos pela célula de carga, o usuário avaliará se o tanque se encontra cheio, encerrando a etapa com o fechamento da válvula 1 e, caso aberta, da válvula 4;

4. **Etapa 4 - Alívio de pressão da mangueira:** abertura da válvula 2 para expurgo do fluido oxidante que se encontra no interior da mangueira, de modo a equalizar sua pressão interna com a pressão ambiente, de modo a ser possível realizar seu desacoplamento do foguete. A existência de uma válvula anti-retorno na linha de abastecimento impede que o fluido contido no tanque do foguete seja também expurgado nessa fase;
5. **Etapa 5 - Desacoplamento da mangueira:** acionamento do engate rápido, por meio de um atuador linear, de modo a desacoplar e afastar a mangueira do foguete. Essa etapa encerra o processo de abastecimento, e o foguete está preparado para o lançamento;
6. **Etapa 6 - Ignição do foguete:** após o acionamento do ignitor junto ao combustível no motor do foguete, por meio do comando da estação de controle, é feita a abertura da válvula 5, que injetará o fluido oxidante do tanque do foguete na câmara de combustão no interior do motor. Assim o encontro desse fluido com o combustível e o calor gerado pelo ignitor iniciará a combustão principal, e o foguete iniciará sua decolagem.

4.4.2.3 Características do abastecimento

Como mencionado, durante o transporte do fluido oxidante do tanque de abastecimento para o tanque do foguete, fenômenos termodinâmicos ocorrem, como a queda de temperatura provocada pela passagem do fluido conforme ele vai reduzindo a pressão à qual estava submetido no cilindro comercial (por volta de 50 bar). Em alguns casos, esse fenômeno é desejável, como para o resfriamento do tanque do foguete, em outros, ele pode apresentar um problema, como o congelamento de válvulas e atuadores que não estejam nas especificações adequadas. Do mesmo modo, a atuação das válvulas ocorrerá em situações em que o fluido estará a grande pressão, o que impede o manuseio delas manualmente, seja por necessidade, seja por questões de segurança. Ademais, não é recomendado o uso de mangueiras muito longas para o abastecimento, devido à perda do fluido durante seu transporte.

A solução proposta é o acoplamento de dois atuadores rotativos nas válvulas 1 e 2, bem como de um atuador linear no engate rápido, 3, os quais receberão um comando re-

moto de abertura e fechamento a partir da estação de controle. Para tanto, será necessário tanto o dimensionamento das opções comerciais para atuadores, desde o torque gerado por cada um dos modelos até sua natureza – se eletrônico ou pneumático, quanto o desenvolvimento de uma estrutura de suporte e adaptação entre esses atuadores e as válvulas e conexões do sistema de alimentação, a qual também deverá observar as características (variação de temperatura e pressão) do processo de abastecimento.

4.4.2.4 Atuadores elétricos ou pneumáticos

Usabilidade: Atuadores elétricos, figura 26, são peças únicas que necessitam de uma fonte de energia para funcionar, enquanto atuadores pneumáticos, figura 27, necessitam de um fluido trabalho (ar comprimido, gás inerte, etc) que gera a pressão necessária para atuar sobre a válvula. Isso requer um sistema hidráulico acessório ao sistema de alimentação principal, com um conjunto próprio de mangueiras e tanque de abastecimento. Porém, no caso dos atuadores elétricos, as soluções comerciais normalmente voltadas para abertura de válvulas exigem uma fonte de tensão de 24V, o que está além do dimensionamento energético feito para o presente projeto;



(a) Atuador 24V



(b) Atuador 12V

Figura 26 – Atuadores elétricos

Atuação: Um atuador elétrico é mais demorado para exercer a rotação sobre a válvula, de 10 a 20 segundos a depender do modelo. Enquanto que o atuador pneumático, por sua vez, tem atuação praticamente imediata, 1 segundo ou menos, a partir do comando de abertura ou fechamento;

Acessibilidade: Atuadores pneumáticos são mais comuns de serem encontrados no Brasil, enquanto que os elétricos são mais comumente encontrados em casas de importação ou comércio eletrônico de importação. É importante ressaltar ainda que esses atuadores são mais robustos dos que os servomotores normalmente encontrados em comércios de componentes eletrônicos, os quais não necessitam gerar torques muito grandes;

Segurança: Atuadores pneumáticos são mais recomendados em locais potencialmente explosivos, por não apresentar riscos de soltar faíscas que provoquem um acidente. Ao mesmo tempo, em caso de queda de energia (ou de pressão no caso do pneumático), ambos os atuadores permanecem no mesmo estado que se encontram, a menos que se opte por modelos que utilizem-se de bateria ou sistema de molas, para cada caso respectivamente. Já que estes permitem que eles sejam configuráveis para voltar ao estado aberto ou fechado em caso de falha;

Torque e preço: A capacidade de torque varia de acordo com o modelo e, no caso do atuador pneumático, com a pressão do ar comprimido que pode ir de 2 a mais de 6000 N.m. O preço de um atuador pneumático, nesse contexto, pode variar de 250 a 2000 reais, podendo chegar a mais de 14 mil reais, em casos específicos de aplicação industrial. Alguns atuadores elétricos podem ser encontrados por valores entre 60 e 240 dólares (não contando frete ou taxas de importação). Esses valores podem variar conforme o fornecedor ou casa de importação, os quais normalmente disponibilizam o valor dessas peças somente mediante solicitação de orçamento.

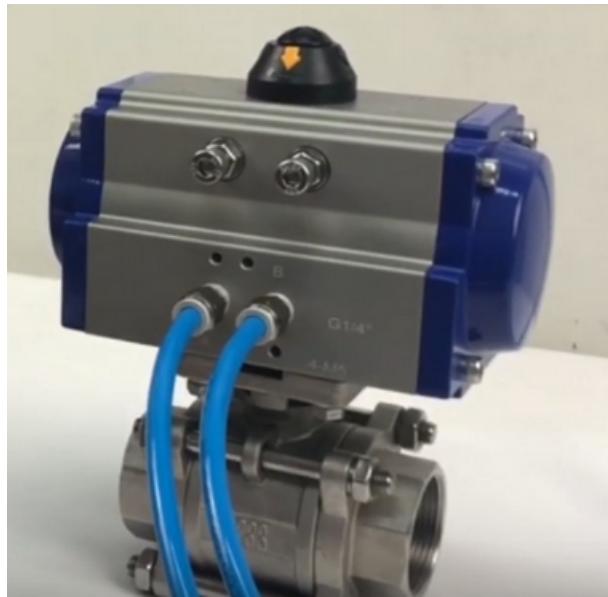


Figura 27 – Atuador Pneumático

Como regra geral, é de se esperar que o atuador elétrico seja mais caro que o atuador pneumático, para a mesma aplicação, ressalvando-se a necessidade de um sistema hidráulico adicional para o caso deste último.

4.5 Software

O escopo geral do projeto é a construção de um sistema para auxiliar usuários no lançamento e monitoramento de foguetes experimentais. O auxílio ao usuário será dado em dois momentos:

1. Abastecimento e Ignição do foguete.

2. Foguete em voo.

Para o momento 1, o objetivo é prover uma interface onde o usuário possa realizar comandos para o abastecimento e ignição de um foguete, além de acompanhar os dados de abastecimento em tempo de execução. Esta interface deve ser de fácil entendimento e amigável. O usuário deverá receber confirmações para caso seus comandos tenham sido executados corretamente, ou avisos de erros para caso aconteça problemas.

Para o momento 2, o objetivo é criar uma interface que promova um ambiente onde o usuário possa fazer o acompanhamento do voo de um foguete. As informações que serão mostradas em telas serão providas por sensores acoplados ao foguete. As informações obtidas também serão persistidas e indexadas em bases de dados e disponibilizadas para consulta e motores de análise.

Também é o objetivo deste projeto a análise cognitiva de dados históricos e dados obtidos durante os lançamentos, já realizados com nosso sistema. Propomos fazer análises de anomalias durante o voo do foguete, tendo como base e rótulo o sucesso ou não de lançamento anteriores.

4.5.1 Representação da arquitetura

4.5.1.1 Visão Geral

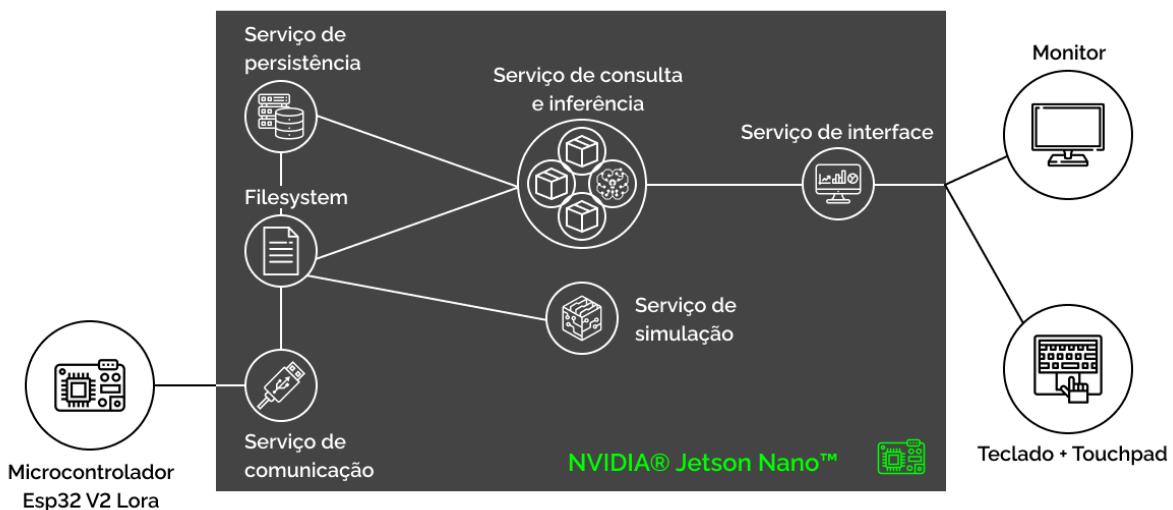


Figura 28 – Visão geral da arquitetura de software

4.5.1.2 Serviços

A arquitetura é baseada no padrão arquitetural *Service oriented architecture*¹ (SOA). Esse padrão arquitetural tem suas vantagens devido ao baixo acoplamento entre os módulos e a facilidade de manutenção.

4.5.1.2.1 Comunicação

Esse serviço é responsável por fazer a comunicação do microcontrolador, fazendo escritas e leituras em um *Filesystem*². Esse serviço não vai ser usado oficialmente pois não teremos comunicação com o microcontrolador.

4.5.1.2.2 Persistência

Esse serviço trata-se propriamente do banco de dados que será utilizado pelo sistema. Sua função é a indexação e persistência de dados provenientes do acompanhamento do voo de foguetes, bem como a disponibilização desses dados para outras partes do sistema.

4.5.1.2.3 Consulta e inferência

Esse serviço é responsável pelo grande processamento e gerência dos dados, assim como a aplicação de regras negociais específicas. Deverá ser capaz de:

- Armazenar e indexar dados obtidos
- Disponibilizar dados obtidos em tempo de execução (*streaming*), para as camada de comunicação com o usuário
- Realizar a análise sob os dados obtidos a partir de modelos de ML³ pré treinados, e fornecer inferência sobre esses dados em tempo de execução
- Exportação dos dados

4.5.1.2.4 Interface

Esse serviço é responsável pela construção da camada de comunicação com o usuário.

¹ Do inglês Service-Oriented Architecture, também conhecido como Arquitetura orientada a serviços.(BIEBERSTEIN et al., 2006)

² Sistema de gerenciamento de arquivos do sistema operacional

³ Sigla para o nome em inglês Machine Learning, ou no português aprendizado de máquina.

4.5.1.2.5 Simulação

Este serviço é responsável por fazer a simulação da comunicação do microcontrolador, fazendo escritas e leituras em um *Filesystem*. Ele faz-se necessário, pois não teremos integração direta com a microcontrolador.

4.5.1.3 Arquitetura computacional

O sistema será desenvolvido para ser executado em um computador de arquitetura 64 bit ARM (Arm64) e um sistema operacional que opere nessa mesma arquitetura. ([DEBIAN, 2020](#))

4.5.2 Visão de implementação

4.5.2.1 Ambiente

Tendo em vista a arquitetura orientada a serviço e a falta da placa para testar o sistema nas condições reais, foi adotada a estratégia de conteinerização dos serviços. Assim é possível isolar os ambientes, bem como facilitar a configuração do ambiente de produção (já embarcado no dispositivo). Para isso, foi utilizado as seguintes tecnologias:

- Docker ([DOCKER, 2020](#))
- Docker - Compose ([COMPOSE, 2020](#))

4.5.2.2 Machine Learning

Devido à natureza de algumas características do sistema, principalmente no que diz respeito às funcionalidades que envolvem a utilização de modelos de ML, foi adotado um segundo ambiente de desenvolvimento especialmente voltado para a análise exploratória dos dados, construção e treinamento de modelos de ML. Para isso, utilizaremos as seguintes tecnologias:

- Jupyter Notebook ([NOTEBOOK, 2020](#))
- Tensor Flow ([TENSORFLOW, 2020](#))
- Keras ([KERAS, 2020](#))
- SKlearn ([SCIKIT, 2020](#))

Devido à proposta de executar inferência em tempo de execução sob os dados provenientes do acompanhamento do voo do foguete, é necessária a implementação de um processo programado para o desenvolvimento dessa ferramenta. Para isso, entendemos como parte fundamental do desenvolvimento o cumprimento de três macro-tarefas :

- Definição e análise do *dataset*⁴.
- Desenho, construção e avaliação de modelo cognitivo.
- Implementação do modelo no ambiente da aplicação.

Para as duas primeiras atividades, será usada a ferramenta do Jupyter-Notebook e o conjunto de ferramentas para IA de Python. O trabalho desenvolvido disponibilizado no repositório de código da organização. ([REPOSITÓRIO, 2020](#))

4.5.2.3 Serviços

4.5.2.3.1 Comunicação

Esse serviço será implementado em Python, sem nenhum *framework* de desenvolvimento. A tecnologia foi escolhida por ser verbose e ter bibliotecas atualizadas para realização de comunicação serial. ([PYTHON, 2020](#))

4.5.2.3.2 Persistência

A implementação do banco de dados será feita por meio do Mongo DB, um banco de dados não relacional. A escolha da tecnologia foi principalmente por conta da maleabilidade dos bancos não relacionais, devido a possibilidade de mudança da organização dos dados que serão coletados pelas outras placas. Outro ponto importante é o grande aporte da comunidade a essa ferramenta, sendo o banco de dados não relacional mais utilizado. ([DB, 2020](#))

4.5.2.3.3 Consulta e inferência

A ferramenta escolhida para a implementação deste serviço é o Fast API, um *framework* da linguagem Python, capaz de construir APIs de alto desempenho com agilidade e documentação precisa. Entre suas qualidades estão o maior desempenho que concorrentes como o Node Express (Javascript), Flask (Python) e Django (Python), além de extremamente simples e minimalista de ser desenvolvido. ([API, 2020](#))

4.5.2.3.4 Interface

Para a implementação desse serviço, foi escolhido o ElectronJs, *framework* para criação de aplicações multiplataformas, utilizando Javascript e Typescript. Sua escolha foi feita devido à possibilidade de criar aplicações *Desktop* utilizando de interfaces e elementos do desenvolvimento *web*, assim possibilitando uma curva de aprendizado mais rápida para o time de desenvolvedores do projeto. ([ELECTRON, 2020](#))

⁴ Conjunto de dados autocontido, sem formatação, com nomes bem definidos para cada coluna.

4.5.2.3.5 Simulação

O serviço de simulação será implementado em Python, por ser simples e rápido, além de seguir em concordância com as outras tecnologias utilizadas no projeto.

4.5.3 Metas e restrições de arquitetura

4.5.3.1 Metas

- Auxiliar o usuário no lançamento e acompanhamento de vôo de um foguete experimental.
- Armazenar dados dos lançamentos de forma sistemática.
- Realizar análises cognitivas com os dados obtidos.
- Ter uma interface intuitiva e de fácil utilização, para agilizar o processo de lançamento do foguete e análise dos dados pós voo.
- Possibilitar o controle do lançamento e acompanhamento do voo do foguete.

4.5.3.2 Restrições

- O sistema não terá acesso a internet.
- Deve ser executado em microcomputador com recursos limitados.
- Realizar *streaming* de dados obtidos do foguete em tempo de execução.
- Disponibilizar dados armazenados em CSV para exportação via cartão SD.
- Utilizar ambiente conteinerizado (Docker) para virtualização do ambiente, a fim de poder simular o comportamento do software, já que não teremos a placa para fazer os testes.
- Deve ser utilizado um computador de arquitetura 64 bit ARM (Arm64) e um sistema operacional que opere nessa mesma arquitetura.

Referências

- API, F. *Fast API*. 2020. <<https://fastapi.tiangolo.com/>>. Citado na página 73.
- ARDUINOMEGA. *Sensor de Pressão e Temperatura BMP280*. Postado no site Arduinomega <https://www.arduinoomega.com.br/sensor-de-pressao-e-temperatura-bmp280?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQjwqrb7BRDIARIsACwGad68AEoWjak1_QuELo5fhFWaW_s0QIs4hG7icQj33YHxmeyIdL28RjwaAiXaEALw_wcB>. Citado na página 44.
- BIEBERSTEIN, N. et al. *Service-oriented architecture compass: business value, planning, and enterprise roadmap*. [S.l.]: FT Press, 2006. Citado na página 71.
- CALLISTER, W. *Ciência E Engenharia de Materiais: Uma Introdução* . [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2000. Citado na página 63.
- CAMPOS, C. I.; LAHR, F. A. R. Mdf—processo de produção, propriedades e aplicações. *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos materiais*, 2002. Citado na página 62.
- CAPELARI, N. S. B. Telemetria aeronáutica com envio de dados meteorológicos e informações para correção diferencial de sistemas de radiolocalizaçā. USP, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 44.
- CAROLI, P. *Lean inception*. 2014. Citado na página 17.
- CIA, A. *Use o BMP280 para medir temperatura, pressão e altitude*. 2017. Postado no Blog Arduino e Cia <<https://www.arduinoecia.com.br/bmp280-pressao-temperatura-altitude/>>. Citado na página 45.
- COHN, M. *Managing Risk on Agile Projects with the Risk Burndown Chart*. 2010. Blog post at Mountain Goat Software <<https://www.mountaingoatsoftware.com/blog/managing-risk-on-agile-projects-with-the-risk-burndown-chart>>. Citado na página 37.
- COMPOSE, D. *Docker compose*. 2020. <<https://docs.docker.com/compose/>>. Citado na página 72.
- DB, M. *Mongo DB*. 2020. <<https://www.mongodb.com/>>. Citado na página 73.
- DEBIAN. *Arquitetura ARM 64*. 2020. <<https://www.debian.org/releases/stable/arm64/>>. Citado na página 72.
- DGS. 2010. Drone ground station AeroExpo <<https://www.aeroexpo.online/prod/birdpilot/product-181429-23018.html>>. Citado na página 49.
- DIAS, C. de O. Estudo e implementaçāo computacional de sistema de armazenamento de energia com conexāo direta ao sistema elétrico. Universidade Federal de Uberlândia, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 54 e 55.
- DOCKER. *Docker*. 2020. <<https://docs.docker.com/get-started/overview/>>. Citado na página 72.

- ELECTRON. *Electron.* 2020. <<https://www.electronjs.org/>>. Citado na página 73.
- ELEOTÉRIO, J. R.; FILHO, M. T.; JÚNIOR, G. B. Propriedades físicas e mecânicas de painéis mdf de diferentes massas específicas e teores de resina. *Ciência Florestal*, SciELO Brasil, v. 10, n. 2, p. 75–90, 2000. Citado na página 62.
- ELETROGATE. *Célula De Carga 50Kg - Sensor De Peso.* 2020. Postado no site Eletrogate <https://www.eletrogate.com/celula-de-carga-50-kg-sensor-de-peso?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAjw19z6BRAYEiwAmo64LcZIEQEjZFYQXPnvLeAYCDDhxvi6jvKI2Sg8c3C1I7Mikh_wJV4OhoCuL0QAvD_BwE>. Citado na página 47.
- ENGINEERING, O. *Célula de Carga.* 2020. Posted on OMEGA Engineering Company Blog. Citado na página 46.
- FILIPEFLOP. *Módulo Conversor HX711 para Sensor de Peso.* Postado no site FilipeFLop <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-conversor-hx711-para-sensor-de-peso/>>. Citado na página 48.
- GALLI, C. A. Caracterização das propriedades mecânicas de compósitos de matriz de epóxi com fibras de carbono unidirecionais. *Escola Politécnica-UFRJ*, 2016. Citado na página 63.
- GOMES, J. W. et al. Absorção de água e propriedades mecânicas de compósitos poliméricos utilizando resíduos de mdf. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 27, p. 48–55, 2017. Citado na página 62.
- gren, L.; GOLDMAN, A.; JACOBSSON, C. Agile ways of working: a team maturity perspective. *Journal of Software: Evolution and Process*, Wiley Online Library, v. 32, n. 6, p. e2244, 2020. Citado na página 32.
- gren, L.; TORKAR, R.; FELDT, R. The prospects of a quantitative measurement of agility: A validation study on an agile maturity model. *Journal of Systems and Software*, Elsevier, v. 107, p. 38–49, 2015. Citado na página 32.
- GRUSIN, M. *BMP180 Barometric Pressure Sensor Hookup.* 2018. Posted on Sparkfun Tutorials <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/bmp180-barometric-pressure-sensor-hookup-/measuring-weather-and-altitude>>. Citado na página 45.
- HEXCEL, H. *HexTow IM7 carbon fiber.* 2020. Citado na página 63.
- INFORMAÇÃO, V. T. da. *GPS - O que é, como funciona.* 2020. Postado no Blog Só Física <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/curiosidades/gps.php>>. Citado na página 45.
- INSTRUMENTS, T. Lm2596 - power converter 150-khz, 3-a step-down voltage regulator. 1999. Citado na página 56.
- JÚNIOR, J. S.; JÚNIOR, N. B.; HEMKEMEIER, M. Aspectos ambientais da substituição de componentes em fibra de vidro por componentes em abs (acrilonitrila butadieno estireno) em uma indústria de produção de carrocerias de ônibus. *Ciência & Engenharia*, v. 23, n. 2, p. 33–38, 2014. Citado na página 64.

KERAS. *Keras*. 2020. <<https://www.tensorflow.org/guide/keras?hl=pt-br>>. Citado na página 72.

LEITE, L. et al. A survey of devops concepts and challenges. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, ACM New York, NY, USA, v. 52, n. 6, p. 1–35, 2019. Citado na página 32.

LICORISH, S. A. et al. Adoption and suitability of software development methods and practices. In: IEEE. *2016 23rd Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)*. [S.l.], 2016. p. 369–372. Citado na página 32.

MATTEDE, H. *O que são sensores e quais as suas aplicações?* 2020. Postado no Blog Mundo da Elétrica <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>>. Citado na página 44.

MERCADOLIVRE. *Mini Teclado com touchpad*. 2020. Postado no site Mercado Livre <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1629472172-7-59-teclas-sem-fio-bluetooth-30-slim-teclado-c-touch-JM?matt_tool=90090532&matt_word=&gclid=CjwKCAjw-5v7BRAmEiwAJ3DpuEIA3zUnH1-pQ9CdpKBJ_a_O-GrK_dkUvQwuyvCY3ExUd9skerb0nBoCZjAQAvD_BwE>. Citado na página 51.

MERCADOLIVRE. *Tela LCD 9 polegadas*. 2020. Postado no site Mercado Livre <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-704386851-lcd-9-polegadas-p-cubieboard-e-raspberry-pi-hdmi-vga-av-JM?matt_tool=86155663&matt_word=&gclid=Cj0KCQjwzbv7BRDIARIsAM-A6-2A5fInhBXmCxRuSVtPT9VCEHUbCudZt89O5xE9jhrGr5QU4wcB>. Citado na página 50.

MOOGK, D. R. Minimum viable product and the importance of experimentation in technology startups. *Technology Innovation Management Review*, v. 2, n. 3, 2012. Citado na página 17.

NOTEBOOK, J. *Jupyter Notebook*. 2020. <<https://jupyter-notebook.readthedocs.io/en/stable/notebook.html>>. Citado na página 72.

NVIDIA. *Nvidia Jetson Nano Developer Kit*. 2020. Postado no site Nvidia <<https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>>. Citado na página 52.

PIERIN, I. et al. Estudo de estabilidade de perfis pultrudados de materiais prfv. Florianópolis, SC, 2005. Citado na página 62.

PURDY, G. Iso 31000: 2009—setting a new standard for risk management. *Risk Analysis: An International Journal*, Wiley Online Library, v. 30, n. 6, p. 881–886, 2010. Citado na página 37.

PYTHON. *Python*. 2020. <<https://www.python.org/>>. Citado na página 73.

REPOSITÓRIO. *Repositório*. 2020. <<https://github.com/Ground-Station>>. Citado na página 73.

- ROBOCORE. *Módulo GPS GY-NEO6MV2 com Antena.* 2020. Postado no site RoboCore.net <https://www.robocore.net/loja/sensores/modulo-gps-gy-neo6mv2-com-antena?gclid=Cj0KCQjwqr7BRDIARIIsACwGad5podJqlfjI28dQa5-f1IDrr-LuDgXl38V4OW2dWrA7-xkroNyn68aAj93EALw_wcB>.
- SANTANA, L. et al. Estudo comparativo entre petg e pla para impressão 3d através de caracterização térmica, química e mecânica. *Matéria, Rio de Janeiro*, v. 23, n. 4, 2018. Citado na página 46.
- SANTELLA, J. *Tudo sobre Matriz SWOT: o que é, passo a passo e dicas para aplicar no planejamento estratégico.* 2020. Postado no Blog da EUAX Consulting <<https://www.euax.com.br/2020/03/matriz-swot/>>.
- SCIKIT. *Scikit.* 2020. <<https://scikit-learn.org/stable/>>.
- SEMICONDUCTOR, A. 24-bit analog-to-digital converter (adc) for weigh scales hx711 - data sheet. Avia. Citado na página 47.
- SENSORTEC, B. Bmp280 digital pressure sensor - datasheet. Bosh Sensortec, 2018. Citado na página 44.
- SILVA, S. A. M. D.; GONÇALVES, R. Avaliação da distribuição da densidade em mdf a partir da técnica da onda de ultra-som. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, p. 19–26, 2007. Citado na página 62.
- SIMÕES, C.; VIANA, J.; CUNHA, A. Mechanical properties of poly (ε -caprolactone) and poly (lactic acid) blends. *Journal of Applied Polymer Science*, Wiley Online Library, v. 112, n. 1, p. 345–352, 2009.
- SUTTON, G. P. *Rocket Propulsion Elements.* 9th ed.. ed. [S.l.]: Wiley, 2016.
- SYSTEMS, E. Esp32 series - datasheet. SHANGHAI, 2020.
- TEAM, C. R. *CDR: Foguete Daedalus 2.* 2020. No prelo. Solicitação ao autor: capitalrocketteam@gmail.com.
- TENSORFLOW. *Tensorflow.* 2020. <<https://www.tensorflow.org/overview?hl=pt-br>>.
- UBLOX. Neo-6 u-blox 6 gps modules - data sheet. Ublox.
- UFMG. *5W1H: Aprenda a Elaborar um Plano de Ação.* 2018. Disponível em: <<https://ucj.com.br/blog/estrategia/5w1h-plano-de-acao>>.
- UNIPOWER. Bateria lítio ferro-fosfato lifepo4 - uplfp12-30. São Paulo, Brasil, 2017.
- VOSSEN, C. A. *Nanocompósitos de ABS/PA e argilas organofílicas.* Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2009.
- WALTER, Y. O conteúdo da forma: Subsídios para seleção de materiais e design. 2006.

Apêndices

APÊNDICE A – Diagrama de blocos do sistema

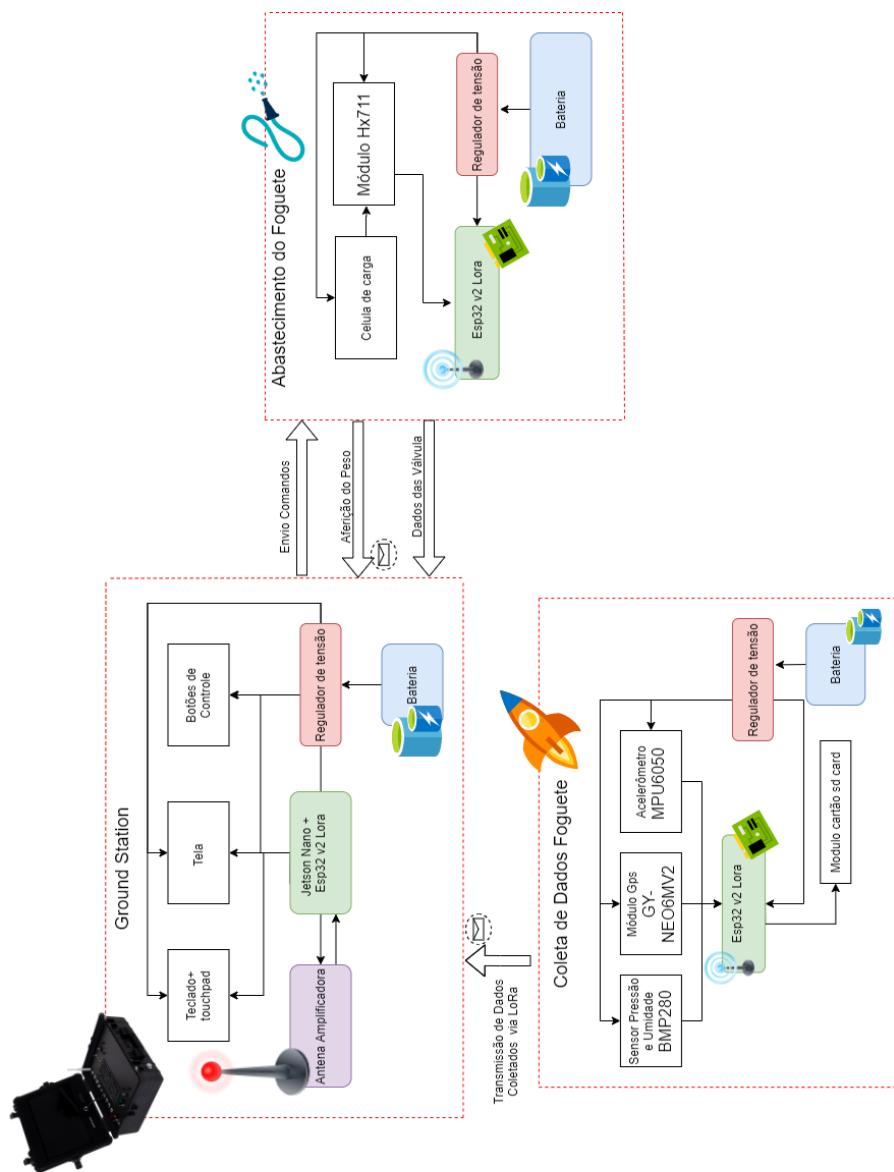


Figura 29 – Diagrama de blocos do projeto. Fonte: Autor

APÊNDICE B – Visão geral da arquitetura de software

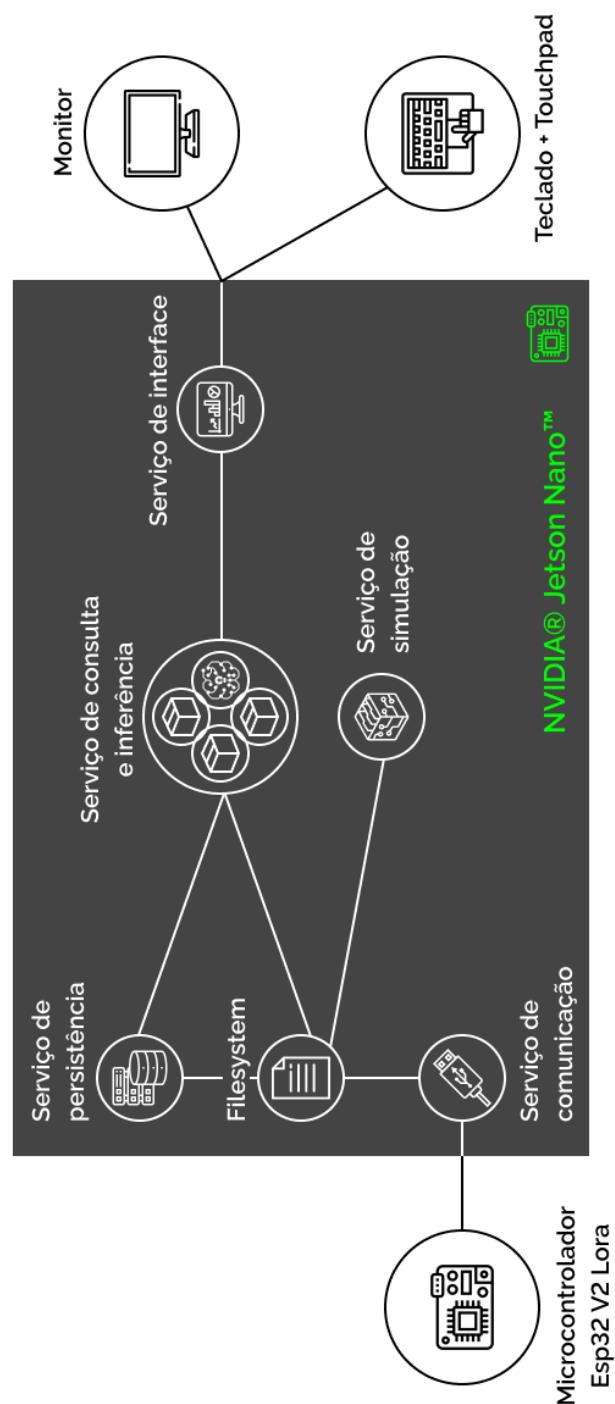


Figura 30 – Visão geral da arquitetura de software. Fonte: Autor

APÊNDICE C – Business model canvas

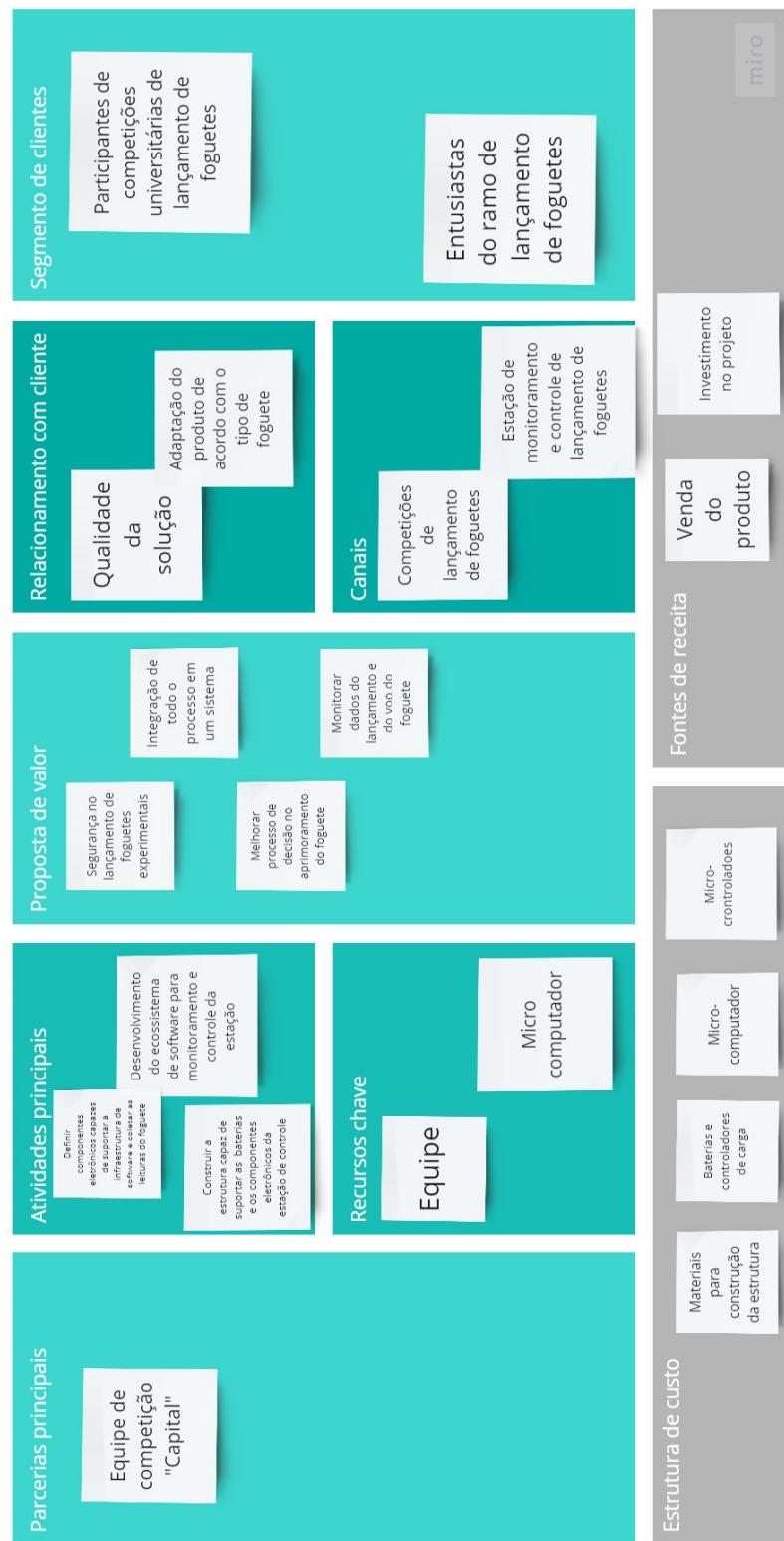


Figura 31 – Business model canvas. Fonte: Autor

APÊNDICE D – EAP

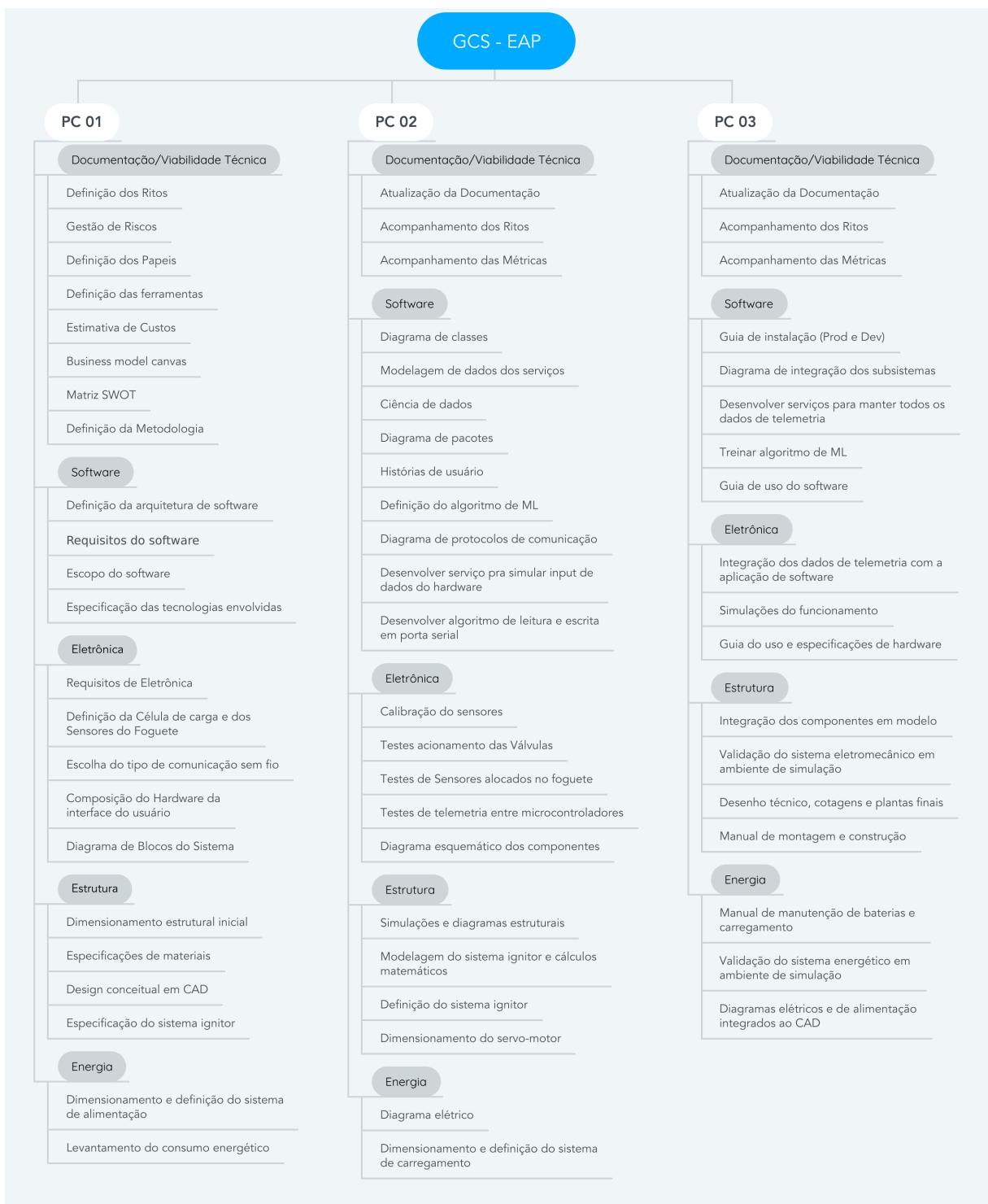


Figura 32 – Mapa mental da Estrutura Analítica do Projeto.

APÊNDICE E – Esboço inicial e CAD

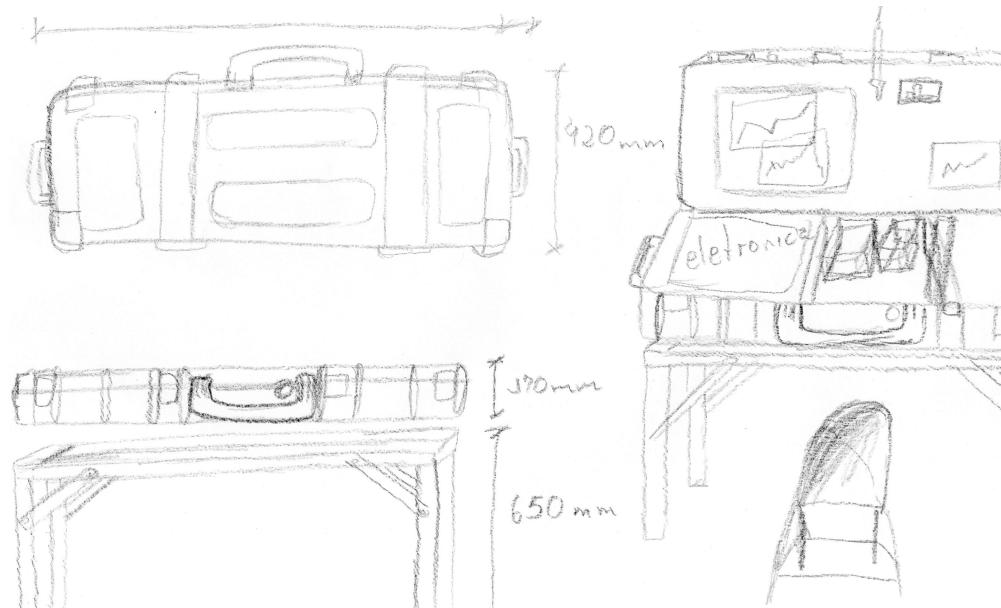
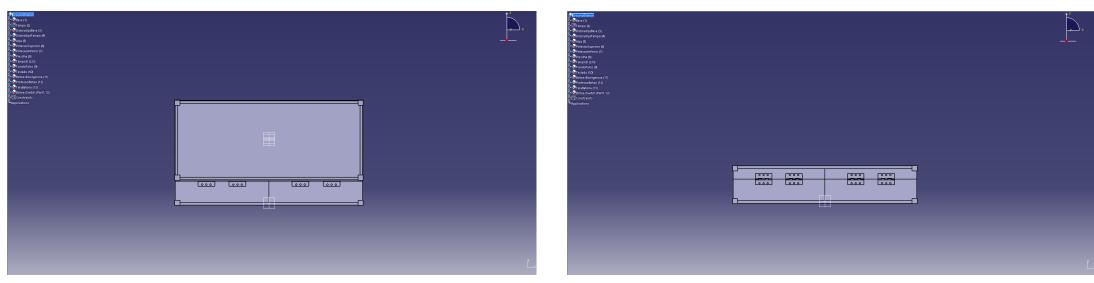


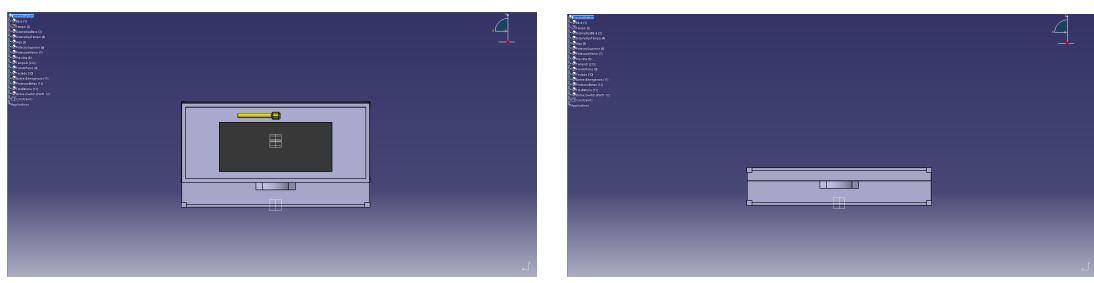
Figura 33 – Esboço inicial



(a) aberto

(b) fechado

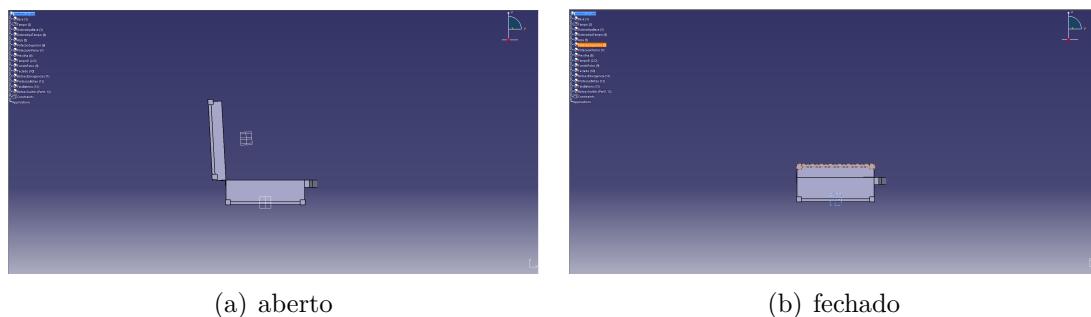
Figura 34 – CAD da maleta verso



(a) aberto

(b) fechado

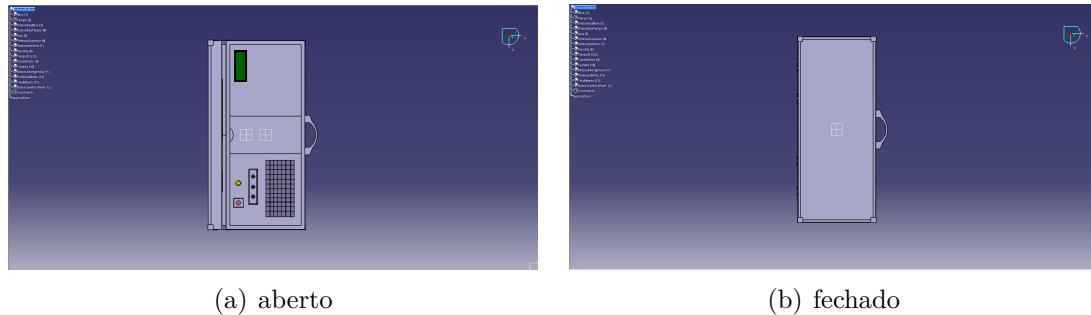
Figura 35 – CAD's da maleta frente



(a) aberto

(b) fechado

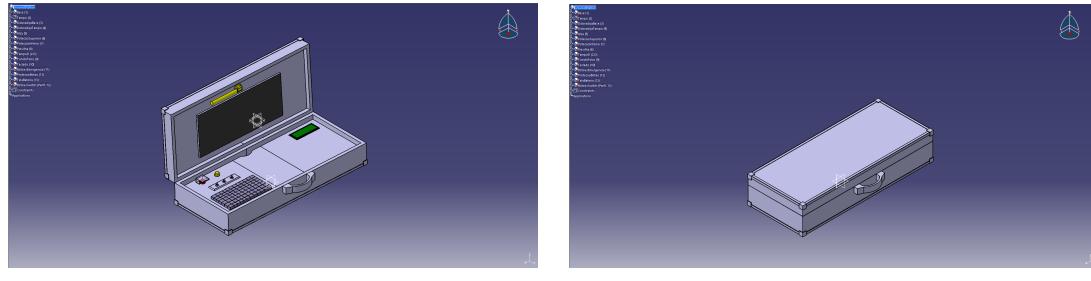
Figura 36 – CAD's da maleta lateral



(a) aberto

(b) fechado

Figura 37 – CAD's da maleta superior



(a) aberto

(b) fechada

Figura 38 – CAD's da maleta isométrica

APÊNDICE F – Roadmap

Sprint	Inicio	Final	Duração	Área	Título	Ponto de controle 01	Descrição
Sprint 0	28/08	04/09	7	Viabilidade Técnica Viabilidade Técnica Viabilidade Técnica Viabilidade Técnica Estrutura, Energia, Eletrônica e Pesquisas sobre o problema	Documentação e elicitação Definição do time Definição das responsabilidades Pesquisas iniciais sobre o problema e possíveis soluções		
Sprint 1	04/09	11/09	7	Eletônica Estrutura, Energia e Eletrônica Estrutura e Energia Estrutura e Energia Software Software	Documentar os Recursos Humanos Documentar os Riscos Estimativa de custo Levantamento de requisitos Cronograma Ideias iniciais para inicio da definição dos componentes do projeto Lista é/ não é Objetivos e requisitos Esboço inicial da estrutura Levantamento de materiais Alinhamento com os professores Diagrama de fishbone Definição dos objetivos específicos de software Definição dos requisitos específicos de software	Documentação da metodologia de trabalho, os ritos e os papéis Plano de gerenciamento e monitoramento de riscos Investimentos, Orçamento Preliminar e Viabilidade Financeira Documentação dos requisitos levantados de cada área do projeto	
Sprint 2	11/09	18/09	7	Eletônica Estrutura e Energia Estrutura e Energia Estrutura e Energia Software Software	Alinhamento das soluções propostas com os outros grupos do pro. Juntar-se aos outros grupos para ajustar os componentes para que todas demandas sejam atendidas Diagrama de Blocos do sistema Avaliação inicial da microgeração Fluxograma de abastecimento Descrição dos componentes de abastecimento Pesquisa comparativa dos materiais Elicitação de requisitos Definição das tecnologias Definição da macro arquitetura de software	Avaliar a viabilidade de se desenvolver uma microgeração para autosuficiência Uma descrição detalhada com o funcionamento e os equipamentos do abastecimento Definição dos requisitos funcionais e não funcionais alto nível do sistema Definir as tecnologias que serão usadas no projeto Diagrama de "Visão Geral" da arquitetura	
Sprint 3	18/09	25/09	7	Eletônica Eletônica Estrutura e Energia Estrutura e Energia Estrutura e Energia Estrutura e Energia Estrutura e Energia Software Geral Geral Geral	Documentação das informações no PC1 Alinhamento com o professor Definir dispositivos de alimentação Custos e orçamentos estrutura e energia Documentar solução Levantamento dos elementos estruturais Concepção inicial em CAD da estrutura Documento de arquitetura Matriz SWOT Canvas Refinamento do escopo geral	Documentar todas atividades das sprints anteriores de forma coesa no ponto de controle Alinhamento da solução proposta com o professor orientador Documentação das atividades desenvolvidas durante o PC01 para a solução proposta CAD inicial Finalizar o documento de arquitetura utilizando os insumos da sprint anterior Desenvolvimento da matriz SWOT com todas engenharias envolvidas Desenvolvimento do Canvas com todas engenharias envolvidas Refinamento do escopo	
Sprint 4	25/09	02/10	7	Viabilidade Técnica Viabilidade Técnica Viabilidade Técnica Viabilidade Técnica Estrutura e Energia Estrutura e Energia Estrutura e Energia Eletônica Eletônica Software	Revisão dos documentos Entrega do relatório do ponto de controle 01 Preparar apresentação Apresentação Pesquisa inicial do carregador Tabela com dimensões dos componentes Definição da abertura de válvulas Descrição detalhada das conexões entre os componentes Início da integração dos dados de telemetria com software Entendimento das necessidades do PC2 Diagrama de sequencia Storytelling Coletar dados		
							Aprofundamento na arquitetura da solução, desenvolvendo um diagrama de sequencia Aprofundamento na solução que será consumida pelo usuário, especificando os pontos de interação do usuário com o sistema Tarefa inicial da atividade de anotação de dados para construção de um algoritmo de ML

Figura 39 – Roadmap PC1. Fonte: Autor

Sprint	Inicio	Final	Duração	Área	Título	Ponto de controle 03	Descrição
Sprint 9	30/10	06/11	7	Estrutura, Energia e Eletrônica	Integração dos componentes		Integração dos componentes estruturais, eletrônicos e de alimentação em modelo
				Estrutura e Energia	Desenho técnico, cotagem, plantas finais		Validação do sistema eletromecânico em ambiente de simulação
				Estrutura e Energia	Validação do sistema energético		Validação do sistema energético em ambiente de simulação
				Eletrônica	Início da validação das Interações		Validação das integrações do hardware com o acionamento das válvulas e com o software de forma simulada
				Software	Desenvolvimento do serviço de consulta e inferência		
				Software	Configuração e iniciação do serviço de interface		
				Software	Treinamento do algoritmo de ML escolhido		
Sprint 10	06/11	13/11	7	Estrutura e Energia	Integração dos componentes		Integração dos componentes gerais em modelo
				Estrutura e Energia	Desenho técnico, cotagem, plantas finais		Revisão da solução energética e estrutural
				Estrutura e Energia	Revisão do projeto		
				Estrutura e Energia	Plano de testes de subsistemas		
				Eletrônica	Início da construção do Manual do usuário		
				Eletrônica	Detalhamento de possíveis futuros aprimoramentos no projeto		
				Software	Configuração e desenvolvimento do serviço de simulação		
				Software	Desenvolvimento do serviço de interface		
				Software	Início da construção do Manual do usuário		
Sprint 11	13/11	20/11	7	Estrutura e Energia	Manual de manutenção de baterias e carregamento		
				Estrutura e Energia	Manual de montagem e construção		
				Estrutura e Energia	Plano de integração dos componentes da solução		
				Eletrônica	Documentação do Ponto de Controle 3		
				Software	Correção de bugs		
				Software	Atualização da documentação do projeto		
				Software	Início da construção do Manual do usuário		
Sprint 12	20/11	27/11	7	Viabilidade Técnica	Revisão dos documentos		
	22/11	22/11		Viabilidade Técnica	Entrega do relatório do ponto de controle 03		
	27/11	27/11		Viabilidade Técnica	Preparar apresentação		
				Viabilidade Técnica	Apresentação		
Sprint 13	27/11	04/12	7	Viabilidade Técnica	Preparar apresentação FIT		
				Viabilidade Técnica	Apresentação FIT		
				Viabilidade Técnica	Entrega do repositório		Entrega do repositório com plantas, diagramas, CAD's e simulações apresentadas.

Figura 40 – Roadmap PC2. Fonte: Autor

Sprint	Inicio	Final	Duração	Área	Título	Ponto de controle 02	Descrição
Sprint 5	02/10	09/10	7	Estrutura e Energia	Definir dimensão da estrutura e layout interno		
				Estrutura e Energia	Especificação de cargas atuantes sobre o sistema		
				Estrutura e Energia	Definir torque		Cálculos matemáticos do torque necessário para abertura das válvulas
				Eletrônica	Especificação sistema de carregamento		
				Eletrônica	Integração para o acionamento das válvulas definidas pela Estrutura e Energia		
				Eletrônica	Diagrama esquemático de cada subsistema		
				Eletrônica	Termino da integração dos dados de telemetria com software		
				Software	Inicio do alinhamento com eletrônica para integração dos dados de telemetria		
				Software	Diagrama de protocolos de comunicação		
				Software	Levantar histórias de usuário		
				Software	Anotação de dados		
Sprint 6	09/10	16/10	7	Estrutura e Energia	Modelagem do sistema ignitor		Modelagem do sistema ignitor para simulações numéricas
				Estrutura e Energia	Definir dimensões do módulo de ignição		
				Estrutura e Energia	Diagrama elétrico do sistema de alimentação		
				Estrutura e Energia	Simulações estruturais 01		
				Estrutura e Energia	Atualizar CAD		
				Eletrônica	Simulações de funcionamento de cada subsistema		
				Eletrônica	Alinhamento com Estrutura e Energia para o acionamento da ignição		
				Software	Anotação de dados		
				Software	Wireframe		
				Software	Levantar histórias de usuário		
				Software	Modelagem de dados		
Sprint 7	16/10	23/10	7	Estrutura e Energia	Simulação numérica do sistema ignitor		
				Estrutura e Energia	CAD do sistema ignitor		
				Estrutura e Energia	Simulações estruturais 02		
				Estrutura e Energia	Diagramas estruturais		
				Estrutura e Energia	Plano de construção dos subsistemas		
				Estrutura e Energia	Diagrama do carregador		
				Eletrônica	Refinamento das atividades das últimas sprints		
				Estrutura, Energia e Eletrônica	Documentação PC2		
				Software	Diagrama de classes		
				Software	Desenvolvimento do serviço de comunicação		
				Software	Inicio da avaliação dos algoritmos de ML		
				Software	Inicio do desenvolvimento do protótipo de alta fidelidade		
Sprint 8	23/10	30/10	7	Viabilidade Técnica	Revisão dos documentos		
	25/10	25/10		Viabilidade Técnica	Entrega do relatório do ponto de controle 02		
	30/09	30/09		Viabilidade Técnica	Preparar apresentação		
				Viabilidade Técnica	Apresentação		
				Estrutura e Energia	Definir softwares de simulação		
				Estrutura e Energia	Atualizar CAD's		
				Eletrônica	Diagrama esquemático detalhado de todo o projeto		
				Software	Desenvolvimento do protótipo de alta fidelidade		
				Software	Configuração e criação do serviço de persistência		
				Software	Configuração e iniciação do serviço de consulta e inferência		

Figura 41 – Roadmap PC3. Fonte: Autor

APÊNDICE G – Autoavaliação

- **Nome: André Bargas**

- Desenvolvimento da lista de é/não é do projeto
- Desenvolvimento dos Requisitos específicos de software
- Definição da arquitetura geral de software
- Definição das tecnologias utilizadas para desenvolvimento da solução de software
- Auxilio na definição do micro computador devido a restrições de infraestrutura de software

- **Nome: Augusto Moreno Vilarins**

- Elaboração do diagrama de causa e efeito.
- Definição dos objetivos geral e específicos do subgrupo de software.
- Auxilio na elaboração do artefato de escrita da visão do produto.
- Levantamento de requisitos de usabilidade e requisitos não funcionais de software.
- Auxílio na elaboração e revisão do documento do Ponto de Controle 1.

- **Nome: Artur Cardoso de Almeida**

- Elaboração de um esboço inicial para o protótipo da *Ground Station*.
- Pesquisa de materiais para a fabricação da maleta *Ground Station*.
- Elaboração de um protótipo conceitual da *Ground Station* utilizando a ferramenta CATIA V5R19.
- Renderização do projeto conceitual utilizando a ferramenta KeyShot8.

- **Nome: Diogo Filipe Sens**

- Comunicação da equipe com o cliente, incluindo reunião de alinhamento entre ambos;
- Apresentação e familiarização da equipe com o problema enfrentado pelo cliente, bem como seu devido contexto;
- Orientação do trabalho da equipe no sentido do atendimento das necessidades do cliente;

- Elaboração da contextualização, da problematização e da justificativa do projeto;
- Elaboração conjunta do escopo do projeto, na parte da estrutura;
- Elaboração conjunta da concepção e detalhamento da solução, na parte de sistema de alimentação;
- revisão final do documento.

- **Nome: Douglas Alves Brandão**

- Pesquisa dos materiais e métodos de fabricação da maleta *Ground Station*.
- Elaboração do desenho assistido por computador (CAD) do protótipo.
- Estimativa de custo da estrutura da *Ground Station*.

- **Nome: Gustavo Cavalcante Linhares**

- Gerenciamento e acompanhamento das atividades do grupo de eletrônica
- Definição da escolha dos componentes da ground station, levando em conta os requisitos do projeto e as necessidades de cada sub área
- Alinhamento com os outros gerentes sobre atividades concluídas e sobre o andamento do projeto
- Construção do Business model Canvas
- revisão final do documento.

- **Nome: Francisco Matheus**

- Definição da escolha dos componentes para a telemetria, levando em conta os requisitos do projeto e as necessidades de cada sub área .
- Criação do diagrama de blocos do projeto.
- Auxílio na edição e revisão do Ponto de Controle 1.
- Auxílio na definição da solução e fluxo de projeto do subgrupo da Eletrônica.

- **Nome: Gabriela Alves da Gama**

- Auxílio na definição dos requisitos funcionais e não-funcionais do projeto.
- Elaboração do 5w1h
- Construção da Matriz SWOT.
- Auxílio na edição e revisão do Ponto de Controle 1.
- Definição da Arquitetura
- Definição inicial do projeto

- Definição do escopo

- **Nome: Isaque Alves de Lima**

- Definição da metodologia de trabalho;
- Definição dos ritos adotados no projeto;
- Definição da estrutura do relatório;
- Gestão de Riscos;
- Definir e organizar as ferramentas de controle das informações pessoais, de custo e gestão do projeto;
- Direcionamento nas reuniões;
- Levantamento da EAP e cronograma do projeto;
- Auxílio na edição e revisão do Ponto de Controle 1;
- Alinhamento e acompanhamento das atividades do projeto;
- EAP - Estrutura Analítica do projeto;

- **Nome: João Henrique Egewarth**

- Gerenciamento e acompanhamento das atividades do grupo de software;
- Preparação de um dinâmica em grupo para entendimento e alinhamento do problema e da solução;
- Alinhamento com os outros gerentes sobre a solução e andamento do projeto;
- Construção do Business model Canvas;
- Auxilio na definição da arquitetura geral de software
- Auxilio na definição das tecnologias utilizadas para desenvolvimento da solução de software
- Desenvolvimento da problematização do projeto por meio de um fishbone
- Definição do objetivo específico de software
- Auxilio na definição do micro computador devido a restrições de infraestrutura de software
- Levantamento da EAP de software
- Levantamento do cronograma de software

- **Nome: Luísa Prospero de Carvalho silva**

- Gerenciamento e acompanhamento das atividades do subgrupo de estrutura e energia.

- Definição dos objetivos geral e específicos do subgrupo de estrutura.
- Levantamento de requisitos de estrutura.
- Definição dos elementos estruturais da *Ground Station*.
- Alinhamento com os outros gerentes sobre atividades concluídas e sobre o andamento do projeto.
- Construção do *Business model Canvas*.
- Construção da Matriz SWOT.
- Auxílio na definição da estrutura do relatório.
- Levantamento da EAP de estrutura e energia.
- Levantamento do cronograma de estrutura e energia.
- Auxílio na edição e revisão do Ponto de Controle 1.

- **Nome: Milena Martins Magalhães**

- Definição dos objetivos específicos e requisitos do sistema na área de energia
- Levantamento do escopo e lista é/não é da área de energia
- Avaliação da possibilidade de microgeração
- Dimensionamento do sistema de alimentação
- Definição dos dispositivos de alimentação
- Estimativa inicial de custos para o sistema de alimentação
- Auxílio na edição e revisão do Ponto de Controle 1.

- **Nome: Misael de Souza Andrade**

- Definição da escolha dos sensores do foguete e da balança, levando em conta os requisitos do projeto e as necessidades de cada sub área.
- Auxílio na definição dos requisitos funcionais e não-funcionais do projeto.
- Auxílio na definição da solução e fluxo de projeto do subgrupo da Eletrônica.
- Construção da Matriz SWOT.
- Auxílio na edição e revisão do Ponto de Controle 1.

- **Nome: Thainá Rodrigues Fernandes**

- Definição dos objetivos e requisitos do sistema na área de energia
- Avaliação da possibilidade de microgeração
- Dimensionamento do sistema de alimentação
- Definição dos dispositivos de alimentação

- Pesquisa de fabricantes de bateria
- Estimativa inicial de custos para o sistema de alimentação
- Auxílio na edição e revisão do Ponto de Controle 1.

Anexos

ANEXO A – Elementos do sistema de alimentação



(a) Tanque de abastecimento



(b) Tubo flexível

Figura 42 – Tanque de abastecimento e Tubo flexível



(a) Válvula esfera



(b) Válvula anti-retorno

Figura 43 – Válvulas



(a) Conector T



(b) Conector rápido

Figura 44 – Conectores