



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

Máquina de Reciclagem Automática

Autores: Lucas Soares Guimarães, Raphael Fernandes, Jorge Santana, Lucas de Souza Lessa, Matheus Jericó Palhares, Murilo Venturin, Beatriz Gabrielle de Carvalho Pinheiro, Fernanda do Amaral Rodrigues, Gibson Fernandes, Elmar Roberto Caixeta Filho, Gabriel de Souza Clímaco, Henrique Lopes Dutra

Brasília, DF
2018



Lucas Soares Guimarães, Raphael Fernandes, Jorge Santana, Lucas de Souza Lessa, Matheus Jericó Palhares, Murilo Venturin, Beatriz Gabrielle de Carvalho Pinheiro, Fernanda do Amaral Rodrigues, Gibson Fernandes, Elmar Roberto Caixeta Filho, Gabriel de Souza Clímaco, Henrique Lopes Dutra

Máquina de Reciclagem Automática

Trabalho submetido ao curso de Projeto Integrador de Engenharia 2 da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em engenharia aeroespacial, automotiva, eletrônica, de energia e de software .

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, Ricardo Matos Chaim, Rhander Viana, Guillermo Alvarez Bestard e Sebatien R. M. J. Rodineau

Brasília, DF
2018

Lista de ilustrações

Figura 1 – Matriz SWOT.	21
Figura 2 – Processo de Gerenciamento de Mudança.	23
Figura 3 – Processo de Gerenciamento de Mudança.	23
Figura 4 – Organograma dos papeis do projeto.	25
Figura 5 – Cronograma Geral do Projeto	29
Figura 6 – Diagrama do fluxo de interação entre máquina e usuário.	34
Figura 7 – Modelo arquitetural MVVM.	36
Figura 8 – Diagrama de funcionamento de um WebSocket.	36
Figura 9 – Máquina de estados de direcionamento das garrafas.	40
Figura 10 – Arquitetura do direcionamento de garrafas.	43
Figura 11 – Raspberry PI 3 modelo B.	44
Figura 12 – Display LCD 16x2 utilizado no projeto.	44
Figura 13 – Motor de passo NEMA 17 com 3 Kgfc _m de torque, utilizado no projeto.	45
Figura 14 – Diagrama de blocos da ponte H dupla (L298N) utilizada no projeto.	45
Figura 15 – Ponte H dupla L298N, utilizada no projeto.	46
Figura 16 – Funcionamento do sensor capacitivo.	46
Figura 17 – Partes internas do sensor capacitivo.	47
Figura 18 – Sensor capacitivo Ljc18a3-b-zby Npn.	47
Figura 19 – Célula de carga utilizada no projeto.	48
Figura 20 – Informações da célula de carga.	48
Figura 21 – Extensômetro.	49
Figura 22 – Circuito da Ponte de Wheatstone.	49
Figura 23 – Diagrama de blocos da aplicação do HX711 com célula de carga.	50
Figura 24 – Módulo HX711.	50
Figura 25 – Princípio de funcionamento do sensor infravermelho reflexivo.	51
Figura 26 – Sensor de obstáculo infravermelho por reflexão utilizado no projeto.	51
Figura 27 – Arquitetura do controle e acionamento do motor.	52
Figura 28 – Máquina de estados do controle de acionamento e frenagem do triturador.	53
Figura 29 – Sensor de obstáculo infravermelho por reflexão utilizado para detecção de garrafas no funil.	53
Figura 30 – Módulo relé de 2 canais (250 V AC 10 A) utilizado para acionamento do triturador e freio do moto.	53
Figura 31 – Princípio de funcionamento do sensor infravermelho reflexivo.	54
Figura 32 – Diagrama de integração entre a Engenharia Eletrônica e as demais áreas.	54
Figura 33 – Estrutura Analítica do Projeto.	66
Figura 34 – Processo de Gerência de Riscos	72

Lista de tabelas

Tabela 1 – Orçamento do custo de estrutura	27
Tabela 2 – Orçamento do custo de eletrônica	28
Tabela 3 – Orçamento do custo de energia	28
Tabela 4 – Tabela de observações importantes	37
Tabela 5 – Marcos	68
Tabela 6 – Cenário acadêmico	69
Tabela 7 – Cenário de mercado	69
Tabela 8 – Orçamento	70
Tabela 9 – WhatIf	71
Tabela 10 – Checklist	72
Tabela 11 – Pesos para faixas de Probabilidades	75
Tabela 12 – Pesos para faixas de Impacto	75
Tabela 13 – Condições e Tolerâncias para as Escalas de Impacto de um Risco	75
Tabela 14 – Pesos dos Riscos (PxI)	76
Tabela 15 – Faixas de cenários	76
Tabela 16 – WhatIf	78
Tabela 17 – Registros dos Riscos	79
Tabela 18 – Análise dos Riscos	81
Tabela 19 – Checklist	82

Lista de abreviaturas e siglas

Fig.	Area of the i^{th} component
UnB	Universidade de Brasília
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
TAP	Termo de Abertura

Lista de símbolos

Γ

Sumário

I	ESCOPO DO PROJETO	13
1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Problematização	15
1.2	Objetivo Geral	15
1.2.1	Problema	15
1.2.2	Solução	15
1.3	Objetivos Específicos	16
1.3.1	Problema na Visão das Engenharias	16
1.3.2	Soluções na Visão das Engenharias	16
2	DEFINIÇÕES	17
2.1	Lista É/Não É	17
3	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES	19
3.1	Requisitos	19
3.1.1	Requisitos Funcionais	19
3.1.2	Requisitos Não Funcionais	19
3.2	Estudo da Viabilidade do Projeto	20
3.2.1	Infra-estrutura	20
3.2.2	Viabilidade técnica	20
3.2.3	Gestão e Pessoal	20
3.2.4	Planejamento estratégico	20
3.2.4.1	Forças(S)	20
3.2.4.2	Fraquezas(W)	21
3.2.4.3	Oportunidades(O)	21
3.2.4.4	Ameaças(T)	22
3.3	Escopo	22
3.3.1	Definição do Escopo	22
3.3.2	Processo de Formalização de Aprovação	22
3.3.3	Processo de Gerenciamento de Mudança	23
3.4	Análise Crítica de Projeto e Desenvolvimento	24
3.5	Recursos Humanos	24
3.5.1	Papéis e responsabilidades	24
3.5.2	Organograma	25

II	PLANEJAMENTO	26
4	ORÇAMENTO DO PROJETO	27
4.1	Estrutura	27
4.2	Eletrônica	27
4.3	Energia	27
4.4	Software	27
5	CRONOGRAMA	29
6	SUBSISTEMAS	30
6.1	<i>Estrutura</i>	30
6.1.1	Apresentação e Resumo	30
6.1.2	Principais Características	30
6.1.2.1	Extrutura externa	30
6.1.2.2	Triturador	30
6.1.2.3	Mecanismo de pesagem e seleção de garrafas	30
6.1.2.4	Compartimentos de armazenamento	31
6.1.3	Testes	31
6.2	<i>Sistema de Controle de Energia e Segurança</i>	31
6.2.1	Apresentação e Resumo	31
6.2.2	Principais Características	31
6.2.3	Testes	32
6.3	<i>Sistema Eletrônico</i>	32
6.3.1	Apresentação e Resumo	32
6.3.2	Principais Características	32
6.3.3	Testes	33
6.4	<i>Interação com o usuário</i>	34
6.4.1	Apresentação e Resumo	34
6.4.2	Principais Características	34
6.4.2.1	Pré-uso	34
6.4.2.2	Entrada de Usuário	35
6.4.2.3	Entrada da Garrafa	35
6.4.2.4	Arquitetura	35
6.4.3	Prototipação e Testes	36
6.4.4	Observações importantes	37
III	DESENVOLVIMENTO	38
7	ESTRUTURA	39

8	ELETRÔNICA	40
8.1	Resumo	40
8.2	Direcionamento das Garrafas	40
8.2.1	Microprocessador	43
8.2.2	Display LCD	44
8.2.3	Motor de passo e driver	44
8.2.4	Sensor capacitivo	46
8.2.5	Célula de Carga	47
8.2.6	Sensor infravermelho	50
8.3	Acionamento do triturador	51
8.4	Integração	54
8.4.1	Engenharia de Energia	54
8.4.2	Engenharia de Software	55
8.4.3	Estrutura	55
8.5	Testes	55
9	ENERGIA	58
10	SOFTWARE	59
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICES	63
	APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	64
A.0.1	Objetivos deste documento	64
A.0.2	Descrição do Projeto	64
A.0.3	Justificativa do Projeto	64
A.0.4	Objetivos do Projeto	65
A.0.5	Critérios de sucesso do projeto	65
A.0.6	Estrutura Analítica do Projeto	65
A.0.7	Requisitos	67
A.0.7.1	Requisitos de Alto Nível	67
A.0.7.2	Principais requisitos das principais entregas/produtos	68
A.0.8	Marcos	68
A.0.9	Partes interessadas do projeto	68
A.0.9.1	Partes interessadas em cenário acadêmico	69
A.0.9.2	Partes interessadas em cenário de mercado	69
A.0.9.3	Restrições	69

A.0.9.4	Premissas	69
A.0.9.5	Riscos	70
A.0.9.6	Orçamento do Projeto	70

APÊNDICE B – PLANO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS . . 71

B.0.1	Introdução	71
B.0.2	Metodologia	71
B.0.3	Processo de Gerência de Riscos	72
B.0.4	Papéis e Responsabilidades	73
B.0.5	Prazos associados	73
B.0.6	Categoria de Riscos	73
B.0.6.1	Interno	74
B.0.6.2	Externo	74
B.0.7	Análise dos Riscos	74
B.0.8	Definições de Probabilidades e Impactos de Riscos	74
B.0.9	Matriz de Probabilidade e Impacto	76
B.0.10	Controle e Rastreabilidade	76

APÊNDICE C – REGISTRO DOS RISCOS 78

C.0.1	WhatIf	78
C.0.2	Tabela de Registros	79
C.0.3	Análise e Respostas aos Riscos	80
C.0.4	Checklist	82

ANEXOS 83

ANEXO A – PRIMEIRO ANEXO 84

ANEXO B – SEGUNDO ANEXO 85

Parte I

Escopo do Projeto

1 Introdução

1.1 Problematização

É fato que a sociedade possui grande sede de consumo, principalmente voltada a indústria alimentícia, o evidente crescimento populacional agrava a geração de resíduos sólidos que contenham produtos que buscam saciar tais necessidades. Um fator alarmente em nível global foi a falta do processo de conscientização populacional sobre os efeitos causados caso as empresas e as pessoas não tomem parte responsável sobre aquilo que produzem e consomem, fato é que, a natureza sofre bastante com consequências advindas deste cenário.

Buscando um meio de contornar tal situação, entusiastas do meio ambiente e governos conscientizados geraram alguns projetos com intuito de minizar e controlar os danos a natureza, um deles que ficou em evidência é máquina automática de reciclagem, produto/protótipo que será desenvolvido neste projeto.

1.2 Objetivo Geral

1.2.1 Problema

Com base no que esta contido na descrição anterior, é cabível concluir que os problemas principais são: a alta produção de resíduos sólidos e que tais são jogadas sem pudor na natureza e a falta de interesse de várias pessoas por tal causa.

1.2.2 Solução

Buscando ajudar empresas de reciclagem e inserir mais pessoas a este tipo de ação, este projeto tem como objetivo geral a construção de um protótipo exemplar de uma máquina que automatiza o recolhimento de garrafas plásticas e de vidro por meio da técnica de bonificação para as pessoas. Serão utilizados os conhecimentos em conjunto as 5 áreas de engenharia presente no campus do gama da Universidade de Brasília, onde as áreas de Aeroespacial e Automativa ficarão responsáveis pela estrutura, a área de Energia pelo controle energético e de segurança, a área de Eletrônica pela automação e controle eletrônico e a área de Software pela interação usuário máquina e planejamento geral.

1.3 Objetivos Específicos

1.3.1 Problema na Visão das Engenharias

O problema apresentado pode ser visto voltado separadamente para cada engenharia em visões mais técnicas, no caso, tomando as áreas de Automotiva e de Aeroespacial como uma em Estrutura. Falando então em âmbito de estrutura, esta cabe ter a visão de que é complexo e trabalhoso a construção de um sistema que controla e armazena de formas diferentes, diferentes tipos de materiais. Na visão eletrônica, hoje em dia, vários processos de separação e validação de objetos recicláveis são realizados de forma manual. Na visão de energia, é comum encontrar sistema de segurança e controle energético falhos. E na visão de *Software*, é complicado manter as pessoas integradas com tais ações (tanto a integração da equipe em relação a planejamento, quanto manter os usuários utilizando novos sistemas para as causas ambientais já citadas).

1.3.2 Soluções na Visão das Engenharias

- Construção de estrutura que suporte os componentes de funcionamento da máquina
- Implantação de sistema de segurança
- Implantação de sistemas de controle de energia
- Implementação de sistema de separação e armazenamento dos materiais
- Validação de objetos inseridos na máquina
- Controle automático dos dados do usuário e sua interação com a máquina

2 Definições

Todas as informações referentes a EAP, requisitos gerais para os interessados, objetivo mais abrangente, justificativa do projeto, descrição dos interessados, marcos, premissas, restrições e orçamento preliminar se encontram no apêndice no Termo de Abertura.

2.1 Lista É/Não É

- É uma máquina de armazenamento de garrafas de plástico triturado e vidro.
- Não é um produto que possui alimentação autônoma.
- É um protótipo.
- É um sistema de comunicação sem fio entre usuário e máquina.
- É um produto com aquisição de dados através de sensores.
- É um produto que possui a alimentação direto da rede elétrica.
- Não é um produto que aceita qualquer tipo de material
- Não é uma estrutura adaptável.
- Não é um sistema que aceita garrafas cheias.
- É um produto que identifica o usuário.

3 Descrição das atividades e responsabilidades

3.1 Requisitos

3.1.1 Requisitos Funcionais

- Armazenar garrafas recicláveis.
- Bonificar usuário por entrega de garrafas.
- Armazenamento separado pelos tipos de materiais de garrafas.
- Triturar as garrafas de plástico.
- Validar o tipo de objeto a ser inserido na máquina.
- A alimentação energética será diretamente pela rede elétrica.
- Deverá haver a interação de reconhecimento direto entre máquina e usuário.
- Manter dados do usuário.
- Projeto de estrutura que comporte aparatos tecnológicos.
- Projeto de estrutura que comporte o motor, o separador, triturador e compartimentos de armazenagem.

3.1.2 Requisitos Não Funcionais

- Haverá sistema de segurança de desligamento do motor.
- Armazenar as garrafas de vidro de forma intacta.
- O sistema da máquina deve guardar os dados em um banco em nuvem.
- A máquina deve atender à normas legais.
- A máquina terá seu uso liberado após a identificação do usuário.
- Não deve ser exposto nenhum dado privado do usuário de forma livre.
- A estrutura do triturador deve ser extremamente fechado a qualquer contato do usuário.

3.2 Estudo da Viabilidade do Projeto

3.2.1 Infra-estrutura

O espaço disponível para desenvolvimento do projeto é o Galpão da FGA, o qual nos fornece um série de ferramentas que serão úteis para para a produção da estrutura da máquina.

3.2.2 Viabilidade técnica

O projeto consiste em uma máquina que irá receber uma garrafa, separá-la com base no seu tipo, podendo ser plástico ou vidro, e triturando-a caso a mesma seja de plástico. A estrutura principal, responsável por suportar os componentes dos subsistemas(e.g. triturador), será construída com materiais acessíveis e de baixo custo, visando a construção de um protótipo que garanta a integridade dos subsistemas. O triturador será ornamentado com base em projetos open source já construídos e testados([HAKKENS, 2017](#)). O seletor será implementado com componentes já utilizados em máquinas como as fresadoras CNC, sendo portanto um mecanismo já muito estudado e com muito material fonte para consulta ([HARMAN, 2017](#)) e ([BLOG, 2018](#)).

3.2.3 Gestão e Pessoal

Os alunos responsáveis por desenvolver o projeto são todos de Engenharias (Aeroespacial, Automotiva, Eletrônica, Energia e Software), com o apoio de professores de alto gabarito no que diz respeito à gerência de projeto e à condução da disciplina de Projeto Integrador de Engenharia II. Além disso, durante o semestre serão conduzidos pontos de controle para que seja realizado um acompanhamento do projeto, afim de garantir que, apesar de eventuais problemas, todos os sistemas serão entregues.

3.2.4 Planejamento estratégico

3.2.4.1 Forças(S)

Equipes de Gerência de Desenvolvimento:

A equipe de gerência conseguiu se adequar da melhor forma para gerenciar toda a equipe que não se conhecia. Vários membros se mostram aptos no que se refere ao conhecimento técnico.

Comunicação:

Logo no início do projeto, a equipe se comunicou com excelência. Foi escolhido as ferramentas apropriadas para as atividades da primeira entrega, onde todos os integrantes estavam presentes e cientes.

Maturidade da Equipe:

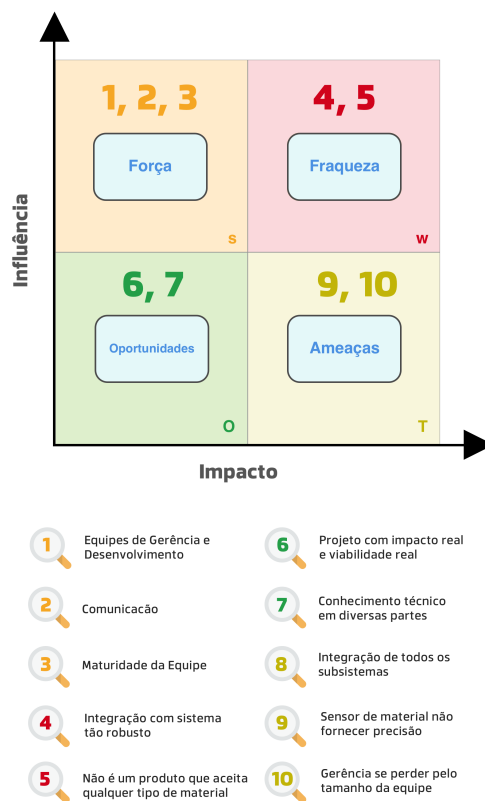


Figura 1 – Matriz SWOT.

A equipe de mostra muito madura em tomada de decisões. Cada subsistema se mostra com qualidade de agregar valor ao que for necessário, e vários membros se mostram ativos no mercado e em práticas gerais necessárias para o projeto.

3.2.4.2 Fraquezas(W)

Integração com sistema tão robusto:

Os integrantes de cada subsistema não estão acostumados em integrar com outras áreas, sendo um obstáculo a ser batido ao longo do projeto.

Não é um produto que aceita qualquer tipo de material:

Esse limitação inviabiliza trabalhar com qualquer tipo de garrafa.

3.2.4.3 Oportunidades(O)

Projeto com impacto real e viabilidade real:

O projeto em questão tem real impacto e viabilidade na comunidade, sendo motivador trabalhar com tal projeto.

Conhecimento técnico em diversas partes:

Devido a todos os obstáculos necessários vencer, o potencial de conhecimento técnico adquirido é de extremo valor e importância.

3.2.4.4 Ameaças(T)

Integração de todos os subsistemas:

Subsistemas separados podem funcionar da melhor forma, mas sem integração o projeto se torna inviável. Tempo e conhecimento técnico são ameaças para essa integração.

Sensor de Material não fornecer precisão:

Qualidade do sensor comprado não fornecer exatamente o que foi planejado para separação das garrafas.

3.3 Escopo

3.3.1 Definição do Escopo

A proposta do projeto consiste em um sistema de recompensas por meio da reciclagem de garrafas vazias, as mesmas podendo ser de plástico ou de vidro.

A estrutura básica é composta por uma máquina onde o usuário poderá inserir garrafas PET transparentes de até 600ml ou garrafas de vidro de até 355ml; esta limitação é melhor explicada na seção de subsistemas. Uma vez que a garrafa é inserida na máquina, caso a mesma seja de plástico, ela deverá ser triturada e armazenada em um recipiente dedicado às garrafas de plástico. Caso contrário, a garrafa deverá ser armazenada em um recipiente dedicado às garrafas de vidro. Além disso, a máquina analisará se a garrafa inserida é válida ou não de acordo com os parâmetros definidos neste escopo, por meio de um mecanismo de pesagem e seleção.

O triturador de plástico será movido por um motor elétrico, o qual estará protegido contra possíveis irregularidades através de um relé térmico.

Além disso, o sistema contará com um processo de interação com o usuário através de um aplicativo. O mesmo precisará se identificar por meio de um QR Code vinculado à sua conta, e que será lido pela máquina. O aplicativo também disponibilizará quanto o usuário já acumulou no sistema de recompensa. Haverá também um servidor dedicado a fazer a conexão entre o aplicativo e a máquina.

Não obstante, a máquina também tomará parte na interação com o usuário, mostrando informações relevantes em um display LCD e emitindo confirmações sonoras através de um buzzer.

3.3.2 Processo de Formalização de Aprovação

Este processo tem por objetivo regular todas as entregas feitas durante o desenvolvimento do sistema.

Segue o processo e suas respectivas atividades descritas.

- **Testar entrega** Nesta atividade, deve-se garantir que o que foi desenvolvido está

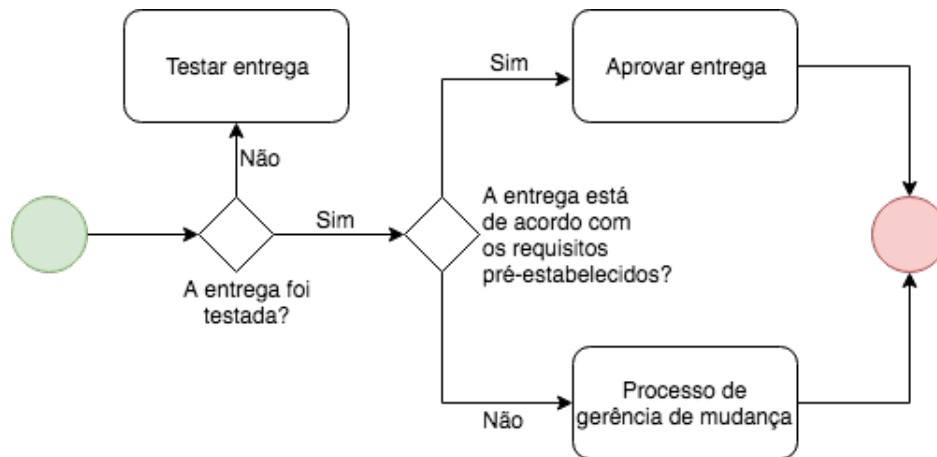


Figura 2 – Processo de Gerenciamento de Mudança.

pronto para uso e integração com o resto do sistema, bem como se não apresenta falhas na possibilidade de uso extremo do que foi desenvolvido.

- **Processo de Gerenciamento de Mudança** Caso o que foi desenvolvido não esteja de acordo com o que foi previamente acordado nos requisitos do projeto, descritos no começo dessa seção, a mudança deve ser passada por um Processo de Gerenciamento de Mudança antes que possa ser aprovado. O processo em si é melhor descrito na próxima seção.
- **Aprovar entrega** Uma vez que a entrega está testada e de acordo com os requisitos do projeto ela pode ser dita como entregue.

3.3.3 Processo de Gerenciamento de Mudança

Sempre que for necessário que mudanças ocorram dentro do sistema, primeiro deve ser executado um processo de gerenciamento de mudança para garantir que a mesma não terá um impacto negativo sobre o projeto.

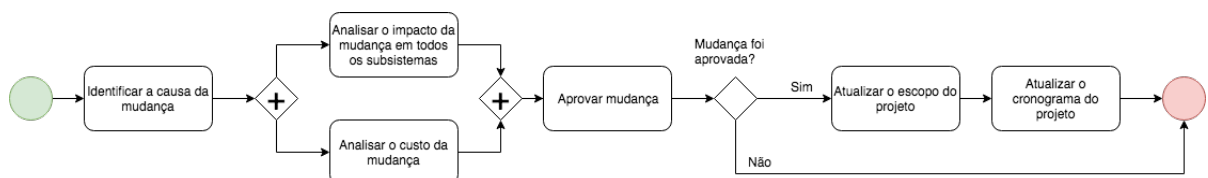


Figura 3 – Processo de Gerenciamento de Mudança.

O processo de gerenciamento de mudança envolve as seguintes atividades:

- **Identificar a causa da mudança** Nesta atividade deve ser identificada a mudança a ser executada e a razão de tal mudança, afim de facilitar as próximas atividades do processo.

- **Analisar o impacto da mudança em todos os subsistemas** Uma vez identificada a causa da mudança, a equipe deverá analisar como a mudança irá afetar todos os subsistemas do projeto. Essa atividade deverá resultar na identificação de tudo o que deve ser alterado em cada subsistema, bem como em sua respectiva análise.
- **Analisar o custo da mudança** Nesta atividade a equipe deve analisar o custo que a mudança trará ao projeto, tanto a nível financeiro como a nível de tempo restante para desenvolvimento do projeto.
- **Aprovar mudança** Com base nas análises de custo e impacto feitas, a equipe deve decidir se a mesma será aprovada caso não haja prejuízo.
- **Atualizar o escopo do projeto** Todas as mudanças identificadas na atividade de Analisar o impacto da mudança em todos os subsistemas devem ser incorporadas ao escopo.
- **Atualizar o cronograma do projeto** Para que o prazo do projeto seja respeitado, o cronograma deve passar a englobar as mudanças feitas no escopo na atividade previamente descrita.

3.4 Análise Crítica de Projeto e Desenvolvimento

Este tópico se encontra inserido no apêndice no Planejamento de Riscos e Registro de Riscos.

3.5 Recursos Humanos

3.5.1 Papéis e responsabilidades

O projeto de separação de garrafas será desenvolvido e composto por 13 integrantes sendo dividido em 4 equipes, cada uma delas responsável por um subsistema do projeto. Os subsistemas foram definidos para que cada equipe tivesse a possibilidade de trabalhar independentemente, aumentando sua produtividade, e de acordo com o cronograma, integrar os subsistemas em uma fase mais madura do projeto. Os subsistemas definidos para o projeto são:

- Eletrônica
- Energia,
- Estrutura
- Software

Para cada equipe foi designado um subgerente responsável por supervisionar e coordenar cada subsistema do projeto. A estrutura geral de gerenciamento do projeto pode ser observada na imagem abaixo.

3.5.2 Organograma

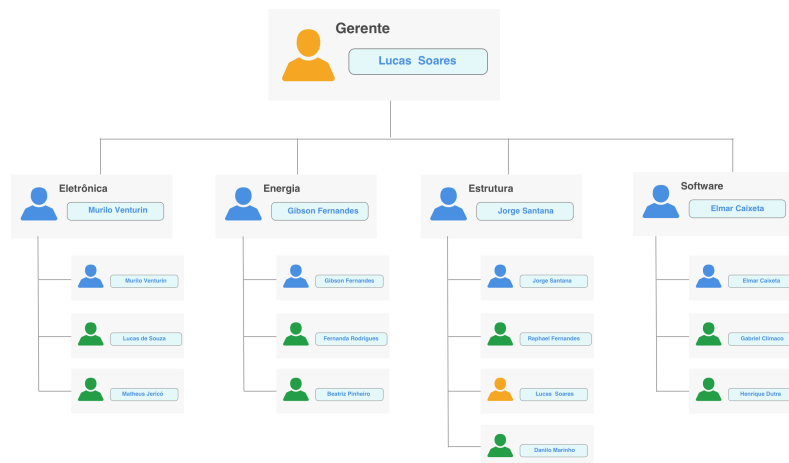


Figura 4 – Organograma dos papéis do projeto.

Parte II

Planejamento

4 Orçamento do Projeto

4.1 Estrutura

Tabela 1 – Orçamento do custo de estrutura

Nome	Preço (R\$)	Quantidade	Referência
Barra de aço sextavada	30	1	a definir - fase de pesquisa
Mancais UCFL 204 20 mm	60	1	a definir - fase de pesquisa
Usinagem e material para triturador	300 a 1300	1	a definir - fase de pesquisa
Tubo Industrial Quadrado 30x30x1,5	200	1	a definir - fase de pesquisa
Fuso trapezoidal 8mm	60	1	a definir - fase de pesquisa
Mancais KP 8mm	30	1	a definir - fase de pesquisa
Guia de alumínio	30	1	a definir - fase de pesquisa
Chapa de alumínio	300	1	a definir - fase de pesquisa

Total: R\$ 1010,00 à R\$ 2010,00

4.2 Eletrônica

Total: R\$ 470,00

4.3 Energia

Total: R\$ 1370,00

4.4 Software

O Projeto em questão não apresentará custo com a parte do subsistema referente a software.

Tabela 2 – Orçamento do custo de eletrônica

Nome	Preço (R\$)	Quantidade	Referência
Raspberry Pi 3	200	1	a definir - fase de pesquisa
Motor de Passo	80	1	a definir - fase de pesquisa
Servo Motor	45	1	a definir - fase de pesquisa
Celula de Carga	40	1	a definir - fase de pesquisa
Sensor capacitivo	50	2	a definir - fase de pesquisa
Sensor infravermelho	25	1	a definir - fase de pesquisa
Chapa de alumínio	30	1	a definir - fase de pesquisa

Tabela 3 – Orçamento do custo de energia

Nome	Preço (R\$)	Quantidade	Referência
Motor Elétrico	800	1	(LIVRE, 2018b)
Redutor/Inversor	500	1	(LIVRE, 2018c)
Relé Térmico	50	1	(LIVRE, 2018d)
Disjuntor	20	1	(LIVRE, 2018a)

5 Cronograma



Project Name Cronograma PI2												
	1	Nome	Duração	Início	Fim	Predecessores	Recursos	Custom 1	Custom 2	Custom 3	Custom 4	Cu
1		Gerenciar Tempo	1dia?	03/23/2018	03/23/2018							
2		Gerenciar Riscos	2dias?	03/23/2018	03/26/2018							
3		Gerenciar Recursos	3dias?	03/23/2018	03/27/2018							
4		Gerenciar Custos	3dias?	03/23/2018	03/27/2018							
5		Dimensionamento/Escolha Motor	6dias?	03/23/2018	03/30/2018							
6		Sensoriamento para detectar o material da garrafa	18dias?	03/26/2018	04/18/2018							
7		Entrega Relatório PC1	1dia?	03/28/2018	03/28/2018							
8		Ponto de Controle 1	6dias?	04/04/2018	04/11/2018							
9		Prototipação Aplicativo	11dias?	03/28/2018	04/11/2018							
10		Testes de Acionamento do Motor	6dias?	04/02/2018	04/09/2018							
11		Levantar backlog completo de histórias de usuário	1dia?	04/06/2018	04/06/2018							
12		Levantamento do Aplicativo S0	6dias?	04/06/2018	04/13/2018							
13		Montagem Sistema de Alimentação	12dias?	04/10/2018	04/25/2018							
14		Leitura QR Code S1	6dias?	04/13/2018	04/20/2018							
15		Sistema para separar o vidro e o plástico	8dias?	04/18/2018	04/27/2018							
16		Sistema de Proteção Elétrica	11dias?	04/18/2018	05/02/2018							
17		Usuário e bando de dados levantados S2	6dias?	04/20/2018	04/27/2018							
18		Sistema de identificação do usuário	10dias?	04/30/2018	05/11/2018							
19		Controle de Créditos no Aplicativo S3	6dias?	04/30/2018	05/07/2018							
20		Sistema de Emergência	12dias?	05/03/2018	05/18/2018							
21		Sistema de controle do triturador	15dias?	05/07/2018	05/25/2018							
22		Api Retornando dados S4	6dias?	05/07/2018	05/14/2018							
23		Ponto de Controle 2	6dias?	05/18/2018	05/25/2018							
24		Integração Energia Eletrônica	24dias?	05/18/2018	06/20/2018							
25		Integração Energia Estrutura	24dias?	05/18/2018	06/20/2018							
26		Testes da Eletrônica e integração com os subsistemas	19dias?	05/25/2018	06/20/2018							
27		Integração aplicativo nível usuário S6	6dias?	05/28/2018	06/04/2018							
28		Integração aplicativo nível garrafa S7	6dias?	06/04/2018	06/11/2018							
29		Integração aplicativo nível pontos obtidos S8	6dias?	06/11/2018	06/18/2018							
30		Conjunto geral de testes unitários integração software eletrôni...	5dias?	06/18/2018	06/22/2018							
31		Ponto de Controle 3	5dias?	06/25/2018	06/29/2018							
32		Data de reapresentação do PC3	5dias?	07/02/2018	07/06/2018							
33		Definir requisitos e projetar estrutura	4dias?	03/23/2018	03/28/2018							
34		Simular projeto de Seleccionador de garrafas, triturador e estru...	9dias?	03/29/2018	04/10/2018							
35		Construção e testes do seccionador de garrafas, triturador e ...	20dias?	04/11/2018	05/08/2018							
36		Integrar estrutura com demais sistemas	20dias?	05/09/2018	06/05/2018							
37		Testar o prototipo	10dias?	06/06/2018	06/19/2018							

PNG Generated On: 26/03/2018 18:25:45

Figura 5 – Cronograma Geral do Projeto

6 Subsistemas

6.1 *Estrutura*

6.1.1 Apresentação e Resumo

Desenvolvimento de uma plataforma física que acomode e dê suporte aos componentes dos sistemas de controle e energia, sistema eletrônico e também dos sistemas mecânicos que incluem o sistema de seleção de garrafas, triturador de plásticos, armazenamento das garrafas de vidros.

6.1.2 Principais Características

6.1.2.1 Estrutura externa

A estrutura externa será composta por uma gaiola tubular que funcionará como armação principal, envolvidos por placas de zinco. O aço AISI 1020 foi selecionado para os tubos quadrados de aço AISI 1020, que é amplamente utilizados para aplicações similares, além da confiabilidade, suas propriedades mecânicas atendem as necessidades do projeto. As placas de zinco foram escolhidas pois é um material de baixo custo, além de ser um material de alta manuseabilidade, tornando o processo de fixação na armação principal mais fácil.

6.1.2.2 Triturador

O triturador de plástico a ser utilizado neste projeto foi dimensionado e tomando como base trituradores disponíveis no mercado e projetos open source disponibilizados na internet. Após modelagem, as peças serão manufaturadas através de procedimentos de solda e de usinagem, onde estão incluídos o corte por jato d'água e torneamento. Idealmente algumas peças dos triturador o uso de aços inoxidáveis são necessários, visto que garrafas PET comumente possuem resíduos orgânicos. Todavia, para este projeto as peças usinadas serão de aço AISI 1020 ou AISI 1045, que possuem um custo financeiro inferior ao inoxidável e que funcionarão de maneira satisfatória para o protótipo proposto.

6.1.2.3 Mecanismo de pesagem e seleção de garrafas

O mecanismo de pesagem e seleção de garrafas a ser desenvolvido consiste em uma estrutura para a pesagem da garrafa e de um mecanismo que direciona cada tipo de garrafa a seu compartimento, seja ele o triturador ou as prateleiras de armazenamento de garrafas de vidro. A pesagem das garrafas será realizada através de uma célula de

carga fixada e de uma base de apoio, para que as garrafas sejam pesadas corretamente. O mecanismo direcionador será do tipo mesa linear, que possui dois guias, um fuso e um motor de passo, permitindo o movimento em uma única direção.

6.1.2.4 Compartimentos de armazenamento

O compartimento de armazenamento de plástico triturado será desenvolvido em madeira no formato de gaveta. Também em madeira, serão as canaletas do compartimento de armazenamento de vidro, que terão o intuito de guiar as garrafas até o fundo do compartimento. Para tal, as canaletas possuirão uma angulação e batentes. Haverá uma porta de acesso para o recolhimento dos resíduos e de limpeza dos compartimentos.

6.1.3 Testes

Realização de diversos testes para garantia do correto funcionamento da máquina como um todo.

- Teste para tempo médio de trituração do plástico.
- Experimentos para avaliar a eficácia do armazenamento das garrafas de vidro.
- Testes de tempo de seleção das garrafas.
- Análises computacionais, utilizando CATIA V5 ou ANSYS 18.1, para validação do design e da estrutura, de forma a garantir correta integração entre os sistemas e correto dimensionamento para suportar os esforços e vibrações existentes no projeto.

6.2 *Sistema de Controle de Energia e Segurança*

6.2.1 Apresentação e Resumo

O subsistema de energia irá dimensionar o motor elétrico que será utilizado na máquina, assegurará o sistema de proteção da mesma e também o sistema de emergência. Ele estará integrado com o subsistema de estrutura interna, realizando o acionamento do motor elétrico, juntamente com o subsistema da eletrônica, para o funcionamento do triturador.

6.2.2 Principais Características

O triturador da máquina será movido através de um motor elétrico, que terá o controle de sua velocidade a partir de um redutor, equipamento mecânico que tem como função principal a redução da rotação de um acionador. O motor receberá sinal

do subsistema da eletrônica e então, por partida direta será acionado, devendo manter aproximadamente 70 rotações por minuto.

Pelo fato do motor elétrico ter grande importância no equipamento, será necessário uma proteção contra possível sobrecarga, diante disso o relé térmico entra em funcionamento, sendo responsável por proteger o motor de possíveis irregularidades, como o sobreaquecimento do motor elétrico. Além disso, será construído um sistema de proteção dos circuitos eletrônicos da máquina, a partir da montagem de um quadro com fusível e disjuntor. Por fim, teremos o sistema de emergência, que poderá interromper o funcionamento da máquina quando necessário, por meio de uma chave/botão.

6.2.3 Testes

Para a validação do subsistema de alimentação alguns testes deverão ser realizados:

- Teste contínuo do sistema de emergência da máquina.
- Teste de acionamento do motor elétrico.
- Teste do controle de rotação do motor.
- Teste de acionamento do motor com os subsistemas da máquina.
- Teste de proteção elétrica.

6.3 *Sistema Eletrônico*

6.3.1 Apresentação e Resumo

O sistema eletrônico do projeto em questão estará presente nos subsistemas de separação de garrafas, interação máquina-usuário e acionamento do triturador. Serão utilizados componentes como microprocessadores, microcontroladores, sensores e motores elétricos. O funcionamento dos subsistemas será descrito no subtópico seguinte.

6.3.2 Principais Características

Primeiramente, no subsistema de separação de garrafas, existirá a etapa de reconhecimento através de leitura de QR Code/Barcode (á definir), que estará presente nas garrafas a serem reaproveitadas, dos parâmetros relevantes para a preparação de reciclagem, tais como tipo de material da garrafa, peso médio, e para qual tratamento de preparação para reciclagem o material deve ser encaminhado. O sistema será gerido, de forma geral, através de um microprocessador Raspberry Pi 3.

O sistema irá acionar o controle de abertura e fechamento de um compartimento para que o usuário insira a garrafa a ser reciclada, através do acionamento de um servo motor controlado através de um microcontrolador ESP8266.

Em seguida, ocorrerá a confirmação do tipo da garrafa e se a mesma está cheia ou vazia através de seu peso, além de uma possível nova confirmação do tipo de material da garrafa através de sensores, com todos os dados contidos no código lido anteriormente na garrafa, comparadas as informações contidas no banco de dados. Estas confirmações serão realizadas através de uma célula de carga e possivelmente um sensor capacitivo de presença. Caso haja alguma não-conformidade na garrafa inserida, o compartimento onde a garrafa foi inserida será aberto novamente, indicando a retirada da garrafa.

Após validada a garrafa inserida pelo usuário, a mesma será direcionada para o tratamento ideal, de acordo com o seu material de composição. Direcionamento este feito através de um trilho com movimentação baseada em um motor de passo. Caso a garrafa seja de plástico, a mesma será movida para o lado em que se possui o subsistema de trituração. Caso seja de vidro, a garrafa será movida para o lado que possui canaletas para armazenamento. A capacidade de armazenamento será monitorada através de software e um sensor de presença (capacitivo ou infravermelho).

Além do subsistema de separação de garrafas, o sistema eletrônico engloba também a parte de interação máquina-usuário. Inicialmente, através de leitura de QR code gerado pelo aplicativo e em seguida. Através de um display para exibir informações relevantes ao usuário, como por exemplo, nome do usuário e status de operação da máquina, acompanhado de confirmações sonoras. Para isso, o sistema se utilizará também do microprocessador Raspberry Pi 3, além de um display LCD 16x2 e um buzzer sonoro.

6.3.3 Testes

Uma série de testes deverão ser realizados para validação dos subsistemas, testes como:

- Testes de adequação de célula de carga em seu uso específico, calibração da célula de carga via software.
- Testes de adequação dos sensores capacitivos para reconhecimento de materiais.
- Testes de segurança relacionados à tensões e correntes totais dos componentes.
- Testes para definir ponto de partida e parada do motor de passo.
- Testes para verificar o funcionamento e definir se será utilizado QR code ou barcode para identificação da garrafa.

6.4 Interação com o usuário

6.4.1 Apresentação e Resumo

O subsistema de software será responsável pelo desenvolvimento de uma interface usuário-máquina em um smartphone capaz de se comunicar efetivamente com a máquina de separação de garrafas, persistir os dados de usuário em tempo real, e garantir conexão através da leitura de um QR Code gerado pelo próprio dispositivo móvel. Para alcançar os objetivos e os requisitos elicitados, existem dois fluxos representados no seguinte diagrama:

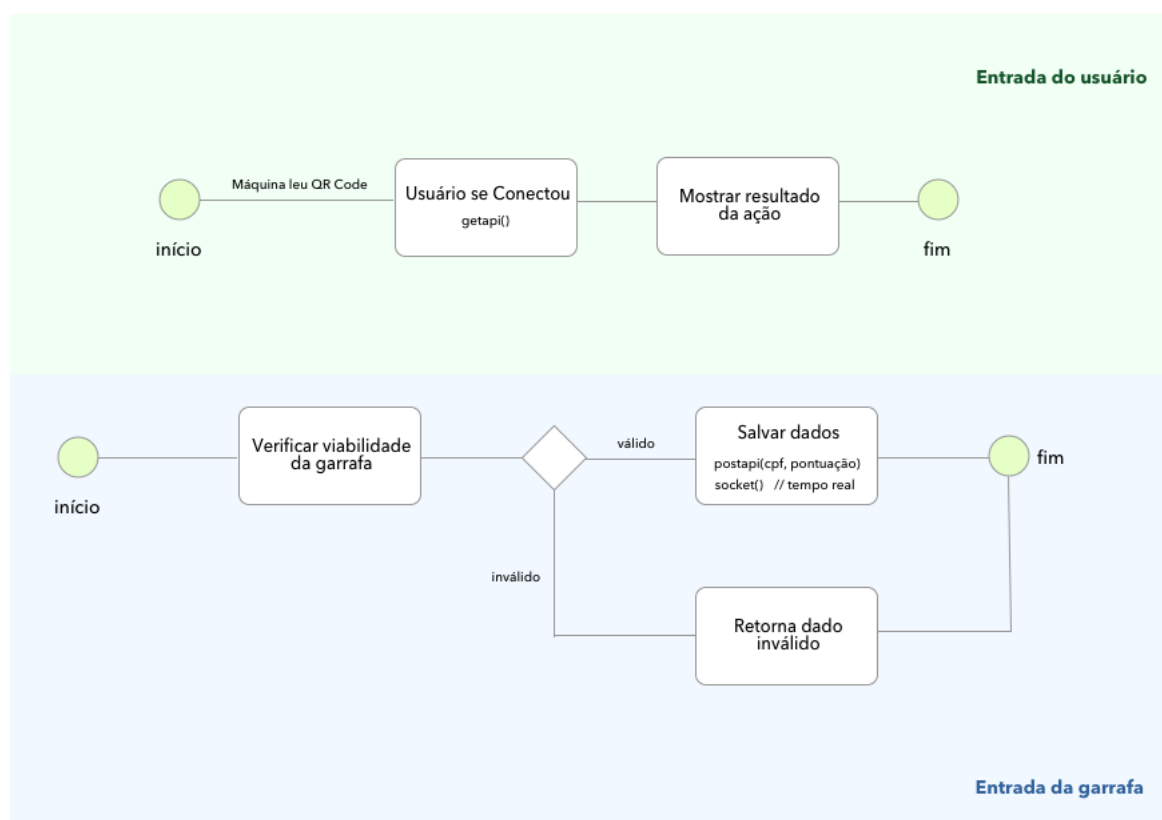


Figura 6 – Diagram do fluxo de interação entre máquina e usuário.

6.4.2 Principais Características

6.4.2.1 Pré-uso

Antes da utilização efetiva da troca de garrafas no aplicativo desenvolvido, o usuário irá precisar se cadastrar no sistema de forma simples, com informações como seu nome e cpf. Com o login criado, e o usuário logado, o sistema será capaz, quando solicitado, de gerar um QR Code onde a máquina de separação de garrafa pode fazer a leitura e começar o fluxo principal do subsistema.

6.4.2.2 Entrada de Usuário

A entrada do usuário representa a conexão entre o dispositivo móvel do usuário, com a máquina de separação de garrafas. Para iniciar todo o fluxo, o usuário clica em um botão de gerar o QR Code, e ao aproximar de um leitor da máquina, os dados do usuário serão transmitidos para a máquina. Sendo assim, a máquina consegue criar a sessão necessária para outros subsistemas agirem. O resultado dessa leitura será mostrada na máquina, seja um erro na conexão, ou o nome do usuário ali representado.

6.4.2.3 Entrada da Garrafa

Com a sessão devidamente inicializada, a garrafa poderá ser inserida na máquina. Sendo assim, ao inserir a garrafa, a leitura de seu código de barras será feita, e o software será capaz de analisar a viabilidade da garrafa. No caso de inserção de uma garrafa viável, o software terá implementação de uma socket, comunicando em tempo real com um banco de dados na nuvem que irá salvar os dados, contabilizar sua pontuação, atualizar a pontuação na tela do aplicativo do usuário, e registrar os dados de forma segura e sem exclusão.

Caso a inserção dê uma garrafa inviável, a mesma comunicação em tempo real irá acontecer, conseguindo transmitir aos outros subsistemas o dado inválido. Vários fluxos de entrada de garrafa poderão feitas.

6.4.2.4 Arquitetura

A arquitetura de software é a estrutura do sistema, a qual é composta de elementos de software, das propriedades externamente visíveis desses elementos, e dos relacionamentos entre eles; é a abstração do sistema (Bass, 2003).

Com o aumento da complexidade das aplicações desenvolvidas torna-se fundamental a separação entre os dados (Model) e o layout (View). Desta forma, alterações feitas no layout não afetam a manipulação de dados, e estes poderão ser reorganizados sem alterar o layout. Como o software que controlará e se comunicará com a máquina de separação de garrafas será desenvolvida em cima de um aplicativo mobile, iremos utilizar a framework Quasar CLI, construída em cima do Vue, outra framework em Javascript, para desenvolver todo o aplicativo. Sua arquitetura é baseada no MVVM (Model-View-ViewModel), representada na imagem abaixo.

A camada Model (Modelo) não conhece a View (Camada de apresentação) e vice-versa, na verdade a View conhece a ViewModel e se comunica com ela através do mecanismo de binding. E são os avançados mecanismos de binding, eventos roteados e comandos roteados, que fazem do MVVM um pattern poderoso para construção da aplicação necessária.

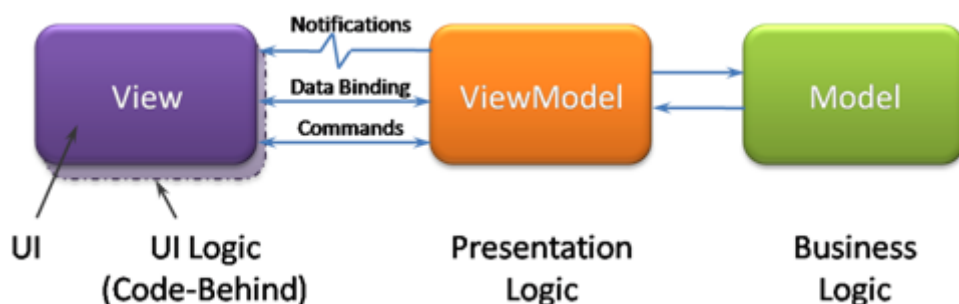


Figura 7 – Modelo arquitetural MVVM.

Já o socket formalmente falando é forma de permitir que dois processos se comuniquem (Inter-process communication). Esses processos podem ou não estar na mesma máquina. A imagem abaixo ilustra a troca de informações em tempo real da API do socket.

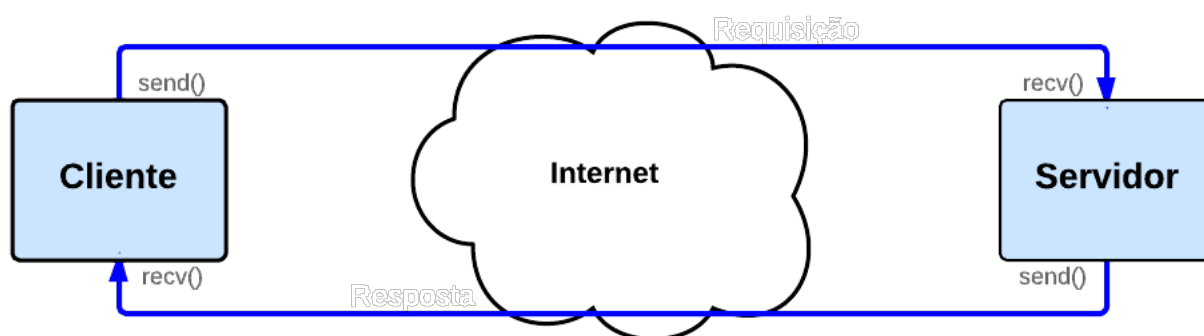


Figura 8 – Diagrama de funcionamento de um WebSocket.

6.4.3 Prototipação e Testes

Antes do começo da primeira sprint de desenvolvimento, uma fase de prototipação do aplicativo será feito em cima de princípios de design thinking e Lean Startup para obtenção das funcionalidades em forma visual.

Já durante o desenvolvimento, serão desenvolvidos testes unitários para agregar e medir qualidade no código gerado. A API desenvolvida, a persistência dos dados, e a comunicação em tempo real serão testados e relatados Quanto ao aplicativo que cuidará da interface usuário-máquina, testes e2e serão feitos no que tange ao QR Code, login e cadastro de usuário, e tudo que entra no fluxo do front-end.

Como será utilizado um processo ágil de desenvolvimento de software, as sprints terão obrigatoriedade de constituir testes, e de acordo com sua cobertura e resultados obtidos, decisões ao longo do projeto devem ser tomados. Os testes serão feitos de acordo com cronograma disposto.

6.4.4 Observações importantes

Tabela 4 – Tabela de observações importantes

Descrição	Motivo
Versionamento será na plataforma GitHub, e será disponibilizado para todos os membros da equipe	Acessibilidade e projeto público
O backlog de todo o projeto será feito logo após a aprovação da prototipação	Alinhamento dos requisitos e riscos do projeto junto aos objetivos do subsistema
As sprint serão semanais	Imersão, produtividade
A parte de comunicação entre os módulos de comunicação será desenvolvida pela equipe de eletrônica conjunto a equipe de software	Tecnologias convergentes

Parte III

Desenvolvimento

7 Estrutura

8 Eletrônica

8.1 Resumo

O sistema eletrônico do projeto em questão estará presente nos subsistemas de separação de garrafas, interação máquina-usuário e acionamento do triturador. Serão utilizados componentes como microprocessadores, microcontroladores, sensores e motores elétricos. O funcionamento dos subsistemas será descrito no subtópico seguinte.

8.2 Direcionamento das Garrafas

Para realizar o controle do direcionamento das garrafas foi feita uma modelagem através de máquina de estados, que facilita o entendimento do funcionamento sistema. Como é possível visualizar na imagem a seguir.

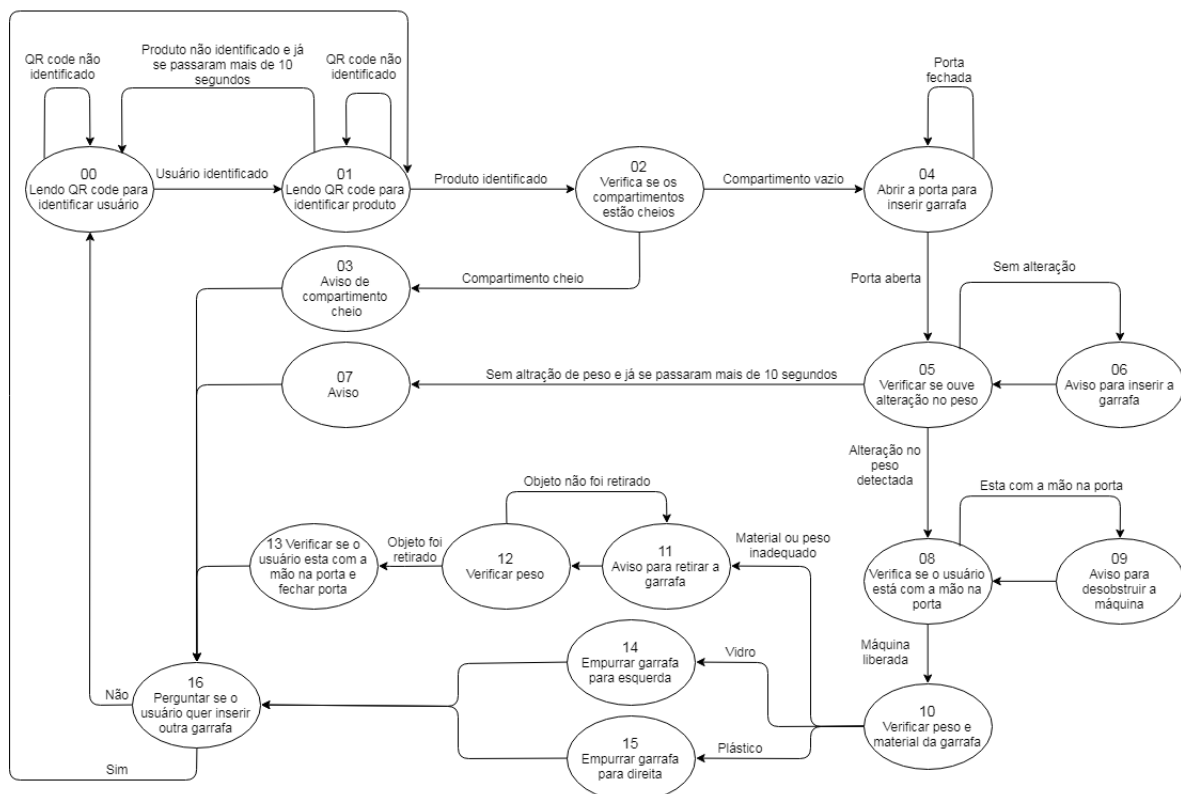


Figura 9 – Máquina de estados de direcionamento das garrafas.

Primeiramente, no subsistema de separação de garrafas, existirá a etapa de reconhecimento do usuário através do QR code, onde o usuário fará o cadastro em um aplicativo (o desenvolvimento do aplicativo foi feito pela equipe de Engenheiros de Soft-

ware), esse aplicativo por sua vez irá gerar um QR code que será lido pela máquina, então a máquina identifica o usuário.

Ainda através de leitura de QR Code será feita a identificação do tipo de garrafa que será inserida na máquina, cada garrafa possui um QR code, o usuário vai ler esse QR code na máquina para que a mesma seja liberada para inserir a garrafa. O QR code em questão fornecerá alguns dos parâmetros relevantes para a preparação de reciclagem, tais como tipo de material da garrafa, peso médio, e para qual tratamento de preparação para reciclagem o material deve ser encaminhado. O sistema será gerido, de forma geral, através de um microcomputador Raspberry Pi 3.

O sistema irá verificar se o compartimento de armazenamento daquela garrafa está cheio e posteriormente acionar o controle de abertura e fechamento de um compartimento para que o usuário insira a garrafa a ser reciclada, aguardando até que o usuário insira a garrafa e que o compartimento seja desobstruído para evitar que a mão do usuário fique presa na máquina. Para verificar se a máquina está obstruída e se os compartimentos estão cheios foi utilizado sensores infravermelho reflexivos.

Em seguida, ocorrerá a confirmação do tipo da garrafa e se a mesma está cheia de líquido ou vazia através de seu peso, além de uma possível nova confirmação do tipo de material da garrafa através de sensores capacitivos, com todos os dados contidos no código QR code lido anteriormente na garrafa, comparadas as informações contidas no banco de dados. Estas confirmações serão realizadas através de uma célula de carga e possivelmente dois sensores capacitivos, que emitem uma resposta diferente dependendo do material da garrafa. Caso haja alguma não-conformidade na garrafa inserida, será emitido um aviso indicando a retirada da garrafa.

Após validada a garrafa inserida pelo usuário, a mesma será direcionada para o tratamento ideal, de acordo com o seu material de composição. Direcionamento este feito através de um fuso trapezoidal com movimentação baseada em um motor de passo. Caso a garrafa seja de plástico, a mesma será movida para o lado em que se possui o subsistema de trituração. Caso seja de vidro, a garrafa será movida para o lado que possui canaletas para armazenamento. A capacidade de armazenamento será monitorada através de um sensor de presença (infravermelho).

Além do subsistema de separação de garrafas, o sistema eletrônico engloba também a parte de interação máquina-usuário. Inicialmente, através de leitura de QR code gerado pelo aplicativo e em seguida. Através de um display para exibir informações relevantes ao usuário, como por exemplo, nome do usuário e status de operação da máquina. Para isso, o sistema se utilizará também do microprocessador Raspberry Pi 3, e um display LCD 16x2.

Para alimentar todo o sistema até o momento está sendo utilizada uma fonte ATX de 250W. Para a alimentação final do sistema, o grupo referente a Engenharia de Energia ficou encarregado de construir uma fonte de alimentação. Fonte esta que deve ser capaz de

suprir uma necessidade de potência de 50W , com saídas de 5V e 12V DC. Medidas estas calculadas com base nas três principais fontes de consumo do subsistema em questão, ou seja, do microcomputador Raspberry Pi, microcontrolador ESP8266 e Motor de Passo. Abaixo, os consumos individuais acrescidos de um fator de segurança (Fs) de 1,35 visando possíveis alterações futuras do projeto, para o cálculo da potência total ativa.

$$Potência (W) = Tensão (V) * Corrente (A) \quad (8.1)$$

$$P_{Raspberry} (W) = T_{Raspberry} (V) * Corrente_{Raspberry} (A) \quad (8.2)$$

$$P_{Raspberry} (W) = 5 * 2,5 = 12,5 (W) \quad (8.3)$$

$$P_{ESP8266} (W) = T_{ESP8266} (V) * Corrente_{ESP8266} (A) \quad (8.4)$$

$$P_{ESP8266} (W) = 5 * 0,220 = 1,1 (W) \quad (8.5)$$

$$P_{MotordePasso} (W) = T_{MotordePasso} (V) * Corrente_{MotordePasso} (A) \quad (8.6)$$

$$P_{MotordePasso} (W) = 12 * 2 = 24 (W) \quad (8.7)$$

$$P_{Total} (W) = P_{MotordePasso} (W) + P_{Raspberry} (W) + P_{ESP8266} (W) \quad (8.8)$$

$$P_{Total} (W) = 12,5 + 1,1 + 24 = 37,6 (W) \quad (8.9)$$

$$P_{FS} (W) = P_{Total} (W) * Fatordesegurança \quad (8.10)$$

$$P_{FS} (W) = 37,6 * 1,35 \cong 50 (W) \quad (8.11)$$

Sendo assim, um sistema de alimentação DC de 50 W com saídas de 5 e 12 V deverá ser utilizado, onde será suficiente para suprir todos os sistemas eletrônicos.

A arquitetura do sistema de direcionamento de garrafas pode ser observada na imagem a seguir.

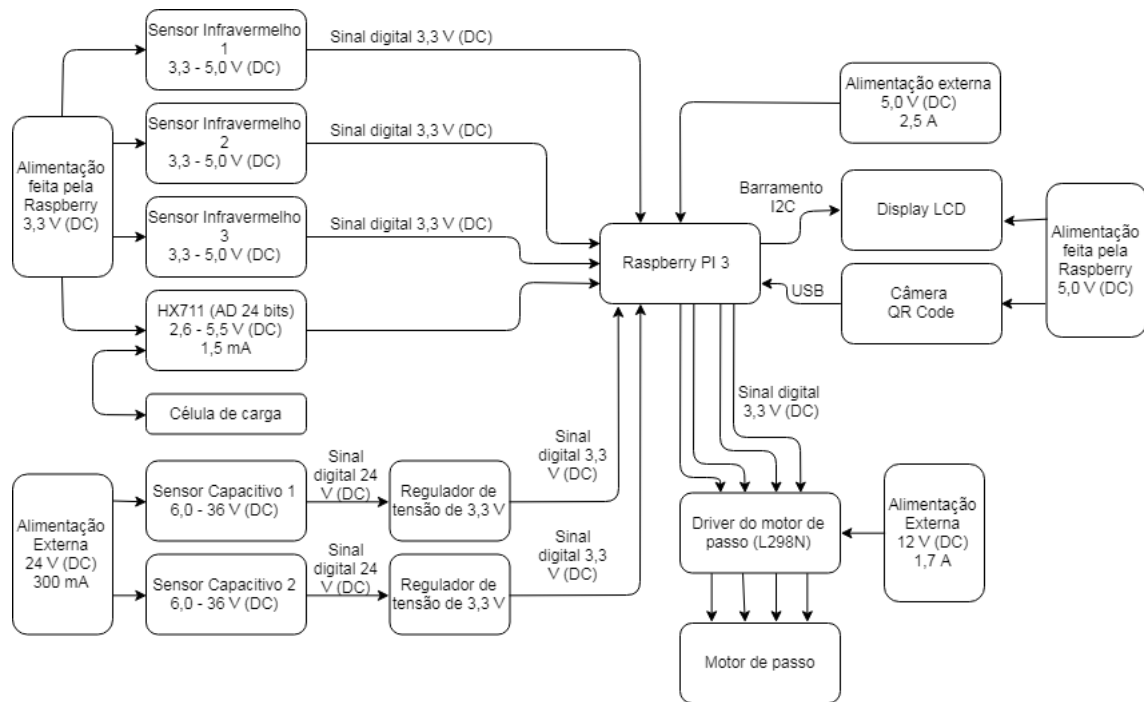


Figura 10 – Arquitetura do direcionamento de garrafas.

8.2.1 Microprocessador

O microprocessador utilizado foi a Raspberry PI 3, B, que possui um processador Quad Core de 1.2 GHz da Broadcom modelo BCM2837 de 64 bit, 1 GB de memória RAM, 4 portas USB, 1 saída HDMI, wireless LAN e Bluetooth, conector para display touchscreen e 40 pinos, dentre esses pinos temos entradas e saída digitais, interface I2C, interface SPI, interface UART e interface ID EEPROM, esses pinos podem ser programados de acordo com a necessidade de projeto. (ORG, 2017)

A sua escolha para o projeto se deu pelos seguintes motivos:

- Versatilidade de programação, sendo possível programar em diferentes linguagens;
- Possuir uma quantidade suficiente de IOs (29 IOs) que podem ser configuradas tanto como entradas ou saídas digitais;
- Possibilidade da utilização de câmeras e displays (através de serial flat, usb, I2C ou SPI);
- Possuir Wi-Fi embutido, facilitando a comunicação via internet com o banco de dados;
- Fácil comunicação com diferentes microcontroladores e microprocessadores, garantindo assim uma possibilidade de expansão, seja de processamento ou de acionadores através de mais IOs;

Assim, a Raspberry Pi 3 será o centro da arquitetura de automação e controle do subsistema de eletrônica, conforme indicado pela figura [Arquitetura do direcionamento de garrafas](#) acima.



Figura 11 – Raspberry PI 3 modelo B.

8.2.2 Display LCD

Está sendo utilizado um display LCD 16x2 para exibir mensagens para o usuário, o mesmo foi escolhido pelo fato de um integrante do grupo já possuir um, ele se comunica com o microprocessador através do barramento I2C. Caso houvesse uma melhor condição econômica poderia ser escolhido um display melhor, como por exemplo um display em LCD de 9", para que houvesse uma melhor interação entre a máquina e usuário. Mas como esta máquina é um protótipo, onde o importante é demonstrar o conceito de funcionamento do mesmo, o grupo optou por economizar recursos financeiros neste quesito.



Figura 12 – Display LCD 16x2 utilizado no projeto.

8.2.3 Motor de passo e driver

O motor de passo escolhido foi o NEMA 17 com 3 Kgf/cm de torque, o mesmo foi escolhido devido ao fato de um integrante do grupo já possuir um, gerando economia financeira em relação ao orçamento do protótipo.

O motor de passo, é controlado pelo ativamento das bobinas, ou seja, tais motores não possuem escovas ou comutadores, apenas as bobinas que são polarizadas no sentido e no tempo certo para que haja um passo. O número de passos que é necessário para uma revolução é determinado pelo número de pólos que, dependendo, pode ser um ímã ou um eletroímã em seu eixo, com eletroímãs em suas paredes. A velocidade de rotação e sentido são determinados pela forma como as bobinas são acionadas ([KALATEC, 2016](#)).



Figura 13 – Motor de passo NEMA 17 com 3 Kgfc_m de torque, utilizado no projeto.

Para alimentar o motor de passo foi utilizada uma ponte H dupla, para isso foi utilizado o circuito integrado L298N, sua escolha foi devido ao preço e disponibilidade, já que o mesmo é encontrado facilmente nas lojas locais. Como o driver de corrente L298N é apenas uma ponte H dupla, toda a lógica de funcionamento do motor de passo foi feita na Raspberry Pi, assim como seu controle de velocidade, sentido de rotação e número de passos.

Uma ponte H é formada basicamente por quatro transistores que permitem levar duas saídas para nível lógico alto ou baixo, com uma ponte H dupla como a que foi utilizada é possível controlar quatro saídas, sendo que no caso do L298N cada saída pode fornecer uma tensão de até 46 V e corrente de até 2 A suportando picos de corrente de até 3 A, como nosso motor de passo está sendo alimentado com 12 V e possui corrente nominal de 1,7 A, a ponte H dupla escolhida se enquadra nas especificações.

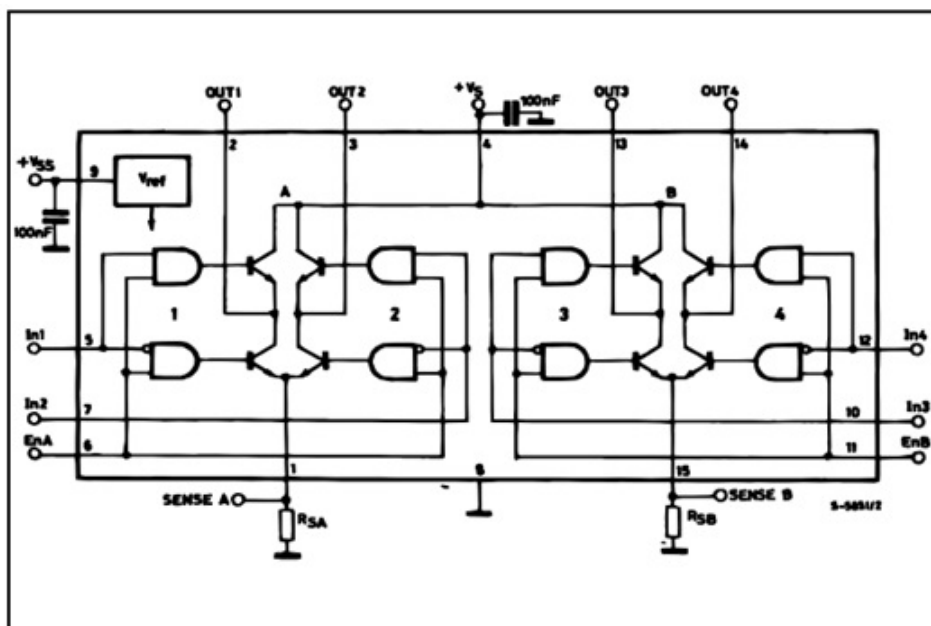


Figura 14 – Diagrama de blocos da ponte H dupla (L298N) utilizada no projeto.

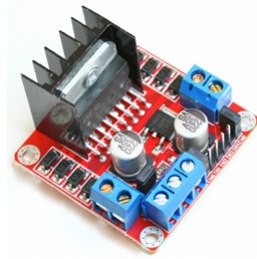


Figura 15 – Ponte H dupla L298N, utilizada no projeto.

8.2.4 Sensor capacitivo

São sensores capazes de detectar a aproximação de objetos sem a necessidade de contato físico, com princípio de funcionamento baseado na variação da capacitância. O sensor capacitivo é basicamente um capacitor de placas paralelas, onde o dielétrico é o material que se encontra na face do sensor, dessa forma, com a alteração do material dielétrico existe alteração na capacitância. (UFSC, 2016)

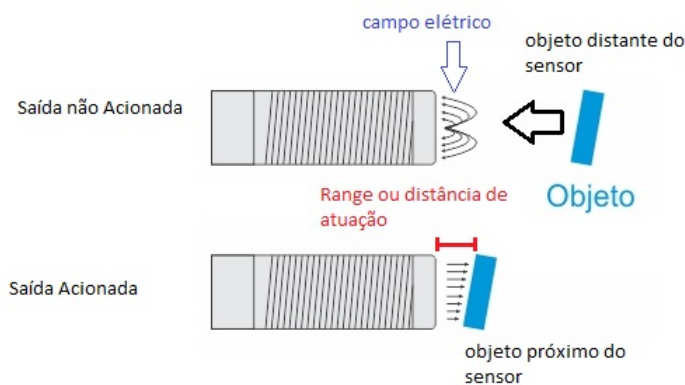


Figura 16 – Funcionamento do sensor capacitivo.

Funcionamento do sensor capacitivo. Fonte: (COLASSANTE, 2015).

Composto por um capacitor de placas paralelas, o sensor capacitivo se baseia no princípio de mudança de frequência de oscilação de um circuito ressonante com a alteração do valor da capacitância, que por sua vez é causada pela mudança de dielétrico. A alteração de frequência é enviada a um circuito detector que transforma a variação de frequência em nível de tensão, um circuito trigger recebe esse sinal de tensão e o transforma em uma onda quadrada, que por sua vez é utilizada para excitar um circuito de potência, gerando um sinal digital de saída. (WEB, 2016)

Esse conjunto eletrônico que forma o sensor capacitivo é montado utilizando técnicas avançadas, sendo o conjunto alojado em invólucros metálicos com resina de alta densidade, formando um bloco sólido à prova d'água e vibrações. (WEB, 2016)

O valor da capacitância de um capacitor de placas paralelas pode ser calculada através da equação a seguir, onde A é a área das placas, d é a distância entre as placas e ϵ é o valor da constante dielétrica. Como no caso do sensor capacitivo tanto A quanto

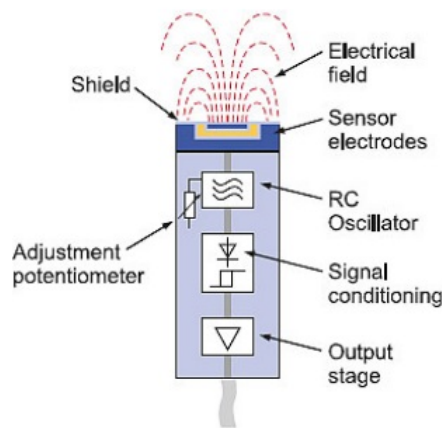


Figura 17 – Partes internas do sensor capacitivo.

d são constantes, a variação da capacitância será relacionada apenas com a variação do dielétrico.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (8.12)$$

O controle de qual dielétrico irá excitar a saída digital do sensor capacitivo é feito através de um potenciômetro, como já foi explicado anteriormente, dessa forma foi necessário utilizar dois sensores capacitivos no projeto, um para cada dielétrico, no caso plástico e vidro.

O sensor capacitivo escolhido foi o Ljc18a3-b-z/by Npn, o mesmo foi escolhido devido ao seu preço e disponibilidade, já que o mesmo foi encontrado em uma loja local. Este sensor é utilizado para detectar o material da garrafa que for inserida na máquina. O sensor funciona numa faixa de tensão de 6 até 36 V e possui uma saída digital que indica a presença de determinado material.



Figura 18 – Sensor capacitivo Ljc18a3-b-zby Npn.

8.2.5 Célula de Carga

A célula de carga escolhida foi do tipo SPL (single point) da marca IWM (International Weighing Manufacture) com capacidade máxima de 10 Kg, a mesma foi escolhida devido ao fato de um integrante do grupo já possuir uma. A sensibilidade desta célula

de carga depende da tensão de excitação da célula, que é limitada entre a tensão recomendada (entre 6V e 10V) e a tensão máxima (15V), com a sensibilidade de 2mV/V. (BRASIL, 2018).

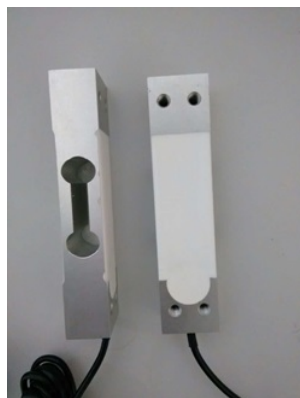


Figura 19 – Célula de carga utilizada no projeto.

Sensibilidade	mV/V	2.0 ± 10%
Não linearidade	%F.S.	<0.017
Histerese	%F.S.	<0.017
Repetibilidade	%F.S.	<0.017
Efeito acomodação(30 min)	%F.S.	<0.017
Balanco de zero	%F.S.	± 2
Efeito da temp. na sensibilidade	%F.S./10°C	<0.015
Efeito na temp. no zero	%F.S./10°C	<0.015
Impedância de entrada	Ω	410 ± 30
Impedância de saída	Ω	350 ± 3
Resistência de isolamento	MΩ	>2000 / 50VDC
Tensão recomendada	V	6 ~10
Máxima tensão	V	15
Faixa de temp. homologada	°C	-10 ~+ 40
Faixa de temp. operação	°C	-10 ~+ 60
Deflexão nominal aproximada	mm	0.5
Sobrecarga segura	%F.S.	150
Sobrecarga máxima	%F.S.	300
Tamanho da plataforma	mm	350 x 350
Tamanho do cabo	mm	ø 4 x 450→60 kg / 3000→250 kg
Torque nominal	Nm	6.8 → 60 kg / 16.3 → 250 kg
Material do corpo	Alumínio anodizado	
Peso aproximado	kg	0,2 → 60 kg / 0,3 → 250 kg
Tipo do cabo	redondo de PVC com malha interna contra EMI. Fios #AWG 22	

• O INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA LEGAL é membro do comitê técnico da OIML.
 • Todos os parâmetros acima referem-se a nomenclatura internacional OIML categoria C3.
 • Categoria C4 ou C6 sob encomenda.
 • Outras especificações sob encomenda.

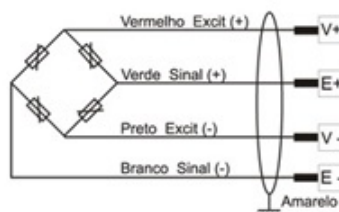
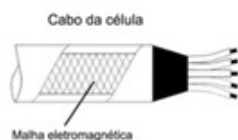


Figura 20 – Informações da célula de carga.

Essa célula de carga possui dois extensômetros posicionados nas duas faces, superior e inferior. Para seu correto funcionamento um lado é fixado na estrutura e o outro lado é onde o esforço será aplicado, existe uma seta gravada na célula de carga indicando o sentido do esforço.

O Extensômetro é um transdutor de deformação em resistência elétrica. Funciona a partir de trilhas de um fio em formato de grade, de maneira que ao se aplicar uma deformação, no sentido perpendicular a grade, o fio é esticado, diminuindo a área de seção transversal do mesmo aumentando assim a resistência, isso é possível observar na equação 2.38, que descreve a resistência em um fio, onde L é a largura do fio, A a área de seção transversal e rho a condutividade do material. (EECIS, 2018)

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (8.13)$$

As deformações no fio são relacionadas pelo coeficiente de Poisson, a equação 2 mostra essa relação, tal que o coeficiente de Poisson é igual a deformação lateral dividida pela deformação coaxial do fio. (EECIS, 2018)

$$v = \frac{\varepsilon L}{\varepsilon a} (2) \quad (8.14)$$

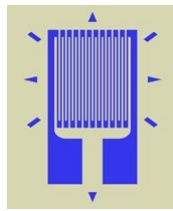


Figura 21 – Extensômetro.

Para medir a variação de resistência é necessário outro transdutor de resistência para algum parâmetro como corrente ou tensão. A ponte de Wheatstone cujo esquemático é apresentado na figura a seguir, consegue relacionar o valor da resistência desconhecida a um valor de tensão, com as outras resistências tendo um valor fixo e preciso. A equação que relaciona as resistências a tensão entre os nós B e C é apresentada a seguir. É possível observar que se apenas uma das resistências for desconhecida o sistema tem apenas ela como variável. (EMBARCADOS, 2018)

$$VM = V * \frac{(R2R3 - R1R4)}{[(R1 + R3) * (R2 + R4)]} (3) \quad (8.15)$$

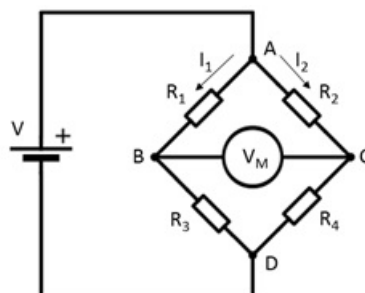


Figura 22 – Circuito da Ponte de Wheatstone.

Para tratar o sinal analógico proveniente da célula de carga está sendo utilizado o módulo HX711, esse módulo foi projetado para funcionar com pontes de winston, e já possui um conversor AD (analógico digital) de 24 bits, funciona com tensão de alimentação entre 2,6 e 5,5 V, a comunicação com o microprocessador é feita através de uma interface serial. (??)interfacePonte). O módulo HX711 foi escolhido devido a seu preço, disponibilidade e funcionalidade, já que o mesmo foi projetado para funcionar com células de carga e já possui um conversor AD, sendo que a Raspberry PI não possui conversor AD.

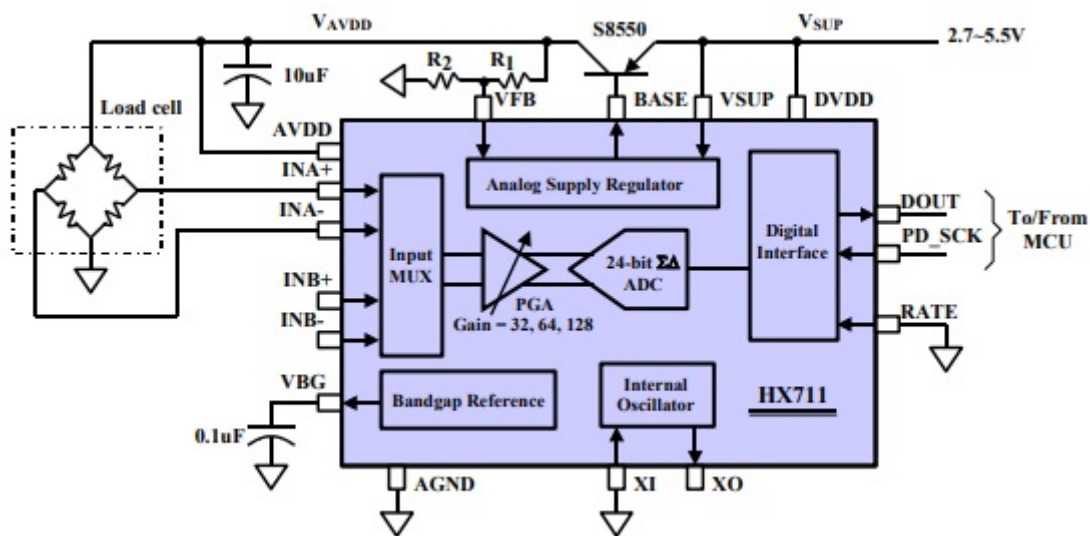


Figura 23 – Diagrama de blocos da aplicação do HX711 com célula de carga.

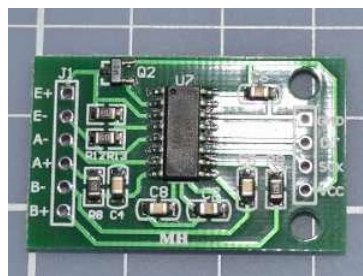


Figura 24 – Módulo HX711.

8.2.6 Sensor infravermelho

Este tipo de sensor possui um princípio de funcionamento muito simples, onde um LED emissor de luz infravermelha emite um feixe de luz que ao encontrar algum obstáculo é refletido, a luz refletida é detectada através de um fototransistor, quanto mais próximo ao obstáculo estiver o conjunto emissor/receptor maior será a intensidade do sinal recebido. (SYSTEMS, 2018)

Para detectar se os compartimentos estão cheios, se o usuário está com a mão dentro da máquina ou se a garrafa foi mal inserida foi utilizado o sensor de obstáculo

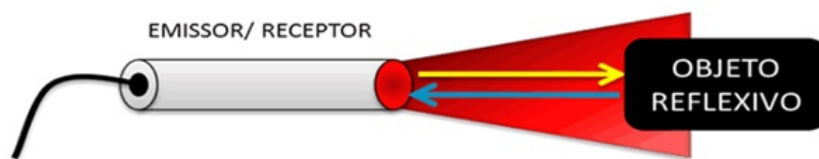


Figura 25 – Princípio de funcionamento do sensor infravermelho reflexivo.

infravermelho por reflexão, o mesmo foi escolhido devido a sua funcionalidade, já que a distância de detecção do mesmo pode ser facilmente ajustada através de um potenciômetro, fornecendo uma saída digital que indica a presença de um objeto, apresentando uma solução simples para os problemas a serem solucionados, podendo ser encontrado facilmente em lojas locais a preços acessíveis. O sensor pode funcionar com tensão de alimentação entre 3,3 e 5 V e pode detectar obstáculos a distâncias de 2 até 30 cm, sendo que essa distância pode ser ajustada. (TDTEC, 2018)



Figura 26 – Sensor de obstáculo infravermelho por reflexão utilizado no projeto.

8.3 Acionamento do triturador

O triturador não precisa ser acionado toda vez que uma garrafa plástica for inserida, como existe um funil, várias garrafas podem se acumular e quando chegar a um determinado nível, o triturador é acionado e tritura todas as garrafas presentes no funil. Dessa forma, foi desenvolvido um sistema de acionamento do triturador totalmente independente do sistema de direcionamento de garrafas, não existindo comunicação entre os sistemas.

Foi colocado um sensor infravermelho que funciona através de reflexão no topo do funil e um sensor infravermelho na parte de baixo do funil, assim é possível saber quando o funil está cheio para acionar o triturador, e quando todas as garrafas já foram trituradas resultado no desligamento do triturador e acionamento do freio do motor do triturador.

Para acionar o motor e o freio do motor, foram utilizados dois relés com tensão nominal de 250 V (AC) e 10 A, a especificação da corrente e tensão desses relés foi feita pelos membros do grupo pertencentes a Engenharia de Energia. Sendo assim foi comprado um módulo relé que já contém os dois relés necessários para realizar o controle

do motor, sendo que este módulo já está equipado com um optoacoplador para evitar que o microcontrolador possa sofrer danos.

Para realizar o controle do acionamento e frenagem do motor foi utilizado o microcontrolador ESP8266, o mesmo foi escolhido pelo fato de um membro do grupo já possuir a placa. O ESP8266 possui Wi-Fi embutido, Tem onze portas GPIO, barramentos I2C, SPI, UART, conversor AD, saída PWM, processador L106 32-bit que funciona a 80 MHz, 32 KBytes de RAM para instruções, 96 KBytes de RAM para dados, 64 KBytes de ROM para boot, possui uma memória Flash SPI Winbond W25Q40BVNIG de 512 KBytes, é fabricado pela Espressif. (ESPRESSIF, 2018)

Na imagem a seguir é possível visualizar a topologia do sistema de controle do motor, onde o microcontrolador ESP8266 recebe os sinais dos dois sensores infravermelho e aciona os relés para ligar o triturador e frear o motor.

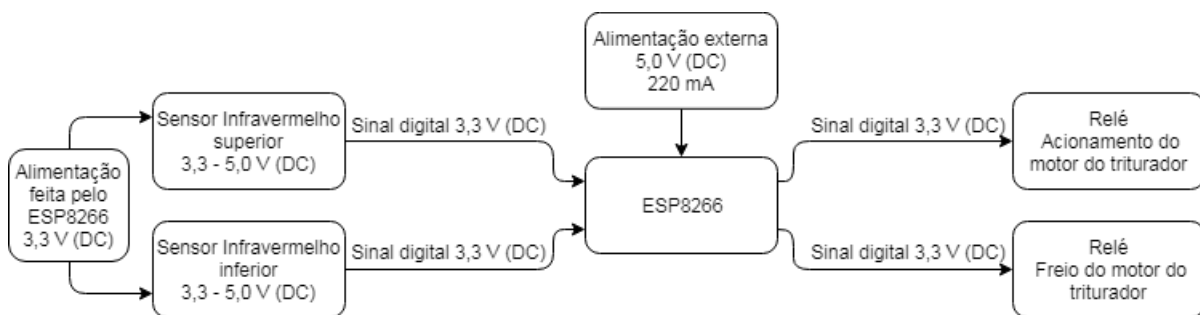


Figura 27 – Arquitetura do controle e acionamento do motor.

Para realizar o controle do acionamento e frenagem do motor foi feita uma modelagem através de máquina de estados, que facilita o entendimento do funcionamento sistema. Como é possível visualizar na imagem a seguir.

Como é possível visualizar na imagem, inicialmente o motor está desligado e o sistema está lendo o sensor infravermelho superior, quando algo é detectado por este sensor é aguardado 3 segundos e o mesmo sensor é verificado novamente, isso é necessário pois quando a garrafa cai dentro do funil ela passa pelo sensor e aciona o mesmo, sendo assim, com essa segunda verificação é possível saber que existe uma garrafa naquele ponto do funil e não que a garrafa apenas passou por ali.

Posteriormente o triturador é ligado, com o motor ligado o sensor infravermelho localizado na parte inferior do funil é verificado constantemente, quando o mesmo não detecta mais a presença de garrafas é aguardado um segundo e realizada uma segunda verificação para evitar que a garrafa “pule” enquanto está sendo triturada e ocasione o desligamento do triturador, depois dessa segunda verificação o triturador pode ser desligado.

Após o desligamento do motor é acionado o freio do motor por corrente contínua, são aguardados 5 segundos (esse tempo ainda será definido através de testes práticos, a equipe responsável por definir o tempo que o freio ficará acionado é a equipe de Enge-

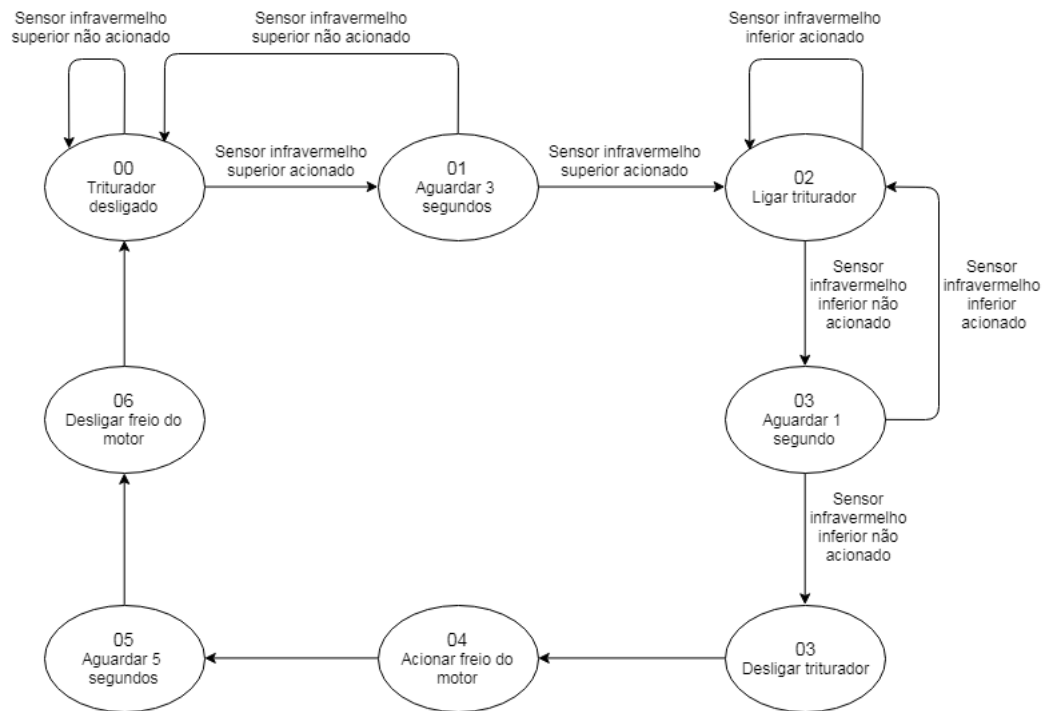


Figura 28 – Máquina de estados do controle de acionamento e frenagem do triturador.

nheiros de Energia), após esse tempo o freio é desligado e a máquina retorna a seu estado inicial.



Figura 29 – Sensor de obstáculo infravermelho por reflexão utilizado para detecção de garrafas no funil.



Figura 30 – Módulo relé de 2 canais (250 V AC 10 A) utilizado para acionamento do triturador e freio do moto.



Figura 31 – Princípio de funcionamento do sensor infravermelho reflexivo.

8.4 Integração

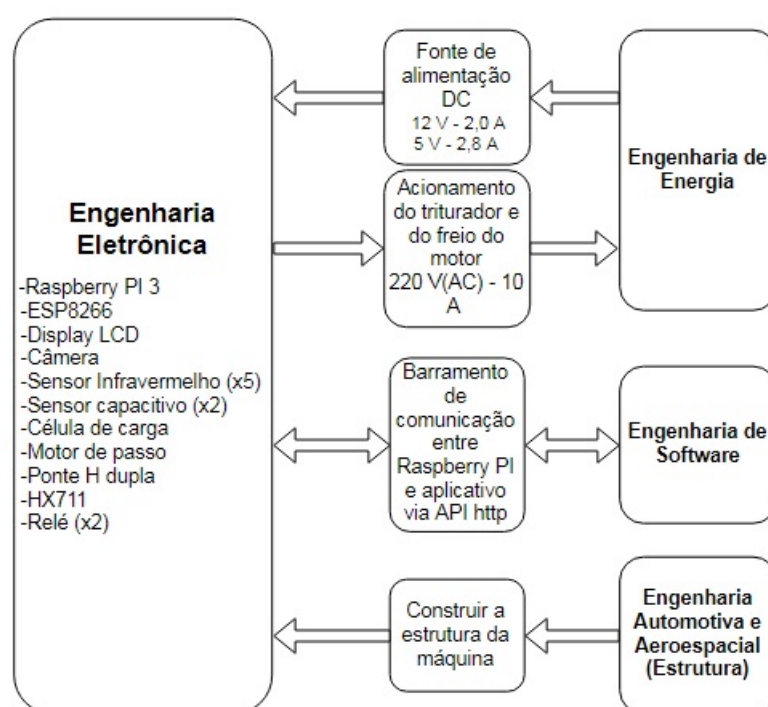


Figura 32 – Diagrama de integração entre a Engenharia Eletrônica e as demais áreas.

8.4.1 Engenharia de Energia

É necessário que esta área forneça alimentação DC para o correto funcionamento do sistema eletrônico, como explicado anteriormente, será necessário uma fonte DC de 45 W com saídas de 5 V/2,8 A e 12 V/2 A. Além da especificação dos relés de acionamento do motor e freio, cujas especificações informadas foram para ambos 250 V (AC) 10 A, e do tempo em que o freio deverá permanecer acionado.

Será fornecido para Engenharia de energia a saída para acionamento do motor e do freio através de dois relés já especificados, todo o controle de acionamento e frenagem ficou por conta da Engenharia Eletrônica.

8.4.2 Engenharia de Software

A integração entre o subsistema de Eletrônica e o de Software é de imensa importância, tendo em vista que toda associação máquina e usuário é feita por essa união. Após o Subsistema de Eletrônica realizar a leitura e processamento do QRcode do usuário e o da garrafa, essa informação é enviada para API do Subsistema de Software, via http post, utilizando a Raspberry PI 3 como responsável por encaminhar a mensagem. A resposta da requisição http post retorna os dados necessário para que o Subsistema de Eletrônica possa fazer a comparação das variáveis recebidas pela requisição http post e por meio das medições realizadas pelos sensores.

Quando o Subsistema de Eletrônica encaminhar a string referente ao processamento do QRcode da garrafa, o Subsistema de Software deve retornar as informações referentes ao material da garrafa, peso e label. Já quando Subsistema de Eletrônica encaminha a string referente ao usuário, será recebido o retorno via http post dos dados cadastrais do mesmo.

8.4.3 Estrutura

Está área do conhecimento deverá fornecer para engenharia eletrônica a estrutura de seleção (já entregue) e a estrutura geral da máquina, com locais adequados para que sejam acomodados os sensores, atuadores, microcontroladores e fonte de alimentação.

A Engenharia Eletrônica forneceu as dimensões exatas de todos os seus componentes, onde eles devem ficar alocados, além de informar suas restrições e requisitos de funcionamento.

8.5 Testes

Até o momento, diversos testes de adequação e funcionamento foram realizados por parte do subgrupo de engenharia eletrônica, relacionados à componentes como motor de passo, sensores capacitivos e infravermelho, além de processamento de imagens na Raspberry Pi 3 e uso de célula de carga.

Sobre o motor de passo, foram realizados testes individuais, com o motor livre de qualquer tipo de fixação ou estrutura para verificar movimentação básica. Seguido de testes com o motor, driver e Raspberry Pi já posicionados na estrutura da máquina, onde foi possível se verificar velocidade e quantidade de passos ideais para que o modo operacional inicialmente idealizado seja de possível realização. A partir destes testes, foi possível também fazer ajustes na estrutura, como por exemplo limitação de tamanho de tampa frontal móvel e de ajuste no fuso de movimentação.

Quanto ao processamento de imagens na Raspberry Pi, foram realizadas as devidas instalações de drivers e construção de código em Python para possibilitar a leitura de vídeo

em tempo real através de uma webcam USB, para que em seguida testes de leitura de QR code sobre tela de smartphone fossem executados, a fim de verificar viabilidade e ajustes como relação entre qualidade e framerate de buffer de vídeo e fatores como brilho de tela por parte do smartphone. Além disso, foram realizados testes com impressão de QR Codes para fixação em garrafas de plástico e vidro, em diversos tamanhos e qualidades de impressão, a fim de verificar a condição ideal para a leitura dos mesmos. Ao fim destes testes, foi possível verificar que é possível diminuir de forma considerável o framerate de leitura via webcam, que o brilho de tela em smartphones não necessitam de mais de cerca de 20% a 30% de brilho máximo para uma leitura ideal, e se ter noção do tamanho e qualidade de impressão mínimos para uso do QR Code em garrafas.

Já em relação aos sensores capacitivos, foram realizados testes em bancada com fonte de tensão variável, a fim de verificar qual era a relação entre acréscimo de tensão e sensibilidade adquirida pelo sensor, tendo em vista que o mesmo opera em um raio de 6 à 36 Volts. Além disso, estes sensores foram testados com diferentes distâncias e tipos de garrafas de vidro e plástico, que são os materiais de interesse do protótipo em questão, e verificou-se o comportamento destes sensores na presença de resquícios de líquido. A partir dos resultados destes testes, concluiu-se que a tensão ideal para seu funcionamento é de 12 Volts, e que as garrafas devem estar bem próximas do sensores para uma leitura ideal, pois o alcance do mesmo é de 10 milímetros. Sendo assim, foi requisitado para o subgrupo de estruturas para se adicionar uma leve inclinação no compartimento onde as garrafas serão inseridas, visando sempre uma distância mínima entre sensores capacitivos e garrafas a serem analisadas pelos mesmos. Ainda sobre sensores capacitivos, verificou-se também que fatores como líquidos presentes nas garrafas podem dificultar a precisão em determinar que tipo de material se está inserindo no equipamento, devido à água alterar a resposta do sensor capacitivo, e pelo fato da qualidade do sensor utilizado no protótipo, que não possui um grande orçamento planejado. Mas, como um dos requisitos de funcionamento do triturador de garrafas plásticas é de não poder receber garrafas com líquidos, este problema é facilmente resolvido utilizando a célula de carga, realizando a comparação dos pesos da garrafa (QRcode e balança).

Sobre os sensores infravermelhos, testes de adequação foram também realizados, visando questões práticas como distância mínima para ponto de interesse de detecção e tipos de materiais suportados pelo sensor. Como resultado dos testes, constatou-se que os sensores funcionam em detecção de objetos a distâncias suficientes em termos do projeto em questão, e em sua única limitação quanto a tipos de materiais, o sensor mostrou não funcionar de maneira ideal quando frente à objetos de cor preta, mas que dentro das diretrizes de funcionamento do protótipo, esta não será uma limitação em seu uso.

Por fim, realizou-se testes com célula de carga com programação e calibrações baseadas em programação python na Raspberry Pi. Testes estes que nos entregaram variações de no máximo 5 gramas nos pesos testados, e que, sendo assim, o componente

mostra que irá atender às necessidades impostas pelos requisitos do protótipo.

9 Energia

10 Software

Referências

- BBC. *Cinco gráficos que explicam como a poluição por plástico ameaça a vida na Terra*. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/cinco-graficos-que-explicam-como-a-poluicao-por-plastico-ameaca-a-vida-na-terra.ghml>>. Citado na página 65.
- BLOG, A. M. *CNC Part Picking Machine*. 2018. Disponível em: <https://www.hackster.io/gatoninja236/cnc-part-picking-machine-744ea2?ref=tag&ref_id=cnc&offset=18>. Citado na página 20.
- BRASIL, I. *Celula de Carga*. 2018. Disponível em: <<http://www.iwm-brasil.com.br/spl-celula-de-carga-tipo-single-point/>>. Citado na página 48.
- COLASSANTE, P. *Sensor Capacitivo*. 2015. Disponível em: <<http://procolassante.blogspot.com.br/2015/06/sensores-capacitivos-e-indutivos.html>>. Citado na página 46.
- ECYCLE, E. *Poluição plástica nos mares: problemas para a fauna e para o ser humano*. 2017. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/38-no-mundo/2092-poluicao-plastica-nos-mares-problemas-para-a-fauna-e-para-o-ser-humano.html>>. Citado na página 64.
- EECIS. *Extensometria*. 2018. Disponível em: <<https://www.eecis.udel.edu/~portnoi/academic/academic-files/extensometria.html>>. Citado na página 49.
- EMBARCADOS. *Ponte de Wheatstone*. 2018. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/ponte-de-wheatstone/>>. Citado na página 49.
- ESPRESSIF. *Microcontrolador ESP8266*. 2018. Disponível em: <<https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex-datasheet-en.pdf>>. Citado na página 52.
- HAKKENS, D. *Shredder machine*. 2017. Disponível em: <<https://preciousplastic.com/en/videos/build/shredder.html>>. Citado na página 20.
- HARMAN, D. *Mini CNC 3D Printed PCB Creator*. 2017. Disponível em: <https://www.hackster.io/DamienHarman/mini-cnc-3d-printed-pcb-creator-47af42?ref=tag&ref_id=cnc&offset=14>. Citado na página 20.
- KALATEC. *Motor de Passo*. 2016. Disponível em: <<http://www.kalatec.com.br/motoresdepasso/motor-de-passo>>. Citado na página 44.
- LIVRE, M. *Disjuntor*. 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-802192744-disjuntor-soprano-bipolar-2-polos-curva-c-32a-branco-_JM>. Citado na página 28.
- LIVRE, M. *Motor Elétrico*. 2018. Disponível em: <<https://lista.mercadolivre.com.br/ferramentas-e-construcao/energia-eletrica/motores-eletricos/motor-eletrico-alta-rotacao-3>>. Citado na página 28.

LIVRE, M. *Redutor*. 2018. Disponível em: <<https://lista.mercadolivre.com.br/>>. Citado na página 28.

LIVRE, M. *Térmico*. 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-761819035-rele-termico-schneider-lrd12-55-8a-_JM>. Citado na página 28.

LLC, M. *WhatIf - ferramenta para identificação de riscos*. 2014. Disponível em: <<https://blogtek.com.br/what-if-ferramenta-identificacao-riscos/>>. Citado na página 71.

ORG, R. *Raspberrypi*. 2017. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Citado na página 43.

PMBOK, G. Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos. In: *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos*. [S.l.: s.n.], 2009. Citado na página 72.

SITE, O. *Lixo Plástico: Sacolas Plásticas e Garrafas PET São os Maiores Vilões da Natureza*. 2011. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/poluicao/lixo-plastico-sacolas-plasticas-e-garrafas-pet-sao-os-maiores-viloes-da-natureza>>. Citado na página 65.

SYSTEM, E. L. *6 melhores ferramentas de gestão e análise de risco*. 2016. Disponível em: <<http://blog.qualidadesimples.com.br/2016/06/06/6-melhores-ferramentas-de-gestao-e-analise-de-risco/>>. Citado na página 71.

SYSTEMS, C. *Sensores Opticos*. 2018. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/sensores-opticos/>>. Citado na página 50.

TDTEC. *Sensores Reflexivo*. 2018. Disponível em: <<https://www.tdtec.com.br/produto/sensor-de-obstaculo-infravermelho-reflexao-lm393-arduino/413346>>. Citado na página 51.

UFSC. *Técnicas de Sensoriamento*. 2016. Disponível em: <<http://s2i.das.ufsc.br/seminarios/apresentacoes/tecnicas-sensoreamento.pdf>>. Citado na página 46.

WEB, M. *Sensor Capacitivo*. 2016. Disponível em: <<http://www.mecaweb.com.br/eletronica/content/e-sensor-capacitivo>>. Citado na página 46.

Apêndices

APÊNDICE A – Termo de Abertura do Projeto

A.0.1 Objetivos deste documento

Mesmo já havendo um consenso de ideia geral sobre o projeto, o TAP vem para autorizar formalmente o seu desenvolvimento, seja para as fases seguintes de planejamento, seja para construção efetiva da proposta. Ele também auxilia na definição de entregas por meio da EAP, no levantamento de requisitos, premissas e restrições, além de dar o grande suporte para o resto do planejamento, custo, riscos, tempo, escopo etc.

Elaborado este documento, o gerente de projetos tem a autorização, o poder e a base para o gerenciar corretamente todos os recursos disponíveis e otimizar seu planejamento durante o desenvolvimento do produto. Não deve ser esquecido que este documento deve ser descrito de forma que forneça suporte suficiente na aceitação ou não do projeto.

A.0.2 Descrição do Projeto

O projeto é uma máquina automática que auxilia no processo de reciclagem de garrafas. A ideia central é a de que o usuário insira garrafas de vidro ou plástico e seja bonificado por essa ação, onde tal, possa ser desconto em supermercados e estes dados serão mantidos por um aplicativo com contas individuais. A máquina deverá realizar a separação e validação (material, tamanho e peso) automática dos objetos inseridos, guardando as garrafas de vidro sem quebrá-las, triturando as de plástico e rejeitando qualquer outro tipo de inserção.

A.0.3 Justificativa do Projeto

A poluição global é um tema que visivelmente está sempre em discussão na mídia e nos governos por seu grande potencial destrutivo. Dois dos grandes tipos de poluição que podem ser comentadas neste projeto são as de solo e do mar, sendo o motivo desta escolha comentado mais a frente, e é evidente que se sabe que o causador dessa agressão a esses dois tipos é o grande volume de material industrial criado pelo ser humano. Buscando minimizar esse problema, são realizadas diversas ações de reciclagem e conscientização ao redor do globo, sendo assim, este projeto vem com o intuito de criar um produto que motive estes dois fatores.

Para o desenvolvimento de um protótipo foram escolhidos dois tipos de materiais a serem coletados a partir das informações a seguir. O primeiro foi o plástico, pois segundo o site ([ECYCLE, 2017](#)), pesquisadores da The University of Western Australia e da CSIRO

Wealth from Oceans Flagship realizaram um estudo no mar australiano e concluíram que a cada quilômetro quadrado de água de sua superfície está contaminado por cerca de quatro mil pequenos fragmentos de plástico. Segundo o site da Globo ([BBC, 2017](#)), até 2015 tinham sido produzidos cerca de 6,3 bilhões de toneladas de resíduos plásticos e 79% deste montante se encontra em aterros ou na natureza. Segundo o site ([SITE, 2011](#)), sacolas plásticas e garrafas PETs são os maiores vilões da natureza pelo tempo de decomposição e pelo consumo destes materiais por animais. E o segundo foi o vidro pelo alto consumo de produtos mantidas em recipientes feitos deste material, o vidro pode causar queimadas na natureza por potencializar os raios solares e animais podem morrer ao ingerir pedaços cortantes. Portanto, serão dois materiais que causarão um grande impacto de projeto e eles estão diretamente ligados às poluições marítimas e de solo.

Outro fator que justifica a proposta deste projeto, são os impactos positivos para os usuários, que poderão receber créditos pela sua ação, empresas de reciclagem, que terão economia de armazenamento e manuseio, o governo, que terá seu nome em um projeto de apoio ambiental, os mercados, que poderão atrair mais clientes com promoções por conta da máquina e empresas geradoras dos resíduos já que pela lei nacional, elas são responsáveis pelo seus resíduos sólidos.

A.0.4 Objetivos do Projeto

O máquina tem como objetivos principais o incentivo a reciclagem por meio de um sistema de bonificações, o auxílio a coleta de material para as empresas de reciclagem e auxílio às empresas geradoras de resíduos sólidos já que elas são responsáveis pelo o que produz.

A.0.5 Critérios de sucesso do projeto

Tomando como referência o contexto de implantação do produto, os critérios de sucesso do projeto envolvem a dedicação máxima e estudo contínuo da equipe em seus subsistemas já que em sua maioria não se há investimento e nem experiência de trabalho. Rigorosa adesão ao planejamento e gerenciamento do projeto. Alcance dos requisitos levantados e integração completa.

A.0.6 Estrutura Analítica do Projeto

A EAP deste projeto está dividida com base nas entregas definidas pelos orientadores. Como em todo projeto que se preze, o desenvolvimento do produto se sustenta na definição de um problema, elaboração de uma solução, construção do produto da solução e implantação e teste deste produto, logo abaixo estão descritos cada tópico da estrutura analítica voltados às necessidades de acompanhamento e gerência dos subsistemas deste projeto.

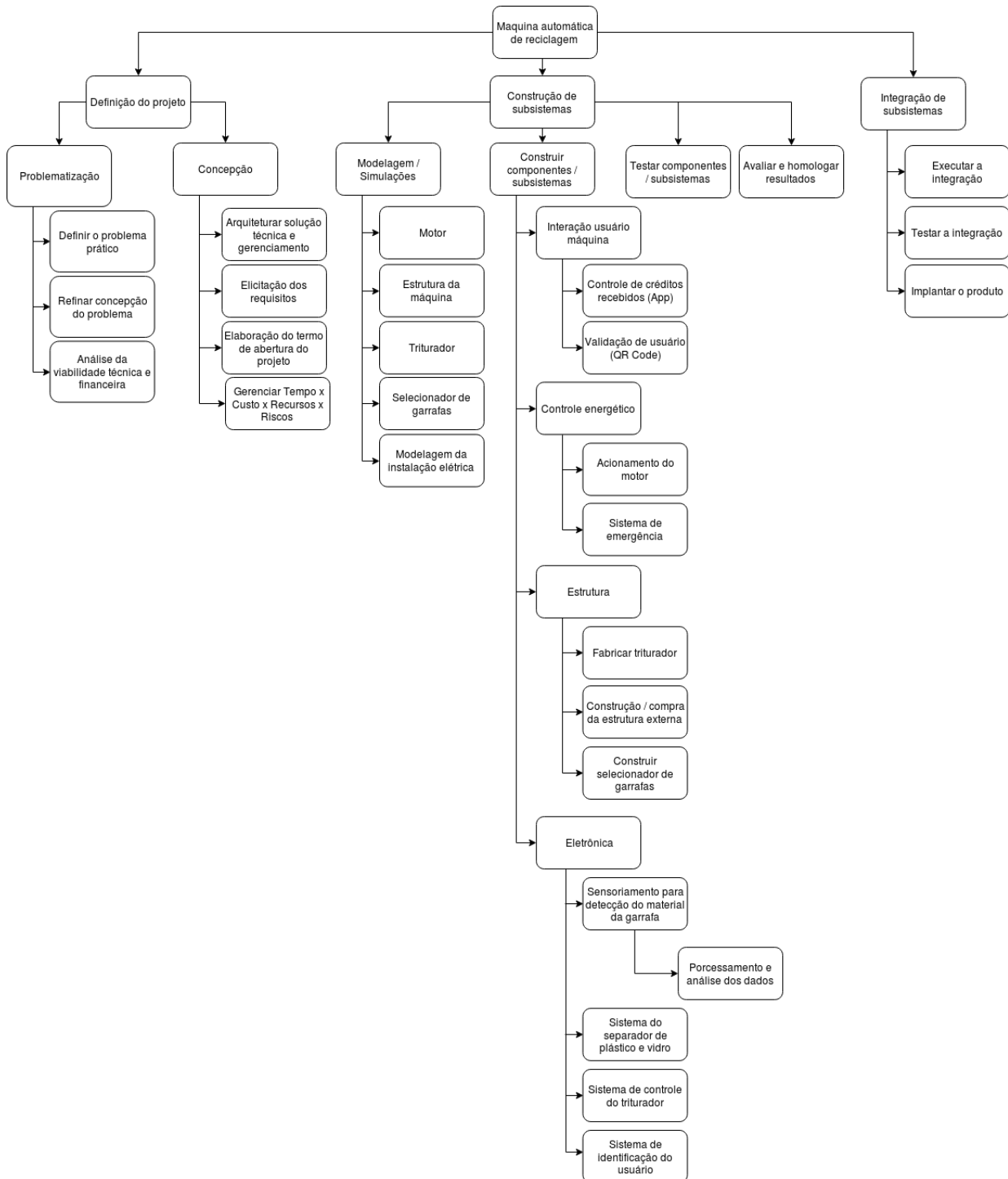


Figura 33 – Estrutura Analítica do Projeto.

- Definição do projeto** Todo novo desenvolvimento de produto se inicia com a definição completa e planejada de um escopo geral e validado. Para começar, de forma geral, não seria viável a elaboração de um produto que não se resolve nenhum problema, sendo assim, é interessante a fase de definição ser dividida na **Problematização** e **Concepção** baseada no ideia levantada.

– **Problematização** Essa fase envolve a aplicação de brainstormings para que

o grupo possa avaliar o que há de problemas baseados na ideia central de projeto, para que assim, sejam anotados de forma planejada alguma de suas soluções que estejam ao alcance às áreas de conhecimento dos cursos da FGA. Em seguida, o problema deve ser refinado, de forma, que forneça base para a concepção completa e compreensível do escopo geral do produto que no caso é a solução proposta e para a análise da viabilidade técnica e financeira.

- **Concepção** Tendo sido levantada a ideia geral do projeto, aqui devem ser feitas os detalhamentos da arquitetura básica da solução, dos objetivos, regras de negócio e planejamento.
- **Construção de Subsistemas** Após concretizado a definição do projeto, é o momento de iniciar o processo de desenvolvimento da máquina. Procurando facilitar a visão geral e organização, este processo foi dividido em 4 atividades chaves:
 - **Modelagem / Simulações** Uso do CAD, realização de cálculos diversos, uso de ferramentas de modelagem e geração de modelos de protótipos.
 - **Construir componentes / Subsistemas** O sistema total do projeto foi dividido em 4 subsistemas com base nas áreas das engenharias com o intuito de otimizar a produtividade desacoplando as áreas. Nesta fase que acontece a construção real da máquina.
 - **Testar componentes / Subsistemas** Fase de aplicação de plano de testes do componentes dentro dos subsistemas.
 - **Avaliar e homologar resultados** Finalizado os testes, este é o momento de avaliar os resultados para levantamento do que deve ser otimizado afim de adaptar os componentes à atividade de integração.
- **Integração de Subsistemas** Esta em tese é a atividade mais complexa e que se tem um histórico alto de falhas, sendo assim, é necessário uma ótima preparação antecipada.

A.0.7 Requisitos

A.0.7.1 Requisitos de Alto Nível

O sistema proposta será um máquina com sua estrutura do tamanho de uma geladeira pequena no formato retangular, a estrutura interna será dividida em acordo com os subsistemas do produto total. Haverão dois compartimentos removíveis, um para o armazenamento de plástico triturado e outro para armazenar vidro, sendo os materiais aceitos pela máquina apenas como garrafas. Contando que o plástico será guardado em pedaços triturados, deverá haver um triturador que será ligado a partir de um motor em conjunto com um redutor. Já o vidro deverá ser armazenado intacto pilhando as garrafas.

Para armazenar algo, deve-se ter a devida validação daquilo que for aceito como armazenável ou não, e também deve-se ter uma estrutura de separação de materiais que os conduzam por estruturas diferentes, para que assim, atenda os cuidados requeridos que inferem aos requisitos necessários a cada material. Sendo assim, logo na frente da máquina, terá a validação do objeto inserido por meio de um QR Code que virá contido no rótulo, logo no bocal de inserção haverá uma outra validação mais completa em que passada dela, a garrafa será direcionada ao ponto final de armazenamento.

A máquina deverá ter um sistema de recompensa ao usuário por cada garrafa depositada, onde essa atividade será administrada por meio de um aplicativo. Haverá um banco de dados com as características de cada rótulo identificado para validação de entrada e de pontuação. Por fim terá um sistema de segurança de parada do motor.

A.0.7.2 Principais requisitos das principais entregas/produtos

- Armazenamento de garrafas de plástico e vidro
- Armazenamento separado dos tipos de material
- Triturar as garrafas de plástico
- Armazenar em intacta as garrafas de vidro
- Bonificar os usuários por cada garrafa
- Manter dados do usuário em um aplicativo

A.0.8 Marcos

Tabela 5 – Marcos

Fase	Marcos	Previsão
Iniciação	Projeto Aprovado	28/03/2018
Planejamento	Plano de Gerenciamento de Projetos Aprovado	28/03/2018
	Linhas de Base de Custos, Prazo e Escopos Salvas	28/03/2018
Execução, Monitoramento e Controle	Desenvolvimento dos subsistemas	16/05/2018
Encerramento	Integração	26/05/2018
	Testes	06/06/2018
	Projeto Entregue	22/06/2018

A.0.9 Partes interessadas do projeto

É preferível pela equipe de trabalho que as partes interessadas sejam divididas em dois grupos, o primeiro são os reais interessados dentro do contexto e escopo atual que é a

matéria do curso, e o segundo são os possíveis interessados em uma possível implantação comercial deste produto.

A.0.9.1 Partes interessadas em cenário acadêmico

Tabela 6 – Cenário acadêmico

Nome	Função	Interesse
Professores da Matéria Projeto Integrador II do Campus de Engenharias da UnB	Orientar e avaliar os alunos no desenvolvimento do projeto	Orientar e avaliar os alunos no desenvolvimento do projeto. Saber se os alunos da matéria estão hábeis a serem egressos da universidade
Alunos da Matéria Projeto Integrador II do Campus de Engenharias da UnB	Desenvolver o projeto	Receber feedback da qualidade do projeto e da qualidade de trabalho.

A.0.9.2 Partes interessadas em cenário de mercado

Tabela 7 – Cenário de mercado

Nome	Função	Interesse
Clientes de supermercado	Utilizar a máquina	Ser bonificado pelo uso
Empresas de reciclagem	Buscar e reciclar o material armazenado pela máquina	Economizar em manuseio e transporte do material
Empresas geradoras de Resíduos Sólidos	Gerar os resíduos sólidos	Economia na gerência de seus resíduos
Governo	Aplicar e apoiar serviços deste cunho	Ter um projeto deste cunho vinculado ao seu nome

A.0.9.3 Restrições

O projeto está restrito a ser um protótipo por conta do tempo de projeto (um semestre letivo), inexperiência da equipe (primeira experiência de projeto em conjunto com o intuito de integração de várias áreas de engenharia) e falta de orçamento (máximo de R\$ 3.900,00).

A.0.9.4 Premissas

- Os testes de uso serão realizados apenas com os integrantes do time de desenvolvimento
- O tempo de trituração poderá ser avaliado apenas durante o desenvolvimento

- A prova de integração entre o aplicativo e a máquina será via display simples
- A disponibilidade de horário comum da equipe é apenas no horário de aula
- Não haverá recursos vindos de fora da equipe

A.0.9.5 Riscos

Os principais riscos levantados inicialmente são:

- Inexperiência dos membros da equipe com ferramentas e tecnologias a serem utilizadas
- Peças que demoram a ser obtidas estarem com defeito
- Aceito não gratuito a equipamentos de alto custo realmente necessários
- Falta de espaço para construção da estrutura
- Falha na integração

A.0.9.6 Orçamento do Projeto

Tabela 8 – Orçamento

Ambiente do Usuário	R\$ 00,00
Sistema de Controle de Energia e Segurança	R\$ 1370,00
Estrutura	R\$ -
Sistema Eletrônico	R\$ 520,00
R\$ 1.890,00	

APÊNDICE B – Plano de Gerenciamento de Riscos

B.0.1 Introdução

O propósito deste documento é identificar e mapear os riscos em busca de controlá-los e assim, minimizar fortemente os percentuais de falhas e possíveis fracassos em relação a gestão e desenvolvimento.

B.0.2 Metodologia

A metodologia para o gerenciamento dos riscos será baseada no modelo espiral definido por Boehm em 2004, onde a cada ciclo da espiral, é feito uma análise de riscos para validação. Neste projeto, será feito uma adaptação do modelo, as análises serão realizadas ao final de cada sprint.

As ferramentas que serão utilizadas para a gerência dos riscos seguem uma ordem de apoio bem sincronizada, a primeira é o What if, que “é uma técnica qualitativa de cunho geral, de simples aplicação e muito útil como primeira abordagem na identificação e detecção de riscos, em qualquer fase do projeto ou processo.” (LLC, 2014), esta técnica será usada ao início de cada sprint e quando a equipe ver a necessidade e seus resultados serão guardados no registro de riscos. Método de utilização: Construir a seguinte tabela em grupo pensando nas atividades mais influenciadoras para sequência do projeto:

Tabela 9 – WhatIf

Atividade	O que aconteceria se ?	Causas	Consequências	Observações

A segunda é o Checklist, onde “trata-se de uma ferramenta de contribuição, uma vez que precisa que os riscos já tenham sido identificados anteriormente em outros processos. Serve para verificar a aplicação das medidas recomendadas em processos de análise de risco anteriores.” (SYSTEM, 2016), ou seja, é uma ótima técnica para complementar o levantamento e monitoramento de aplicações de medidas contra os riscos. Método de uso do checklist:

Após identificado os riscos, usando o What If e o registro dos riscos, deve-se elaborar uma lista com checklists verificando se as respostas ao riscos encontrados surtiram efeito. Então as ações de sucesso ficam guardadas. Exemplo:

Tabela 10 – Checklist

Risco	Solução	Resposta	Observações

B.0.3 Processo de Gerência de Riscos

É definido, ainda no PMBOK, como será realizada a gerência, ou seja, a sequência de atividades que possibilitará o monitoramento dos riscos. Abaixo se encontra um diagrama que demonstra o processo que envolve este plano e logo em seguida é explicado cada etapa e sua associação com as ferramentas e fontes de dados escolhidos. O planejamento da gerência não é listado, pois já está fazendo parte da elaboração deste documento.

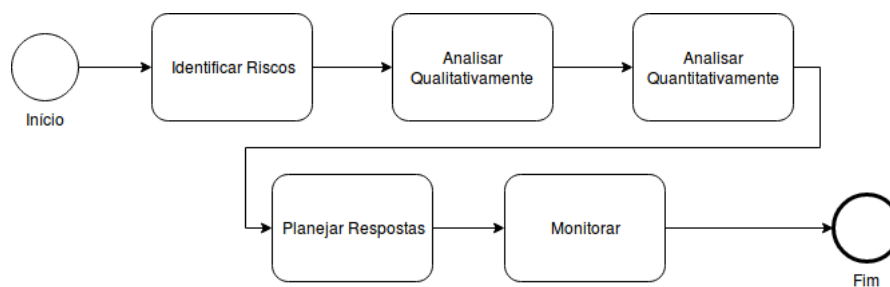


Figura 34 – Processo de Gerência de Riscos

- **Planejar o Gerenciamento dos Riscos**

- **Objetivo** Nesta fase é definido como as atividades de gerenciamento dos riscos serão dirigidas ao longo do projeto (PMBOK, 2009).
- **Ferramentas e técnicas** Reuniões e opinião especializada.

- **Identificar Riscos**

- **Objetivo** Processo de determinação dos riscos que podem afetar o projeto e de documentação das suas características (PMBOK, 2009).
- **Ferramentas e técnicas** What If e análise de premissas.

- **Analisar Qualitativamente**

- **Objetivo** O processo de priorização de riscos para análise ou ação posterior através da avaliação e combinação de sua probabilidade de ocorrência e impacto (PMBOK, 2009).
- **Ferramentas e técnicas** Checklist, Avaliação de probabilidade e impacto dos riscos, matriz de probabilidade e impacto.

- **Analisar Quantitativamente**

- **Objetivo** O processo de analisar numericamente o efeito dos riscos identificados nos objetivos gerais do projeto.
- **Ferramentas e técnicas** Apresentação de dados e opinião especializada.

- **Planejar Respostas**

- **Objetivo** O processo de desenvolvimento de opções e ações para reduzir as ameaças aos objetivos do projeto.
- **Ferramentas e técnicas** Estratégias para riscos negativos ou ameaças e estratégias de respostas de contingência.

- **Monitorar**

- **Objetivo** O processo de implementar planos de respostas aos riscos, acompanhar os riscos identificados, monitorar riscos residuais, identificar novos riscos e avaliar a eficácia do processo de gerenciamento dos riscos durante todo o projeto.
- **Ferramentas e técnicas** Reavaliação de riscos, revisão técnica em pares e reuniões.

B.0.4 Papéis e Responsabilidades

Os papéis e responsabilidades do projeto foram determinadas de forma que todos os líderes participem em conjunto nas áreas de identificação, no planejamento de respostas e no monitoramento colocando em prática as ferramentas escolhidas.

B.0.5 Prazos associados

Como foi definido no tópico de metodologia, ao iniciar cada sprint será realizada a análise e o planejamento das respostas. O monitoramento será feito ao longo de todo o processo. Mais precisamente, ao início de cada sprint, começará a gerência daquele ciclo de trabalho, acontecerão as análises, planejamentos e reavaliação para mudanças, pedido formal (volátil) e atualização de documentos (volátil).

B.0.6 Categoria de Riscos

No contexto deste projeto, para ter uma visão compacta e de fácil gerenciamento, os riscos foram divididos apenas em internos e externos. Dividir os riscos em categorias facilita a ter uma visão mais ampla dos pontos “fracos” do projeto e que devem possuir uma maior atenção dos gestores.

B.0.6.1 Interno

Fatores internos são atribuições que podem afetar o projeto de dentro do contexto da equipe. São inerentes ao projeto, controlado pelo líder, que utiliza ações e atividades diretas para mitigá-los.[6]

B.0.6.2 Externo

Fatores externos são atribuições que podem afetar o projeto de fora do contexto da equipe. Podem ser influenciados pelo líder, mas não é possível controlá-los [6]. Sendo assim, são colocadas formas de prevenção contra esses tipos de riscos.

B.0.7 Análise dos Riscos

Em um Projeto de Engenharia, os riscos podem causar grande impacto caso não sejam bem mapeados e, visto isso, qualquer tipo de risco deve ser identificado e analisado cautelosamente. Devido essa necessidade, foi definido quatro atributos para analisar os riscos (Probabilidade, Impacto, Peso e Prioridade).

Relacionado às possibilidades e chances de acontecimento de determinado risco, foram classificados 5 níveis: Raro, Improvável, Moderado, Provável e Quase Certo.

Em relação à impacto e quantificando o efeito potencial sobre o risco no projeto, comumente relacionados a escopo, custo, qualidade e tempo foram definidos outros 5 níveis distintos: Insignificante, Baixo, Moderado, Alto e Catastrófico.

Logo após todas as definições, é realizada as de prioridades, onde foram classificados três níveis distintos: Prevenir, Controlar e Mitigar.

B.0.8 Definições de Probabilidades e Impactos de Riscos

Foram definidos faixas de valores e definições. Logo abaixo, foram construídas tabelas para fornecer base ao registro dos riscos.

A equipe deve se reunir para, com base nas experiências, no material de referência e nas ferramentas propostas, definir qual a probabilidade de determinado risco acontecer e seu impacto no projeto. As escalas de probabilidade são definidas em Raro, Improvável, Moderado, Provável e Quase Certo, e as escalas de impacto são definidas em Insignificante, Baixo, Moderado, Alto e Catastrófico.

A equipe definiu, usando como base no guia PmBok, que os principais objetivos do projeto são Custo, Tempo, Escopo e Qualidade. Com isso, foi construída uma tabela, com base nas escalas de impacto dos riscos, em que é inserido descrições de condições e tolerâncias dentro de cada objetivo de projeto para que assim, se tenha noção do que pode ocorrer caso o risco não seja controlado.

Tabela 11 – Pesos para faixas de Probabilidades

Probabilidade (P)	Peso
Raro(<10%)	0.2
Improvável (10% - 25%)	0.4
Moderado (25% - 50%)	0.6
Provável (50% - 75%)	0.8
Quase Certo (>75%)	1.0

Tabela 12 – Pesos para faixas de Impacto

Impacto (I)	Descrição	Peso
Insignificante	Quase que imperceptível	0.05
Baixo	Pouca influência no desenvolvimento do projeto	0.10
Moderado	Notável ao projeto, mas sem grandes consequências	0.20
Alto	Dificulta o desenvolvimento do projeto	0.40
Catastrófico	Impossibilita o prosseguimento do projeto	0.80

Tabela 13 – Condições e Tolerâncias para as Escalas de Impacto de um Risco

Impacto Objetivo /	Custo	Tempo	Escopo	Qualidade
Insignificante	Aumento insignificante	Aumento dentro do esperado	Diminuição insignificante	Degradação insignificante
Baixo	Aumento dentro do esperado	Aumento negociável	Áreas secundárias afetadas	Somente aplicações muito exigentes são afetadas
Moderado	Aumento negociável	Trabalho lento	Áreas principais afetadas	Redução requer aprovação, do orientador
Alto	Recurso com falhas ou defeitos	Produto final incompleto	Redução do escopo, inaceitável para os orientadores	Redução de qualidade inaceitável para os orientadores
Catastrófico	Recursos inúteis	Produto final é efetivamente inútil	Produto final é efetivamente inútil	Produto final é efetivamente inútil

B.0.9 Matriz de Probabilidade e Impacto

A tabela abaixo, definida como matriz, e baseada nas tabelas 8 e 9, possibilita a definição de um valor de peso para o risco.

Tabela 14 – Pesos dos Riscos (PxI)

Impacto / Objetivo	Insignificante	Baixo	Moderado	Alto	Catastrófico
Raro	0.01	0.02	0.04	0.08	0.16
Improvável	0.02	0.04	0.08	0.16	0.32
Moderado	0.03	0.06	0.12	0.24	0.48
Provável	0.04	0.08	0.16	0.32	0.64
Quase Certo	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80

Com base na matriz elaborada, é possível definir o cenário do projeto para cada peso (PxI).

Tabela 15 – Faixas de cenários

Impacto / Objetivo	Insignificante	Baixo	Moderado	Alto	Catastrófico
Raro	Equilibrado	Equilibrado	Equilibrado	Alerta	Alerta
Improvável	Equilibrado	Equilibrado	Alerta	Alerta	Crítico
Moderado	Equilibrado	Alerta	Alerta	Crítico	Crítico
Provável	Equilibrado	Alerta	Alerta	Crítico	Crítico
Quase Certo	Alerta	Alerta	Crítico	Crítico	Crítico

Resposta:

- Equilibrado -> Prevenir
- Alerta -> Controlar
- Crítico -> Mitigar

Caso se tenha que escolher entre dois riscos que tenha o mesmo cenário e a mesma resposta, a prioridade é do com o maior valor de peso, e se esse valor também for igual, os riscos analisados devem ser avaliados ao mesmo tempo.

B.0.10 Controle e Rastreabilidade

Utilizando este documento como base, é possível elaborar o Registro dos Riscos (RR) para se ter noção de todos os riscos que podem afetar o projeto de forma negativa ou positiva. Os riscos sendo mapeados no RR, é possível ter a noção da prioridade e forma de controle de cada um criando assim, a rastreabilidade de todos. Para garantir a qualidade das atividades de controle sobre os riscos, serão feitas inspeções informais ao

início de cada sprint elaborando assim, um relatório de controle com situação de combate, prioridade e pedidos de mudanças sobre os riscos monitorados.

APÊNDICE C – Registro dos Riscos

C.0.1 WhatIf

Tabela 16 – WhatIf

Atividade	O que aconteceria se ?	Causas	Consequências	Observações
Construção da estrutura	Quebrasse uma ferramenta	Descuido	Deve-se comprar outra	Quem quebrou paga
Construção do app	Não for possível integrar com a máquina	Falta de conhecimento	Requisito de bonificação incompleto	Estudo frequente
Compra de material	Viesse errado ou com defeito	Descuido de quem comprou, erro de fábrica ou descuido da empresa de transporte	Atraso no desenvolvimento e aumento nos custos	Fez a decisão de compra errada sozinho, paga sozinho. Veio com defeito, o grupo paga
Integração do projeto	Algum subsistema não estiver pronto	Irresponsabilidade dos responsáveis ou falta de conhecimento	Diminuição na nota de todo o grupo	Se estiver dependendo de um subsistema, tente ajudar os responsáveis ao,máximoSe o responsável não estiver trabalhando, avise a equipe para que,todos,avisem os professores
Desenvolvimento do projeto	Um integrante saísse	Motivos pessoais	Trabalho sem alocação	Todos devem informar certas ações com bastante antecedência
Desenvolvimento do projeto	Não tiver o material no galpão	Outro grupo tomou posse ou não tem	Aumento no custo	Procurar se há a disponibilidade do material ou da ferramenta de forma gratuita em algum lugar de Brasília

C.0.2 Tabela de Registros

Tabela 17 – Registros dos Riscos

ID	Descrição	Causa	Impacto descrito
R01	Queima de equipamento por descarga elétrica	Descuido de quem estiver ligando o equipamento	Aumento no custo e tempo do projeto
R02	Atraso na entrega de material	Fornecedor não tem ou falha no processo de entrega	Parte do projeto não pode ser feito
R03	Erro de dimensionamento dos subsistemas	Descuido do responsável pela atividade	Retrabalho
R04	Falha de integração entre o app e a máquina	Falta de conhecimento dos envolvidos	Requisito de bonificação não finalizado
R05	Falha de integração dos subsistemas da máquina	Falta de tempo ou conhecimento dos envolvidos	Não haverá um produto para apresentar
R06	Material com defeito	Defeito de fábrica ou descuido	Parte do projeto não pode ser feito
R07	Integrante se ausenta da disciplina	Causa pessoal	Maior volume de trabalho para os outros membros
R08	Não entrega de atividades no prazo	Planejamento falho	Atraso no andamento do projeto
R09	Escopo muito grande para o prazo ou orçamento	Pedido ou inexperiência dos integrantes	Estouro de custo e não entrega completa do projeto
R10	Inadimplência de algum integrante	Falta de dinheiro	Maior gastos a outros membros
R11	Escolha inadequada de componentes /equipamentos	Descuido do responsável pela atividade	Atraso e aumento no custo
R12	Mal dimensionamento do consumo elétrico	Descuido do responsável pela atividade	Retrabalho
R13	Extravio ou danificação de materiais no galpão	Descuido do responsável pela atividade	Aumento no custo e tempo do projeto
R14	Indisponibilidade de equipamentos no galpão	Outro grupo já tomou posse ou esta estragado	Aumento no custo
R15	Falta de internet no dia da apresentação	Falha da internet do campus	Ter celulares preparados para rotear

C.0.3 Análise e Respostas aos Riscos

Tabela 18 – Análise dos Riscos

ID	Probabilidade	Impacto em nível	P x I	Prioridade	Ação
R01	Queima de equipamento por descarga elétrica	Baixo	0.06	Alerta	Controlar - Manter a atenção ao ligar todos os equipamentos
R02	Atraso na entrega de material	Alto	0.32	Crítico	Mitigar - Procurar todos os componentes dentro de Brasília e os que não houverem, pedir bem antes e deixar mais um fornecedor a pronta entrega
R03	Erro de dimensionamento dos subsistemas	Alto	0.32	Crítico	Mitigar - Procura de professores e apresentação prévia dos dimensionamentos realizados a todo o time de estrutura
R04	Falha de integração entre o app e a máquina	Alto	0.24	Crítico	Mitigar - Plano de estudo prévio e boa relação entre os integrantes de software e eletrônica
R05	Falha de integração dos subsistemas da máquina	Catastrófico	0.80	Crítico	Mitigar - Manter trabalho de subsistemas atualizados entre si e iniciar a integração logo que puder
R06	Material com defeito	Baixo	0.06	Alerta	Controlar - Evitar comprar material de fora de Brasília para ter a possibilidade de teste na hora da compra e deixar mais um fornecedor a pronta entrega

C.0.4 Checklist

Tabela 19 – Checklist

Risco	Situação	Resposta	Resultado
R03	Identificando	Mitigar - Procura de professores e apresentação prévia dos dimensionamentos realizados a todo o time de estrutura	Em andamento
R04	Identificando	Mitigar - Plano de estudo prévio e boa relação entre os integrantes de software e eletrônica	Em andamento
R05	Identificando	Mitigar - Manter trabalho de subsistemas atualizados entre si com reuniões presenciais semanais e iniciar a integração logo que puder	Prevenindo
R06	Identificando	Controlar - Evitar comprar material de fora de Brasília para ter a possibilidade de teste na hora da compra e deixar mais um fornecedor a pronta entrega	Controlando
R14	Identificando	Mitigar - Procurar locais que possam ter o equipamento para aluguel ou uso gratuito	Em andamento
R15	Identificando	Controlar - Membros rotearem no celular	Controlando

Anexos

ANEXO A – Primeiro Anexo

Texto do primeiro anexo.

ANEXO B – Segundo Anexo

Texto do segundo anexo.