

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 Sébastien R. M. J. Rodineau

Brasília, DF
2018

Lista de ilustrações

Figura 1 – Matriz SWOT.	29
Figura 2 – Processo de Gerenciamento de Mudança.	31
Figura 3 – Processo de Gerenciamento de Mudança.	31
Figura 4 – Organograma dos papéis do projeto.	33
Figura 5 – Cronograma Geral do Projeto	37
Figura 6 – Diagram do fluxo de interação entre máquina e usuário.	42
Figura 7 – Modelo arquitetural MVVM.	44
Figura 8 – Diagrama de funcionamento de um WebSocket.	44
Figura 9 – Módulo de seleção e pesagem de garrafas	48
Figura 10 – Estrutura do Módulo de seleção e pesagem de garrafas	48
Figura 11 – Sistema de Pesagem	49
Figura 12 – Sistema de Pesagem	49
Figura 13 – Mancais, fuso, acoplamento e pillow block com flange	50
Figura 14 – Acoplamento flexivel	50
Figura 15 – Pillow block com rolamento linear	50
Figura 16 – Suporte para guia linear	50
Figura 17 – Suporte para motor NEMA 17	50
Figura 18 – Sistema de seleção montado	51
Figura 19 – Estrutura do módulo de seleção e pesagem de garrafas montado	51
Figura 20 – Modulo de selecao e pesagem de garrafas montado na estrutura de integracao	52
Figura 21 – Módulo de seleção e pesagem de garrafas acabado	52
Figura 22 – Protótipo do triturador e funil (1)	52
Figura 23 – Protótipo do triturador e funil (2)	53
Figura 24 – Triturador apes todas as etapas	55
Figura 25 – Usinagem do eixo	55
Figura 26 – Redutor WEG-CESTARI MAGMA-K	55
Figura 27 – Acoplamento flexível elástico	56
Figura 28 – Eixos com acoplamentos flexíveis, chavetas e moscas (1)	56
Figura 29 – Eixos com acoplamentos flexíveis, chavetas e moscas (2)	57
Figura 30 – Estrutura do módulo de Trituração	57
Figura 31 – Projeto completo do módulo de Trituração	57
Figura 32 – Projeto completo do módulo de Trituração	58
Figura 33 – Seção próxima ao bocal e Garrafa PET	58
Figura 34 – Seção próxima ao bocal e Garrafa PET	58
Figura 35 – Compartimento de armazenamento de plástico triturado	60

Figura 36 – Compartimento de armazenamento de garrafas de vidro	60
Figura 37 – Garrafa Long Neck	62
Figura 38 – Garrafa Long Neck	62
Figura 39 – CAD aproximado da garrafa	63
Figura 40 – CAD garra, dimensões em mm	63
Figura 41 – Protótipo da estação coletora	64
Figura 42 – Simulação da Estrutura Tubular do Módulo de Integração	65
Figura 43 – Estrutura Tubular do Módulo de Integração finalizada	65
Figura 44 – Encaixe do modulo de seleção	66
Figura 45 – Módulo de integração com modulo de seleção integrados	67
Figura 46 – Máquina de estados de direcionamento das garrafas.	68
Figura 47 – Arquitetura do direcionamento de garrafas.	71
Figura 48 – Raspberry PI 3 modelo B.	72
Figura 49 – Display LCD 16x2 utilizado no projeto.	72
Figura 50 – Motor de passo NEMA 17 com 3 Kgfcm de torque, utilizado no projeto.	73
Figura 51 – Diagrama de blocos da ponte H dupla (L298N) utilizada no projeto.	73
Figura 52 – Ponte H dupla L298N, utilizada no projeto.	74
Figura 53 – Funcionamento do sensor capacitivo.	74
Figura 54 – Partes internas do sensor capacitivo.	75
Figura 55 – Sensor capacitivo Ljc18a3-b-zby Npn.	75
Figura 56 – Célula de carga utilizada no projeto.	76
Figura 57 – Informações da célula de carga.	76
Figura 58 – Extensômetro.	77
Figura 59 – Circuito da Ponte de Wheatstone.	77
Figura 60 – Diagrama de blocos da aplicação do HX711 com célula de carga.	78
Figura 61 – Módulo HX711.	78
Figura 62 – Princípio de funcionamento do sensor infravermelho reflexivo.	79
Figura 63 – Sensor de obstáculo infravermelho por reflexão utilizado no projeto.	79
Figura 64 – Arquitetura do controle e acionamento do motor.	80
Figura 65 – Máquina de estados do controle de acionamento e frenagem do triturador.	81
Figura 66 – Sensor de obstáculo infravermelho por reflexão utilizado para detecção de garrafas no funil.	81
Figura 67 – Módulo relé de 2 canais (250 V AC 10 A) utilizado para acionamento do triturador e freio do moto.	81
Figura 68 – Princípio de funcionamento do sensor infravermelho reflexivo.	82
Figura 69 – Diagrama de integração entre a Engenharia Eletrônica e as demais áreas.	82
Figura 70 – Detalhes de um motor monofásico.	86
Figura 71 – Motor de Indução Monofásico da WEG.	87
Figura 72 – Fórmula 1	87

Figura 73 – Fórmula 2	88
Figura 74 – Disjuntor C10-1 Alumbra.	88
Figura 75 – Fórmula 3	89
Figura 76 – Fórmula 4	89
Figura 77 – Polarização Direta.	90
Figura 78 – Tensão de entrada do diodo oscilando entre o positivo e o negativo.	91
Figura 79 – Tensão de saída do diodo meia onda.	91
Figura 80 – Sinal senoidal de saída pós filtro capacitivo	91
Figura 81 – Fórmula 5	91
Figura 82 – Transformador	92
Figura 83 – Fórmula 6	93
Figura 84 – Módulo conversor de tensão LM317.	94
Figura 85 – Tamanho requerido dos fios.	95
Figura 86 – Simulação do circuito de comando e de força	96
Figura 87 – Teste com Arduino	96
Figura 88 – Protótipo de comunicação entre software e hardware.	98
Figura 89 – Diagrama de Caso de Uso.	99
Figura 90 – Exemplo de implementação de uma arquitetura REST	100
Figura 91 – Exemplo de implementação de uma arquitetura RPC	101
Figura 92 – Exemplo de implementação de uma Model	101
Figura 93 – Exemplo de implementação de uma HTTP request em Python	102
Figura 94 – Telas de escolha, Login e Cadastro	103
Figura 95 – Tela de início com o QR Code do usuário	103
Figura 96 – Telas de visualização e edição de informações do usuário	104
Figura 97 – Telas de visualização das operações	104
Figura 98 – Estrutura Analítica do Projeto.	112
Figura 99 – Processo de Gerência de Riscos	118
Figura 100 – Estrutura em Camadas	139
Figura 101 – Diagrama de Classes	140
Figura 102 – Diagrama de Classes	141
Figura 103 – Arquitetura TODO	143
Figura 104 – Arquitetura em Componente	143
Figura 105 – Vuex	144
Figura 106 – Arquitetura da API	145
Figura 107 – Implantação	146
Figura 108 – Estrutura do módulo de seleção e pesagem de garrafas	148
Figura 109 – Estrutura do módulo de seleção e pesagem de garrafas (2)	149
Figura 110 – Montagem do triturador, com todas as suas partes	150
Figura 111 – Facas móveis e espaçadores	151

Figura 112 – Eixo sextavado usinado e arruelas	152
Figura 113 – Facas fixas e montagem interna do triturador	153
Figura 114 – Caixas laterais de entrada e de saída	154
Figura 115 – Placa maior das caixas laterais	155
Figura 116 – Placas menores da caixa lateral de entrada	156
Figura 117 – Placas menores da caixa lateral de saída	157
Figura 118 – Dimensões do Mancal UCFL 204 para o triturador	157
Figura 119 – Montagem da caixa de entrada com a árvore montada	158
Figura 120 – Placa de apoio do Mancal	159
Figura 121 – Placa de apoio do Mancal	160
Figura 122 – Placa de apoio do Mancal	161
Figura 123 – Tabela com características do redutor WEG-CESTARI MAGMA-K, redução nominal de 40, tamanho 4	162
Figura 124 – Tabela de Acoplamentos Flexíveis Elásticos	163
Figura 125 – Tabela de tubos retangulares	164
Figura 126 – Estrutura do módulo de integração	165
Figura 127 – Estrutura do módulo de integração	166
Figura 128 – Estrutura do módulo de integração com a estrutura do módulo de se- leção de garrafas PET	167

Lista de tabelas

Tabela 1 – Orçamento do custo de estrutura	35
Tabela 2 – Orçamento do custo de eletrônica	36
Tabela 3 – Orçamento do custo de energia	36
Tabela 4 – Tabela de observações importantes	45
Tabela 5 – Materiais módulo de trituração	54
Tabela 6 – Marcos	114
Tabela 7 – Cenário acadêmico	115
Tabela 8 – Cenário de mercado	115
Tabela 9 – Orçamento	116
Tabela 10 – WhatIf	117
Tabela 11 – Checklist	118
Tabela 12 – Pesos para faixas de Probabilidades	121
Tabela 13 – Pesos para faixas de Impacto	121
Tabela 14 – Condições e Tolerâncias para as Escalas de Impacto de um Risco	121
Tabela 15 – Pesos dos Riscos (PxI)	122
Tabela 16 – Faixas de cenários	122
Tabela 17 – WhatIf	124
Tabela 18 – Registros dos Riscos	125
Tabela 19 – Análise dos Riscos	127
Tabela 20 – Checklist	128
Tabela 21 – Descrição do Problema	130
Tabela 22 – Sentença de Posição do Produto	131
Tabela 23 – Resumo dos Envolvidos	131
Tabela 24 – Resumo dos Usuários	132
Tabela 25 – Equipe de Gestão	132
Tabela 26 – Equipe de Desenvolvimento	133
Tabela 27 – Cliente	133
Tabela 28 – Orientadores	133
Tabela 29 – Clientes	133
Tabela 30 – Principais Necessidades	134
Tabela 31 – Resumo dos Recursos	135
Tabela 32 – Requisitos Funcionais	135
Tabela 33 – Relação da arquitetura com casos de uso	140

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	21
1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Problematização	23
1.2	Objetivo Geral	23
1.2.1	Problema	23
1.2.2	Solução	23
1.3	Objetivos Específicos	24
1.3.1	Problema na Visão das Engenharias	24
1.3.2	Soluções na Visão das Engenharias	24
2	DEFINIÇÕES	25
2.1	Lista É/Não É	25
3	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES	27
3.1	Requisitos	27
3.1.1	Requisitos Funcionais	27
3.1.2	Requisitos Não Funcionais	27
3.2	Estudo da Viabilidade do Projeto	28
3.2.1	Infra-estrutura	28
3.2.2	Viabilidade técnica	28
3.2.3	Gestão e Pessoal	28
3.2.4	Planejamento estratégico	28
3.2.4.1	Forças(S)	28
3.2.4.2	Fraquezas(W)	29
3.2.4.3	Oportunidades(O)	29
3.2.4.4	Ameaças(T)	30
3.3	Escopo	30
3.3.1	Definição do Escopo	30
3.3.2	Processo de Formalização de Aprovação	30
3.3.3	Processo de Gerenciamento de Mudança	31
3.4	Análise Crítica de Projeto e Desenvolvimento	32
3.5	Recursos Humanos	32
3.5.1	Papéis e responsabilidades	32
3.5.2	Organograma	33

II	PLANEJAMENTO	34
4	ORÇAMENTO DO PROJETO	35
4.1	Estrutura	35
4.2	Eletrônica	35
4.3	Energia	35
4.4	Software	35
5	CRONOGRAMA	37
6	SUBSISTEMAS	38
6.1	Estrutura	38
6.1.1	Apresentação e Resumo	38
6.1.2	Principais Características	38
6.1.2.1	Extrutura externa	38
6.1.2.2	Triturador	38
6.1.2.3	Mecanismo de pesagem e seleção de garrafas	38
6.1.2.4	Compartimentos de armazenamento	39
6.1.3	Testes	39
6.2	Sistema de Controle de Energia e Segurança	39
6.2.1	Apresentação e Resumo	39
6.2.2	Principais Características	39
6.2.3	Testes	40
6.3	Sistema Eletrônico	40
6.3.1	Apresentação e Resumo	40
6.3.2	Principais Características	40
6.3.3	Testes	41
6.4	Interação com o usuário	42
6.4.1	Apresentação e Resumo	42
6.4.2	Principais Características	42
6.4.2.1	Pré-uso	42
6.4.2.2	Entrada de Usuário	43
6.4.2.3	Entrada da Garrafa	43
6.4.2.4	Arquitetura	43
6.4.3	Prototipação e Testes	44
6.4.4	Observações importantes	45
III	DESENVOLVIMENTO	46
7	ESTRUTURA	47

7.1	Resumo	47
7.1.1	Principais Características	47
7.1.1.1	Módulo de seleção e pesagem de garrafas	47
7.1.1.2	Módulo de Trituração de embalagens PET	52
7.1.1.2.1	Cálculo do torque necessário no triturador	58
7.1.1.2.2	Compartimentos de armazenamento	60
7.1.1.2.3	Dimensionamento do Compartimento de Garrafas PET	61
7.1.1.2.4	Dimensionamento do Compartimento de Garrafas de Vidro	61
7.1.1.2.5	Módulo de Integração	64
7.1.1.3	Integração entre módulos	66
7.1.1.4	Integração entre módulos	67
8	ELETRÔNICA	68
8.1	Resumo	68
8.2	Direcionamento das Garrafas	68
8.2.1	Microprocessador	71
8.2.2	Display LCD	72
8.2.3	Motor de passo e driver	72
8.2.4	Sensor capacitivo	74
8.2.5	Célula de Carga	75
8.2.6	Sensor infravermelho	78
8.3	Acionamento do triturador	79
8.4	Integração	82
8.4.1	Engenharia de Energia	82
8.4.2	Engenharia de Software	83
8.4.3	Estrutura	83
8.5	Testes	83
9	ENERGIA	86
9.1	Solução	86
9.1.1	Motor Monofásico	86
9.1.1.1	Disjuntor	88
9.1.2	Sistema de Frenagem por corrente contínua	89
9.1.2.1	Ponte Retificadora	90
9.1.3	Fonte simétrica	92
9.1.3.1	Transformador	92
9.1.3.2	Capacitores	92
9.1.3.3	Step Down	94
9.1.4	Fios	94
9.1.5	Testes e Simulações	95

10	SOFTWARE	98
10.1	Resumo	98
10.2	Prototipação	98
10.3	Arquitetura	99
10.4	API	99
10.5	Banco de dados	100
10.6	Integração	102
10.7	Funcionalidades	102
10.7.1	Login	102
10.7.2	Gerar QR Code	102
10.7.3	Visualizar e editar perfil	102
10.7.4	Visualização do histórico de operações	104
10.8	Testes	105
10.8.1	App	105
10.8.2	API	105
	REFERÊNCIAS	106

APÊNDICES **109**

	APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	110
A.0.1	Objetivos deste documento	110
A.0.2	Descrição do Projeto	110
A.0.3	Justificativa do Projeto	110
A.0.4	Objetivos do Projeto	111
A.0.5	Critérios de sucesso do projeto	111
A.0.6	Estrutura Analítica do Projeto	111
A.0.7	Requisitos	113
A.0.7.1	Requisitos de Alto Nível	113
A.0.7.2	Principais requisitos das principais entregas/produtos	114
A.0.8	Marcos	114
A.0.9	Partes interessadas do projeto	114
A.0.9.1	Partes interessadas em cenário acadêmico	115
A.0.9.2	Partes interessadas em cenário de mercado	115
A.0.9.3	Restrições	115
A.0.9.4	Premissas	115
A.0.9.5	Riscos	116
A.0.9.6	Orçamento do Projeto	116

APÊNDICE B – PLANO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS	117
B.0.1 Introdução	117
B.0.2 Metodologia	117
B.0.3 Processo de Gerência de Riscos	118
B.0.4 Papéis e Responsabilidades	119
B.0.5 Prazos associados	119
B.0.6 Categoria de Riscos	119
B.0.6.1 Interno	120
B.0.6.2 Externo	120
B.0.7 Análise dos Riscos	120
B.0.8 Definições de Probabilidades e Impactos de Riscos	120
B.0.9 Matriz de Probabilidade e Impacto	122
B.0.10 Controle e Rastreabilidade	122
APÊNDICE C – REGISTRO DOS RISCOS	124
C.0.1 WhatIf	124
C.0.2 Tabela de Registros	125
C.0.3 Análise e Respostas aos Riscos	126
C.0.4 Checklist	128
APÊNDICE D – DOCUMENTO DE VISÃO	129
D.0.1 Introdução	129
D.0.1.1 Finalidade	129
D.0.1.2 Escopo	129
D.0.1.3 Definições, Acrônimos e Abreviações	130
D.0.1.4 Visão Geral do documento	130
D.0.2 Posicionamento	130
D.0.2.1 Oportunidade de Negócio	130
D.0.2.2 Descrição do Problema	130
D.0.2.3 Sentença de Posição do Produto	131
D.0.3 Descrições dos Envolvidos e dos Usuários	131
D.0.3.1 Resumo dos Envolvidos	131
D.0.3.2 Resumo dos Usuários	132
D.0.3.3 Principais Necessidades dos Usuários e dos Envolvidos	132
D.0.3.4 Perfis dos Envolvidos	132
D.0.3.4.1 Equipe de Gestão	132
D.0.3.4.2 Equipe de Desenvolvimento	134
D.0.3.4.3 Cliente	134
D.0.3.4.4 Orientadores	134
D.0.3.5 Perfis dos Usuários	134

D.0.3.5.1	Clientes	134
D.0.3.6	Principais Necessidades dos Usuários ou dos Envolvidos	134
D.0.3.7	Alternativas e Concorrências	134
D.0.3.7.1	Recicletool	134
D.0.3.7.2	Pugedon	134
D.0.3.7.3	Retorna Machine	134
D.0.4	Descrição da Solução	135
D.0.4.1	Perspectiva do Produto	135
D.0.4.2	Resumo dos Recursos	135
D.0.5	Recursos do Produto	135
D.0.6	Requisitos Funcionais	135
D.0.7	Restrições	135
D.0.8	Intervalos de Qualidade	136
D.0.8.1	Requisitos de Implementação	136
D.0.8.2	Requisitos de Sistema	136
D.0.8.3	Requisitos de Design	136
D.0.8.4	Requisitos de Portabilidade	136
D.0.8.5	Requisitos de Confiança	136
D.0.8.6	Requisitos de Privacidade	136

APÊNDICE E – DOCUMENTO DE ARQUITETURA 137

E.0.1	Introdução	137
E.0.2	Escopo	137
E.0.3	Visão Geral	137
E.0.4	Definições e Acrônimos	137
E.0.5	Representação Arquitetural	137
E.0.5.1	Visão Geral	137
E.0.5.2	Descrição e Representação Técnica	138
E.0.6	Visão de Caso de Uso	139
E.0.7	Visão Lógica	139
E.0.8	Visão de implementação	142
E.0.8.1	App	142
E.0.8.2	View	142
E.0.8.3	Model	143
E.0.8.4	ViewModel	144
E.0.9	API	145
E.0.10	Visão de implantação	145

ANEXOS

147

ANEXO A – ESTRUTURA 148

ANEXO B – ENERGIA 168

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 alarmante 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:

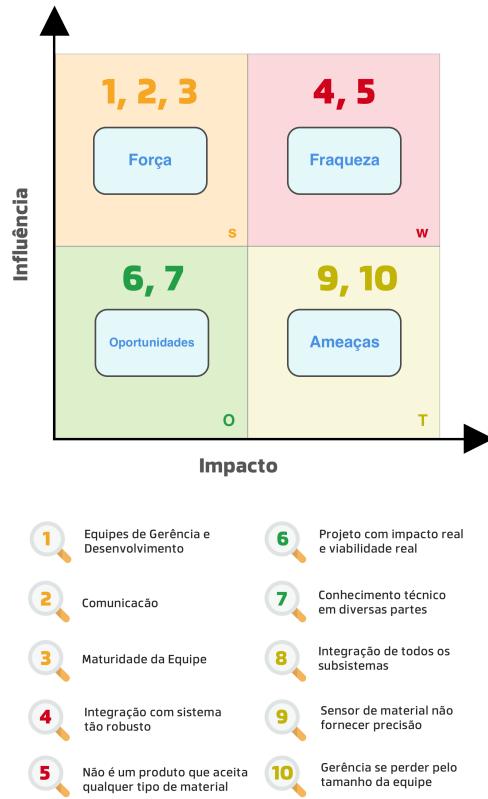


Figura 1 – Matriz SWOT.

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

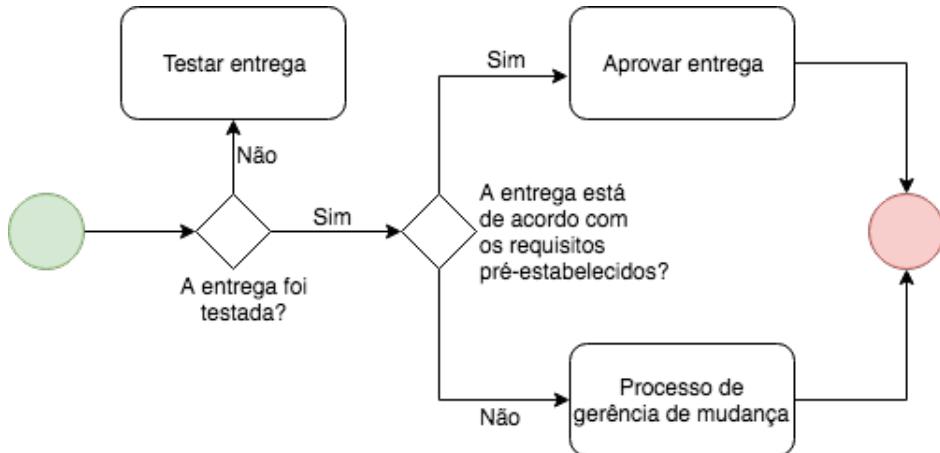


Figura 2 – Processo de Gerenciamento de Mudança.

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.

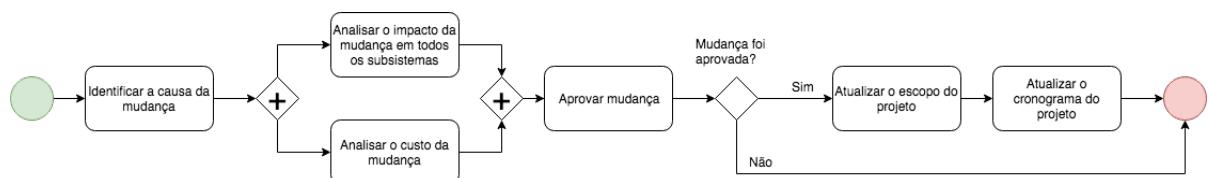


Figura 3 – Processo de Gerenciamento de Mudança.

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.

- **Analizar 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.
- **Analizar 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

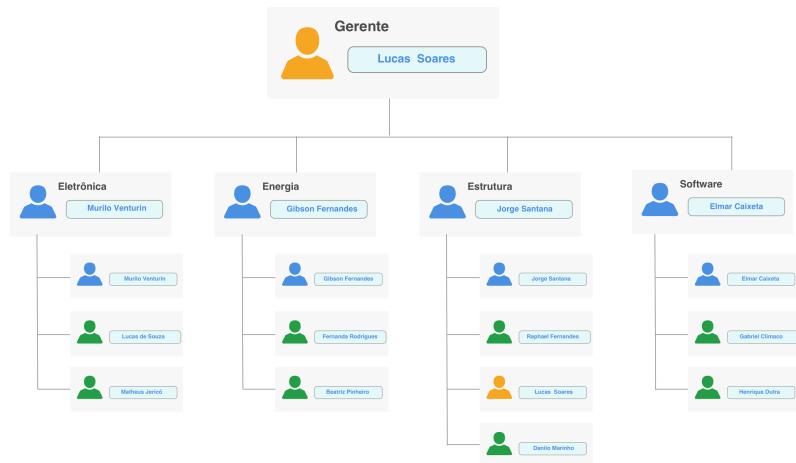


Figura 4 – Organograma dos papéis do projeto.

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



		Nome	Duração	Ínicio	Fim	Predecessores	Recursos	Custom 1	Custom 2	Custom 3	Custom 4	Custom 5
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 Aionamento 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 eletrônico	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 Selecionador de garrafas, triturador e estrut...	9dias?	03/29/2018	04/10/2018							
35		Construção e testes do selecionador 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 protótipo	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 tomado 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 do 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:

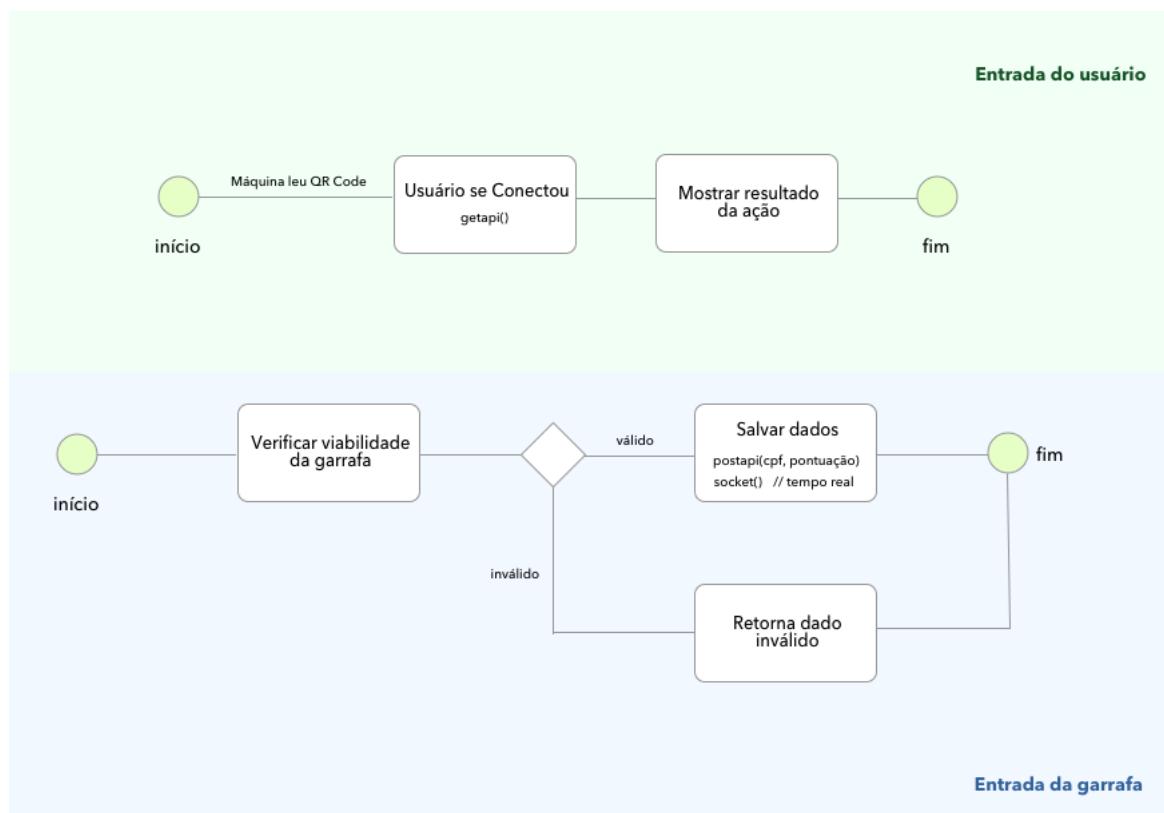


Figura 6 – Diagrama do fluxo de interação entre máquina e usuário.

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.

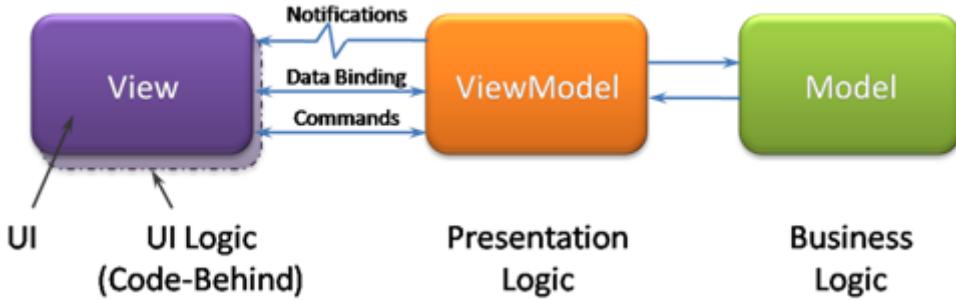


Figura 7 – Modelo arquitetural MVVM.

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.

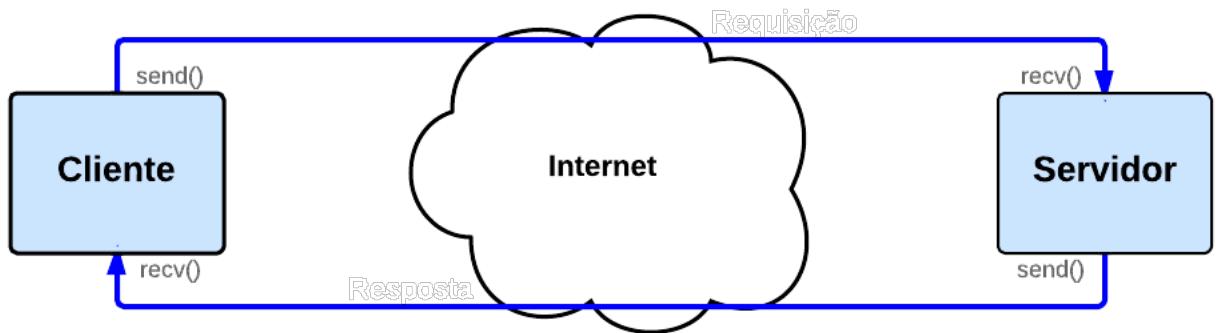


Figura 8 – Diagrama de funcionamento de um WebSocket.

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

7.1 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 e armazenamento das garrafas de vidros. Por ser um projeto complexo e que envolve várias áreas, dividiu-se a estrutura em módulos, listados a seguir:

- Módulo de seleção e pesagem de garrafas
- Módulo de trituração de embalagens PET
- Módulo de armazenamento de garrafas de vidro
- Módulo de integração
- Acabamento da estrutura

Com a divisão em módulos foi possível analisar quais partes do projeto deveriam ser desenvolvidas primeiramente, quais teriam maior dificuldade de integração e quais poderiam ser feitas de forma mais tardia.

7.1.1 Principais Características

7.1.1.1 Módulo de seleção e pesagem de garrafas

O mecanismo de pesagem e seleção de garrafas desenvolvido consiste em uma estrutura para suporte de uma célula de carga, sensor utilizado para pesagem das garrafas, e de um sistema que direciona cada tipo de garrafa a seu compartimento, seja ele o triturador ou as prateleiras de armazenamento de garrafas de vidro.

Por haver grande integração entre a estrutura e a eletrônica da máquina nesse módulo, projetou-se, em CAD, um sistema que funciona como uma gaveta, que se encaixa no topo da estrutura de integração do projeto. Colocou-se como maior prioridade para o setor de estrutura, uma vez que toda a parte eletrônica dependeria dessa estrutura para seguir com seu projeto e subsequentes testes.



Figura 9 – Módulo de seleção e pesagem de garrafas

Primeiramente foi produzido a estrutura em aço 1020 tubular de perfil quadrado (30x30x1,5mm), chapa 16 (Anexo 18), que suporta todos os componentes do módulo. A escolha desse material se deu pela necessidade de uma estrutura sólida, que sofrerá com vibrações geradas no módulo de Trituração, e principalmente pelo custo. Como foi utilizado esse material para o módulo de integração, comprar em uma maior quantidade e utilizar entre outros módulos se tornou mais atrativo do que variar a estrutura com materiais diferentes. Com o desenho em CAD, solicitou-se os orçamentos e produziu-se a estrutura, utilizando o processo de fabricação de soldagem com eletrodo revestido, conforme os desenhos técnicos em anexo (Anexos 1) e a figura a seguir:

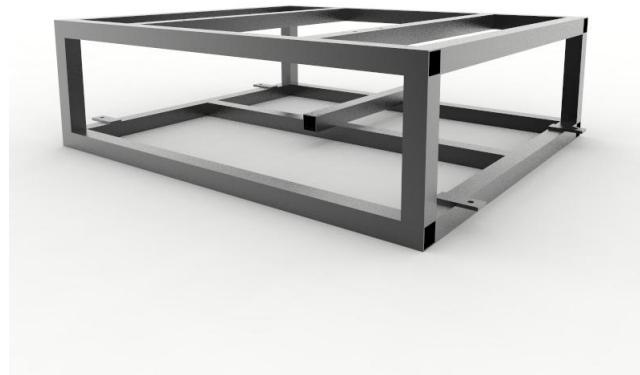


Figura 10 – Estrutura do Módulo de seleção e pesagem de garrafas

A célula de carga foi fixada em um de seus extremos, por parafusos allen M6, porcas e arruelas, na barra centralizada da estrutura. Para seu correto funcionamento, ela deve ser fixada em balanço, de forma que seu extremo sensitivo possa fletir com um aumento de carga. Nesse extremo, fixou-se uma chapa de 1,5 mm, espaçada do seletor

por porcas e arruelas, de forma a manter a chapa a uma distância suficiente para receber o peso das garrafas sem tocar em outras partes da estrutura ou no outro extremo da célula de carga. Utilizou-se, por fim, uma peça de PVC (policloreto de polivinila) na superfície da chapa, com o intuito de mantê-la lisa e levemente inclinada. Essa inclinação se fez necessária para que as garrafas inseridas pelo usuário rolem e toquem os sensores capacitivos, utilizados pela eletrônica para identificar o material das garrafas.

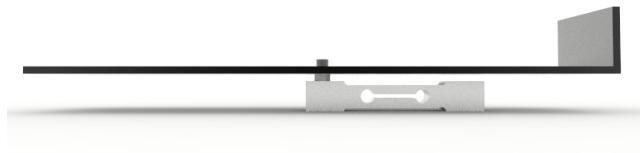


Figura 11 – Sistema de Pesagem

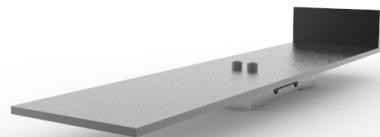


Figura 12 – Sistema de Pesagem

O mecanismo direcionador de garrafas foi projetado no modelo de mesas lineares, formado por: uma guia linear de 500mm; dois suportes para guias lineares SK12; um fuso trapezoidal TR8, passo de 8mm, com flange; 2 mancais KP08; um rolamento linear SC12uu; dois pillow blocks, sendo um montado com o rolamento linear e outro com a flange do fuso; um motor de passo NEMA 17; um acoplamento flexível para eixos de 5mm (saída do motor) e 8mm (fuso); Suporte para motor NEMA 17.



Figura 13 – Mancais, fuso, acoplamento e pillow block com flange



Figura 14 – Acoplamento flexivel



Figura 15 – Pillow block com rolamento linear



Figura 16 – Suporte para guia linear



Figura 17 – Suporte para motor NEMA 17

Reutilizou-se para a concepção da garra, que irá envolver as garrafas inseridas no sistema e movê-las para seu respectivo destino, partes de estruturas de CPU's encontradas.

das em um galpão de armazenamento de lixo do SLU (sistema de limpeza Urbana). Na garra, furou-se uma de suas laterais para encaixe dos sensores capacitivos utilizados pela eletrônica.

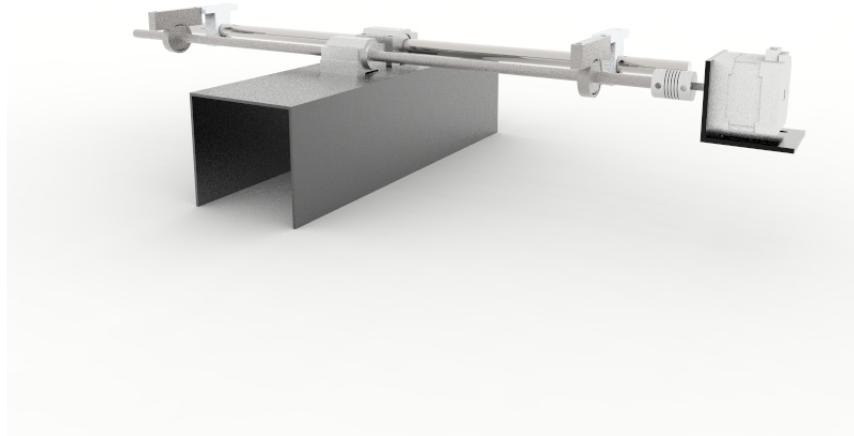


Figura 18 – Sistema de seleção montado

Foram necessários 48 horas de trabalho para concepção do módulo seleção e pesagem, desde o projeto em CAD até o resultado final, de pintura e montagem. A seguir é possível ver imagens das etapas de produção e resultado final deste módulo

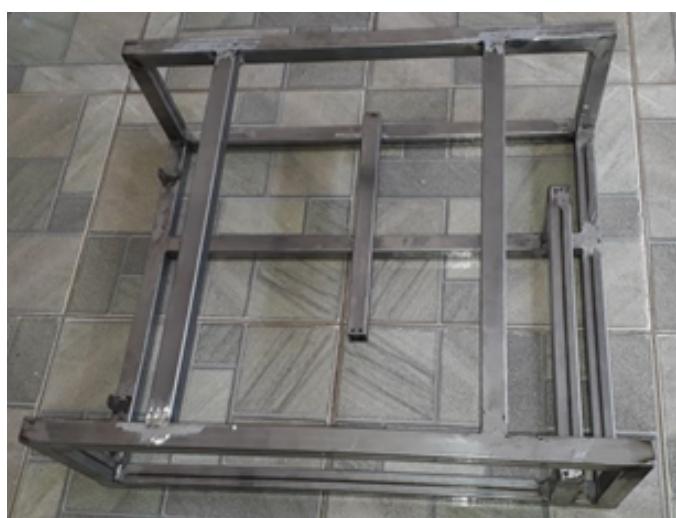


Figura 19 – Estrutura do módulo de seleção e pesagem de garrafas montado



Figura 20 – Modulo de selecao e pesagem de garrafas montado na estrutura de integracao

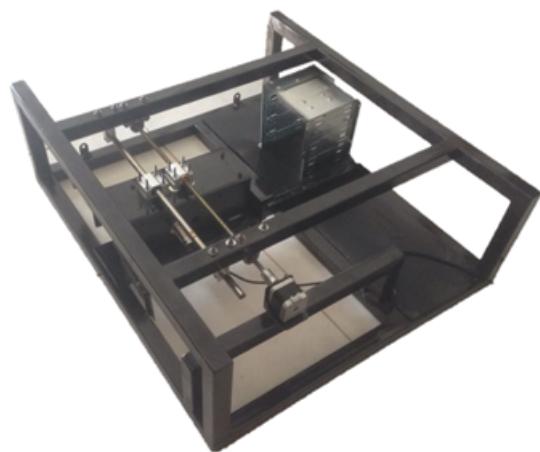


Figura 21 – Módulo de seleção e pesagem de garrafas acabado

7.1.1.2 Módulo de trituração de embalagens PET

O módulo de trituração de embalagens PET consiste em um triturador, um funil, uma redução, um motor, uma base para suporte do conjunto e uma gaveta, para armazenamento do plástico triturado. Tanto o motor como a redução foram doadas para o projeto pela Universidade de Brasília (UnB). Todas as outras partes foram produzidas pelos integrantes de estrutura.



Figura 22 – Protótipo do triturador e funil (1)

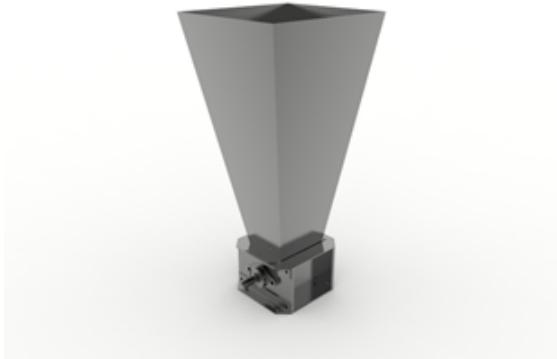


Figura 23 – Protótipo do triturador e funil (2)

O triturador de plástico a ser utilizado neste projeto foi dimensionado e utilizou-se como base trituradores disponíveis no mercado e projetos open source disponibilizados na internet. Após análise do projeto e aprovação, algumas peças foram usinadas em uma CNC de corte à plasma e retrabalhadas com o intuito de alcançar o melhor acabamento possível. Idealmente, um aço mais duro e apropriado para ferramentas de corte, como aços inoxidáveis ou AISI 1045, seriam utilizados na concepção do triturador. Todavia, para este projeto, as peças usinadas foram de aço AISI 1020, por questões de custo. O triturador ainda funcionará de maneira satisfatória para o protótipo proposto. Os desenhos técnicos das partes do triturador e sua montagem podem ser vistos nos anexos 2 a 14 , ao final deste trabalho.

Para a concepção do módulo de trituração foram utilizados os seguintes materiais:

Tabela 5 – Materiais módulo de trituração

Descrição	Quantidade	Especificação	Material	Processo envolvido
Chapa	1	3mm de espessura	Aço AISI 1020	Usinado à Plasma
Chapa	1	5mm de espessura	Aço AISI 1020	Usinado à Plasma
Chapa	1	6mm de espessura	Aço AISI 1020	Usinado à Plasma
Barra Sextavada	1	25,4mm de altura	Aço AISI 1020	Pontas usinadas em torno
Motor	1	1 HP	-	-
Acoplamento, Flexível, Elástico	2 pares		Ferro fundido, com elemento de sacrifício em plástico	Furos usinados em torno e furadeira de bancada
Barra de chaveta	1	6x6x500 mm	Aço	Usinagem em CNC
Moscas	6	M6	Aço	-
Mancais com rolamento	2	UCFL 204	Mancal em ferro fundido	-
Tubo Perfilado Quadrado	9 metros	30x30x1,5mm Chapa 16	Aço AISI 1020	Soldagem
Chapa	1	100x100x4 mm	Aço AISI 1020	-
Chapa	1	275x183x20 mm	Madeira MDF	-
Redutor	1	1:40	-	-

Sendo um dos módulos mais complexos e que demanda mais tempo para conclusão desse trabalho, optou-se por produzi-lo ao mesmo tempo em que as outras etapas fossem realizadas. Até o momento, foram empregados 328 horas de trabalho, divididos em etapas. Primeiramente, orçou-se a produção de todas as peças para o triturador, que foram usinadas à plasma. A partir daí, os integrantes ficaram responsáveis por dar o acabamento nessas peças, com o uso de esmerilhadeira e flaps de granulações distintas, e produzir as outras partes que poderiam ser feitas no galpão.

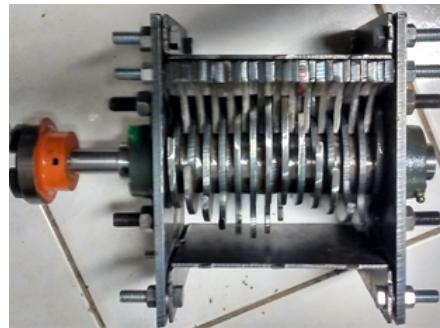


Figura 24 – Triturador apos todas as etapas

Com o uso do torno, usinou-se o eixo sextavado e arruelas, conforme as dimensões demonstradas no anexo 4 . Com o uso da furadeira de bancada, se deu o acabamento nos furos para fixação por parafusos, porcas e arruelas. Durante todos esses processos, a montagem era feita para nova calibração do triturador, até o ponto no qual as facas móveis rotacionassem sem grande esforço.



Figura 25 – Usinagem do eixo

O redutor utilizado neste módulo é do tipo coroa e rosca sem-fim da WEG-CESTARI, modelo MAGMA-K, redução nominal de 40, tamanho 4, projetado para acionamento de toda classe de máquinas e equipamentos de baixa velocidade. A redução de rotação do motor, 1700 rpm, é necessária para o correto funcionamento do triturador. Com a redução, é possível atingir maior torque na entrada do triturador, suficiente para cortar plástico. Além disso, uma rotação mais baixa garante uma menor temperatura na região de trituração.



Figura 26 – Redutor WEG-CESTARI MAGMA-K

No anexo 15, é possível ver a potência de entrada e de saída, o momento de torção

de saída, a carga radial de saída, o rendimento e a redução efetiva do modelo utilizado neste trabalho.

Para fazer a conexão e a correta transmissão de rotação entre motor, redutor e o triturador, foram utilizados 2 pares de acoplamentos em ferro fundido. Eles são acoplamentos flexíveis e torcionalmente elásticos, com elementos de sacrifício elásticos em poliuretano resistente à poeira, água, óleo e intempéries. As corretas dimensões e especificações dos acoplamentos podem ser vistas no anexo 16.



Figura 27 – Acoplamento flexível elástico



Figura 28 – Eixos com acoplamentos flexíveis, chavetas e moscas (1)

Esses acoplamentos admitem desalinhamentos radiais, axiais e angulares entre os eixos acoplados e ainda absorve choques e vibrações provenientes da máquina movida ou motora. Tendo construção simplificada, permite instalação rápida e segura, dispensando lubrificação e minimizando a manutenção. O modelo ideal seria o TAMANHO 97, capaz de suportar o momento torsor atuante para vida infinita conforme o catálogo do anexo 16, porém foi utilizado o TAMANHO 50 que atende as necessidades do protótipo. Fornecidos com construção sem furação, foram necessárias a usinagem para encaixe nos eixos, dos rasgos de chaveta e de furos para fixação por moscas. Para os eixos de saída do motor e de entrada do redutor, utilizou-se apenas de moscas para a fixação dos acoplamentos, uma vez que a rotação nesses eixos são altas e o torque baixo. Para os eixos de saída do redutor e de entrada do triturador, além dos moscas, utilizou-se das chavetas, para melhor fixação dos acoplamentos e correta transmissão do torque gerado.



Figura 29 – Eixos com acoplamentos flexíveis, chavetas e moscas (2)

Por fim, produziu-se a base para o sistema de Trituração. Feita em aço 1020 tubular de perfil retangular ($20 \times 30 \times 1,5$ mm), chapa 16 (anexo 17), essa estrutura tinha 2 objetivos principais. Primeiramente, manter o maior alinhamento e nivelamento possível entre os eixos do motor, do redutor e do triturador. Além disso, é nela que se acopla o compartimento de armazenamento das garrafas PET após a Trituração.



Figura 30 – Estrutura do módulo de Trituração

Após todo o projeto e produção deste módulo, seguiu-se para a montagem final. É importante salientar que procurou-se manter os eixos coincidentes, para diminuir os esforços do motor, redutor e triturador e garantir um melhor funcionamento.



Figura 31 – Projeto completo do módulo de Trituração

7.1.1.2.1 Cálculo do torque necessário no triturador

Para encontrar a força necessária em que o polímero se rompa mesmo nas condições mais difíceis, o cálculo parte de onde a garrafa PET apresenta a seção mais espessa, que é o gargalo próximo ao bocal da tampa, como ilustra a Figura 33 e 34. Temos o diâmetro externo e interno de 25 mm e 22 mm respectivamente, assim conseguimos calcular a área da seção.

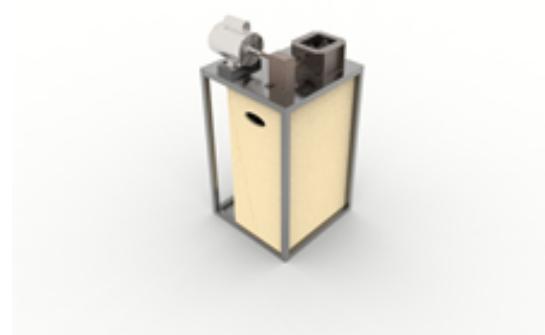


Figura 32 – Projeto completo do módulo de Trituração

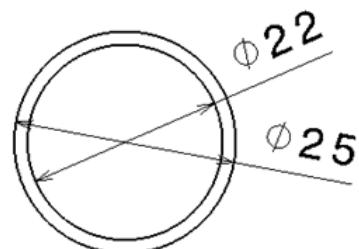


Figura 33 – Seção próxima ao bocal e Garrafa PET



Figura 34 – Seção próxima ao bocal e Garrafa PET

$$A = \frac{\Pi * (D^2 - d^2)}{4} \quad (7.1)$$

$$A = \frac{\Pi * (0,025^2 - 0,022^2)}{4} \quad (7.2)$$

$$A = 1,107 * 10^{-4} * m^2 \quad (7.3)$$

Partindo da área da seção da garrafa calculada acima e da tensão de ruptura do PET de 25 MPa, calcula-se a carga aplicada necessária para romper o material.

$$F = \tau_{rup} * A \quad (7.4)$$

$$F = 25.10^6.1,107.10^{-4} \quad (7.5)$$

$$F = 2768,53N \quad (7.6)$$

Com a força definida e o braço de alavanca de 6 cm da faca do triturador chegamos ao valor de 166,11 Nm de torque necessários para cortar a garrafa PET. A entrega do motor disponível é de 736 W e 28,33 Hz atuando junto com uma redução de 1:40 que proporciona o torque de 165,39 Nm, que apesar de não suprir totalmente a demanda chega muito próximo do necessário, o que para um protótipo é satisfatório.

$$P = 2 * \Pi * f * T_{motor} \quad (7.7)$$

$$736 = 2 * \Pi * 28,33 * T_{motor} \quad (7.8)$$

$$T_{motor} = 4,13Nm \quad (7.9)$$

$$T_{redutor} = T_{motor} * 40 \quad (7.10)$$

$$T_{redutor} = 165,39Nm \quad (7.11)$$

O eixo do triturador possui seu menor diâmetro de 20 mm, que se mostrou capaz de resistir ao momento torsor atuante, com tensões de cisalhamento bem abaixo do limite de escoamento de 380 MPa para o aço AISI 1020.

$$\tau = \frac{T * c}{J} \quad (7.12)$$

$$\tau = \frac{166,11 * 0,01}{1,57 * 10^{-8}} \quad (7.13)$$

$$\tau = 105,80MPa \quad (7.14)$$

7.1.1.2.2 Compartimentos de armazenamento

Os compartimentos de armazenamento serão dimensionados de acordo com a natureza da garrafa, bem como parâmetros de operação dos subsistemas (trituração, seleção, leitura de produto, etc) e custo para manufatura.

Para o plástico PET triturado, o compartimento será desenvolvido em madeira MDF no formato de gaveta, de acordo com as dimensões estruturais da máquina.

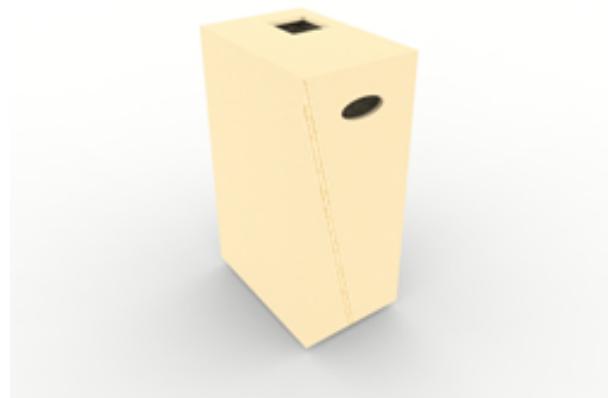


Figura 35 – Compartimento de armazenamento de plástico triturado

Também em madeira MDF, serão as canaletas do compartimento de armazenamento de garrafas de vidro, que terão o intuito de guiar as garrafas até o fundo do compartimento sem a ocorrência de ruptura do material. Para tal, as canaletas possuirão uma angulação e batentes.



Figura 36 – Compartimento de armazenamento de garrafas de vidro

Para garantir o pleno funcionamento, haverá uma porta de acesso em cada compartimento para o recolhimento dos resíduos e de limpeza dos compartimentos.

7.1.1.2.3 Dimensionamento do Compartimento de Garrafas PET

No dimensionamento do compartimento de garrafas PET, o principal parâmetro é o volume que será guardado na gaveta. Primeiramente sabe-se que a densidade do PET é de 1,38 gramas por cm cubico, e que uma garrafa PET 600ml comumente encontrada no mercado possui cerca de 25g. Para este protótipo, tomaremos 50 garrafas PET de 600 ml como capacidade máxima. Portanto:

$$m = 50 * 25 = 1.250g \quad (7.15)$$

Já o volume total será de:

$$V = \frac{m}{\rho} = 905,80 \text{ cm}^3 \quad (7.16)$$

Assim as dimensões da gaveta terão que garantir no mínimo um espaço de armazenamento de 905,80 cm cubicos. Entretanto esse valor, não considera os espaços vazios entre os granulados, sendo necessário uma medida experimental do volume de uma garrafa triturada.

7.1.1.2.4 Dimensionamento do Compartimento de Garrafas de Vidro

Para o compartimento de armazenamento de garrafas de vidro o primeiro cálculo para o dimensionamento é a inclinação máxima da superfície de rolamento da garrafa. Para este cálculo é necessário o valor da tenacidade à fratura KIC,min do vidro (0,62 MPa.m^{1/2}) e o módulo de Young (66,3 GPa), dessa forma podemos encontrar a tenacidade do material Gc, através da seguinte relação:

$$G_c = \frac{K_{ic}^2}{E} = \frac{0,62^2}{66,3} = 5,80 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} \quad (7.17)$$

A tenacidade Gc é a propriedade que quantifica a energia por unidade de área necessária para que o material falhe. Assumindo uma garrafa com as seguintes dimensões:



Figura 37 – Garrafa Long Neck



Figura 38 – Garrafa Long Neck

- Cor: Âmbar
- Material: vidro
- Gargalo: Twist Off
- Dimensão: 6,16 X 22,7 cm
- Diâmetro: 6,16 cm
- Altura: 22,7 cm
- Peso: 190g
- Volume útil: 355ml
- Volume Total: 275ml

- Qtde. Caixa: 24 unidades
- Dimensão do Pallet: 1.00 x 1.20 X 2.46m
- Peso Pallet: 700 kg

Foi efetuado um desenho aproximado no software Catia V5R19, onde é possível obter os valores mais exatos das propriedades geométricas.

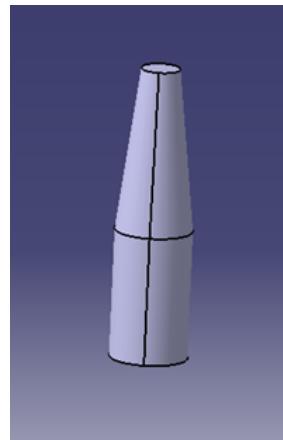


Figura 39 – CAD aproximado da garrafa

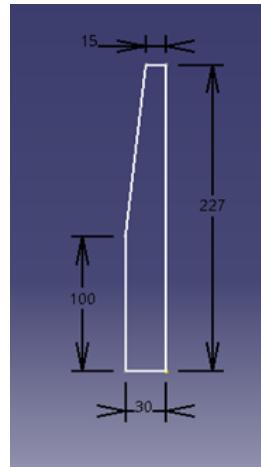


Figura 40 – CAD garra, dimensões em mm

Assumindo uma garrafa com espessura de 3mm, a área de secção transversal que estará em contato com o plano inclinado será de 537,21 mm² é possível encontrar o valor da energia de ruptura J.

$$J_{rup} = G_c * A = 3,116 \text{ Joules} \quad (7.18)$$

Da dinâmica da garrafa, seu movimento de rolamento ocorrerá através de diversos planos inclinados. Assumindo que a primeira iteração a garrafa partirá com uma velocidade inicial negligenciável, devido ao controle do motor de passo presente no mecanismo

de seleção de garrafas do protótipo, podemos assumir calcular diferença de altura através da equação de energia potencial:

$$E_{potencial} = mg\Delta z \quad (7.19)$$

Assim, podemos determinar a altura mínima na qual o vidro falhará:

$$\Delta z = \frac{J_{rup}}{mg} = \frac{3,116}{0,190 * 9,81} = 1,6717m \quad (7.20)$$

O compartimento terá uma largura interna de aproximadamente 17 cm, através de uma relação trigonométrica podemos calcular a inclinação máxima:

$$\Theta_{max,1} = \tan^{-1} \frac{\Delta z}{L} = \tan^{-1} \frac{167,17}{17} = 84,19 graus \quad (7.21)$$

Introduzindo um fator de segurança FS de 25% na altura mínima, recalculamos o valor da inclinação máxima:

$$\Theta_{max,2} = \tan^{-1} \frac{\Delta z * FS}{L} = \tan^{-1} \frac{125,38}{17} = 82,23 graus \quad (7.22)$$

Portanto a garrafa não falhará para inclinações menores que 82,23 graus.

7.1.1.2.5 Módulo de Integração

O módulo de integração foi pensado com o intuito de receber todos os componentes e módulos desenvolvidos nesse projeto. Além disso, ele será a interface física entre o usuário e a máquina. Portanto, ela também foi pensado para garantir segurança, acessibilidade e visibilidade dentro do ambiente de uso. A figura à seguir ilustra como é o projeto do módulo de integração.



Figura 41 – Protótipo da estação coletora

Suas dimensões foram definidas com base em alguns pontos que deveriam ser levados em consideração:

- Dificultar o acesso de crianças ao interior da máquina;
- Manter uma posição confortável ao usuário, que deverá ter acesso à entrada de garrafas, ao leitor de QRcode e a tela de interação;
- Volume suficiente para armazenar todos os módulos, componentes e garrafas no seu interior;

Ao final de toda a simulação em CAD, com todos os módulos e com o uso do ambiente Human Builder do software CATIA V5, definiu-se as dimensões da estrutura em 1,80 metros de altura, 80 centímetros de comprimento e 70 centímetros de largura. O protótipo simulado e o produzido da estrutura base do módulo de integração podem ser vistos nas imagens a seguir:



Figura 42 – Simulação da Estrutura Tubular do Módulo de Integração



Figura 43 – Estrutura Tubular do Módulo de Integração finalizada

A estrutura é composta por uma gaiola de aço AISI 1020 tubular de perfil quadrado (30x30x1,5mm), chapa 16, que funciona como armação principal. Esse material foi selecionado porque, além da confiabilidade, suas propriedades mecânicas atendem as necessidades do projeto, garantindo uma estrutura sólida. Os desenhos técnicos da estrutura podem ser vistos nos anexos desse trabalho.

Placas de zinco foram escolhidas para fechar toda a estrutura por ser um material de baixo custo, além de ser um material de alta manuseabilidade, tornando o processo de fixação na armação principal simples e suficiente. Serão feitos furos para a fixação de todos os componentes que precisam ter o acesso do usuário.

7.1.1.3 Integração entre módulos

Ao final dos processos de produção de cada módulo até aqui, realizou-se a integração entre as partes para a garantia do funcionamento da máquina ao final do projeto. Alguns resultados dessa integração podem ser vistos a seguir:



Figura 44 – Encaixe do modulo de seleção



Figura 45 – Módulo de integração com modulo de seleção integrados

7.1.1.4 Integração entre módulos

Alguns testes foram ou serão realizados 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.
- 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.

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.

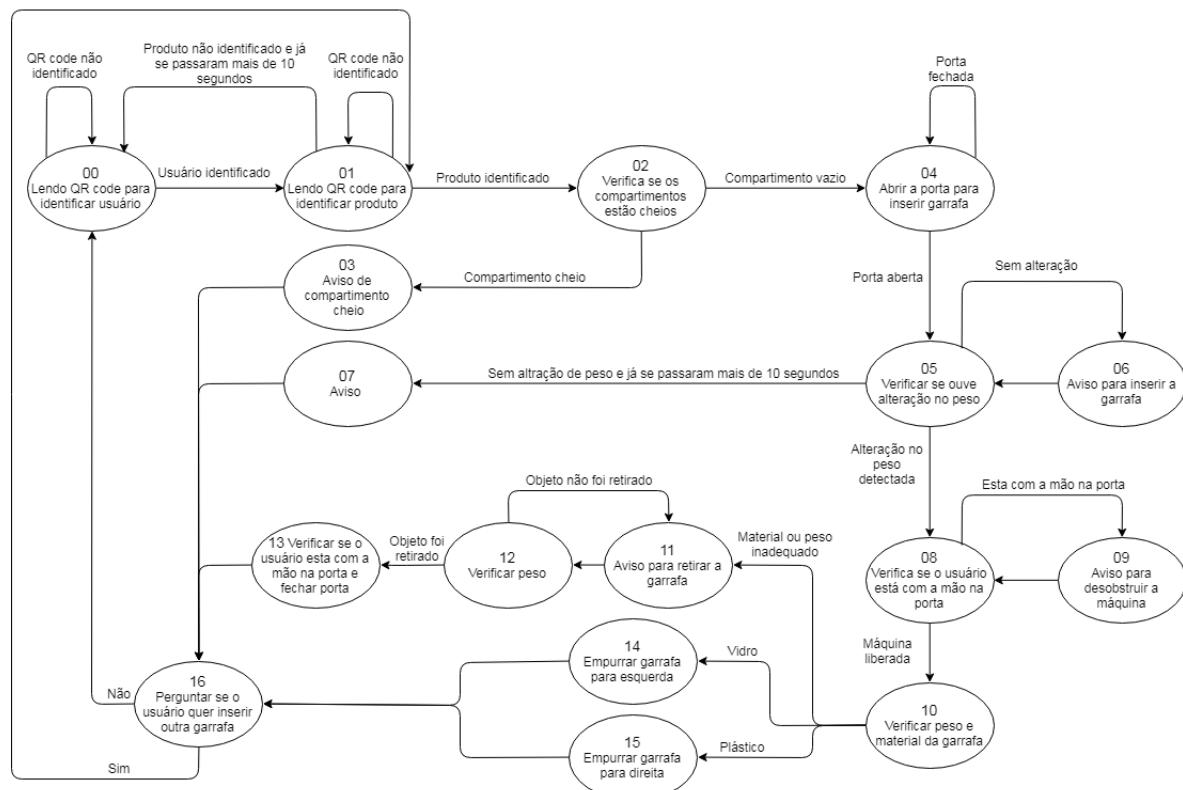


Figura 46 – Máquina de estados de direcionamento das garrafas.

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P_{FS} (W) = P_{Total} (W) * Fator de Segurança \quad (8.10)$$

$$P_{FS} (W) = 36,7 * 1,35 \cong 50 (W) \quad (8.11)$$

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.

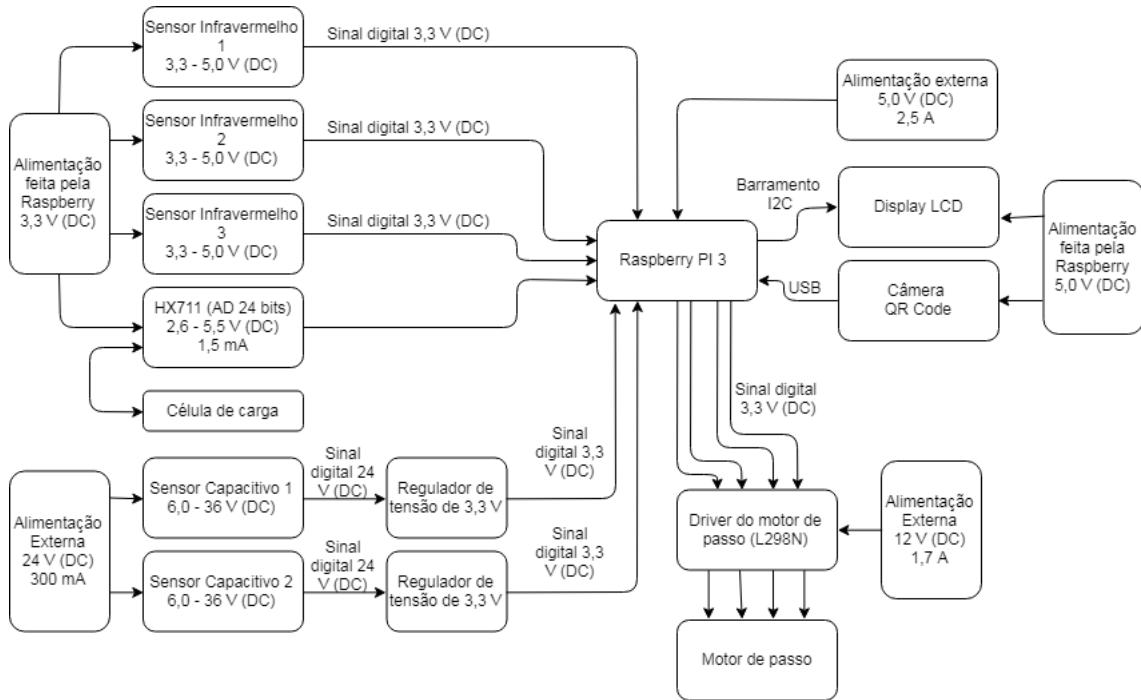


Figura 47 – Arquitetura do direcionamento de garrafas.

8.2.1 Microprocessaodor

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 48 – 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 49 – 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 imã 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 50 – Motor de passo NEMA 17 com 3 Kgfcm 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.

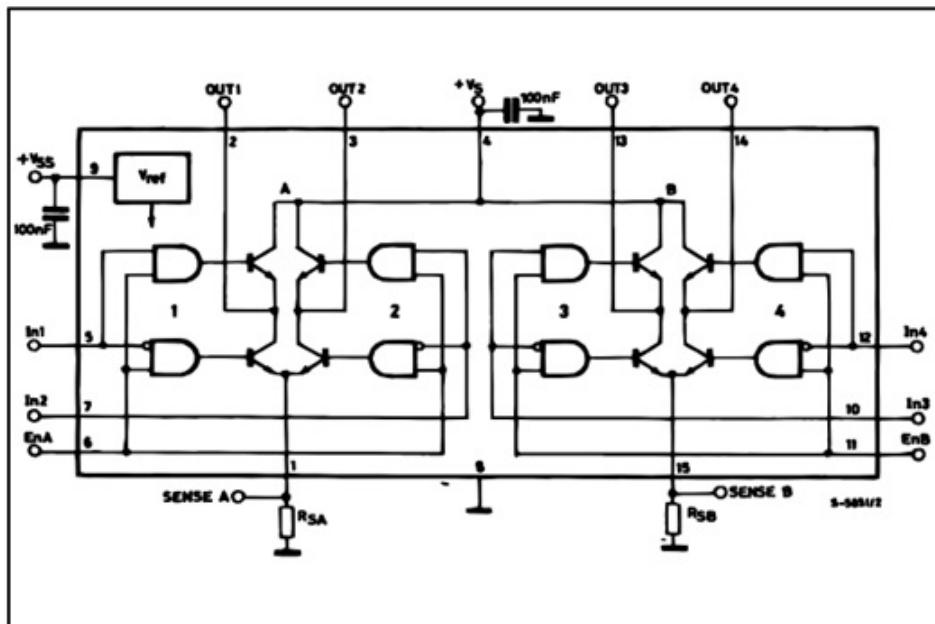


Figura 51 – Diagrama de blocos da ponte H dupla (L298N) utilizada no projeto.

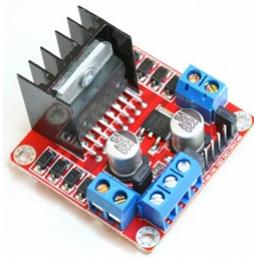


Figura 52 – Ponte H dupla L298N, utilizada no projeto.

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)

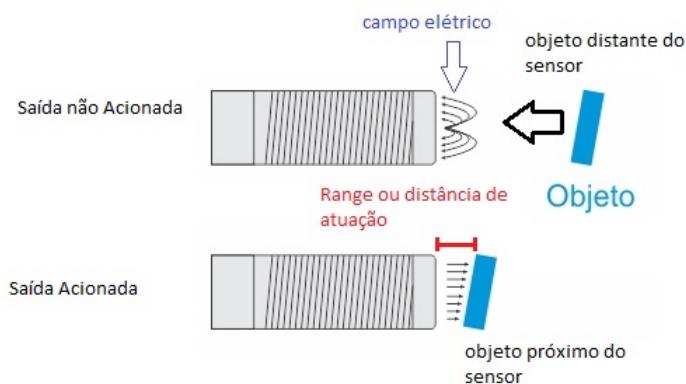


Figura 53 – Funcionamento do sensor capacitivo.

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 epsilon é o valor da constante dielétrica. Como no caso do sensor capacitivo tanto A quanto

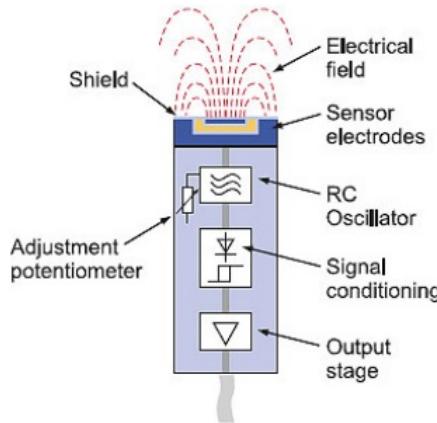


Figura 54 – Partes internas do sensor capacitivo.

d são constantes, a variação da capacidade 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 55 – 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).

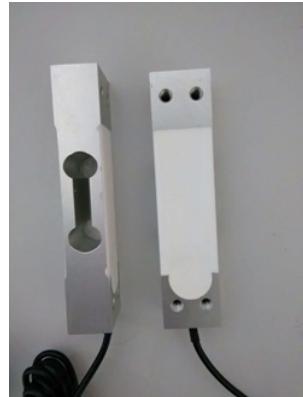


Figura 56 – Célula de carga utilizada no projeto.

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
Balanço 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 METRÓLOGIA 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.

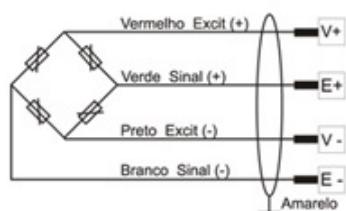
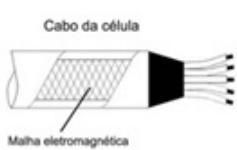


Figura 57 – Informações da célula de carga.

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)

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

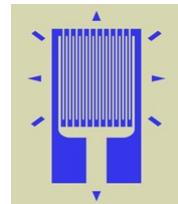


Figura 58 – Extensômetro.

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)

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

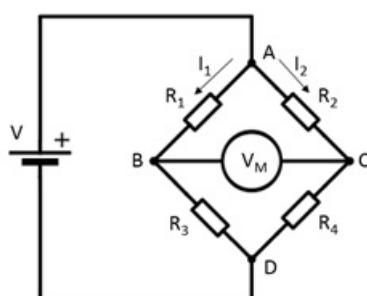


Figura 59 – Circuito da Ponte de Wheatstone.

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.

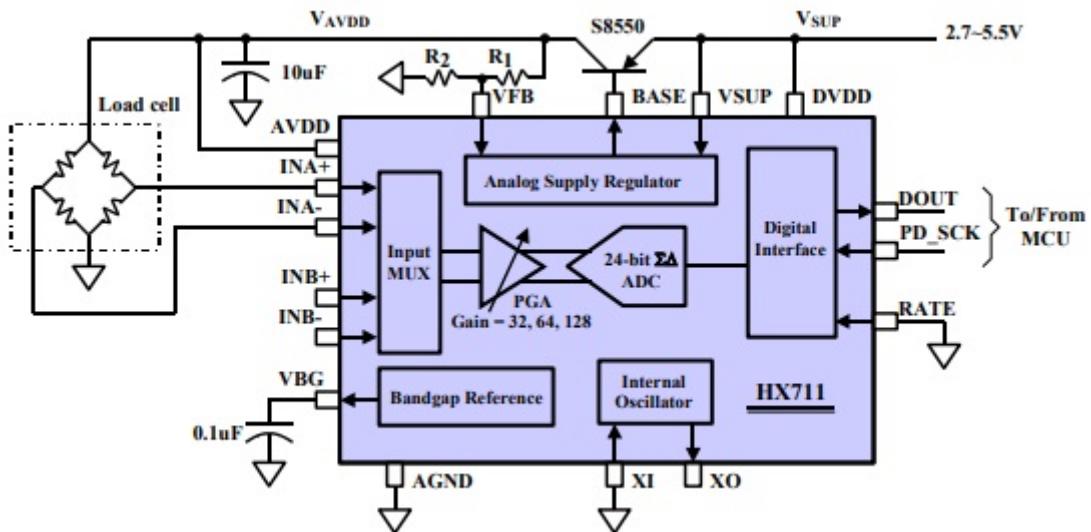


Figura 60 – Diagrama de blocos da aplicação do HX711 com célula de carga.

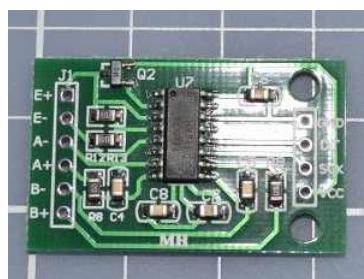


Figura 61 – Módulo HX711.

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

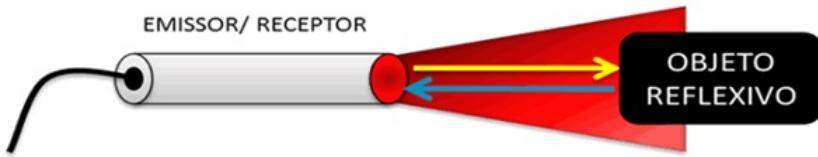


Figura 62 – Princípio de funcionamento do sensor infravermelho reflexivo.

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 63 – 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 é 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.

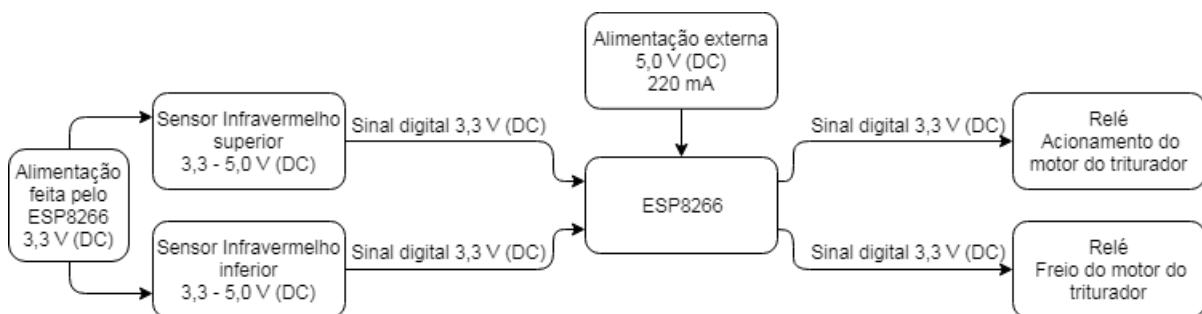


Figura 64 – Arquitetura do controle e acionamento do motor.

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 ocione 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-

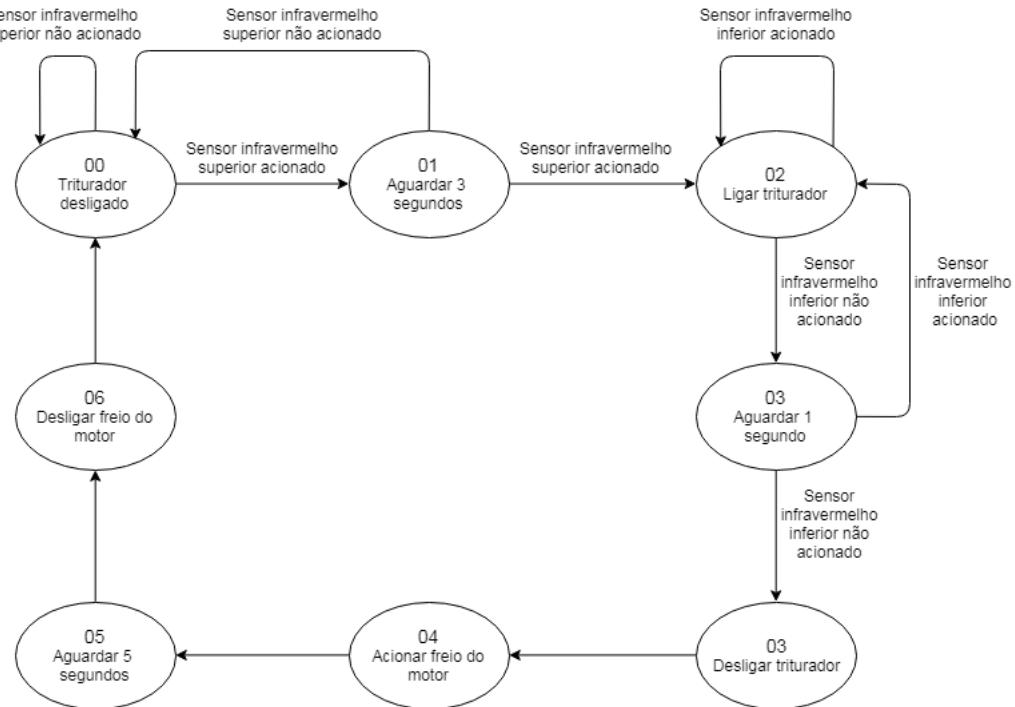


Figura 65 – Máquina de estados do controle de acionamento e frenagem do triturador.

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



Figura 66 – Sensor de obstáculo infravermelho por reflexão utilizado para detecção de garrafas no funil.



Figura 67 – Módulo relé de 2 canais (250 V AC 10 A) utilizado para acionamento do triturador e freio do moto.

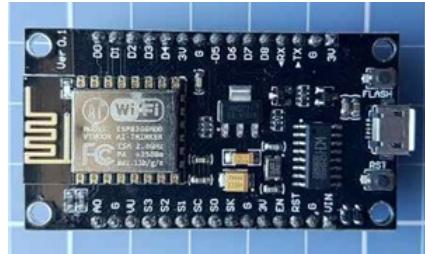


Figura 68 – Princípio de funcionamento do sensor infravermelho reflexivo.

8.4 Integração

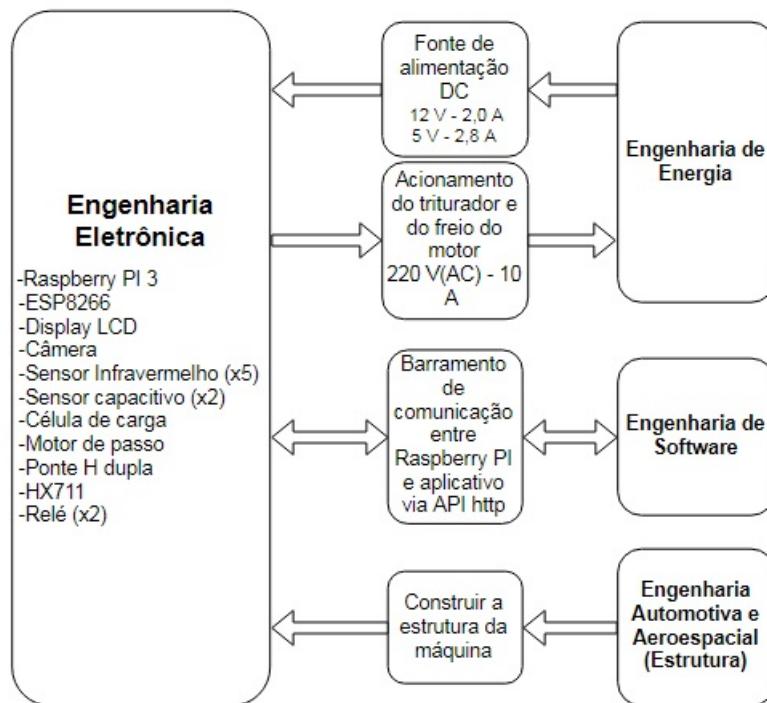


Figura 69 – Diagrama de integração entre a Engenharia Eletrônica e as demais áreas.

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

9.1 Solução

O subsistema de Energia é responsável pela alimentação da Estação Coletora e pelo funcionamento do motor para o triturador . O subsistema se divide em dois, sendo o primeiro o do motor monofásico que será integrado com o subsistema de estrutura e eletrônica, garantindo o funcionamento do mesmo e a segurança da máquina e dos integrantes, e o segundo será da fonte simétrica que estará integrado com o subsistema de eletrônica, fornecendo a energia necessária para o funcionamento dos seus equipamentos.

9.1.1 Motor Monofásico

É um componente eletromecânico muito utilizado, devido a sua eficiência e simplicidade. São construídos para suprir a necessidade de movimento de rotação em situações onde é disponibilizada apenas uma única fase de corrente alternada. O motor monofásico, possui estator e rotor como qualquer outro atuador eletromagnético. Entretanto, por se tratar de um componente monofásico possui apenas um conjunto de bobinas, análogo a visão de apenas uma fase de um motor trifásico de indução. O motor monofásico utiliza o bobinamento para um rotor gaiola de esquilo.

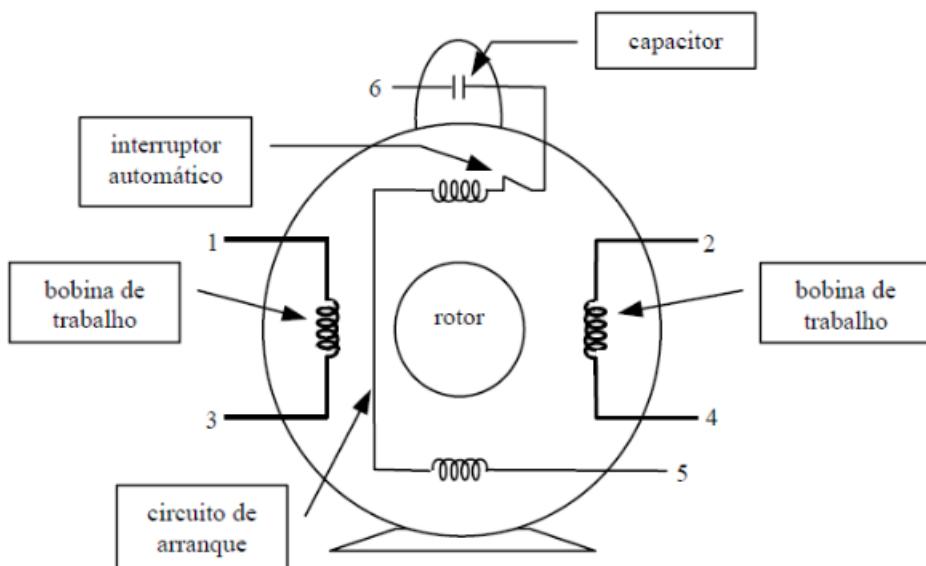


Figura 70 – Detalhes de um motor monofásico.

O campo girante do motor monofásico possui certas particularidades como a necessidade de um enrolamento auxiliar para gerá-lo. Para inversão do sentido de giro desse

tipo de motor, também é necessário um esquema que possa fazer com que sua partida se dê para outro lado.

Para este projeto o motor escolhido, foi o de indução monofásico da WEG, que fará a alimentação principal do projeto. Atuando juntamente com o disjuntor para garantir a integridade do motor e de todos o sistema contra eventuais problemas no circuito.



Figura 71 – Motor de Indução Monofásico da WEG.

O motor fornecido para a Estação Coletora foi o WEG D56 monofásico. A seguir segue as seguintes especificações.

- Potência = 0,75 kW / 1 cv
- Rotação = 1730 RPM
- Frequência = 60 Hz
- Corrente Nominal: 7,0 A (Para 220v)
- Fator de Serviço: 1,15
- Relação Corrente de Partida e Nominal = $I_p/I_n = 5,5$
- Tempo de Rotor Bloqueado: 10s (Frio) e 6s (Quente)

CREDER (2005) define a relação entre potência, conjugado e rotação de um motor elétrico como:

$$P = \frac{C * N}{716}$$

Figura 72 – Fórmula 1

P = Potência em cv;

C = Conjugado em kgm;

N = Rotação em rpm;

Como o motor terá seu eixo acoplado com um redutor de 1:40, a rotação cairá de 1730 para 43,25 rpm.

$$1 \text{ cv} = \frac{\text{Credutor} * 43,25 \text{ rpm}}{716}$$

$$\text{Credutor} = 16,55 \text{ kgm}$$

Figura 73 – Fórmula 2

9.1.1.1 Disjuntor

O disjuntor é um dispositivo eletromecânico que tem a função de proteger as instalações elétricas, ou seja, assim que a corrente elétrica que passa por ele ultrapassa o seu valor nominal, ele interrompe o circuito impedindo o fornecimento de energia para as cargas do circuito, evitando assim que elas e o circuito danifiquem.

Possuem um dispositivo de interrupção da corrente constituído por lâminas de metais de coeficientes de dilatação térmica diferentes, soldados. A dilatação desigual das lâminas, por efeito do aquecimento, provocado por uma corrente de sobrecarga faz interromper a passagem de corrente no circuito.

O disjuntor atuará todas as vezes que houver pico de corrente, sobrecarga e curto-circuito, mas é importante destacar que para todos os disjuntores funcionarem corretamente é fundamental haver o correto dimensionamento do circuito e dos componentes.

Aplicando em nosso projeto o disjuntor escolhido foi o magnético, pois, possui a mesma função dos disjuntores eletromagnéticos e térmicos que é a proteção dos equipamentos elétricos contra os possíveis curtos-circuitos e as sobrecargas, mas tem uma vantagem quando comparado com os outros, que é a precisão maior para detectar o valor da corrente elétrica visando a segurança do sistema.



Figura 74 – Disjuntor C10-1 Alumbra.

Para a realização do dimensionamento do disjuntor, precisamos saber a corrente de emprego (Ie) do sistema que é dada pela seguinte equação:

$$Ie = In * FS$$

$$Ie = 7,0 A * 1,15$$

$$Ie = 8,05 A$$

Figura 75 – Fórmula 3

A corrente de partida é definida por:

$$Ip = In * Ip/In$$

$$Ip = 7 A * 5,5$$

$$Ip = 38,5 A$$

Figura 76 – Fórmula 4

Observando os resultados encontrados, as curvas B,C e D e a norma ABNT NBR NM 60898, foi escolhido um disjuntor termomagnético C10, protegendo assim contra curtos circuitos e sobrecargas. Os disjuntores de curva C suportam uma corrente instantânea de 5 a 10 vezes maior que a corrente nominal, sendo suficiente para a corrente de partida do motor em questão.

9.1.2 Sistema de Frenagem por corrente contínua

De forma clara, esse tipo de frenagem consiste em retirar a corrente alternada que alimenta o motor e ao mesmo tempo injetar uma corrente contínua, fazendo com que ocorra a parada do mesmo.

Isso acontece devido ao envio de uma corrente contínua para o enrolamento estatórico, e assim estabelece um fluxo magnético estacionário cuja curva tem uma distribuição fundamental de forma senoidal. Com isso, a rotação do rotor em seu campo gera um fluxo de corrente alternada no mesmo, o qual também estabelece um campo magnético estacionário com respeito ao estator. Devido à interação do campo magnético resultante e da corrente rotórica, o motor desenvolve um torque de frenagem cuja magnitude depende da intensidade do campo, da resistência do circuito rotórico e da velocidade do rotor.

Na prática, isso foi realizado a partir de uma ponte retificadora, sendo ela o principal componente do sistema de frenagem.

9.1.2.1 Ponte Retificadora

Os circuitos retificadores são circuitos elétricos elaborados para a conversão de corrente alternada em contínua para alimentação de uma gama de equipamentos, sendo no nosso caso, aplicados a placas de circuito eletrônicos e a injeção de corrente no motor para a frenagem.

Os retificadores que aproveitam as duas metades da onda CA são chamados de retificadores de onda completa e são podem ser diodos e tiristores, além de um transformador.

A usada nos dois casos, serão as pontes retificadoras compostas por um banco de diodos. Eles têm como função conduzir corrente elétrica em um único sentido ou fluxo, permitindo assim a passagem de corrente em um único sentido. É composto por dois terminais, o ânodo e o cátodo.

A polarização direta acontece quando o pólo positivo da fonte entra em contato com o ânodo do diodo, ou seja, na polarização direta o diodo permite a passagem de corrente elétrica. O diodo permite que apenas a parte positiva da senóide da fonte alternada passe pelo circuito, dessa maneira, convertendo o sinal para contínuo. Da mesma forma ocorre quando o polo negativo da fonte entra em contato com o cátodo do diodo, com a diferença que a parte negativa da senóide é convertida para contínua.

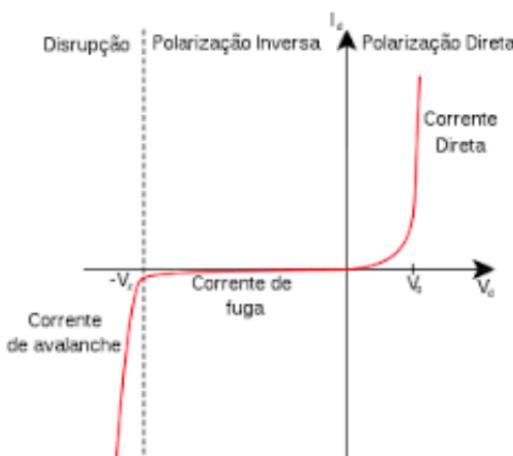


Figura 77 – Polarização Direta.

O diodo funciona como uma chave, após o fornecimento de uma corrente alternada, a chave se comporta de duas maneiras, sendo ela fechada (resistência zero) para uma polaridade da tensão de entrada e como uma chave aberta (resistência infinita) para a polaridade oposta. E como sua função é alterar a corrente, ele faz com que a corrente passe em apenas uma polaridade. O gráfico mostra a tensão de chegada no diodo.

Após passar pelo diodo a tensão passa a ter apenas uma polaridade, como mostra o gráfico 2.

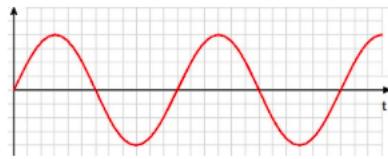


Figura 78 – Tensão de entrada do diodo oscilando entre o positivo e o negativo.

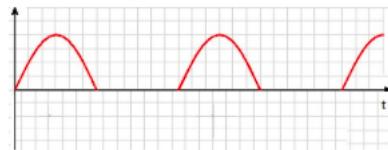


Figura 79 – Tensão de saída do diodo meia onda.

E seguindo a mesma lógica, após passar pela ponte retificadora e por um filtro capacitivo, a tensão começa a se linearizar.

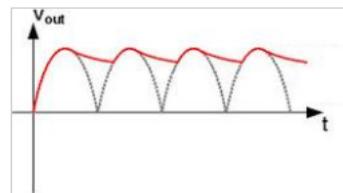


Figura 80 – Sinal senoidal de saída pós filtro capacitivo

A ponte retificadora do sistema de frenagem trabalhará em tensão 220V. Foi realizada medição da resistência do estator do motor, sendo de 25 ohms. Aplicando a Lei de Ohm temos.

$$I_{ponte} = \frac{U}{R}$$

$$I_{ponte} = \frac{220}{25} = 8,8 \text{ A}$$

Figura 81 – Fórmula 5

Concluímos então, que a ponte retificadora injetará 8,8 amperes de corrente contínua no motor para a realização da frenagem. Segundo o fabricante, o motor suporta a corrente de rotor bloqueado, ou seja, a corrente de partida (38,5 Amperes), por 6 segundos. Sendo assim, foi escolhida a ponte KBPC1010 para o projeto, suportando tensão de até 1000V e corrente de 10 amperes.

9.1.3 Fonte simétrica

A fonte simétrica é muito utilizada quando se necessita de tensões positivas e negativas na alimentação de circuitos com amplificadores operacionais.

Para a integração com o subsistema de eletrônica uma fonte simétrica será necessária, com potência de 50W e saídas de 5V e 12V DC, para fazer a alimentação dos componentes de alimentação externa do sistema.

9.1.3.1 Transformador

Transformadores são dispositivos capazes de aumentar ou reduzir valores de tensão. Com funcionamento baseado da Lei de Lenz e na Lei de Faraday. É constituído por um núcleo, feito de um material altamente magnetizável, e duas bobinas com número diferente de espiras isoladas entre si, a que recebe a tensão da rede chamada de primário, e a que tensão já sai transformada chamada de secundário.

O seu funcionamento é baseado na criação de uma corrente induzida no secundário, a partir da variação de fluxo gerada pelo primário. As tensões de entrada e saída são relacionadas ao número de espiras em cada bobina.

Baseado nessa relação considera-se que o transformador reduz a tensão se o número de espiras do secundário for menor que o número de espiras do primário e vice-versa.

Neste projeto o transformador é um dos componentes da fonte simétrica responsável por fazer a integração entre o subsistema de energia com o da eletrônica para fazer a alimentação final do sistema.. Para esta fonte o transformador escolhido é um com trafo de 12V+12V e 5A para conseguir fazer a alimentação correta dos equipamentos eletrônicos com potência de 50W.

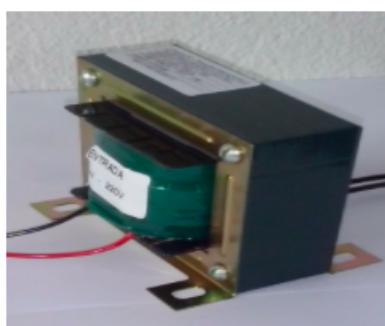


Figura 82 – Transformador

9.1.3.2 Capacitores

Capacitores podem apresentar dois comportamentos quando ligados a fontes de tensão em um circuito. Caso o mesmo esteja alimentado por uma fonte de tensão contínua, ele armazenará energia entre suas placas até que sua tensão se iguale a da fonte, após

carregado não passará mais corrente pelo capacitor. Diferente acontece quando a fonte fornece uma tensão alternada, nessa situação o capacitor alternará entre momentos onde armazena energia e momentos onde libera energia para o circuito, passando assim corrente pelo componente a todo instante.

O conceito de impedância é usado para facilitar a análise do circuito alimentado por tensão alternada, pois transforma um valor que depende da variação do tempo, e usa derivadas, em um número complexo (reatância capacitiva para capacitores e reatância indutiva para indutores).

A impedância é a resistência do circuito a corrente alternada. Para calcular, é necessário o valor dos resistores e as impedâncias dos capacitores e indutores.

$$Q = C * V \quad (9.1)$$

Onde:

- Q é a quantidade de cargas (coulombs);
- C é a capacidade (farads);
- V é a tensão entre as armaduras (V);

A quantidade de energia armazenada, por outro lado é dada por:

$$P = \left(\frac{C * V^2}{2} \right)$$

Figura 83 – Fórmula 6

- P é a energia armazenada em joules;
- C é a capacidade em farads;
- V é a tensão em volts;

Como iremos usar os capacitores com intuito de linearizar a tensão, o cálculo de dimensionamento do mesmo é feito da seguinte forma:

- Temos que analisar a tensão de entrada, e como terá a queda de tensão provocada pelo transformador, a tensão de entrada no transformador será por volta de

$$V_c = 24\text{rms} = 33,94\text{V}$$

- O ripple que assumimos foi de 10%

- $V_{ond} = 10\% V_c$
- $V_{ond} = 3,394 \text{ V}$

- Consideramos como carga todos os componentes que iremos alimentar, totalizando uma resistência equivalente de 89,8 omega.
- Feito isso, pela de Ohm encontramos a corrente que passará em nosso capacitor e assim podemos encontrar sua capacidade usando a seguinte fórmula

$$C = I(V_c / F) \quad C = 0,37(33,94 / 60) \quad C = 185,5 \text{ microF}$$

Usaremos um capacitor com uma maior capacidade afim de linearizar melhor nossa corrente.

9.1.3.3 Step Down

Step down é um dispositivo que permite regular a tensão requerida, é conhecido como módulo conversor de tensão e composto pelo regulador chaveado LM317, que trabalha com tensões de entrada entre 4,2V a 40V, oferecendo tensões de saída de 1,2V a 37V que podem ser ajustadas conforme a tensão necessária, através do trimpot que encontra-se na parte superior da placa. Para correto funcionamento desse dispositivo é necessário observar a diferença de tensão de entrada de 1,5V maior que a de saída. A corrente normal de operação é aproximada de 2,2A, porém o módulo é capaz de reduzir uma carga de até 3A com ótima eficiência. Vai atuar em conjunto com transformador, e capacitores na fonte simétrica, tendo a responsabilidade de filtrar a tensão de saída, oferecendo tensões de saídas estabilizadas.. Disponibilizará as tensões de 12V para 2A e de 5V para 2,8A para alimentação dos componentes eletrônicos requeridos.



Figura 84 – Módulo conversor de tensão LM317.

9.1.4 Fios

Os fios são condutores em formato cilíndrico que permitem passagem de corrente através de um condutor, sendo eles comumente feitos de alumínio ou cobre revestidos de material isolante como borrachas e PVC.

A seção transversal perpendicular de um fio elétrico deve ser projetado a fim de que com a passagem de corrente na fiação não seja comprometida. Quanto maior a passagem de corrente maior deve ser a bitola do fio, pois existe o risco de superaquecimento do material condutor do fio e caso ocorra, irá danificar o circuito. Então o tamanho de bitolas para baixas tensões é tabelado e padronizado para que seja feita com segurança as instalações nos equipamentos.

De acordo com a NBR 5410 que dita as normas para instalações elétricas em baixa tensão há uma padronização de fios de acordo com a quantidade de corrente requerida.

Largura do fio mm ²	Corrente suportada (A)
0,5	7
1,0	9
1,5	15
2,5	20
4,0	28
6,0	36

Figura 85 – Tamanho requerido dos fios.

Aplicando em nosso projeto, consideramos que componente estejam a operar em sua maior capacidade, com suas as correntes máximas atingidas estarão dentro de uma margem confortável (corrente de emprego de 8 A e corrente ponte retificadora de 8,8 A) e considerando a seção mínima definida pela norma para circuitos de força, foi utilizado os condutores de 2,5 mm.

9.1.5 Testes e Simulações

Em um primeiro momento, foi realizada a simulação da possível solução para o circuito de acionamento do motor utilizando o software CADe-SIMU, testando os circuitos de potência e comando. A imagem abaixo apresenta a solução, onde:

- RT: Relé Térmico
- V: Ponte Retificadora
- T1: Transformador
- S0: Acionamento Frenagem
- S1: Acionamento Motor

A solução se baseia em utilizar duas contatoras, sendo uma para o acionamento do motor e outra para o acionamento do freio. Quando o selo de K1 for fechado, acionando então o motor, a contadora K2 mantém-se aberta. Ao se abrir K1, K2 é fechado, com isso é injetado corrente contínua no motor para sua frenagem. O tempo de trabalho do freio é controlado por um relé temporizador.

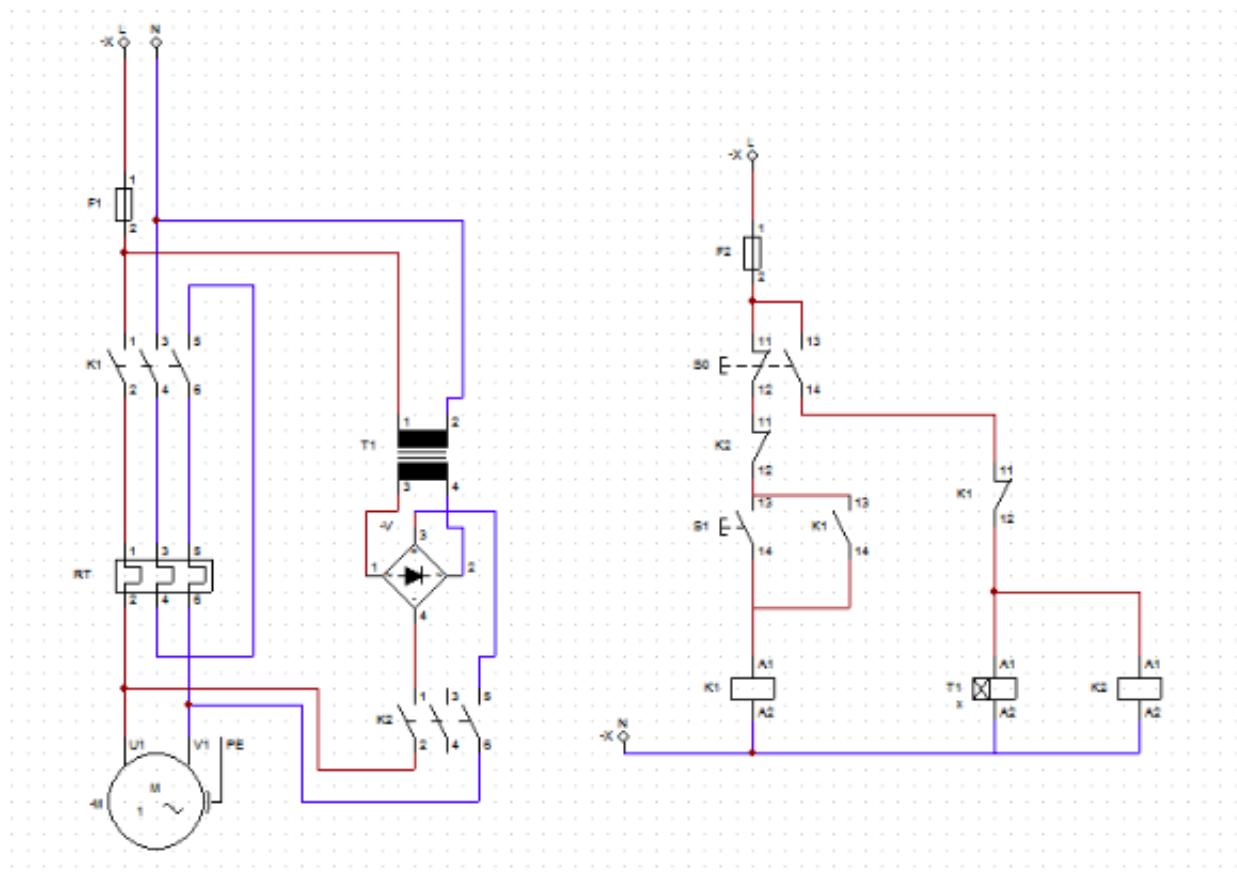


Figura 86 – Simulação do circuito de comando e de força

Por questões de praticidade e custo benefício, a solução apresentada acima não será implementada. O subsistema de energia desenvolveu um código e através do uso de um Arduino passou a ter um novo comando do acionamento do motor e de sua frenagem.

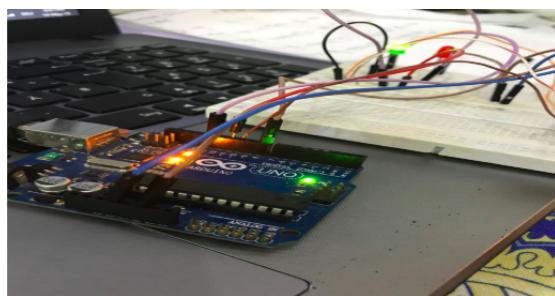


Figura 87 – Teste com Arduino

O novo comando de acionamento se baseia na substituição de contatoras por relés. Sendo assim, não é mais necessário o uso de relé temporizador, contatos auxiliares, além das próprias contatoras, gerando grande economia. O controle dos relés se dá por meio do arduino, onde um relé será para o acionamento do motor, enquanto o segundo será para acionamento do freio, estando os dois em paralelo. O código foi desenvolvido para assim que o acionamento do motor for interrompido, imediatamente o segundo relé é acionado,

ligando assim o freio de corrente contínua por tempo determinado, gerando uma parada do motor.

10 Software

10.1 Resumo

O subsistema de software está presente na interação máquina usuário englobando a gerência de pontuação pelo aplicativo, o reconhecimento do usuário e o reconhecimento e validação da garrafa. A integração será feita diretamente com o subsistema de eletrônica por meio da comunicação de requisições HTTP e indiretamente por meio de leituras de dados dos componentes eletrônicos, como a câmera frontal da máquina e o leitor de garrafa.

Para melhor descrição de alto nível do aplicativo, foi elaborado um documento de visão encontrado nos anexos, onde nele se encontram intervalos de qualidade, requisitos funcionais e diversos tópicos relevantes para sua elaboração.

A equipe de software também é responsável pela estrutura do banco de dados e pelo desenvolvimento da API que fará papel de interface de acesso ao BD, onde tanto o aplicativo quanto a Raspberry PI realizarão requisições.

10.2 Prototipação

Para a otimização do levantamento de Requisitos, foram realizadas reuniões com a equipe de eletrônica para poder nivelar os padrões e protocolos de comunicação entre os dois subsistemas. O protótipo inicial de comunicação ficou da seguinte forma:

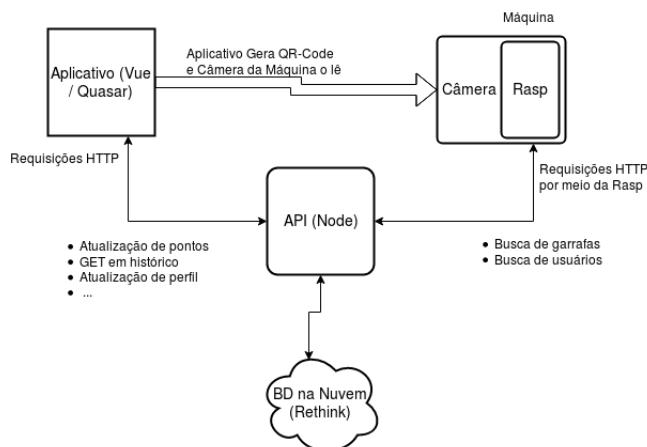


Figura 88 – Protótipo de comunicação entre software e hardware.

Em relação aos requisitos do aplicativo, foram usados como suporte para levantamento e otimização, o documento de visão(em anexo), o diagrama de caso de uso e

protótipos de alto nível (estes estão sendo utilizados nas descrições das funcionalidades no tópico seguinte).

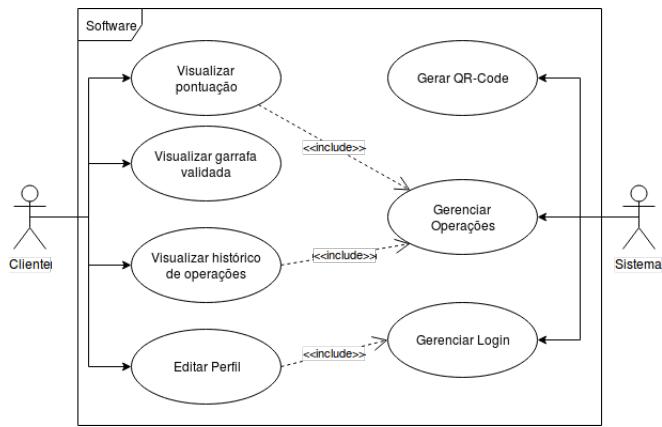


Figura 89 – Diagrama de Caso de Uso.

10.3 Arquitetura

A arquitetura do sistema está detalhada no documento de arquitetura em anexo.

10.4 API

Como é descrito no documento de arquitetura em anexo, a API foi desenvolvida utilizando *Node.js* e será acessada por meio de requisições *HTTP*. Além disso, utilizou-se quando possível o estilo de arquitetura *REST* sempre que for possível. Este estilo faz o reúso de URL's endereçáveis, mudando-se apenas o método da requisição. Quando isso não for possível, deve-se aplicar o estilo *RPC*. Este estilo por sua vez não faz o reúso das URL's, mudando a URL e mantendo o método de requisição geralmente como *GET* e *POST*.

A imagem 90 apresenta um exemplo de implantação de arquitetura *REST*, endereçada previamente sobre a URL '/user'.

Como é possível observar na figura 90, o que difere entre as rotas da API são os métodos utilizados na requisição e os parâmetros recebidos dentro da rota, sendo que nenhum altera o endereço estabelecido.

A imagem 91 apresenta um exemplo de implantação de arquitetura *RPC*, endereçada previamente sobre a URL '/user'.

Como é possível observar na figura 91, as rotas da API sempre diferem da previamente estabelecida, adicionando-se sempre uma palavra que remete ao propósito daquela rota.

```

router.get('/', async (_, res) => {
  try {
    res.json(await User.orderBy('name').without('password').run());
  } catch (err) {
    res.status(404).json({ error: err.name });
  }
});

router.get('/:user', async ({ userDocument }, res) => {
  try {
    res.json(await userDocument.without('password'));
  } catch (err) {
    res.status(404).json({ error: err.name });
  }
});

router.post('/', async ({ body }, res) => {
  try {
    const userDoc = body.user;
    const password = await hashPassword(userDoc.password);
    userDoc.password = password;
    const user = await User.save(userDoc);
    res.json(user);
  } catch (err) {
    res.status(404).json({ error: err.name });
  }
});

router.put('/:user', async ({ userDocument, body }, res) => {
  try {
    const doc = await userDocument;
    const { user } = body;
    if (user.password) {
      user.password = await hashPassword(user.password);
    }
    res.json(await doc.merge(body.user).save());
  } catch (err) {
    res.status(404).json({ error: err.name });
  }
});

router.delete('/:user', async ({ userDocument }, res) => {
  try {
    res.json(await userDocument.delete());
  } catch (err) {
    res.status(404).json({ error: err.name });
  }
});

```

Figura 90 – Exemplo de implementação de uma arquitetura REST

10.5 Banco de dados

Como é descrito no documento de arquitetura em anexo, o banco de dados escolhido é o *RethinkDB*. Tendo em vista que a gerência de banco de dados é feita pela API, sua modelagem fica responsável também pela API. A API por sua vez gerencia o banco de dados através da camada da Model. A imagem 92 representa um exemplo de implementação.

Nessa implementação, a comunicação com o banco de dados é feita através de uma aplicação *ORM*, a qual tem a função de realizar todas as *queries* no banco de dados de forma segura através de métodos pré estabelecidos. Dessa forma, como é possível ver na imagem 92, para criar uma model é utilizado o método *createModel* da *ORM* do *RethinkDB*, o *thinky*.

```

router.get('/current-user', jwtCheck({ secret: config.secret }), async ({ user }, res) => {
  try {
    res.json(await User.get(user.id));
  } catch (err) {
    res.status(404).json({ error: err.name });
  }
});

router.post('/authenticate', async ({ body }, res) => {
  try {
    if (body.password === null || body.cpf === null) {
      res.status(400).end(); // Status code 400: Bad request
    } else {
      const users = await User.filter({ cpf: body.cpf }).run();
      const user = users[0];
      if (user) {
        const isEqualPass = await bcrypt.compare(body.password, user.password);
        const isEqualPass = body.password === user.password;
        if (isEqualPass) {
          const token = createToken(user, config);

          res.json({ user, token });
        } else {
          res.status(401).json({ error: 'Não foi possível realizar login' });
        }
      } else {
        res.status(401).json({ error: 'Não foi possível realizar login' });
      }
    }
  } catch (err) {
    res.status(404).json({ error: err.name });
  }
});

router.post('/cpf', async ({ body }, res) => {
  try {
    const { cpf } = body;
    const cpfFilter = doc => doc('cpf').match(cpf);
    res.json(await User.filter(cpfFilter)[0]);
  } catch (err) {
    res.status(404).json({ error: err });
  }
});

```

Figura 91 – Exemplo de implementação de uma arquitetura RPC

```

import { thinky, type } from '../db';

const User = thinky.createModel('Users', {
  id: type.string(),
  name: type.string(),
  email: type.string(),
  cpf: type.string(),
  password: type.string(),
});

export default User;

```

Figura 92 – Exemplo de implementação de uma Model

10.6 Integração

Para que seja feita a integração com a API, devem ser realizadas requisições HTTP sobre as rotas da API. A figura 93 representa um exemplo de implementação de um código em Python o qual comunica com a API e recupera as informações de um usuário com base em seu CPF, que é exatamente o que será feito no projeto.

```
response = requests.post(API_URL + '/api/user/cpf', data = { 'cpf': '012.345.678-90' })
user = response.json()
```

Figura 93 – Exemplo de implementação de uma HTTP request em Python

10.7 Funcionalidades

Este tópico tem a finalidade de descrever as funcionalidades do aplicativo apontadas no diagrama de caso de uso.

10.7.1 Login

Essa funcionalidade envolve primeiro na escolha entre realizar o ato de login quando o usuário já possui uma conta, ou se cadastrar no sistema caso o usuário não possua uma conta ainda. No caso de já possuir uma conta, o login deve ser feito fornecendo CPF e Senha. Todas as informações do cadastro são validadas e a senha é criptografada no ato do cadastro.

As imagens em 94 representam o resultado final da implementação dessa funcionalidade.

10.7.2 Gerar QR Code

Essa funcionalidade envolve a geração do QR Code com base no CPF do usuário. Para isso, foi utilizada uma biblioteca que funciona juntamente com o Vue.js. Dessa forma, é gerado um QR Code que quando lido devolve a informação do CPF do usuário. É a primeira tela com a qual o usuário se depara ao entrar na aplicação.

A imagem 95 representa o resultado final da implementação dessa funcionalidade.

10.7.3 Visualisar e editar perfil

Essa funcionalidade envolve o usuário visualizar suas informações cadastradas e poder editá-las. As informações estão dispostas em um componente destacado. O mesmo componente possui um botão para trocar o componente de visualização para um componente de edição. Assim é possível editar as informações, o botão é trocado por um botão

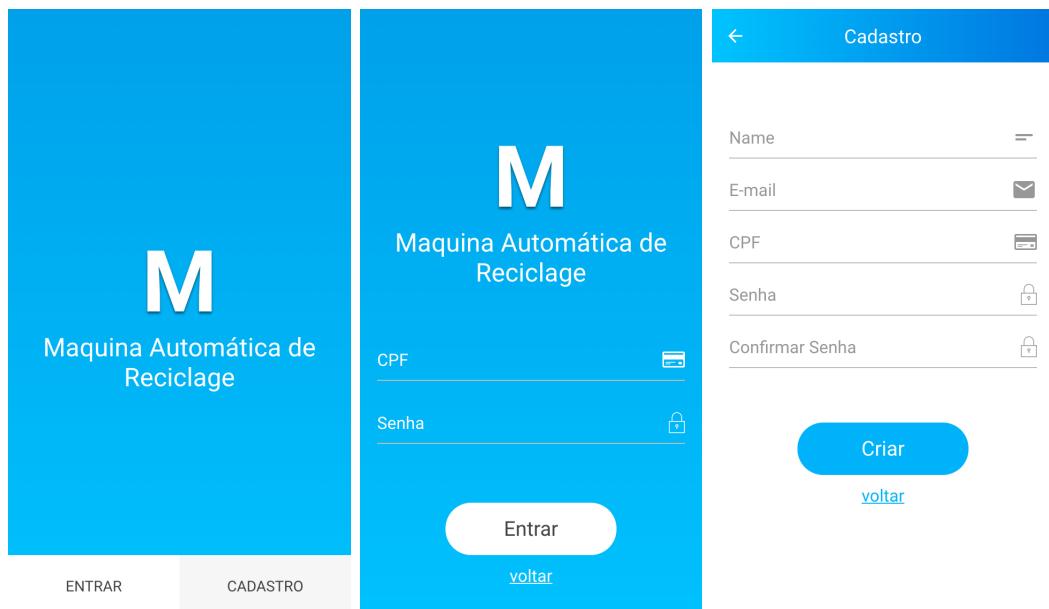


Figura 94 – Telas de escolha, Login e Cadastro



Figura 95 – Tela de início com o QR Code do usuário

de salvar e quando é clicado, o mesmo salva as informações do usuário e o componente volta a ser o de visualização.

Foi utilizado o Gravatar para disponibilizar uma imagem de usuário com base em seu e-mail. O Gravatar consiste em um serviço de disponibilização de avatares via associação a e-mails cadastrados. Sua escolha foi feita com base na simplicidade da solução com base no tempo hábil.

A imagem 96 representa o resultado final da implementação dessa funcionalidade.

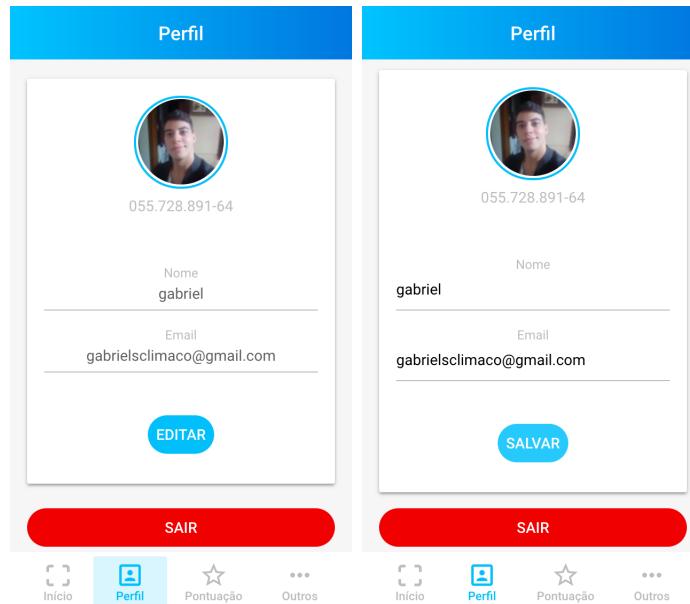


Figura 96 – Telas de visualização e edição de informações do usuário

10.7.4 Visualização do histórico de operações

Essa funcionalidade envolve visualização das operações de inserção de dados na máquina. As operações estarão dispostas em formato de lista e ordenadas por datas.

A imagem 97 representa o resultado final da implementação dessa funcionalidade.



Figura 97 – Telas de visualização das operações

10.8 Testes

10.8.1 App

Para testar o aplicativo, foram realizados diversos testes de usabilidade com conhecidos dos integrantes do grupo.

10.8.2 API

Para testar a API, foi utilizado o framework de testes AVA, o qual consiste em uma biblioteca para testes assíncronos em Node.js.

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.ghtml>>. Citado na página 111.
- 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 28.
- BRASIL, I. *Celula de Carga*. 2018. Disponível em: <<http://www.iwm-brasil.com.br/spl-celula-de-carga-tipo-single-point/>>. Citado na página 76.
- COLASSANTE, P. *Sensor Capacitivo*. 2015. Disponível em: <<http://profcolassante.blogspot.com.br/2015/06/sensores-capacitivos-e-indutivos.html>>. Citado na página 74.
- 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 110.
- EECIS. *Extensometria*. 2018. Disponível em: <<https://www.eecis.udel.edu/~portnoi/academic/academic-files/extensometria.html>>. Citado na página 77.
- EMBARCADOS. *Ponte de Wheatstone*. 2018. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/ponte-de-wheatstone/>>. Citado na página 77.
- ESPRESSIF. *Microcontrolador ESP8266*. 2018. Disponível em: <<https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex-datasheet-en.pdf>>. Citado na página 80.
- ESTADAO. *Pugedon*. 2014. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/blogs/retratos-da-economia/embalagens-por-racao/>>. Citado na página 131.
- HAKKENS, D. *Shredder machine*. 2017. Disponível em: <<https://preciousplastic.com/en/videos/build/shredder.html>>. Citado na página 28.
- 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 28.
- KALATEC. *Motor de Passo*. 2016. Disponível em: <<http://www.kalatec.com.br/motoresdepasso/motor-de-passo>>. Citado na página 72.
- 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 36.

- LIVRE, M. *Motor Elétrico*. 2018. Disponível em: <<https://lista.mercadolivre.com.br/ferramentas-e-construcao/energia-eletrica/motores-eletricos/motor-elettrico-alta-rotacao-3>>. Citado na página 36.
- LIVRE, M. *Redutor*. 2018. Disponível em: <<https://lista.mercadolivre.com.br/>>. Citado na página 36.
- LIVRE, M. *Térmico*. 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-761819035-rele-termico-schneider-lrd12-55-8a-_JM>. Citado na página 36.
- LLC, M. *WhatIf - ferramenta para identificação de riscos*. 2014. Disponível em: <<https://blogtek.com.br/what-if-ferramenta-identificacao-riscos/>>. Citado na página 117.
- MEDIUM. *Retorna Machine*. 2016. Disponível em: <<https://medium.com/@spcidadegentil/m%C3%A1quina-de-reciclagem-gera-desconto-no-supermercado-1b883e714118>>. Citado na página 131.
- MEDIUM. *Understanding Component Based Architecture*. 2016. Disponível em: <<https://medium.com/@dan.shapiro1210/understanding-component-based-architecture-3ff48ec0c238>>. Citado na página 143.
- NODE. *Node Js*. 2017. Disponível em: <<https://nodejs.org/en/>>. Citado na página 145.
- ORG, R. *Raspberrypi*. 2017. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b>>. Citado na página 71.
- 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 118.
- QUASAR. *Directory Structure*. 2017. Disponível em: <<https://quasar-framework.org/guide/app-directory-structure.html>>. Citado na página 143.
- 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 111.
- 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 117.
- SYSTEMS, C. *Sensores Ópticos*. 2018. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/sensores-opticos/>>. Citado na página 78.
- TDTEC. *Sensores Reflexivo*. 2018. Disponível em: <<https://www.tdtec.com.br/produto/sensor-de-obstaculo-infravermelho-reflexao-lm393-arduino/413346>>. Citado na página 79.

UFCG. *Camadas*. 2010. Disponível em: <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~jacques/cursos/map/html/arqu/camadas.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 138 e 139.

UFSC. *Tecnicas de Sensoriamento*. 2016. Disponível em: <<http://s2i.das.ufsc.br/seminarios/apresentacoes/tecnicas-sensoreamento.pdf>>. Citado na página 74.

UOL. *Recicletool*. 2015. Disponível em: <<http://blogs.ne10.uol.com.br/mundobit/2015/08/11/maquina-de-reciclagem-da-dinheiro-a-usuario-como-recompensa/>>. Citado na página 131.

VUE. *Vue Js*. 2017. Disponível em: <<https://vuejs.org/v2/guide/instance.html>>. Citado na página 144.

VUEX. *Vuew*. 2017. Disponível em: <<https://vuex.vuejs.org/pt-br/intro.html>>. Citado na página 144.

WEB, M. *Sensor Capacitivo*. 2016. Disponível em: <<http://www.mecaweb.com.br/electronica/content/e-sensor-capacitivo>>. Citado na página 74.

WILEY. *Pattern Oriented*. 2004. Disponível em: <<http://disi.unal.edu.co/dacursci/sistemasycomputacion/docs/SWEBOK/John%20Wiley%20%20Sons%20-%20Pattern-Oriented%20Software%20Architecture%20A%20System%20Of%20Patterns%20Volume%201.pdf>>. Citado na página 138.

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 a 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 potência 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.

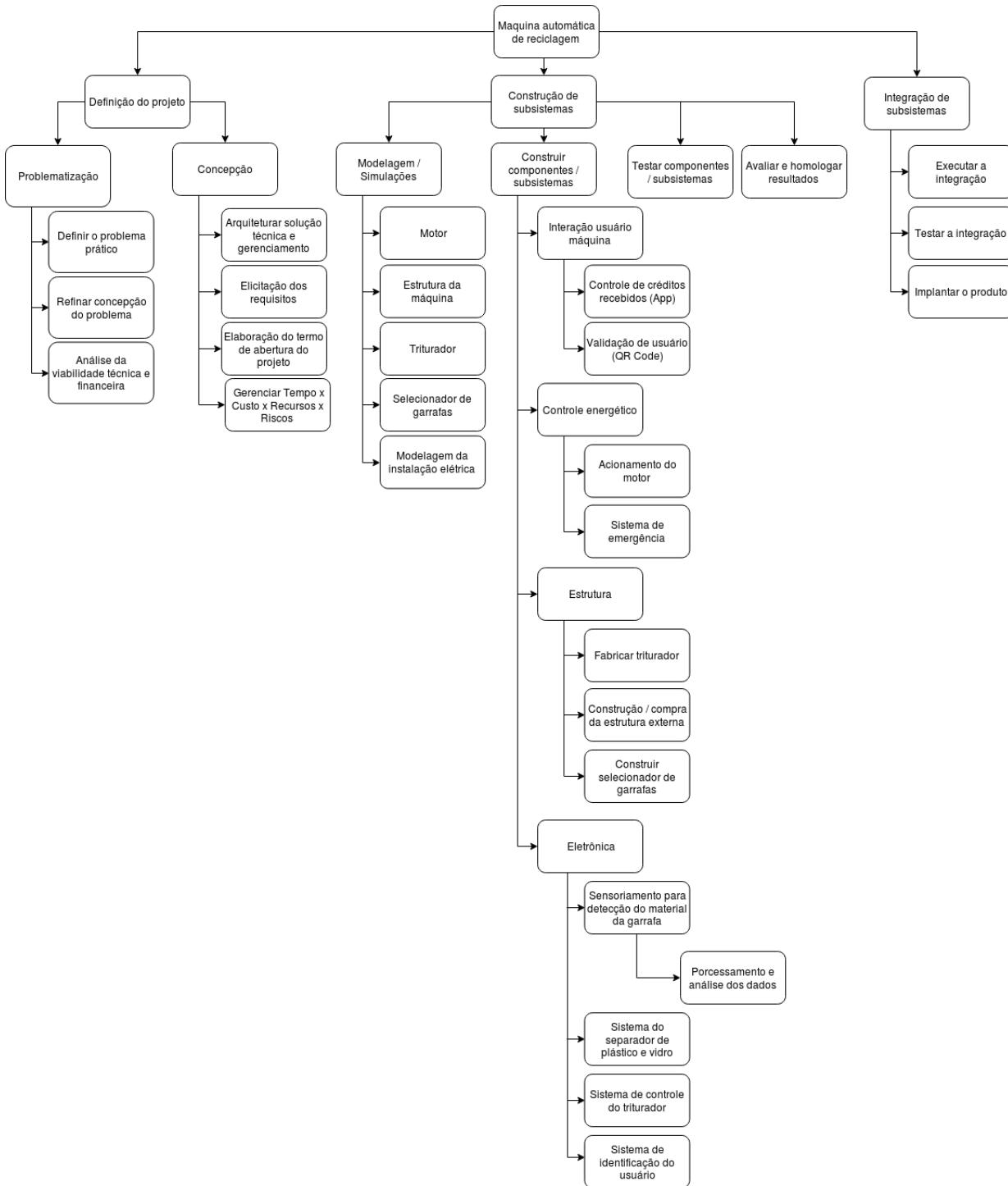


Figura 98 – Estrutura Analítica do Projeto.

- **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 6 – Marcos

Fase	Marcos	Previsão
Iniciação	Projeto Aprovado	28/03/2018
Planejamento	Plano de Gerenciamento de Projetos Aprovado Linhas de Base de Custos, Prazo e Escopos Salvas	28/03/2018
Execução, Monitoramento e Controle	Desenvolvimento dos subsistemas	16/05/2018
Encerramento	Integração Testes Projeto Entregue	26/05/2018 06/06/2018 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 7 – 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 projetoSaber 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 8 – 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 (primeiro 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 9 – 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 10 – 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 11 – 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.

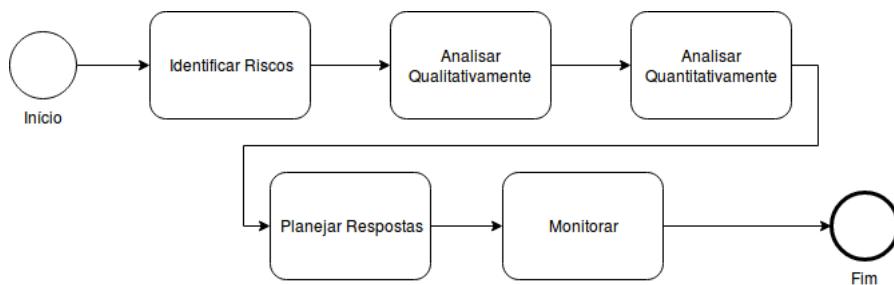


Figura 99 – Processo de Gerência de Riscos

- **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.

- **Analisa 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.

- **Analisa 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 mitiga-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 preveção 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 12 – 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 13 – 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 14 – 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 15 – 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 16 – 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 17 – 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 máximo. Se o responsável não estiver trabalhando, avise a equipe para que todos avisem os professores
Desenvolvimento do projeto	Um integrante saisse	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 18 – 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 19 – 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 20 – 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

APÊNDICE D – Documento de Visão

D.0.1 Introdução

O documento de visão define o escopo de alto nível e o propósito do software a ser desenvolvido. Esse visa estabelecer as expectativas e reduzir os riscos do produto protegendo o cliente e os desenvolvedores do projeto.

D.0.1.1 Finalidade

O documento presente tem, por finalidade, apresentar e estabelecer uma visão ampla sobre o aplicativo da Máquina de Reciclagem de modo que deixe claro sua proposta, características e utilidade.

D.0.1.2 Escopo

O App - Máquina de Reciclagem: aplicativo de gerenciamento de contas de usuários e suas bonificações. É um projeto desenvolvido por alunos (Elmar Roberto, Gabriel de Souza e Henrique Dutra) de Engenharia de Software, Faculdade UnB Gama (FGA) da Universidade de Brasília (UnB).

Esta plataforma vem para auxiliar no uso da Máquina Automática de Reciclagem, suprindo a necessidade de automatização da gerência de dados dos usuários. Os dados gerenciados são as bonificações vindas dos depósitos de garrafas, onde cada garrafa fornece uma quantia específica de crédito para descontos em estabelecimentos. É um trabalho baseado em projetos parecidos onde segue as mesmas propostas gerais, interligar tecnicamente e financeiramente as pessoas que depositam garrafas com a máquina e seus dados gerados.

A máquina será usada para armazenar as garrafas recicláveis, sendo esta estabelecida em qualquer estabelecimento que tenha suporte para integração com o app. A descrição detalhada da máquina está nos tópicos das outras engenharias.

O app, de forma geral, funcionará da seguinte maneira: iniciada a utilização da máquina, a mesma deverá ler um QR Code gerado pelo App, onde este servirá como reconhecimento do usuário ali presente. Após tal reconhecimento, o usuário deverá inserir as garrafas e o sistema da máquina deverá validar e contabilizar cada uma. Terminada a inserção, o app deverá ser atualizado automaticamente com os frutos das ações descritas e fornecer ao usuário os créditos que servirão futuramente para descontos nos produtos do estabelecimento em que a máquina está instalada.

D.0.1.3 Definições, Acrônimos e Abreviações

- UnB - Universidade de Brasília
- FGA - Faculdade UnB Gama

D.0.1.4 Visão Geral do documento

Neste documento de visão estão descritos os detalhes do planejamento e construção do software proposto. O documento apresentará os motivos que levaram o desenvolvimento do aplicativo que dará apoio ao projeto da Máquina de Reciclagem, apresentando a problemática, bem como quem está envolvido, desenvolvedores e usuários, e as funções do produto.

D.0.2 Posicionamento

D.0.2.1 Oportunidade de Negócio

Pelo mundo já foram criadas algumas máquinas com a finalidade de auxílio na reciclagem, mas as formas de ganho ao usuário são diversificadas, algumas dão a oportunidade apenas de compartilhamento de seus feitos em redes sociais, outras trocam as garrafas pets por ração para animais de estimação, tem as que dão dinheiro e algumas fornecem descontos em estabelecimentos, sendo este projeto do último tipo citado.

Sendo assim, o aplicativo oferecerá um serviço de facilitador no controle de bonificações ao usuário onde tal bonificação poderá ser um tipo de atrativo e marketing ao estabelecimento.

D.0.2.2 Descrição do Problema

Tabela 21 – Descrição do Problema

O problema de	Grande dispêndio de tempo para organizar tais dados de crédito de forma manual ou em um sistema único do estabelecimento em que o usuário teria que se locomover até o local para verificar seus dados.
Afeta	A agilidade de controle dos créditos e interesse do usuário no uso da máquina
Cujo impacto é	O alto custo de tempo no controle e perda de usuários por falta de comodidade.
Uma solução seria	A otimização e automoção do controle de tais créditos

Tabela 22 – Sentença de Posição do Produto

Para	Clientes do estabelecimento.
Que	Desejam receber créditos pelas ações de reciclagem
O App - Máquina de Reciclagem	É um aplicativo Android e IOS
Que	Visa automatizar o controle de créditos do usuário
Diferente de	Recicletool (UOL, 2015) e Pugedon (ESTADAO, 2014)
Parecido com	Retorna Machine (MEDIUM, 2016a)
Nosso produto	Tem como objetivos atrair as pessoas à ação de reciclagem e fornecer controle automático aos seus dados de créditos de descontos em produtos.

D.0.2.3 Sentença de Posição do Produto

D.0.3 Descrições dos Envolvidos e dos Usuários

Os principais envolvidos neste projeto serão por parte da equipe de desenvolvimento, programadores e gestores e os orientadores da disciplina onde o produto está sendo construído.

Já os usuários que irão interagir comercialmente, serão os clientes dos estabelecimentos e os próprios estabelecimentos.

D.0.3.1 Resumo dos Envolvidos

Tabela 23 – Resumo dos Envolvidos

Nome	Descrição	Responsabilidade
Equipe de Desenvolvimento	Estudantes da disciplina Projeto Integrador II, ministrada na Universidade do Gama (FGA - UnB).	Desenvolvimento e testes do Software.
Equipe de Gestão de Projetos	Estudantes da disciplina Projeto Integrador II, ministrada na Universidade do Gama (FGA - UnB).	Gerenciamento do desenvolvimento do software, identificando problemas e indicando possíveis soluções.
Cliente	Professores da disciplina.	Esclarecer as aplicações do software.
Patrocinador	Professores da Universidade de Brasília, no campus Faculdade Gama (FGA - UnB), da disciplinas Projeto Integrador II.	Orientar as equipes de desenvolvimento e gestão em eventuais dúvidas.

Tabela 24 – Resumo dos Usuários

Nome	Descrição	Responsabilidade
Clientes do estabelecimento	Clientes que buscam descontos no estalecimento.	Ter acesso a conta individual e visualização e controle de créditos já adquiridos.

D.0.3.2 Resumo dos Usuários

D.0.3.3 Principais Necessidades dos Usuários e dos Envolvidos

Os usuários utilizarão a aplicação em seu celular com o sistema operacional Android ou IOS.

D.0.3.4 Perfis dos Envolvidos

D.0.3.4.1 Equipe de Gestão

Tabela 25 – Equipe de Gestão

Representantes	Elmar Roberto Caixeta Filho, Gabriel de Souza Clímaco e Henrique Dutra.
Descrição	Gerenciamento de projeto.
Tipo	Estudantes da matéria Projeto Integrador II ministrada na Universidade do Gama (FGA - UnB).
Responsabilidades	Monitorar o desenvolvimento. Definir prazos para as atividades propostas.
Critérios de Sucesso	Manter os prazos estabelecidos sem atraso, e gerenciar a qualidade do software em desenvolvimento, finalizando o projeto no tempo estipulado.
Envolvimento	Alto.
Problemas/Comentários	Organizar prazos e metas de acordo com o tempo disponível.

Tabela 26 – Equipe de Desenvolvimento

Representantes	Elmar Roberto Caixeta Filho, Gabriel de Souza Clímaco e Henrique Dutra.
Descrição	Desenvolvimento do Software.
Tipo	Estudantes da matéria Projeto Integrador II ministrada na Universidade do Gama (FGA - UnB).
Responsabilidades	Desenvolver, testar e implantar o software.
Critérios de Sucesso	Finalizar o desenvolvimento e realizar a entrega do aplicativo no tempo estipulado.
Envolvimento	Alto.
Problemas/Comentários	Alta experiência dos desenvolvedores.

Tabela 27 – Cliente

Representantes	Professores da disciplina.
Descrição	Professores da Universidade de Brasília, no campus Faculdade Gama (FGA - UnB).
Tipo	Cliente especialista nos conhecimentos técnicos.
Responsabilidades	Validar os principais requisitos.
Critérios de Sucesso	A correta validação de requisitos.
Envolvimento	Alto.
Problemas/Comentários	.

Tabela 28 – Orientadores

Representantes	Professores da disciplina
Descrição	Professores da Universidade de Brasília, no campus Faculdade Gama (FGA - UnB), da disciplina Projeto Integrador II.
Tipo	Orientadores e avaliadores que darão suporte a respeito do desenvolvimento do aplicativo.
Responsabilidades	Avaliar a equipe e orientar em eventuais dúvidas
Critérios de Sucesso	Observar o sucesso da equipe de desenvolvimento.
Envolvimento	Médio.
Problemas/Comentários	.

Tabela 29 – Clientes

Representantes	Clientes do estabelecimento
Descrição	Pessoas que desejam usar a máquina e adquirir os créditos.
Tipo	Possuidores de contas individuais e recebedores de créditos.
Responsabilidades	Receber bonificações e consumir os produtos da empresa.
Critérios de Sucesso	Ter total controle e privacidade de seus créditos e usá-los.
Envolvimento	Alto.
Problemas/Comentários	Não ter conexão com a internet.

Tabela 30 – Principais Necessidades

Necessidade	Prioridade	Preocupação	Solução Proposta	Solução Atual
Automatizar o controle de crédito	Alta	-	-	-

D.0.3.4.2 Equipe de Desenvolvimento

D.0.3.4.3 Cliente

D.0.3.4.4 Orientadores

D.0.3.5 Perfis dos Usuários

D.0.3.5.1 Clientes

D.0.3.6 Principais Necessidades dos Usuários ou dos Envolvidos

D.0.3.7 Alternativas e Concorrências

D.0.3.7.1 Recicletool

Máquina desenvolvida para captação de resíduos sólidos, a ferramenta busca ajudar não apenas na reutilização dos materiais recicláveis, mas também às pessoas que vivem disto, como catadores e cooperativas, gerando renda para o usuário. Basta que o usuário se cadastre, através do número do seu celular, na própria máquina. Em seguida, ele deve depositar os resíduos sólidos, como garrafas PET ou latinhas de refrigerante. A máquina automaticamente vai somando o valor gerado pelo usuário

D.0.3.7.2 Pugedon

Máquina automática que estimula a reciclagem e ao mesmo tempo ajuda a alimentar os cães e gatos de Istambul. Para cada garrafa ou lata inserida no equipamento, a máquina libera uma porção de ração.

D.0.3.7.3 Retorna Machine

Máquina de reciclagem que gera desconto no supermercado. Quem deposita as embalagens vazias ganha incentivos como desconto na conta de luz e créditos no sistema de transporte público da cidade, dentre outros serviços. Além disso, se a embalagem for de desodorante, a recompensa é um cupom de 30% de desconto para a compra de novos produtos de marcas específicas.

D.0.4 Descrição da Solução

D.0.4.1 Perspectiva do Produto

O aplicativo tem como objetivo incentivar a reciclagem por meio de bonificações de descontos em produtos consumíveis.

D.0.4.2 Resumo dos Recursos

Tabela 31 – Resumo dos Recursos

Benefício para o Cliente	Recursos de suporte
Gerenciamento automático de créditos	O aplicativo, através das respostas de inserção de garrafas da máquina, mantém os créditos individuais de cada cliente.
Monitora a contribuição dos usuários	Mantém visível o quanto um cliente está ajudando na reciclagem.

D.0.5 Recursos do Produto

A aplicação do App - Máquina de Reciclagem oferece as seguintes funcionalidades:

- Manter Perfil de Usuário;
- Gerenciar créditos dos usuários;
- Viabilizar visualização de histórico de depósitos;

D.0.6 Requisitos Funcionais

Tabela 32 – Requisitos Funcionais

ID	Descrição	Prioridade
RF01	Visualizar Pontuação	Alta
RF02	Visualizar Garrafa validada	Média
RF03	Visualizar histórico de operações	Média
RF04	Editar perfil	Alta

D.0.7 Restrições

- Uso da Internet.

D.0.8 Intervalos de Qualidade

D.0.8.1 Requisitos de Implementação

Para a implementação do projeto em plataforma Android e IOS com a linguagem JavaScript e o Framework VueJS, será utilizado o modelo arquitetural de Componentes com base no MVVM, empregando o modelo de desenvolvimento baseado em componentes com o amparo do Framework Quasar. O Rethink será o Banco de Dados.

D.0.8.2 Requisitos de Sistema

Esta aplicação deverá ser acessada através de um dispositivo mobile em que o sistema operacional é o Android ou IOS.

D.0.8.3 Requisitos de Design

A composição deste software será feita de maneira a tornar sua utilização autoexplicativa e fácil, para acesso em tempo real, ou seja, atendendo todas as especificações de boas práticas referentes à experiência de usuário.

D.0.8.4 Requisitos de Portabilidade

O sistema será, exclusivamente, para celulares com a plataforma Android e IOS ou superiores, sendo disponibilizado na loja online Google Play.

D.0.8.5 Requisitos de Confiança

A aplicação obriga-se a mostrar as informações relativas ao perfil acessado.

D.0.8.6 Requisitos de Privacidade

Não haverá exposição pública de qualquer dado pessoal, exclusivo o nome do usuário.

Todos os dados referentes as garrafas, descontos e usuários serão arquivados no banco de dados do grupo de desenvolvedores, onde será de inteira responsabilidade destes e da empresa a não divulgação.

APÊNDICE E – Documento de Arquitetura

E.0.1 Introdução

Passada a elicitação de requisitos, é necessário a especificação da arquitetura do software a ser desenvolvido, implicando em uma otimização do entendimento por parte dos desenvolvedores sobre os requisitos e principalmente sobre a estrutura.

E.0.2 Escopo

O software a ser projetado tem como conceito a automatização da gerência de bonificações das pessoas que utilizam a máquina automática de reciclagem. A arquitetura escolhida deve ser baseada na ideia da relação de um cliente, sua interface de uso, uma camada da gerência das requisições de dados, no caso, pode ser uma API/Servidor e o Banco de Dados.

E.0.3 Visão Geral

O documento segue a seguinte estrutura:

- Introdução
- Representação Arquitetural
- Metas e Restrições da Arquitetura
- Visão de Casos de Uso
- Visão Lógica
- Visão de Implementação

E.0.4 Definições e Acrônimos

- **UC:** Introdução
- **MVVM:** Representação Arquitetural

E.0.5 Representação Arquitetural

E.0.5.1 Visão Geral

De forma geral, o padrão de arquitetura é a Arquitetura em N Camadas baseada na Arquitetura Cliente Servidor, mais precisamente, no caso serão 3 camadas, camada

de apresentação, aplicação(API) e dados. Por cima deste padrão será aplicado o estilo arquitetural REST. Esse conjunto de padrão abrangem de forma completa os requisitos macros de estrutura do projeto.

As tecnologias escolhidas para rodarem em cima deste modelo, foram o Vue JS que fornece suporte para o uso das linguagens padronizadas para desenvolvimento front-end, são elas, JavaScript, HTML5 e CSS3, o Quasar que é um framework Vue de desenvolvimento front-end e fornece recursos para desenvolvimentos de aplicações web e mobile(IOS e Android), o Node JS para fazer o papel de servidor das regras de negócio e o Banco de Dados RethinkDB, banco não relacional que fará o papel de servidor de dados.

É interessante colocar em pauta que as tecnologias de front-end já citadas se encaixam bem nas restrições e requisitos não-funcionais do projeto, além de terem sido escolhidas pela experiência do time. Suas justificativas técnicas estão elucidadas nos próximos tópicos.

Em relação a visão de caso de uso e lógica, o Vue possui um padrão de desenvolvimento chamado Model View ViewModel (MVVM) que tem uma ideia arquitetural geral parecida com o N Camadas que é de separar a parte Visão do projeto das Regras de Negócio, onde essa estrutura tem uma descrição bem interessante sobre a visão de processo arquitetural do projeto.

Já na visão de implantação, a comunicação com o hardware do projeto será possível utilizando da camada central da arquitetura, a API, sendo este ponto explicado em tópicos posteriores, mas de modo geral a camada central e a camada de dados serão responsáveis pela comunicação completa do software e do hardware.

E.0.5.2 Descrição e Representação Técnica

Segundo o arquiteto Christopher Alexanderv ([WILEY, 2004](#)), cada padrão é formado por três regras, a sua relação com o contexto, com o problema e com a solução, sendo assim, é interessante descrever esses três tópicos para o melhor entendimento da escolha arquitetural. O software a ser desenvolvido possui restrições e características que podem ser problemáticas em seu desenvolvimento, o sistema possui interação constante de assuntos de baixo nível com os de alto nível, onde a parte de baixo de nível estará em constante comunicação com o hardware e parte de alto nível estará sempre em contato com o usuário. Como haverá essa alta interação entre os níveis, haverá fluxo constante de pedidos entre os níveis e do hardware. O suporte para comunicação deverá ser aberto para diversos e diferentes periféricos, como exemplo a raspberry PI, isto também se torna um problema em pontos de reutilização, coesão e pouco acoplamento.

Então, segundo o livro de Wiley([WILEY, 2004](#)) e estudo postado pela UFCG([UFCG, 2010](#)), estes são problemas que vieram a ser solucionados com o uso do padrão arquitetural em Camadas, onde a solução para estes problemas está em dividir o sistema justamente em camadas e partições, onde uma camada é subsistema que agrupa valor ao sistema e

partições são subsistemas paralelos a outros subsistemas (UFCG, 2010). Para solucionar o problema de comunicação a diferentes periféricos, foi-se adotado o padrão Cliente Servidor usando o estilo arquitetural REST, onde este padrão pode ser descrito como uma estrutura em Camadas abrangendo a diferentes protocolos e formas de comunicação sem perder a coesão e reutilização por conta das requisições HTTP universais.

A quantidade de camadas é definida baseada na necessidade de serviços a serem disponibilizados, no caso deste projeto, sabe-se que haverá os serviços disponibilizados pelo aplicativo, os serviços disponibilizados referentes à aplicação que de forma geral é a interface de acesso aos dados do sistema e os serviços de dados. A partir disso é evidente que em questão serão 3 camadas como segue a representação abaixo.

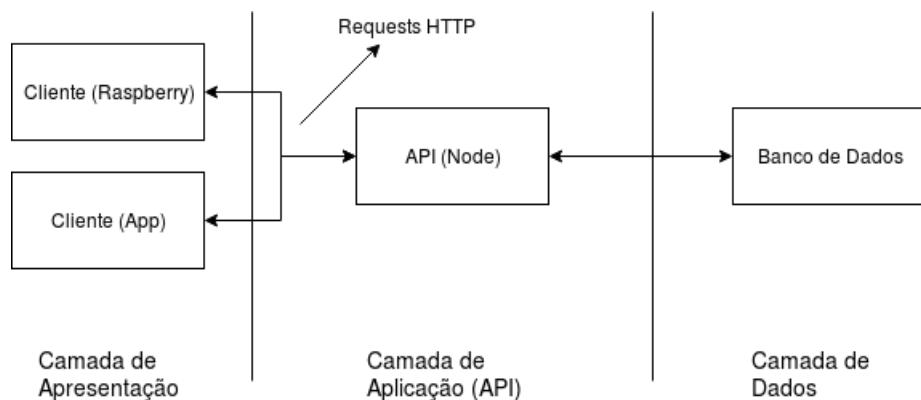


Figura 100 – Estrutura em Camadas

E.0.6 Visão de Caso de Uso

E.0.7 Visão Lógica

Tendo em vista sua flexibilidade, comunidade bem estabelecida (o que permite maior suporte ao desenvolver) e reatividade, foi escolhido o framework Vue.js para o desenvolvimento da aplicação que será utilizada pelo usuário. Como esta aplicação deve também contemplar o escopo de um aplicativo mobile, optou-se por utilizar o Quasar, o qual é um framework para Vue.js que permite o desenvolvimento de aplicações mobile, além de oferecer uma biblioteca de componentes prontos, que facilitam na hora do desenvolvimento.

Para desenvolvimento da API, escolheu-se o Node.js devido a sua facilidade de desenvolver aplicações em tempo real por meio de websockets. Já para os websockets, optou-se por utilizar o Socket.io, por se tratar de uma das maiores bibliotecas de comunicação em tempo real dentro do ambiente do Node.js. Já para o Banco de Dados, optou-se por utilizar o RethinkDB, pois o mesmo é não relacional, o que facilita sua integração com o Node.js, porém, ele possui algumas das vantagens dos bancos relacionais, como

Tabela 33 – Relação da arquitetura com casos de uso

UC	Descrição na Arquitetura
Visualizar pontuação	Cliente acessa a camada de apresentação e o sistema faz a requisição dos dados por meio da API. Em caso de incremento de pontos, esse incremento deve ocorrer em tempo real
Visualizar garrafa validada	Cliente acessa a camada de apresentação e o sistema faz a requisição dos dados por meio da API esperando a resposta da máquina. Essa resposta é apresentada em tempo real ao usuário
Visualizar histórico de operações	Cliente acessa a camada de apresentação e o sistema faz a requisição dos dados por meio da API
Editar Perfil	Cliente acessa a camada de apresentação e ele mesmo faz uma requisição de atualização no banco por meio da API
Gerar QR-Code	O aplicativo gera o QR-Code por meio do cpf
Gerenciar Operações	O sistema gera as operações por meio das requisições REST
Gerenciar Login	Atividade envolve requisição de salvamento de usuário por meio de nova inserção ou atualização. O sistema mantém a sessão do usuário.

a relação entre duas entidades, algo que será necessário no projeto, vide o diagrama de classes abaixo.

Apesar de não possuir nenhuma tecnologia com o cunho orientado a objetos, elaborou-se um diagrama de classes para elucidar como será a relação entre as entidades do sistema.

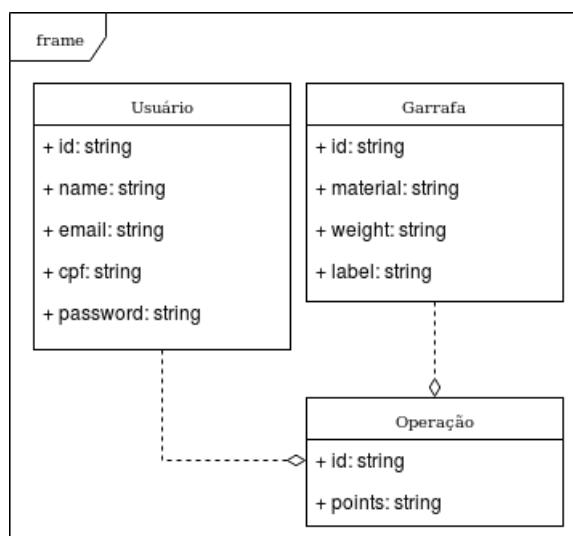


Figura 101 – Diagrama de Classes

As entidade são Usuário, Garrafa e Operação. A entidade Usuário se trata daquele que usará o aplicativo e se identificará por meio de um QR Code. A Garrafa se trata das

garrafas que vão ser pré cadastradas no sistema e que serão identificadas também através de um QR Code. A Operação consta na inserção de garrafas na máquina, a qual será a fonte dos pontos do usuário. A Operação por sua vez apresenta uma relação de composição com Usuário e com Garrafa, de modo que ela não existe sem as duas entidades, mas as duas entidades não são dependentes de sua existência. Vale ressaltar que uma Operação pode ser compostas de várias garrafas, porém estará atrelada a um único usuário.

Diagramas de sequência é uma solução bastante usada de modelagem dinâmica. A modelagem dinâmica foca as interações que ocorrem dentro do sistema. Diagramas de sequência incidem especificamente sobre as “linhas de vida” de um objeto e como elas se comunicam com outros objetos para executar uma função antes do término da linha de vida. Dentro do sistema proposto, temos a representação do usuário, sua conta criada, a lógica de criação de qr code, e as ações representadas pela interação com a máquina.

Cada figura tem seu tempo de atuação desse linha de vida de acordo com suas atividades e suas ações disponíveis, representados no diagrama pela barra azul. As setas representam o fluxo das ações que se interagem entre si

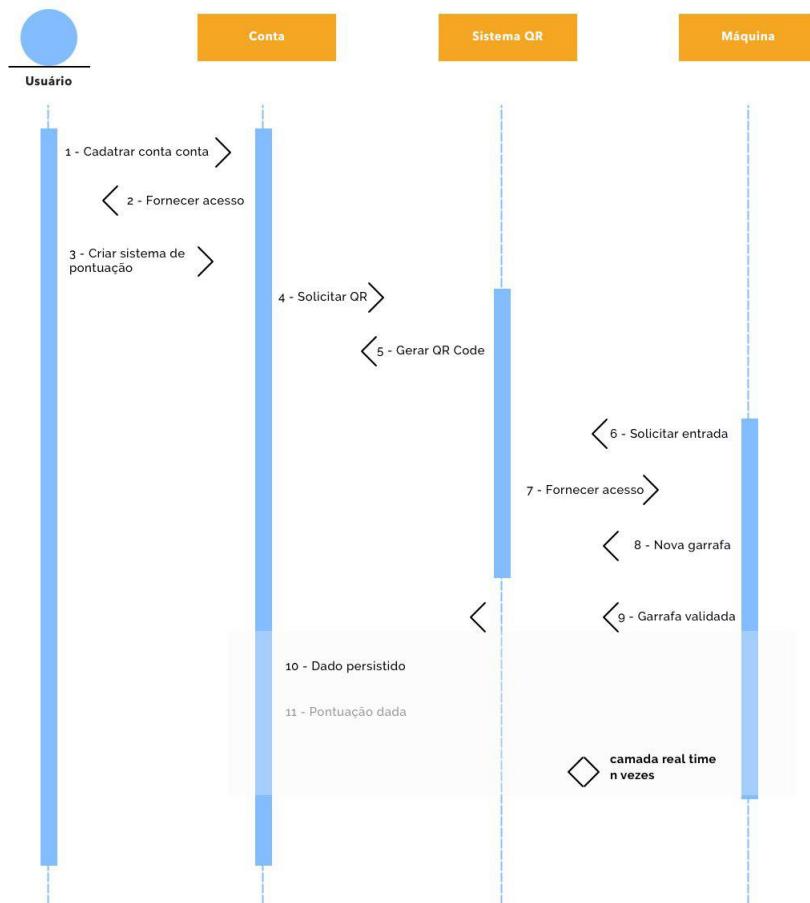


Figura 102 – Diagrama de Classes

Vale ressaltar que dentro da nossa realidade, temos um fluxo cíclico e em real time, que é a inserção das garrafas. A cada ação feita pela máquina, a garrafa é validada e

enviada para a camada da conta do usuário, e então os dados são persistidos e as pontuações são feitas

E.0.8 Visão de implementação

E.0.8.1 App

Por se tratar de um projeto baseado no framework Vue.js, a arquitetura do sistema será construída com base na arquitetura proposta pelo framework. Apesar de não ser estritamente baseado no MVVM (detalhada no subsistema de software na seção de planejamento), a arquitetura do Vue foi desenhada de acordo com esse modelo arquitetural. Dito isso, esse modelo funcionará da seguinte forma:

E.0.8.2 View

A camada da view possui uma arquitetura baseada em componentes, onde um componente pode ser definido como uma instância reusável do Vue, uma fração de uma interface completa. Tudo que o usuário vê é, necessariamente, um componente. Os componentes são independentes entre si, apesar de coexistirem, cada um no seu próprio espaço, com seus próprios métodos, suas próprias chamadas de API, sua própria estrutura. A independência dos componentes permite também sua reusabilidade, implementando assim o princípio DRY (don't repeat yourself) de desenvolvimento, o que facilita futuras manutenções.

Diferentemente da arquitetura MVC (Model-View-Component) que separa as camadas da aplicação de maneira horizontal, a arquitetura baseada em componentes separa as camadas do sistema (no caso desse projeto, da View) de maneira vertical. Em outras palavras, enquanto no MVC existe uma camada responsável apenas por mostrar os dados e outra que recupera os dados a serem mostrados, na arquitetura baseada em componentes tudo isso acontece no mesmo nível arquitetural (geralmente a View), e, como já mencionado, as informações respectivas a um componente estão definidas na instância daquele componente.

Para melhor elucidação da arquitetura descrita, considere o seguinte exemplo de uma aplicação cujo o escopo é uma lista de afazeres, onde a lista possui itens que podem ser excluídos ou editados e um footer com ações de cunho global e outras informações. A estrutura dessa aplicação na arquitetura baseada em componentes seria a seguinte:

Onde cada um desses elementos é um componente. O TodoList é o componente onde todos os outros componentes serão adicionados. O TodoItem é um componente que será reusado para cada item da lista de afazeres, de forma que cada TodoItem possuirá um componente DeleteTodoButton e EditTodoButton, que terá a função de excluir e editar um item, respectivamente. Por fim, a TodoList possuirá ainda um componente TodoFooter, o qual possuirá os componentes ClearTodosButton, responsável por limpar

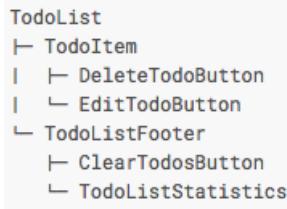


Figura 103 – Arquitetura TODO

todos os afazeres e TodoListStatistics, responsável por mostrar estatísticas dos afazeres (quantos já foram concluídos, por exemplo).

Os componentes foram arquitetados é da seguinte forma:

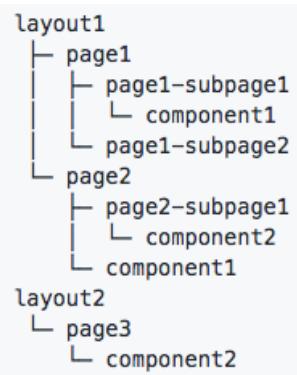


Figura 104 – Arquitetura em Componente

Haverá um componente layout diferente que irá agrupa um conjunto de páginas. Para cada página, haverá um componente page, que pode ou não conter subcomponentes específicos à sua implementação. Além disso, haverá uma série de componentes que poderão ser reutilizados por vários outros componentes. Esse padrão foi adotado com base na escolha do framework Quasar, tendo em vista que é o padrão sugerido pelo mesmo e que permite melhor desfrutar de suas utilidades.(MEDIUM, 2016b) (QUASAR, 2017)

E.0.8.3 Model

O papel de model é exercido pela store da aplicação. A store nada mais é do que um padrão de gerenciamento de estado para a aplicação de um modo geral, sendo consultado e manipulado pela camada da View. Ele serve como uma centralização de uma biblioteca para todos os componentes em uma aplicação, com regras que garantem que o estado só possa ser mutado de forma previsível. A store, por sua vez, é implementada do Vue através do Vuex.

A arquitetura do Vuex é uma arquitetura baseada em módulos, onde um módulo representa, de um modo geral, uma entidade do sistema.

Segue um diagrama que representa a arquitetura da store:

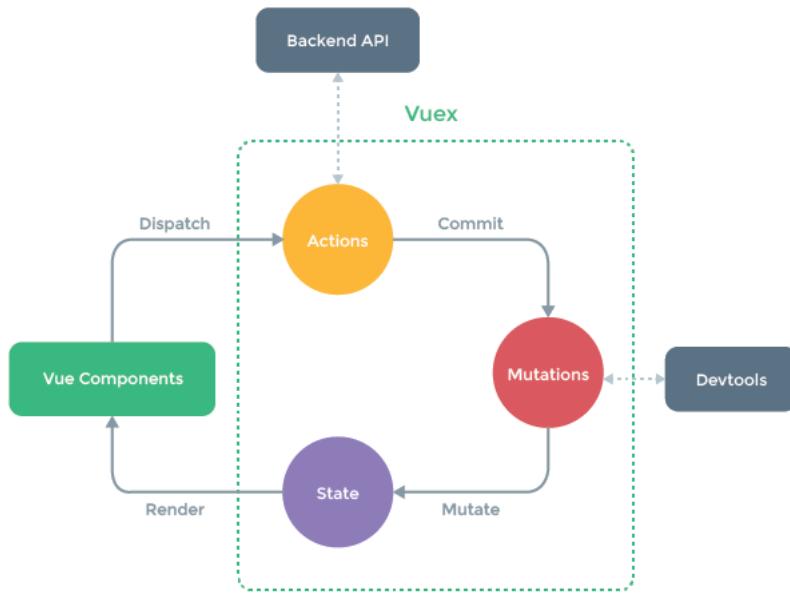


Figura 105 – Vuex

O estado, que consiste em um objeto Javascript, é armazenado no State, o qual é acessado pelo componente através de um Getter, que é uma função cujo único propósito é retornar um valor desejado do estado armazenado no State. O componente, caso deseje consultar uma API externa ou alterar o estado contido no State, deve chamar uma Action, que nada mais é do que um método. A Action por sua vez chamará a API caso necessário e, se for o caso, alterar o estado através de uma Mutation. Da mesma forma que um Getter possui um objetivo único, uma Mutation também segue esse padrão; no entanto, o objetivo da Mutation é apenas alterar um valor específico do State.

Essa arquitetura se mantém para todo módulo da store. ([VUEX, 2017](#))

E.0.8.4 ViewModel

A camada da ViewModel funciona como um intermediário entre a camada da View e a camada da Model. No Vue.js, quem faz esse papel de intermediário é a instância global Vue instanciada sempre no começo do projeto. Ao se criar tal instância, é passado um objeto de configuração que determina o seu comportamento.

Como este projeto faz uso do framework Quasar, não há a criação da instância em si, há apenas o objeto de configuração e o framework se encarrega de criar a instância com a composição desejada. ([VUE, 2017](#))

E.0.9 API

A API, por se tratar de um projeto Node.js permite que a arquitetura seja moldada de acordo com a solução e não com base na tecnologia ([NODE, 2017](#)), e por ser uma aplicação mais simples, possui uma arquitetura mais simples do que a arquitetura do Vue descrita acima.

Apesar da simplicidade, essa camada de interface necessita comunicar com o banco de dados, recuperar e gravar informações e disponibilizar o resultado dessa recuperação através de algum protocolo de comunicação.

Tendo essas assertivas em mente, optou-se pela utilização do modelo arquitetural de N-Camadas, sendo que no caso deste projeto, haverá apenas duas camadas, a camada de Model e a camada de API.

A camada da Model terá a função de se comunicar diretamente com o banco de dados, definindo os atributos e regras de negócio de cada entidade do sistema.

A camada da API por sua vez será responsável por requisitar a Model sempre que for necessário escrever ou ler informações no banco de dados. Além disso, a camada de API deve oferecer uma forma de comunicação para aplicações externas, devendo essa comunicação ser exercida através do protocolo HTTP.

O diagrama a seguir permite visualizar a arquitetura descrita.

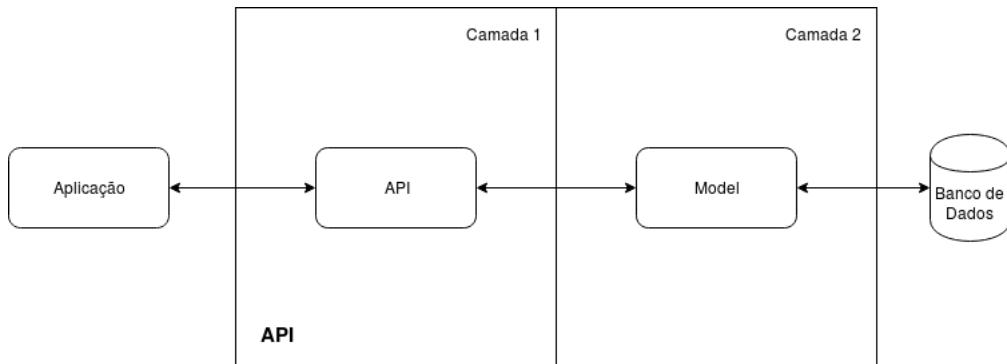


Figura 106 – Arquitetura da API

Além disso, a camada de API deverá respeitar o padrão REST quando possível, que consiste no reuso de URL endereçáveis, mudando-se o método utilizado na requisição. Quando não for possível respeitar o padrão REST, deve-se utilizar o protocolo RPC, que consiste em requisições que não necessariamente consistem no reuso de uma URL endereçável.

E.0.10 Visão de implantação

A implantação do sistema será feita de acordo com o seguinte diagrama

A API, a qual diz respeito à aplicação em Node.js com a comunicação em tempo real feita pelo Socket.io, juntamente com o banco de dados, em RethinkDB, estarão dis-

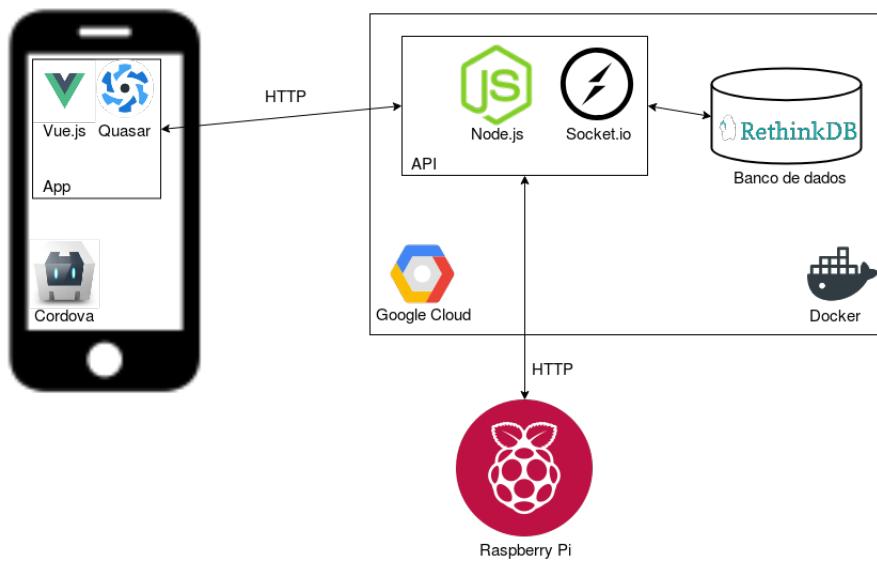


Figura 107 – Implantação

poníveis para acesso na nuvem por meio da plataforma do Google Cloud. A plataforma fará essa disponibilização através de uma imagem do Docker. A escolha do Docker foi feita para que a implantação da API independesse do serviço de nuvem utilizado. Desta forma, o Google Cloud pode ser facilmente substituído pela AWS, Microsoft Azure ou Digital Ocean, por exemplo. Sendo assim a escolha do Google Cloud foi feita apenas com base no seu período de uso gratuito sem a necessidade de vincular nenhum tipo de cartão de crédito.

O aplicativo do cliente por sua vez rodará em um celular através do Cordova. Funciona da seguinte maneira: o Quasar gera uma série de arquivos estáticos (HTML, CSS e Javascript) com base no código após desenvolvida a aplicação utilizando-se do Vue e até mesmo de componentes do próprio Quasar. O Cordova se utiliza desses arquivos estáticos para gerar uma aplicação mobile, que nada mais é do que um servidor que serve os arquivos gerados pelo Quasar. Essa aplicação gerada pelo cordova se comunicará com a API na nuvem através de requisições HTTP.

Por fim, a placa Raspberry Pi que estará presente na máquina também se comunicará com o servidor através de requisições HTTP.

Anexos

ANEXO A – Estrutura

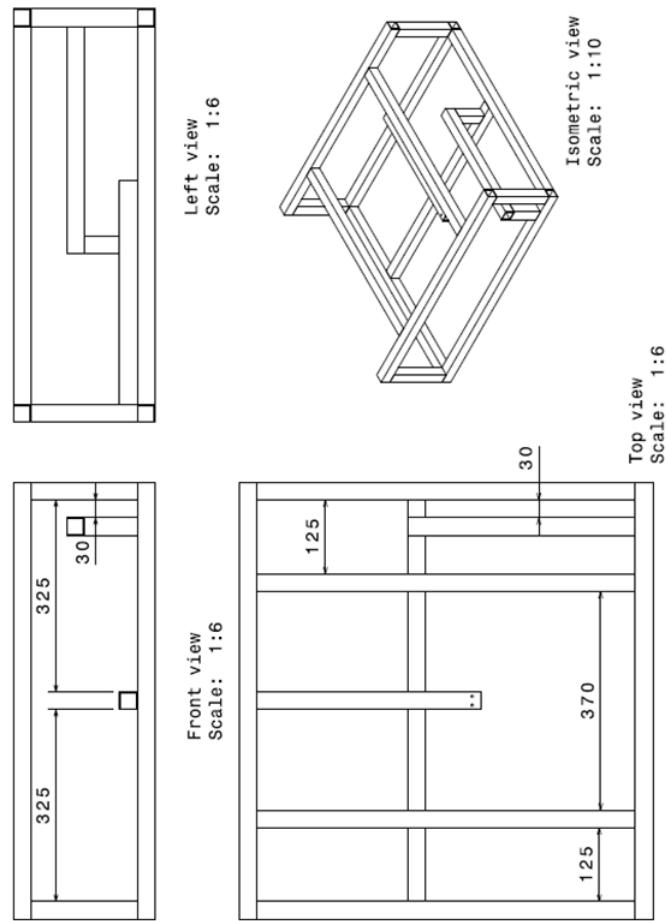


Figura 108 – Estrutura do módulo de seleção e pesagem de garrafas

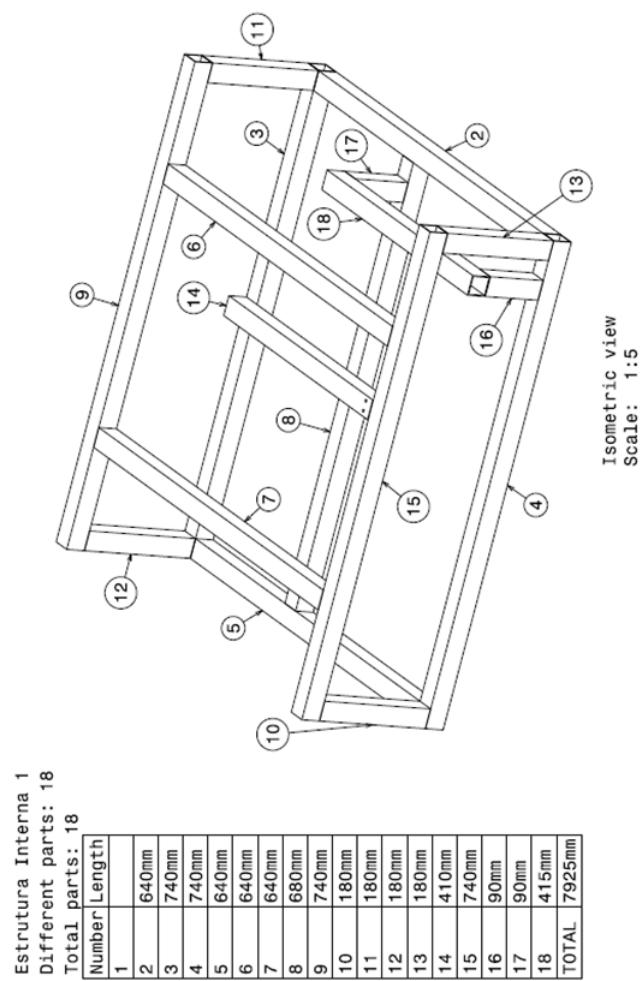


Figura 109 – Estrutura do módulo de seleção e pesagem de garrafas (2)

Recapitulation of: Triturador		
Different parts: 23		
Total parts: 81		
Quantity	Number	Nomenclature
1	1	Eixo Usinado
2	2	Espacador do eixo 3mm
2	3	Espacador do eixo 6mm
5	4	Faca movei 1 5mm
5	5	Faca movei 2 5mm
4	6	Faca movei 3 5mm
14	7	Espacador de facas 6mm
14	8	Contra faca pequena 6mm
14	9	Contra faca grande 5mm
1	11	Perfil L Inferior 30x30x3
2	12	Placa Mancal 210x135x6
2	10	Parafuso do mancal 07175-110x30
1	13	Perfil L Superior 30x30x3
1	14	Perfil L Superior (Mirror)
1	15	Perfil L Inferior (Mirror)
2	19	Placa lateral 3mm
1	16	Placa inferior
1	17	Placa superior
2	18	Placa grande lateral
2	20	Placa lateral 3mm
1	21	Placa Inferior
1	22	Placa Superior
2	23	Mancal UCFL 204

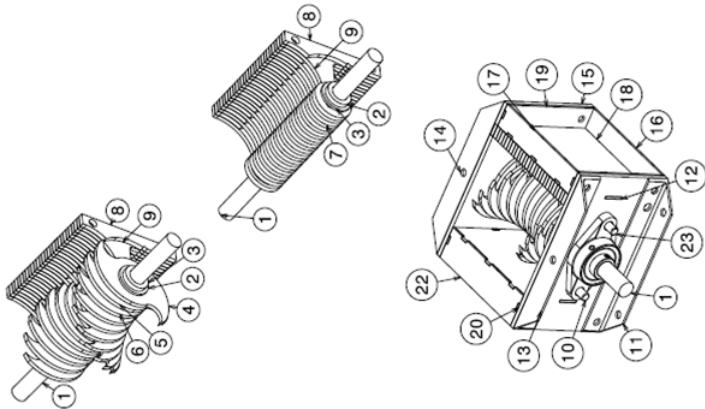
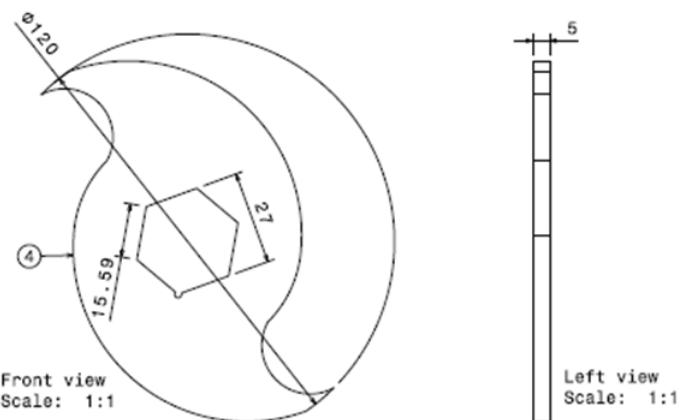


Figura 110 – Montagem do triturador, com todas as suas partes



Os três tipos de facas móveis (numerações 4, 5 e 6) só se diferem no sentido do furo sextavado em seu centro, com intuito de gerar um fluxo no movimento das facas. As dimensões são iguais.

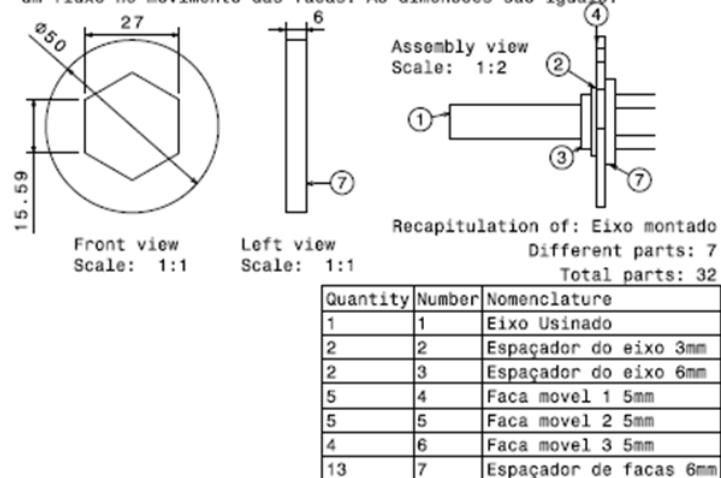


Figura 111 – Facas móveis e espaçadores

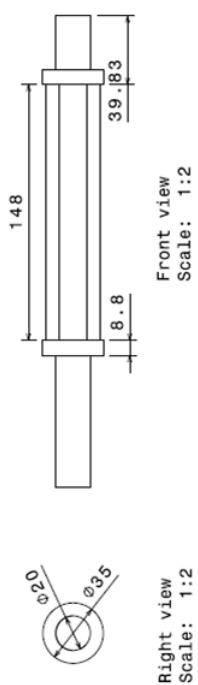


Figura 112 – Eixo sextavado usinado e arruelas

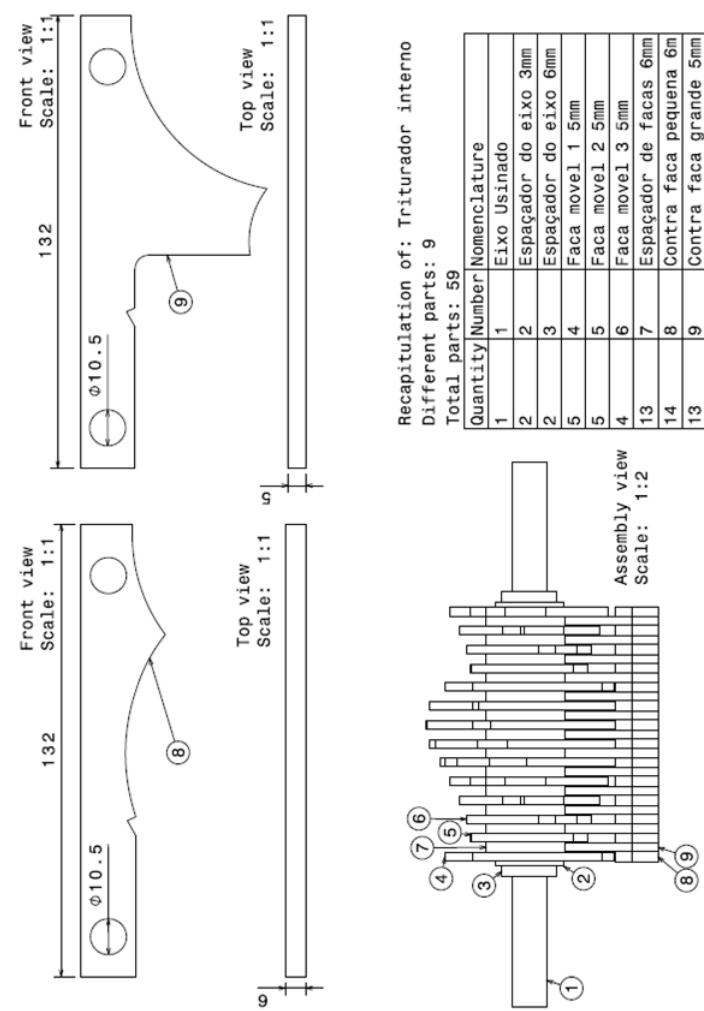


Figura 113 – Facas fixas e montagem interna do triturador

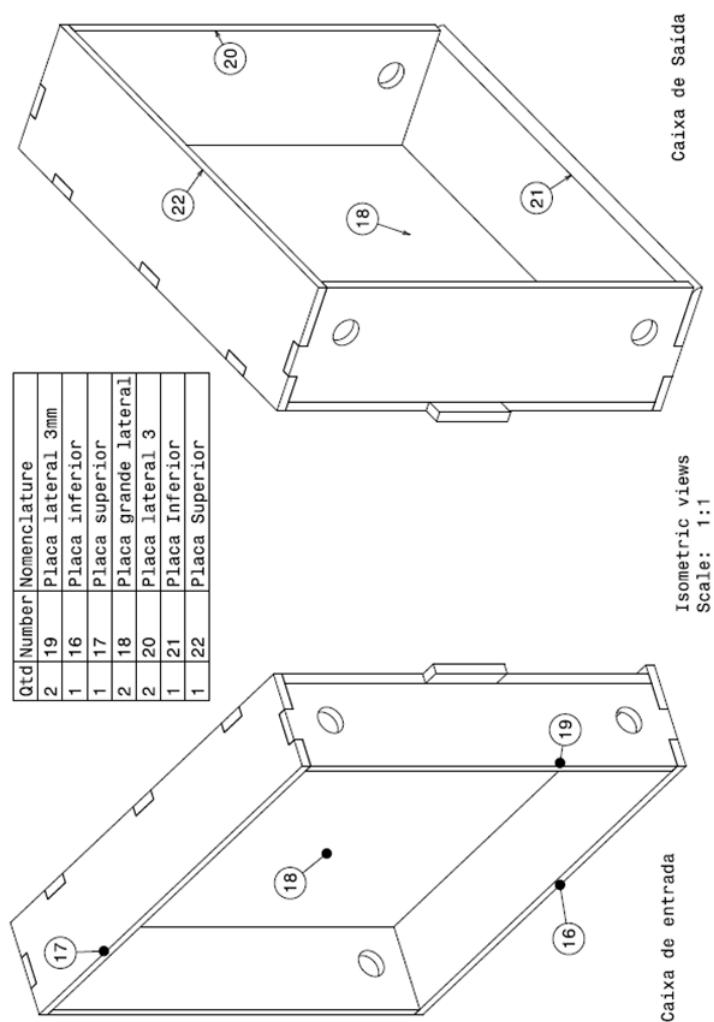


Figura 114 – Caixas laterais de entrada e de saída

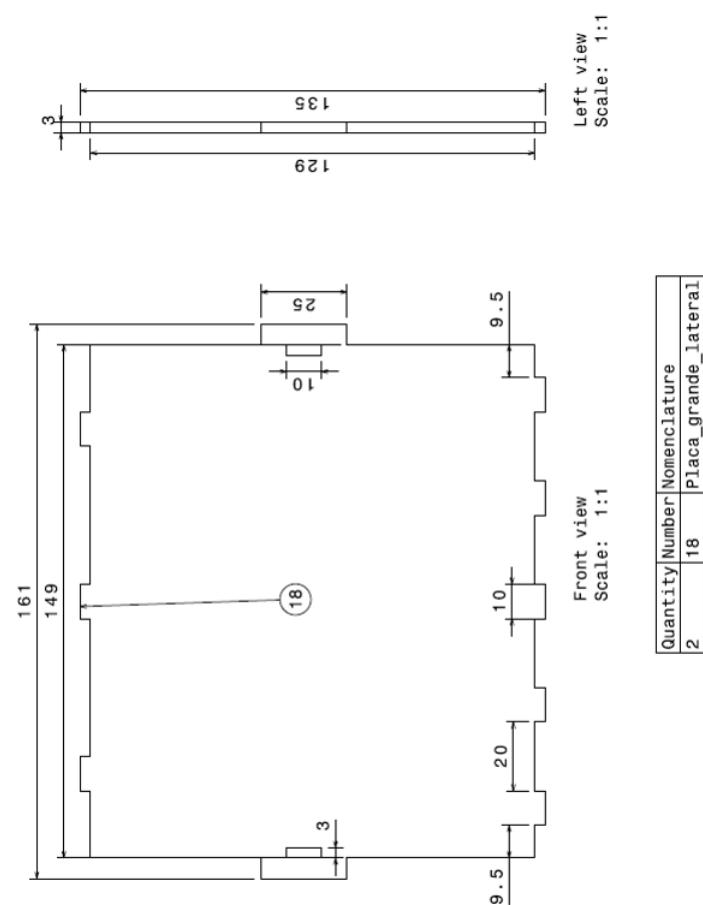


Figura 115 – Placa maior das caixas laterais

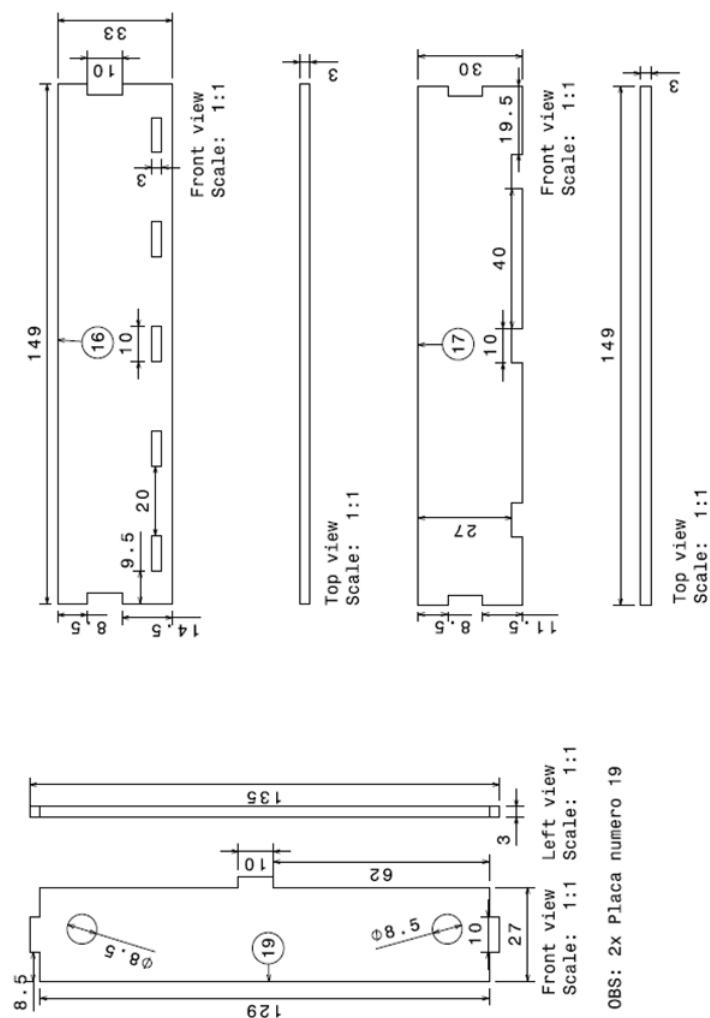


Figura 116 – Placas menores da caixa lateral de entrada

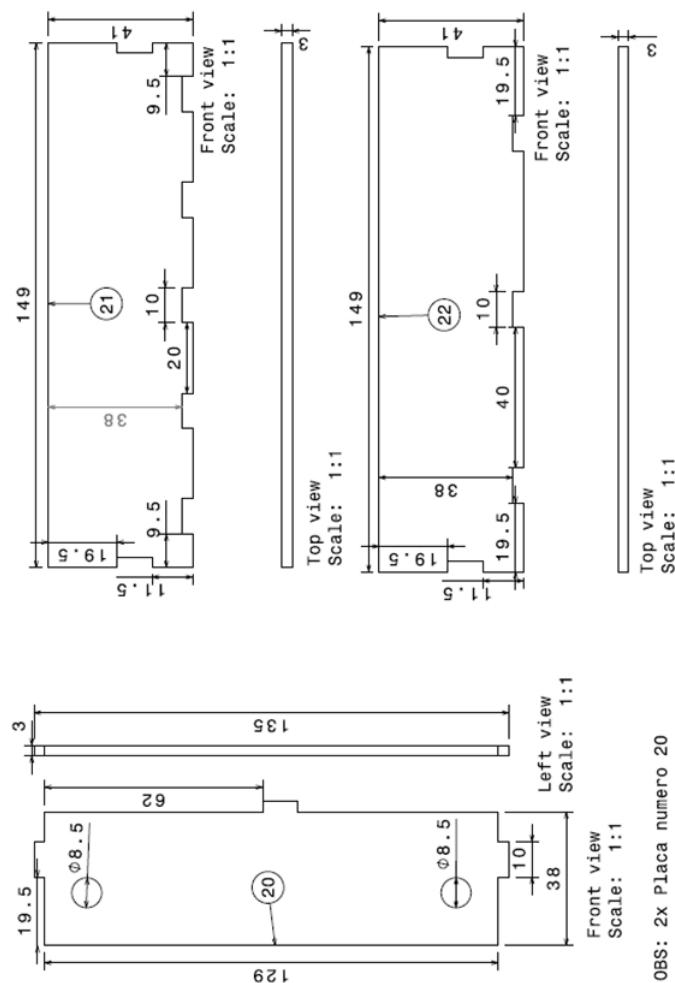
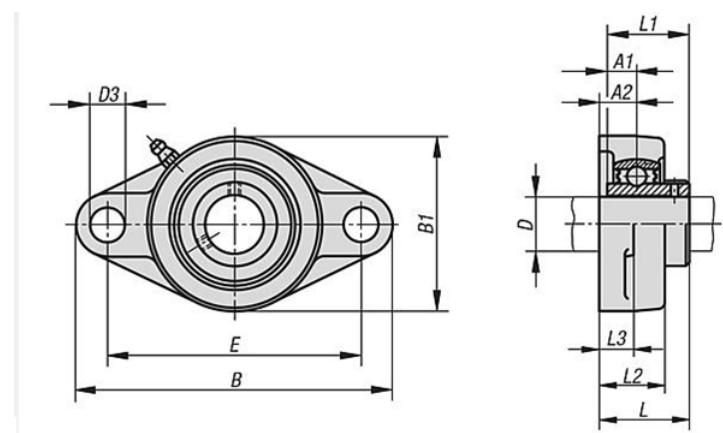


Figura 117 – Placas menores da caixa lateral de saída

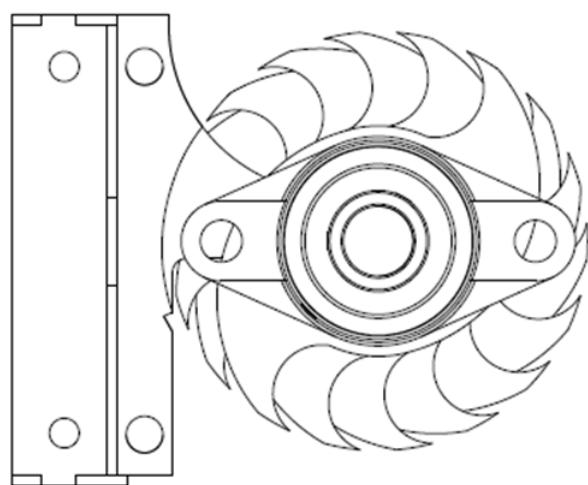


▼ Ferramentas para a seleção de artigo/filtro de pesquisa

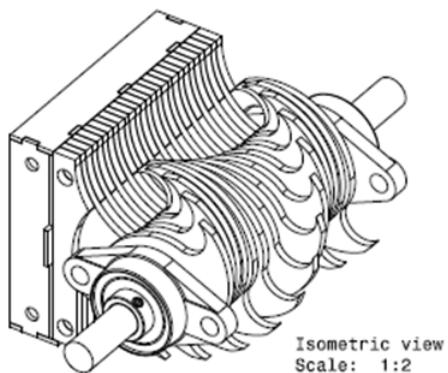
Código do artigo	Rolamento	Carcaça	D	A1	A2	B	B1	D3	E	L	L1	L2	L3	a	Parafuso(s) de fixação
24215-20204	UC 204	FL 204	20	12,7	15	113	60	12	90	33,3	31	25,5	11	10°	M10

Figura 118 – Dimensões do Mancal UCFL 204 para o triturador

Montagem da caixa de entrada com a árvore montada



Front view
Scale: 1:1



Isometric view
Scale: 1:2

Figura 119 – Montagem da caixa de entrada com a árvore montada

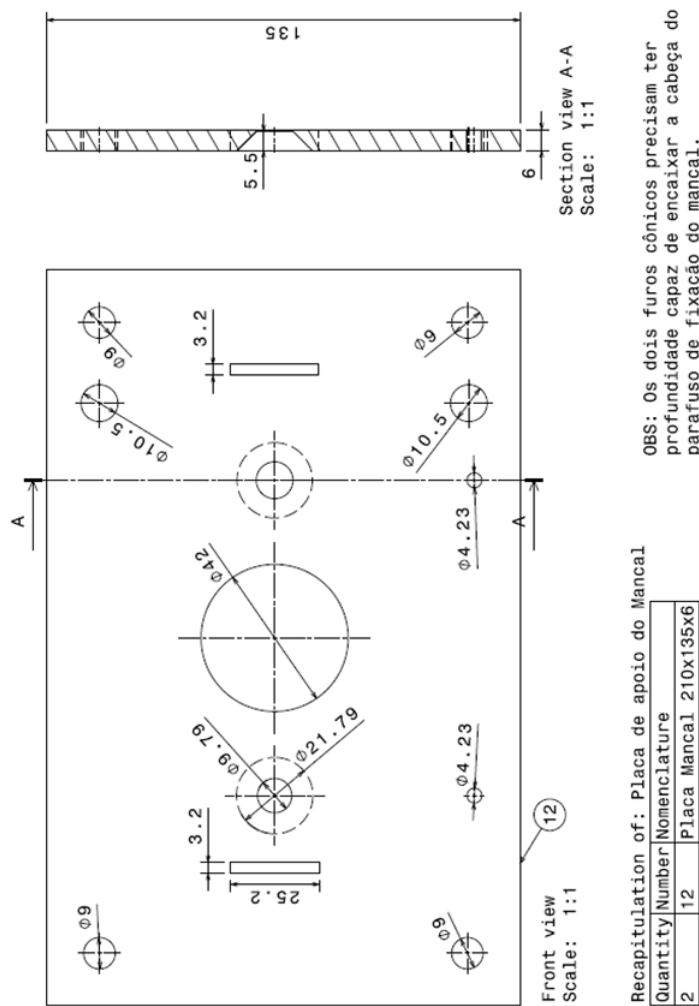


Figura 120 – Placa de apoio do Mancal

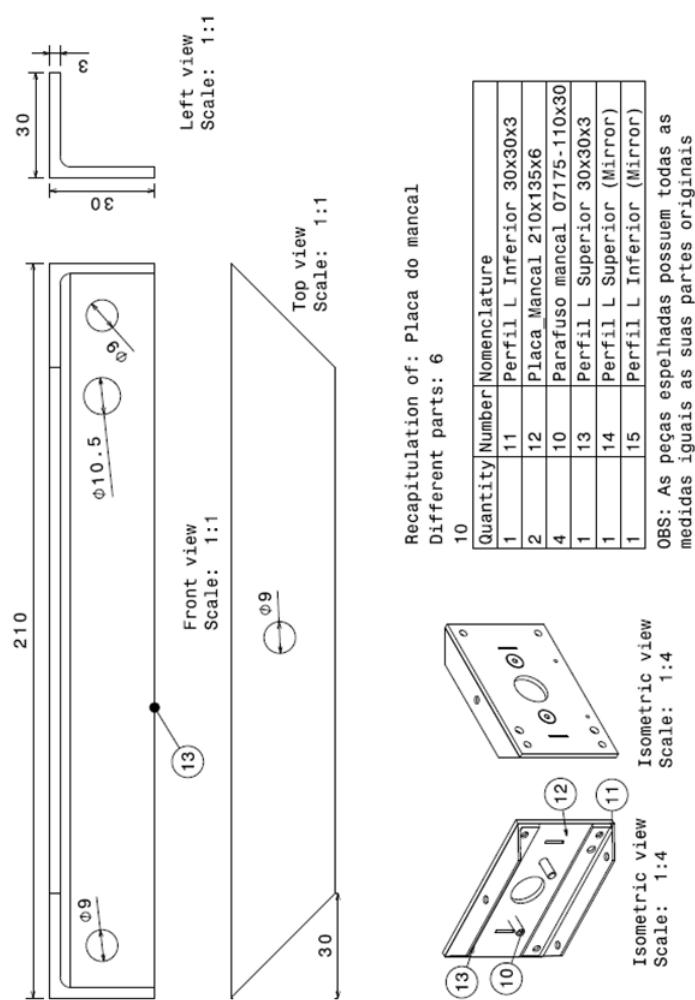


Figura 121 – Placa de apoio do Mancal

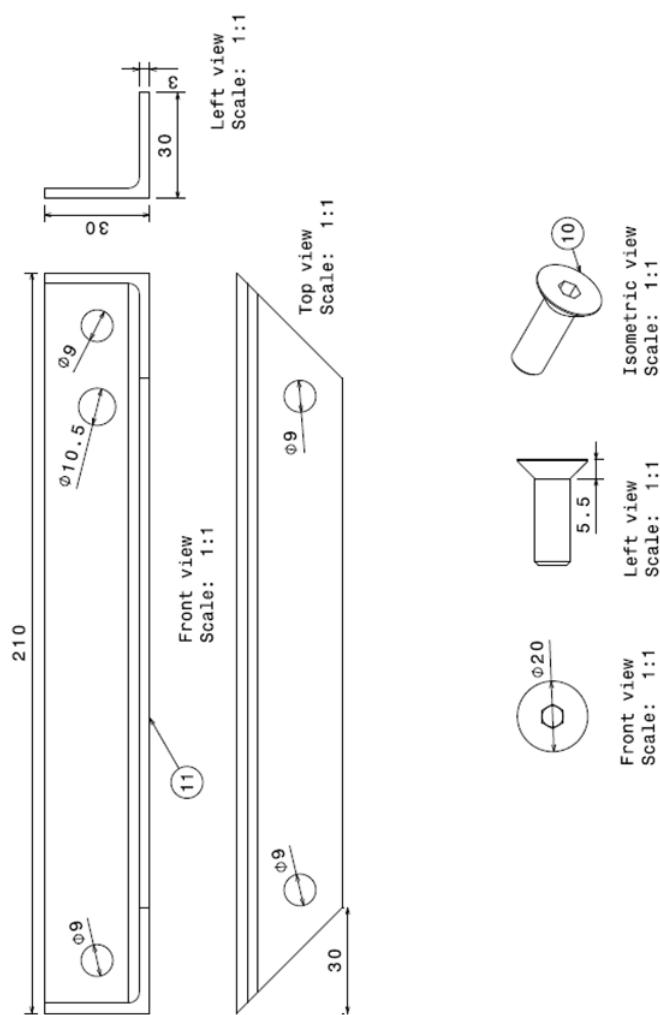


Figura 122 – Placa de apoio do Mancal

1 Estágio a 1750 rpm



Redução nominal	Denominação	Tamanho													
		03	04	05	06	07	08	10	12	14	17	20	24	28	34
10	Potência entrada (CV)	0,75	1,32	2,57	4,00	6,25	9,71	13,65	19,95	26,5	40,6	60,2	69,3		
10	Potência saída (CV)	0,59	1,03	2,11	3,32	5,31	8,35	11,88	17,56	23,6	36,5	54,8	62,2		
10	Mom. torque saída (kgf.m)	2,394	4,3	8,6	13,6	21,7	34,2	48,6	71,8	96,6	149	224	336		
10	Carga radial saída (kgf)	160	400	512	548	607	720	800	1066	1178	1504	1947			
10	Rendimento	0,78	0,80	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92			
10	Redução efetiva	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
15	Potência entrada (CV)	0,55	1,00	1,97	3,05	4,57	6,88	10,19	15,33	20,0	29,3	42,3	62,5	78,0	109,2
15	Potência saída (CV)	0,39	0,73	1,48	2,32	3,56	5,50	8,35	12,88	17,0	25,2	36,8	55,0	69,4	97,2
15	Mom. torque saída (kgf.m)	2,397	4,5	9,1	14,2	21,9	33,8	51,3	79,1	104	155	226	338	412	577
15	Carga radial saída (kgf)	187	400	550	640	720	856	940	1264	1430	1850	2405	2910	3270	
15	Rendimento	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89		
15	Redução efetiva	15	15	15	15	15	15,5	15,5	15	15	15	15	15	14,5	14,5
20	Potência entrada (CV)	0,47	0,84	1,72	2,56	3,78	5,72	8,50	12,60	16,3	24,3	36,1	52,5	67,7	95,9
20	Potência saída (CV)	0,31	0,57	1,21	1,84	2,80	4,35	6,63	10,08	13,4	20,2	30,3	44,6	58,2	83,4
20	Mom. torque saída (kgf.m)	2,538	4,7	9,9	15,1	22,9	35,6	54,3	82,5	110	165	248	365	476	700
20	Carga radial saída (kgf)	203	400	550	700	792	946	1047	1407	1590	2045	2674	3250	3660	
20	Rendimento	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87
20	Redução efetiva	19,5	19,5	20	20	20	19,5	20	20	20	20	20	20	20,5	
25	Potência entrada (CV)	0,37	0,78	1,60	2,38	3,57	5,34	7,85	11,34	15,0	22,1	32,8	47,1	59,3	83,2
25	Potência saída (CV)	0,21	0,51	1,09	1,67	2,57	3,96	5,97	8,85	12,0	17,9	26,9	39,1	49,8	70,7
25	Mom. torque saída (kgf.m)	2,196	5,2	11,1	17,0	26,3	40,5	61,0	90,5	120	183	275	392	509	709
25	Carga radial saída (kgf)	220	400	550	700	840	1005	1124	1450	1700	2182	2850	3500	3930	
25	Rendimento	0,56	0,66	0,66	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
25	Redução efetiva	25	24,5	25	25	24,5	25	25	24,5	25	25	24,5	25	24,5	
30	Potência entrada (CV)	0,35	0,66	1,38	2,05	3,10	4,50	6,70	9,60	11,5	17,1	25,0	37,6	48,2	64,2
30	Potência saída (CV)	0,20	0,39	0,84	1,29	2,02	3,04	4,69	6,91	8,54	13,0	19,5	30,1	39,0	52,0
30	Mom. torque saída (kgf.m)	2,449	4,8	10,3	15,9	24,7	37,0	57,6	84,9	105	160	239	370	479	638
30	Carga radial saída (kgf)	240	400	550	700	900	1050	1236	1450	1880	2420	3100	3500	4340	
30	Rendimento	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81	0,81
30	Redução efetiva	30	30	31	31	31	31	30	30	30	30	30	30	30	
40	Potência entrada (CV)	0,32	0,62	1,26	1,84	2,80	4,24	6,25	9,20	10,7	15,8	23,2	34,0	43,0	58,5
40	Potência saída (CV)	0,17	0,34	0,72	1,10	1,74	2,71	4,19	6,44	7,71	11,7	17,6	26,5	33,5	45,6
40	Mom. torque saída (kgf.m)	2,724	5,6	11,8	18,1	28,4	44,4	68,6	105,4	120	182	274	412	562	765
40	Carga radial saída (kgf)	260	400	550	700	900	1050	1300	1450	2000	2584	3100	3500	4500	
40	Rendimento	0,52	0,55	0,57	0,60	0,62	0,64	0,67	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,78	0,78
40	Redução efetiva	40	40	39	39	39	40	39	38	38	38	38	41	41	
50	Potência entrada (CV)	0,29	0,52	1,08	1,55	2,36	3,54	5,25	7,55	8,94	13,0	19,3	27,8	35,1	49,2
50	Potência saída (CV)	0,14	0,24	0,54	0,82	1,32	2,05	3,20	4,83	5,9	8,84	13,5	20,0	25,6	36,4
50	Mom. torque saída (kgf.m)	2,789	5,0	11,0	16,6	27,0	42,0	65,5	98,9	118	177	271	401	534	745
50	Carga radial saída (kgf)	280	400	550	700	900	1050	1300	1450	2100	2700	3100	3500	4500	
50	Rendimento	0,47	0,47	0,50	0,53	0,56	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,73	0,74
50	Redução efetiva	48	48	49	49	48	49	49	49	49	49	49	49	51	50
60	Potência entrada (CV)	0,27	0,45	0,85	1,26	1,88	2,84	4,10	6,10	7,16	10,8	15,7	23,1	29,7	39,7
60	Potência saída (CV)	0,11	0,20	0,40	0,53	1,00	1,54	2,38	3,72	4,58	7,10	10,7	16,2	20,8	27,8
60	Mom. torque saída (kgf.m)	2,785	4,9	9,8	15,5	24,5	37,8	58,4	91,4	114	174	257	399	519	694
60	Carga radial saída (kgf)	300	400	550	700	900	1050	1300	1450	2100	2700	3100	3500	4500	
60	Rendimento	0,42	0,44	0,47	0,50	0,53	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,70	0,70	0,70
60	Redução efetiva	60	60	60	60	60	60	60	61	60	61	60	61	61	
80	Potência entrada (CV)	0,36	0,66	0,96	1,41	2,08	3,03	4,45	5,23	7,70	11,4	17,1	21,9		
80	Potência saída (CV)	0,13	0,26	0,38	0,65	1,00	1,55	2,40	2,98	4,62	7,16	11,1	14,2	20,0	
80	Mom. torque saída (kgf.m)	4,4	8,6	12,6	21,2	32,7	50,6	78,7	97,6	151	234	363	453	655	
80	Carga radial saída (kgf)	300	400	550	700	900	1050	1300	1450	2100	2700	3100	3500	4500	
80	Rendimento	0,37	0,40	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,65	0,65	0,65	
80	Redução efetiva	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	78	80

Figura 123 – Tabela com características do redutor WEG-CESTARI MAGMA-K, redução nominal de 40, tamanho 4

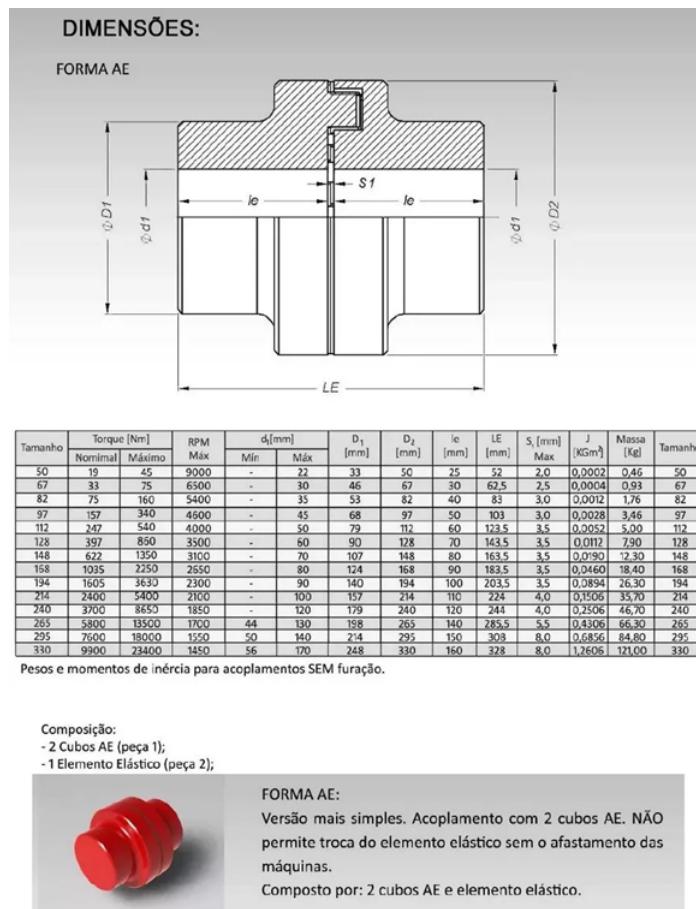
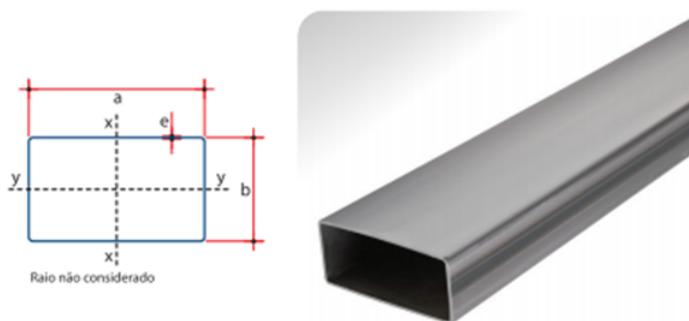


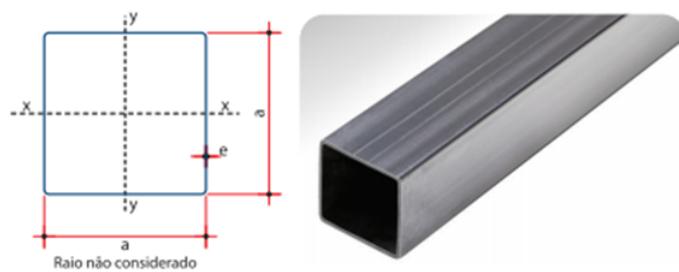
Figura 124 – Tabela de Acoplamentos Flexíveis Elásticos



Dimensões a x b	esp.	peso	peso	área	Momento de Inércia		Raio de Giroção	Módulo resistente
					J_y (cm 4)	J_z (cm 4)		
30 x 20	0,75	0,5711	3,4265	0,7275	0,9312	0,4962	1,1326	0,8268
	0,90	0,6811	4,0864	0,8676	1,0988	0,5833	1,1266	0,8209
	1,06	0,7968	4,7809	1,0151	1,2710	0,6720	1,1203	0,8145
	1,20	0,8968	5,3807	1,1424	1,4164	0,7461	1,1147	0,8091
35 x 15	1,50	1,1069	6,6411	1,4100	1,7116	0,8946	1,1030	0,7974
	0,75	0,5711	3,4265	0,7275	1,1299	0,2975	1,2476	0,6402
	0,90	0,6811	4,0864	0,8676	1,3340	0,3481	1,2414	0,6341
	1,06	0,7968	4,7809	1,0151	1,5441	0,3969	1,2347	0,6276
35 x 25	1,20	0,8968	5,3807	1,1424	1,7215	0,4409	1,2290	0,6220
	1,50	1,1069	6,6411	1,4100	2,0826	0,5236	1,2167	0,6101
	0,75	0,6888	4,1330	0,8775	1,5699	0,9343	1,3390	1,0330
	0,90	0,8224	4,9342	1,0476	1,8574	1,1025	1,3330	1,0270
40 x 20	1,06	0,9632	5,7794	1,2271	2,1548	1,2754	1,3267	1,0207
	1,20	1,0852	6,5111	1,3824	2,4073	1,4214	1,3211	1,0151
	1,50	1,3424	8,0541	1,7100	2,9248	1,7178	1,3093	1,0034
	0,75	0,6888	4,1330	0,8775	1,8689	0,6353	1,4610	0,8518
40 x 30	0,90	0,8224	4,9342	1,0476	2,2123	0,7476	1,4548	0,8457
	1,06	0,9632	5,7794	1,2271	2,5680	0,8623	1,4483	0,8392
	1,20	1,0852	6,5111	1,3824	2,8703	0,9584	1,4426	0,8336
	1,50	1,3424	8,0541	1,7100	3,4908	1,1518	1,4304	0,8216
	0,90	0,9637	5,7820	1,2276	2,9004	1,8611	1,5388	1,2327
	1,06	1,1297	6,7780	1,4391	3,3718	2,1592	1,5324	1,2263
	1,20	1,2736	7,6415	1,6224	3,7738	2,4123	1,5269	1,2207
	1,50	1,5779	9,4671	2,0100	4,6031	2,9311	1,5150	1,2089

* Sob encomenda

Figura 125 – Tabela de tubos retangulares



Dimensões mm	esp. mm	peso kgf/m	peso kgf/6m	área cm²	Mom Inércia $J_x=J_y$ (cm⁴)	raio giração $I_x=I_y$ (cm)	módulo resistente $w_x=w_y$ (cm³)
16 x 16	0,75	0,3591	2,1548	0,4575	0,1778	0,6233	0,2222
	0,90	0,4267	2,5604	0,5436	0,2073	0,6175	0,2591
	* 1,06	0,4973	2,9836	0,6335	0,2368	0,6115	0,2960
	1,20	0,5577	3,3460	0,7104	0,2610	0,6062	0,3263
	* 1,50	0,6830	4,0977	0,8700	0,3081	0,5951	0,3852
	0,75	0,4533	2,7200	0,5775	0,3572	0,7865	0,3572
20 x 20	0,90	0,5398	3,2386	0,6876	0,4190	0,7806	0,4190
	* 1,06	0,6304	3,7824	0,8031	0,4816	0,7744	0,4816
	1,20	0,7084	4,2503	0,9024	0,5337	0,7691	0,5337
	* 1,50	0,8714	5,2281	1,1100	0,6373	0,7577	0,6373
25 x 25	* 0,75	0,5711	3,4265	0,7275	0,7137	0,9905	0,5710
	0,90	0,6811	4,0864	0,8676	0,8410	0,9846	0,6728
	* 1,06	0,7968	4,7809	1,0151	0,9715	0,9783	0,7772
	1,20	0,8968	5,3807	1,1424	1,0812	0,9729	0,8650
	* 1,50	1,1069	6,6411	1,4100	1,3031	0,9613	1,0425
	* 0,75	0,6888	4,1330	0,8775	1,2521	1,1945	0,8347
30 x 30	0,90	0,8224	4,9342	1,0476	1,4799	1,1886	0,9866
	* 1,06	0,9632	5,7794	1,2271	1,7151	1,1823	1,1434
	1,20	1,0852	6,5111	1,3824	1,9143	1,1768	1,2762
	1,50	1,3424	8,0541	1,7100	2,3213	1,1651	1,5476
35 x 35	0,90	0,9637	5,7820	1,2276	2,3808	1,3926	1,3604
	* 1,06	1,1297	6,7780	1,4391	2,7655	1,3863	1,5803
	1,20	1,2736	7,6415	1,6224	3,0931	1,3807	1,7675
	* 1,50	1,5779	9,4671	2,0100	3,7671	1,3690	2,1526

* Sob encomenda

Figura 126 – Estrutura do módulo de integração

Estrutura externa
Different parts: 42
Total parts: 42

Number	Length
1	
2	640mm
3	800mm
4	800mm
5	640mm
6	800mm
7	640mm
8	800mm
9	640mm
10	1740mm
11	1740mm
12	1740mm
13	1740mm
14	116, 569mm
15	116, 569mm
16	116, 569mm
17	116, 569mm
18	116, 569mm
19	116, 569mm
20	116, 569mm
21	116, 569mm
23	740mm
24	740mm
25	640mm
26	640mm
27	116, 569mm
28	116, 569mm
29	116, 569mm
30	116, 569mm
31	116, 569mm
32	116, 569mm
33	116, 569mm
34	116, 569mm
35	640mm
36	640mm
TOTAL	17200mm

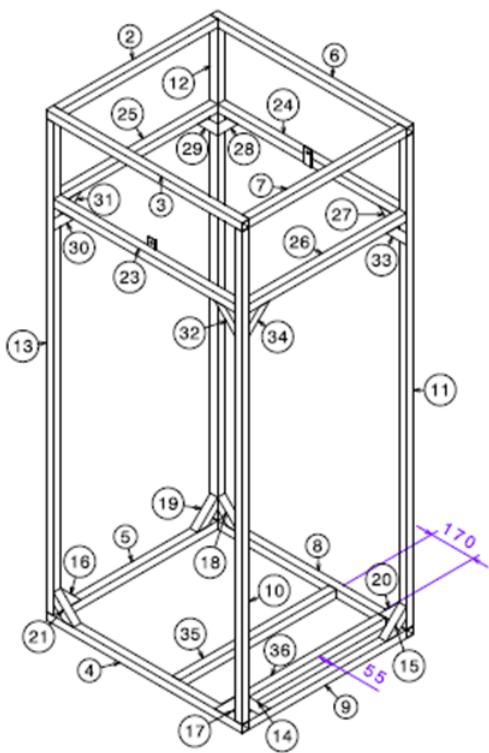
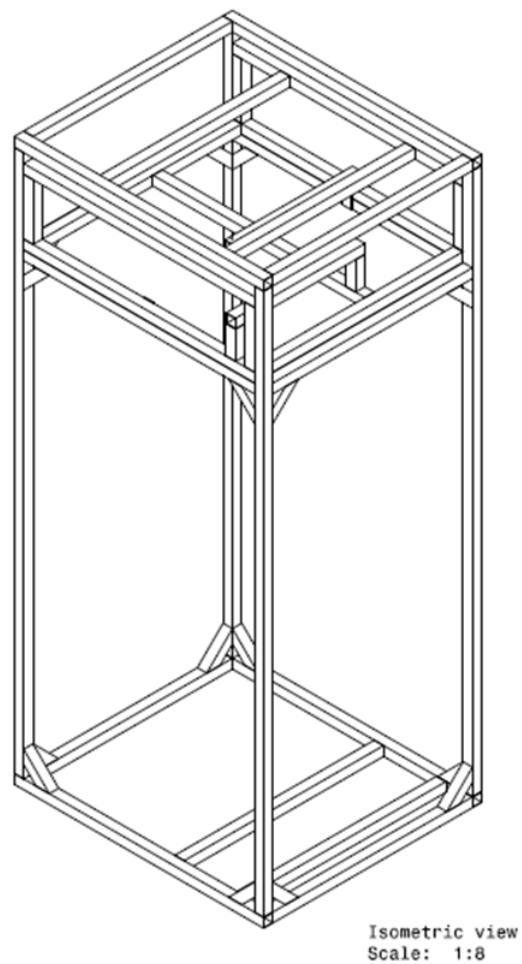


Figura 127 – Estrutura do módulo de integração



Isometric view
Scale: 1:8

Figura 128 – Estrutura do módulo de integração com a estrutura do módulo de seleção de garrafas PET

ANEXO B – Energia