



Engenharia Eletrônica, Engenharia Automotiva, Engenharia de Software, Engenharia de Energia, Engenharia Aeroespacial

Estufa Automatizada

Autores: Adailson Santos, Eduardo Rodrigues, Gabriel Augusto Silva, Gustavo Eichler, Júlio César, Leonardo Sagmeister, Lucas Amoêdo, Mairon Cruvinel, Marcelo Oliveira, Rafael Carvalho, Stephanie Costa, Thiago Dias, Wannbaster Reis

Orientadores: Alex Reis, Guilherme Bestar, Rhander Viana, Ricardo Chaim, Sébastien Rondineau

2018



Adailson Santos, Eduardo Rodrigues, Gabriel Augusto Silva, Gustavo Eichler,
Júlio César, Leonardo Sagmeister, Lucas Amoêdo, Mairon Cruvinel, Marcelo
Oliveira, Rafael Carvalho, Stephanie Costa, Thiago Dias, Wannbaster Reis

Estufa Automatizada

Orientador: Alex Reis, Guilherme Bestar, Rhander Viana, Ricardo
Chaim, Sébastien Rondineau

Listas de ilustrações

Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto	20
Figura 2 – Cronograma do projeto	22
Figura 3 – Cronograma do projeto	23
Figura 4 – Cronograma do projeto	24
Figura 5 – Riscos	26
Figura 6 – Cronograma de Estrutura	30
Figura 7 – Fase 2 detalhada	30
Figura 8 – Fase 3 detalhada	32
Figura 9 – Fase 4 detalhada	33
Figura 10 – Relé Internamente	37
Figura 11 – Circuito Sample & Hold simplificado	38
Figura 12 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo	38
Figura 13 – Representação ponte H	39
Figura 14 – Simulação da ponte H com acionamento em Q1 e Q4. Fonte: Proteus*.	39
Figura 15 – Simulação da ponte H com acionamento em Q2 e Q3. Fonte: Proteus*.	40
Figura 16 – Plantário.	41
Figura 17 – PAR(Radiação fotossinteticamente ativa)	43
Figura 18 – Valor de U\$500 o medidor PAR/PPFD)	44
Figura 19 – Variação PPFD, qualidade de plantas com fornecimento entre $575 \mu\text{mol m}^{-2}s^{-1}$, $278 \mu\text{mol m}^{-2}s^{-1}$ e $175 \mu\text{mol m}^{-2}s^{-1}$ PPFD demonstrando ser um parâmetro quantitativo validado para ser usado.)	44
Figura 20 – Curva característica onda	45
Figura 21 – curva fotométrica	45
Figura 22 – Curva característica onda	46
Figura 23 – curva fotométrica	46
Figura 24 – curva onda	47
Figura 25 – Cardioide	47
Figura 26 – Circuito fonte	48
Figura 27 – Exemplo de diferenças arquiteturais em um contexto de negócio de um sistema de supermercado.	50
Figura 28 – Propriedades do material simulado	52
Figura 29 – Tensão normal sobre uma barra prismática	53
Figura 30 – Flexão pura sobre uma barra prismática	54
Figura 31 – Esquema de uma excitação pela base	54
Figura 32 – Condução térmica em um sólido	56

Figura 33 – Convecção térmica do ar sobre um sólido	57
Figura 34 – Transferência de calor pela radiação entre superfícies vizinhas	57
Figura 35 – Diagrama de classe do microsserviço de monitoramento de temperatura ambiente	65
Figura 36 – Diagrama de classe do microsserviço de gerenciamento do usuário	65
Figura 37 – Diagrama de sequência de enviar alerta	66
Figura 38 – Diagrama de sequência de exibir relatório	67
Figura 39 – Diagrama de sequência de troca de água automática	68
Figura 40 – Diagrama de sequência de troca de água manual	69
Figura 41 – Ponte H confeccionada.	70
Figura 42 – Plantário confeccionado com canos PVC. Fonte própria	71
Figura 43 – Fatores de atrito tabelados. Fonte: www.pipelife.com	73
Figura 44 – Tubos do plantário. Fonte própria	73
Figura 45 – Curva característica da moto bomba Sarlo	74
Figura 46 – C Bombas de água. Fonte própria.	75
Figura 47 – Compressor de ar. Fonte própria.	75
Figura 48 – Ventilador instalado na estrutura. Fonte própria.	76
Figura 49 – Lâmpada full spectrum	78
Figura 50 – Montagem	78
Figura 51 – Posição luminárias	79
Figura 52 – Lâmpada BULBO	79
Figura 53 – Esquemático do circuito da fonte feito usando o software Proteus	80
Figura 54 – Fonte pronta, parte de cima	80
Figura 55 – Fonte pronta, parte de baixo	81
Figura 56 – BR2 Ponte diodo	81
Figura 57 – Tabela de frequências naturais	84
Figura 58 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas 4 faces do assoalho	85
Figura 59 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300 N nas 4 faces do assoalho	86
Figura 60 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas barras de suporte laterais	87
Figura 61 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas barras de suporte laterais	87
Figura 62 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300N nas 4 barras do teto	88
Figura 63 – Análise da tensão Von Mises no chassi aplicando 300N nas 4 barras do teto	88

Figura 64 – Análise da tensão Von Mises no chassi aplicando 300N em todas suas faces do plano XY	89
Figura 65 – Análise da magnitude de deslocamento no chassi aplicando 300N em todas suas faces do plano XY	89
Figura 66 – CAD da estufa completa	90
Figura 67 – Temperatura final da estufa após uma hora de troca de calor sem refrigeração. Parte de trás com corte	91
Figura 68 – Temperatura final da estufa após uma hora de troca de calor. Parte da frente	91
Figura 69 – Fluxo de calor na estufa após uma hora de troca de calor	92
Figura 70 – Variação da temperatura na estufa ao longo de duas horas	92
Figura 71 – Disposição das Bóias no Reservatório	94
Figura 72 – Funcionamento do optoacoplador	95
Figura 73 – Funcionamento do optoacoplador	96
Figura 74 – Módulo Relé de 8 canais	97
Figura 75 – Módulo Relé de 8 canais	98
Figura 76 – Curva característica de resposta do LDR	99
Figura 77 – Protocolo de comunicação	100
Figura 78 – Esquema com eletrodos e o substrato de retenção de umidade	101
Figura 79 – Relação entre temperatura e a resistência do termistor	102
Figura 80 – Equações matemáticas do pH	103
Figura 81 – Valores de medidas estabelecidas pelo fornecedor de pH e DDP	104
Figura 82 – Sensor de pH	105
Figura 83 – Amplificador de sinal conexão BNC	105
Figura 84 – Parâmetros de medições de acordo com o tipo de sonda	106
Figura 85 – Soluções especiais	108
Figura 86 – Comunicação I2C	113
Figura 87 – GPIO Raspberry Pi	114
Figura 88 – Protocolo UART	114
Figura 89 – Válvula	115
Figura 90 – Sensor de Nível	115
Figura 91 – Sistema da Gaveta- Corrediça telescópica	116
Figura 92 – Sistema da Gaveta- Motor 12V DC	116
Figura 93 – Sistema da Gaveta- polia lisa e correia dentada	116
Figura 94 – Sistema da Gaveta- Tacômetro	118
Figura 95 – Máquina de estados da gaveta	118
Figura 96 – Máquina de estados do reservatório	119
Figura 97 – Pinagem GPIO do Sistema	119
Figura 98 – Parte superior da estrutura interna	122

Figura 99 – Estrutura interna de perfil	122
Figura 100 – Corrediça telescópica onde comportará a gaveta de mudas	123
Figura 101 – Porta da estufa	123
Figura 102 – Estrutura com isolamento térmico	125
Figura 103 – Estrutura com o isolamento externo	126
Figura 104 – Estrutura após a instalação dos forros e das alças	126
Figura 105 – Folhas de alumínio instaladas nas laterais da estufa	127
Figura 106 – Estrutura final vista de frente	127
Figura 107 – Estrutura final vista de cima	128
Figura 108 – Estrutura final vista de lado	128
Figura 109 – Entrada de ativos financeiros	129
Figura 110 – Saída de ativos financeiros	129
Figura 111 – Balanço de Caixa	129
Figura 112 – Entrada de ativos financeiros	130
Figura 113 – Saída de ativos financeiros	130
Figura 114 – Balanço de Caixa	130
Figura 115 – Ata de reunião do dia 21/03/2018.	135
Figura 116 – Ata de reunião do dia 04/04/2018.	136
Figura 117 – Ata de reunião do dia 06/04/2018.	137
Figura 118 – Ata de reunião do dia 11/04/2018.	138
Figura 119 – Ata de reunião do dia 12/04/2018.	139
Figura 120 – Ata de reunião do dia 18/04/2018.	140
Figura 121 – Ata de reunião do dia 25/04/2018.	141
Figura 122 – Primeira parte da ata de reunião do dia 02/05/2018.	142
Figura 123 – Segunda parte da ata de reunião do dia 02/05/2018.	143
Figura 124 – Primeira parte da ata de reunião do dia 09/05/2018.	144
Figura 125 – Segunda parte da ata de reunião do dia 09/05/2018.	145

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela responsável por realizar o mapeamento da descrição de cada risco e seus impactos, probabilidades e prioridades.	26
Tabela 2 – Tabela luz vermelha	45
Tabela 3 – Principais diferenças entre arquitetura SOA e arquitetura de micro-serviços.	50
Tabela 4 – Consumo no projeto 5V	79
Tabela 5 – Consumo no projeto 12V	80
Tabela 6 – Características elétricas do sensor LDR	100
Tabela 7 – Tradução da informação	100

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contexto	15
1.2	Justificativa	15
1.3	Escopo do projeto	15
1.3.1	Premissas	15
1.3.2	Restrições	16
1.3.3	Mapeamento do modelo 5W2H	16
1.3.3.1	What - O quê?	16
1.3.3.2	Why - Por quê?	16
1.3.3.3	Where - Onde?	16
1.3.3.4	Who - Quem?	16
1.3.3.5	How - Como?	16
1.3.3.6	How Much - Quanto?	17
1.4	Detalhamento do escopo	17
1.4.1	Projeto	17
1.4.2	Produto	17
1.5	Objetivos	18
1.5.1	Objetivo Geral	18
1.5.2	Objetivos Específicos	18
1.6	Metodologia de gerenciamento	19
1.6.1	EAP	20
1.6.2	Plano de gerenciamento de tempo	21
1.6.2.1	Papeis e responsabilidades	21
1.6.2.2	Cronograma	22
1.6.3	Plano de gerenciamento de comunicação	24
1.6.3.1	Reuniões presenciais	24
1.6.3.2	Ferramentas de comunicação	24
1.6.4	Plano de gerenciamento de riscos	25
1.7	Requisitos estruturais	28
1.7.1	Espaço físico	28
1.7.2	Resistência estrutural	28
1.7.3	Braçadeiras automatizadas	28
1.7.4	Integração com os outros subsistemas	28
1.7.5	Acabamento final da estrutura	28
1.8	Rastreabilidade dos requisitos estruturais	28

1.9	Plano de ação de estrutura	29
1.9.1	Materiais	30
1.9.1.1	Parâmetros envolvidos	30
1.9.2	Dimensão	33
1.9.2.1	Estudo de mercado	33
1.9.2.2	Público alvo	33
1.9.2.3	Protótipo	33
2	REFERENCIAL TEÓRICO	35
2.1	Sistemas Embarcados	35
2.2	Medição do Nível da Água	36
2.3	Optoacopladores	36
2.4	Relé	36
2.5	Conversor Analógico/Digital	37
2.6	Ponte H	38
2.7	Plantário	41
2.8	Ventilação	42
2.9	Iluminação	42
2.10	Fonte	47
2.11	Arquitetura de microsserviços	48
2.11.1	Porque utilizar arquitetura de microsserviços	48
2.11.2	Microsserviços vs SOA	49
2.11.2.1	Diferenças arquiteturais	49
2.12	Decisão arquitetural	51
2.13	Estrutura	51
2.13.1	Materiais	51
2.13.1.1	Resistência dos materiais	53
2.13.1.2	Vibrações	54
2.13.1.3	Transferência de calor	55
2.13.1.3.1	Condução	55
2.13.1.3.2	Convecção	56
2.13.1.3.3	Radiação	57
3	SOLUÇÃO PROPOSTA	59
3.1	Requisitos de Software	59
3.1.1	Web e Mobile	59
3.2	Web Service	60
3.3	Linguagens e frameworks	60
3.4	Sistema mobile de controle	60
3.5	Sistema web de controle	61

3.6	Histórias de Usuário	61
3.7	Microsserviços utilizados no projeto	64
3.8	Diagramas	64
3.8.1	Diagramas de classe	64
3.8.1.1	Microsserviço de monitoramento de temperatura ambiente	64
3.8.1.2	Microsserviço de gerenciamento do usuário	65
3.8.2	Diagrama de Sequência	66
3.8.2.1	Enviar Alerta	66
3.8.2.2	Exibir Relatório	66
3.8.2.3	Troca de Água Automática	67
3.8.2.4	Troca de Água Manual	68
3.8.3	Diagrama de Estado	69
3.9	Confecção Ponte H	69
3.10	Confecção do plantário	70
3.10.1	Confecção da ventilação	75
3.11	Confecção iluminação	76
3.12	Confecção Fonte	79
3.13	Solução Estrutural	82
3.13.1	Cálculos estruturais	82
3.13.1.1	Resistência dos materiais	82
3.13.1.2	Vibrações naturais	83
3.13.2	Simulações	84
3.13.2.1	CATIA	84
3.13.2.2	ANSYS	89
3.13.2.2.1	Condições de Contorno	90
3.13.2.2.2	Resultado simulação	90
3.14	Sistema embarcado	92
3.15	Medição do Nível da Água	93
3.16	Optoacoplador 4N25	95
3.17	Relé	96
3.18	Conversor analógico para digital	97
3.19	Sensor LDR	98
3.19.1	Características elétricas	98
3.19.2	Princípios físicos de funcionamento	99
3.20	Sensores DHT22	99
3.21	Comunicação	100
3.22	Princípio Físico do Sensor	101
3.23	Motor DC 12V	102
3.23.1	Comunicação	102

3.23.2	Princípio físico de funcionamento	102
3.24	Sonda de pH	103
3.24.1	Especificações gerais	104
3.24.2	Documentação	105
3.24.3	Esquema de ligação	106
3.24.4	Informações de limpeza e manutenção das sondas de pH	106
3.25	Sensor de Temperatura para líquidos	107
3.25.1	Especificações gerais	107
4	RESULTADOS	109
4.1	Desenvolvimento arquitetural de software	109
4.1.1	Serviços desenvolvidos	109
4.2	Deployment	111
4.2.1	Telas da aplicação	111
4.3	Instrumentação eletrônica	112
4.3.1	Variáveis de Análise	112
4.3.2	Sensores e Atuadores	112
4.3.3	Interfaces de comunicação	113
4.3.4	Sistema hidrodinâmico	114
4.3.5	Sistema Eletromecânico	115
4.3.6	Sistema Embarcado	117
4.3.7	Pinagem do Sistema na Raspberry Pi 3	118
4.4	Solução Química e suas especificações	119
4.4.1	Descrição do produto hidropônico	120
4.4.2	Método de dissolução	120
4.4.3	Alteração de pH caso necessário	120
4.5	Ponte H	121
4.5.1	Sobre a ponte H	121
4.6	Resultados estruturais	121
4.6.1	Estrutura interna	121
4.6.2	Porta	123
4.6.3	Estrutura externa	124
4.6.4	Estrutura final	127
5	ORÇAMENTO DO PROJETO	129
5.1	Mês de abril	129
5.2	Mês de maio	130
	REFERÊNCIAS	131

APÊNDICES

133

APÊNDICE A – ATAS DE REUNIÃO 135

1 Introdução

Ao longo dos anos, agricultores buscaram soluções para o cultivo em ambientes protegidos e seguros. Além disso, houve uma necessidade de produzir em períodos climáticos desfavoráveis, ter o melhor controle do plantio como um todo e realizar o desuso quanto aos agrotóxicos causadores de enfermos. Essas causas, inspirou a realização de muito estudo para proteger o plantio dos dados causados pela natureza e para a não utilização de pesticidas, sendo estes responsáveis por doenças em consumidores. Motivou-se então a criação de um microclima adequado para o cultivo do plantio e tornar o desenvolvimento de hortaliças mais seguro e controlável.

1.1 Contexto

Um grupos de alunos de Engenharia da Universidade de Brasília do Campus do Gama propuseram desenvolver uma estufa hidropônica automatizada, nomeada como Greenhouse, capaz de manter as condições ideais para o cultivo de hortaliças, onde há a permissão do uso de configurações pré-definidas quanto a customização das condições internas, tendo então a disponibilidade do fornecimento de dados ao usuário através de uma interface local, um aplicativo mobile e um sistema web. O escopo não engloba a produção de plantas que não sejam hortaliças; a produção de hortaliças que não suportam um sistema de hidroponia; o controle da umidade; e a utilização em um ambiente aberto (i.e. outdoor).

1.2 Justificativa

O objetivo do projeto Greenhouse é fornecer a moradores de casas e apartamentos uma forma automatizada de cultivar hortaliças em suas residências. Isto irá permitir que, mesmo sem uma grande área dedicada, tempo, ou conhecimentos sobre cultivo, os usuários possam cultivar seus próprios produtos orgânicos para consumo próprio.

1.3 Escopo do projeto

1.3.1 Premissas

- O produto será utilizado exclusivamente para o cultivo de hortaliças.
- O produto será utilizado exclusivamente em um ambiente fechado (i.e. não será utilizado ao ar livre).

- O produto estará conectado a uma fonte de água.
- Não serão utilizados pesticidas nas hortaliças cultivadas no produto, ou na água utilizada pelo mesmo.

1.3.2 Restrições

- Irá controlar uma situação de um sistema especificamente hidropônico.
- O produto não poderá ser instalado em um sistema aberto (i.e. outdoor).

1.3.3 Mapeamento do modelo 5W2H

O projeto foi mapeado utilizando o modelo 5W2H, descrito a seguir.

1.3.3.1 What - O quê?

- Um Plantário estufa automatizada.

1.3.3.2 Why - Por quê?

- Facilitar e incentivar o cultivo caseiro.
- Reduzir gastos com hortaliças.
- Otimizar a utilização de espaço para cultivo.

1.3.3.3 Where - Onde?

- Na UnB/FGA.
- No Galpão da UnB/FGA.
- Na residência de um ou mais membros.

1.3.3.4 Who - Quem?

- Alunos dos cursos de Engenharia de Software, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Eletrônica, Engenharia Automotiva e Engenharia de Energia da UnB/FGA.

1.3.3.5 How - Como?

- Por meio de pesquisas e pelos conhecimentos prévios dos membros da equipe de projeto com a orientação dos professores da disciplina de Projeto Integrador.

1.3.3.6 How Much - Quanto?

- O detalhamento dos custos do projeto pode ser visto na tabela 2.

1.4 Detalhamento do escopo

1.4.1 Projeto

A equipe Greenhouse pretende contornar as adversidades descritas ao realizar um controle do cultivo, ao constatar a praticidade e despreocupação do usuário final com relação ao desenvolvimento automatizado das hortaliças, além do controle do usuário para as mudanças pertinentes de cada espécie, notificando-o sempre que necessário para que o mesmo esteja ciente do monitoramento do plantio.

O público alvo do projeto são as pessoas preocupadas em produzir o cultivo de hortaliças em um local protegido e em fácil acesso, monitoramento e controle de seu equipamento, sendo este instalado em uma casa, apartamento ou em qualquer local que forneça suas especificações de dimensionamento e que tenha conexão a uma fonte de água.

1.4.2 Produto

O sistema de automatização da estufa irá controlar a temperatura e umidade interna, realizar a abertura automática da gaveta onde se comportará o sistema composto pelas hortaliças e monitorar nível da água, temperatura da água e pH da água.

O sistema funcionará da seguinte forma: o usuário prepara os sachês com substâncias específicas para a germinação, implementa a semente da hortaliça de acordo com as especificações ideais de plantio, informa no sistema web a espécie da hortaliça e acompanha o desenvolvimento da mesma por meio de gráficos e informações de uso disponíveis no sistema web, pois os dados coletados pelos sensores da estufa irá para o servidor web e estará disponível para o monitoramento de todos os dados previamente planejados e o controle de alguns dados específicos, caso não há internet no local de instalação da estufa, os dados estarão empilhados e disponíveis para o acompanhamento quando houver conexão de internet.

A estrutura completa terá dimensões ideias para sua instalação em apartamentos, casas e afins.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo Geral

Levando em consideração a dificuldade das pessoas em produzir hortaliças por meio do cultivo residencial, principalmente aquelas que convivem em residências privadas de luz solar e jardinagem, o deferido trabalho propõe a criação de uma estufa hidropônica automatizada dando importância nos aspectos agronômicos para que seja cultivado hortaliças sem dificuldades e que seja realizada a transparência do usuário com relação ao monitoramento e o controle de alguns parâmetros relevantes para o desenvolvimento das hortaliças.

1.5.2 Objetivos Específicos

A partir das diretrizes acima, o presente trabalho determina que seja desenvolvido os seguintes quesitos a serem desenvolvidos:

- Produzir uma estrutura composta por um chassi externo isolado que irá conter uma área de cultivo, uma área do reservatório e uma área de iluminação.
- Realizar a comunicação com o sensor DHT22 para umidade relativa do ar e temperatura do ar.
- Realizar a comunicação com o sensor DS18B20 para temperatura da água.
- Realizar a comunicação com o sensor PCF8591 para leitura do PH e Luminosidade a partir de um Conversor A/D.
- Realizar a comunicação de sensores de nível de água por meio de boias.
- A comunicação entre os sensores se torna necessário para o monitoramento dos parâmetros pertinentes.
- Projetar e implementar um sistema que irá realizar a coleta e envio de dados para uma plataforma Web e Mobile por meio de uma Raspberry Pi.
- Projetar e implementar um sistema Web e Mobile.
- Manter um ambiente ideal para o cultivo de diversas hortaliças.
- Otimizar condições internas da estufa para cultivos específicos a partir de um banco de dados

1.6 Metodologia de gerenciamento

Em decorrência do presente trabalho propor em planejar e produzir uma estufa hidropônica automatizada, há uma necessidade de utilizar uma metodologia específica para o gerenciamento do projeto como um todo, para que o planejamento do trabalho seja guiado na forma previamente produzida.

Sendo assim, a equipe irá utilizar a metodologia ágil, mais especificamente o SCRUM, sendo este responsável pela agregação eficiente do valor ao cliente, atrelado ao modelo do Guia PMBOK® que irá realizar toda a estrutura de gerenciamento de projeto para as áreas de conhecimento requisitadas na construção do projeto.([INSTITUTE.](#), 2013) ([K., 2005](#))

Os seguintes planos de gerenciamento serão produzidos para a construção do projeto:

- Plano de gerenciamento de tempo: Área que irá definir as atividades específicas do projeto, onde se estima a duração de cada atividade e onde as colocam em sequência cronológica, ao final é gerado um cronograma que ilustra todas as atividades e as datas de resolução das mesmas.
- Plano de gerenciamento de custos: Área que determina informações acerca das estimativas, orçamentos e controle dos custos do projeto, de modo que o projeto seja realizado dentro do orçamento estipulado.
- Plano de gerenciamento de riscos: Busca descrever os riscos que podem afetar o projeto, e realiza é realizado uma análise quantitativa e qualitativa dos riscos.
- Plano de gerenciamento de comunicação: Área responsável por selecionar ferramentas de comunicação, definir um meio de comunicação que envolva todos os membros da equipe e agregar valor ao projeto por meio da intercomunicação dos stakeholders.
- Plano de gerenciamento de recursos humanos: É relatado os membros que irão atuar no planejamento e execução do projeto, os papéis e responsabilidades de cada um e busca resolver problemas entre os membros para melhorar o desempenho da equipe.

1.6.1 EAP

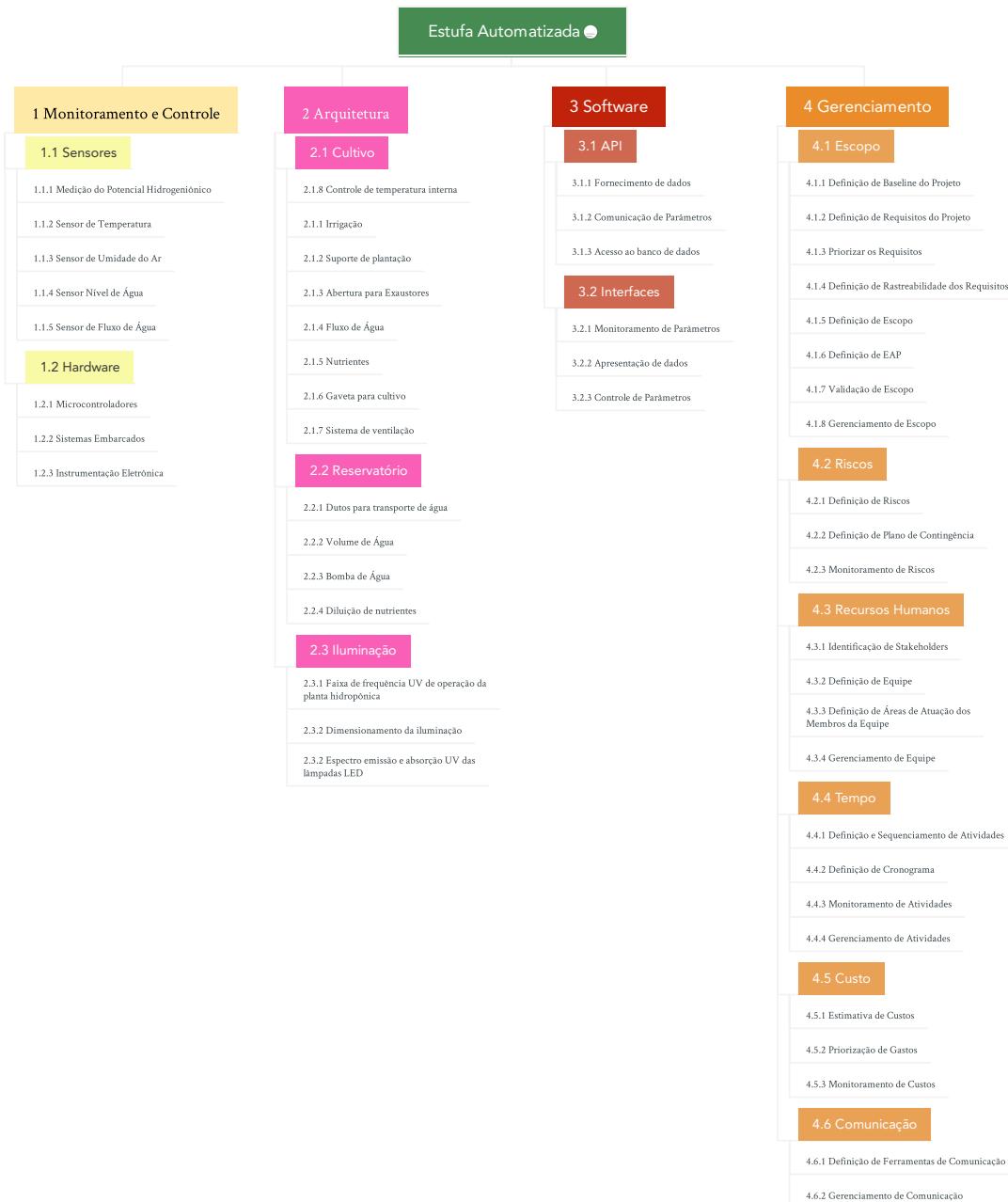


Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto

1.6.2 Plano de gerenciamento de tempo

O gerenciamento do tempo se torna necessário no projeto pois desse modo será possível descrever os processos e atividades que deverão ser executadas do início ao fim do projeto, tendo em foco a garantia da execução das atividades nos prazos definidos previamente e que haja um controle cronológico da execução das atividades.

1.6.2.1 Papeis e responsabilidades

Os gerentes do projeto ficarão responsável pela avaliação de qualidade e melhoria contínua dos subsistemas do processo de integração e também pelo pleno funcionamento e testes dos subsistemas. Será feita uma validação com a equipe geral do projeto e em seguida a integração.

1.6.2.2 Cronograma

Nome	Data inicial	Data final
Desenvolver Relatório 1	16/02/18	27/04/18
Fase 1: Problematização		
Identificar escopo do projeto	16/03/18	24/03/18
Producir escopo	16/03/18	19/03/18
Analisar a viabilidade técnica e financeira	17/03/18	17/03/18
Identificar requisitos (ou objetivos) funcionais e não funcionais	18/03/18	18/03/18
Refinar entendimento do problema	19/03/18	19/03/18
Documentação	21/03/18	22/03/18
Montar estrutura do relatório 1	21/03/18	21/03/18
Relatar escopo	22/03/18	22/03/18
Integração	23/03/18	24/03/18
Unir informações de subsistemas	23/03/18	23/03/18
Agendar encontros	24/03/18	24/03/18
Fase 2: Concepção e detalhamento da solução	16/02/18	27/04/18
Detalhar escopo	16/03/18	18/03/18
Criar Estrutura da EAP	16/03/18	17/03/18
Definir pilares chaves	16/03/18	16/03/18
Definir pacotes	17/03/18	17/03/18
Definir Estrutura Analítica do Projeto	18/03/18	18/03/18
Definir Termo de Abertura do projeto	25/03/18	26/03/18
Definir requisitos do projeto	25/03/18	25/03/18
Definir objetivos do projeto	25/03/18	26/03/18
Planejamento da GreenHouse	25/03/18	25/03/18
Definir propósito e justificativa do projeto	26/03/18	26/03/18
Desenvolver cronograma macro	25/03/18	25/03/18
Desenvolver atividades de gerenciamento	21/03/18	27/04/18
Definir atividades de gerenciamento de custos	23/03/18	26/03/18
Estimar custos e orçamentos para a realização do projeto	23/03/18	23/03/18
Selecionar ferramenta de software para gerenciamento financeiro	24/03/18	26/03/18
Pesquisar ferramentas de gerenciamento financeiro	24/03/18	24/03/18
Avaliar ferramentas escolhidas	25/03/18	25/03/18
Definir ferramenta para o gerenciamento financeiro	26/03/18	26/03/18
Definir plano de gerenciamento do tempo	27/03/18	27/04/18
Definir atividades	27/03/18	27/03/18
Definir sequenciamento das atividades	28/03/18	30/03/18
Produzir cronograma de atividades	31/03/18	27/04/18
Definir plano de gerenciamento de riscos	21/03/18	26/03/18
Levantar riscos para a execução do projeto e avaliação do impacto	21/03/18	23/03/18
Realizar plano de contingências	24/03/18	26/03/18
Definir plano de gerenciamento de RH	16/03/18	18/03/18
Alocar recursos humanos nos subsistemas	16/03/18	18/03/18
Definir pacotes de Monitoramento e Controle	16/02/18	18/03/18
Selecionar sensores de atuação	16/03/18	18/03/18
Selecionar hardwares de atuação	16/02/18	18/02/18
Definir pacotes de Arquitetura	16/02/18	25/02/18
Selecionar pacotes de design	16/02/18	25/02/18
Selecionar componentes para o cultivo	16/02/18	25/02/18
Selecionar componentes para o reservatório	16/02/18	25/02/18
Selecionar componentes para iluminação	16/02/18	25/02/18
Definir pacotes de Software	21/03/18	23/03/18
Definir arquitetura da solução de software	21/03/18	23/03/18
Selecionar atividades para a construção da API	21/03/18	23/03/18
Selecionar atividades para a construção das interfaces	21/03/18	23/03/18
Ponto de Controle 1	28/03/18	28/03/18

Figura 2 – Cronograma do projeto

• Ponto de Controle 1	28/03/18	28/03/18
□ • Desenvolver Relatório 2	29/03/18	16/05/18
□ • Fase 3: Projeto e construção de subsistemas da solução proposta	29/03/18	16/05/18
□ • Construir projetos das soluções de engenharia	29/03/18	30/04/18
□ • Projeto de Software	29/03/18	05/04/18
□ • Fazer rastreabilidade de requisitos	29/03/18	05/04/18
□ • Definir ferramentas de gerência de configuração de software de gerência de configuração de ...	29/03/18	05/04/18
□ • Projeto da Arquitetura	30/03/18	11/04/18
□ • Projetar funcionamento de fluxo da água	30/03/18	10/04/18
□ • Projetar funcionamento da ventilação	30/03/18	10/04/18
□ • Projetar funcionamento da alimentação	30/03/18	10/04/18
□ • Desenhar os CADs	02/04/18	11/04/18
□ • Projeto de Monitoramento e Controle	29/03/18	30/04/18
□ • Projetar arquitetura de software embarcado	29/03/18	10/04/18
□ • Projetar hardware para sensores	18/04/18	30/04/18
□ • Projetar Sensor de Umidade e Temperatura do ar	18/04/18	24/04/18
□ • Projetar Sensor de Temperatura da Água	18/04/18	24/04/18
□ • Projetar Sensor de Potencial Hidrogeniônico	18/04/18	24/04/18
□ • Projetar Sensor Nível de Água	18/04/18	24/04/18
□ • Projetar Sensor Luminosidade	18/04/18	24/04/18
□ • Projetar Sistema de Monitoramento Visual	24/04/18	30/04/18
□ • Projetar Hardwares para Atuação	04/04/18	30/04/18
□ • Projetar Controle da Gaveta	04/04/18	13/04/18
□ • Projetar Acionamento dos Coolers/Exaustores	18/04/18	24/04/18
□ • Projetar Sistema de Substituição da Água	24/04/18	30/04/18
□ • Construir componentes e/ou subsistemas	06/04/18	16/05/18
□ • Solução de Software	06/04/18	25/04/18
□ • Desenvolver Histórias de Usuários	06/04/18	25/04/18
□ • Solução de Arquitetura	11/04/18	16/05/18
□ • Construir funcionamento de fluxo da água	11/04/18	16/05/18
□ • Construir funcionamento de ventilação	11/04/18	16/05/18
□ • Construir funcionamento de alimentação	11/04/18	16/05/18
□ • Construir chassis	11/04/18	13/04/18
□ • Comprar materiais	11/04/18	12/04/18
□ • Procurar profissional terceirizado	11/04/18	12/04/18
□ • Iniciar fabricação	13/04/18	13/04/18
□ • Entregar chassis pronto	13/04/18	13/04/18
□ • Fazer simulações estruturais	11/04/18	18/04/18
□ • Construir parte externa	19/04/18	11/05/18
□ • Comprar materiais	19/04/18	26/04/18
□ • Procurar profissional terceirizado	19/04/18	26/04/18
□ • Iniciar fabricação	27/04/18	11/05/18
□ • Fazer teste estrutural	11/05/18	11/05/18
□ • Entregar toda a estrutura pronta	16/05/18	16/05/18

Figura 3 – Cronograma do projeto

Entregar toda a estrutura pronta	16/05/18	16/05/18
• Solução de Monitoramento e Controle	14/04/18	15/05/18
• Construir hardwares para sensores	25/04/18	15/05/18
◦ Construir Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico	25/04/18	01/05/18
◦ Construir Sistema de Medição do Nível de Água	25/04/18	01/05/18
◦ Construir Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar	25/04/18	01/05/18
◦ Construir Sistema de Medição da Temperatura da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Construir Sistema de Medição da Iluminação	02/05/18	08/05/18
◦ Construir Sistema de Monitoramento Visual	02/05/18	15/05/18
• Programar sistemas embarcados	25/04/18	15/05/18
◦ Programar Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Medição do Nível de Água	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Medição da Temperatura da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Medição da Iluminação	02/05/18	08/05/18
◦ Programar Sistema de Monitoramento Visual	02/05/18	15/05/18
• Programar Atuadores de Controle	14/04/18	06/05/18
◦ Programar Controle da Gaveta	14/04/18	18/04/18
◦ Programar Acionamento dos Coolers/Exaustores	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Substituição da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Controle da Iluminação Interna	30/04/18	06/05/18
• Testar componentes/subsistemas da solução	14/04/18	15/05/18
◦ Testar Sistema de Monitoramento e Controle	25/04/18	15/05/18
• Testar Sistema de Sensores	25/04/18	15/05/18
◦ Testar Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Medição do Nível de Água	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Medição da Temperatura da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Medição da Iluminação	02/05/18	08/05/18
◦ Testar Sistema de Monitoramento Visual	02/05/18	15/05/18
• Testar Atuadores	14/04/18	06/05/18
◦ Testar Controle da Gaveta	14/04/18	18/04/18
◦ Testar Acionamento dos Coolers/Exaustores	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Substituição da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Controle da Iluminação Interna*	30/04/18	06/05/18
• Avaliar Resultados	05/05/18	15/05/18
• Ponto de Controle 2	16/05/18	16/05/18
• Desenvolver Relatório 3	17/05/18	22/06/18
• Fase 4: Integração de subsistemas e finalização do produto	17/05/18	22/06/18
◦ Projetar Integração das soluções	17/05/18	22/06/18
◦ Integrar subsistemas	17/05/18	22/06/18
◦ Testar Integração dos subsistemas	17/05/18	22/06/18
• Ponto de Controle 3	22/06/18	22/06/18

Figura 4 – Cronograma do projeto

1.6.3 Plano de gerenciamento de comunicação

Durante a execução do projeto, a comunicação do grupo será realizada por meio de duas formas principais: reuniões físicas, utilização de ferramentas de comunicação.

1.6.3.1 Reuniões presenciais

Serão realizadas reuniões presenciais entre os membros da equipe de projeto duas vezes por semana. Tais reuniões serão devidamente documentadas por meio de pautas, seguindo um modelo pré-estabelecido pela equipe.

1.6.3.2 Ferramentas de comunicação

Durante a execução do projeto, serão utilizadas ferramentas de comunicação e gerenciamento de projeto, tanto para permitir a fácil transmissão de informações entre os membros da equipe, quanto para o acompanhamento e monitoramento do trabalho. As ferramentas utilizadas são apresentadas a seguir:

- Slack: Utilizada como principal meio de comunicação da equipe, a ferramenta Slack permite a criação de diversos canais dentro de um mesmo projeto. Estes canais

serão utilizados para facilitar o gerenciamento das comunicações, havendo um canal específico para cada subárea do projeto, além de um canal geral. O Slack permite também a integração com diversas ferramentas de gerenciamento de projetos, tais como o Trello e bots.

- Trello: Para o gerenciamento e acompanhamento do projeto, será utilizado um board da ferramenta Trello, que permite a definição de tarefas a serem executadas. Por meio da criação de listas, é possível acompanhar o andamento do projeto. Tais listas evidenciam as atividades que se encontram no backlog, as que estão sendo executadas no momento, as que aguardam algum tipo de validação, entre outros estados de completude que a equipe julgar necessário evidenciar. Além disso, o Trello permite observar quem são os membros responsáveis pela execução de cada atividade.
- Geekbot: O Geekbot é uma ferramenta de questionários automatizados que podem ser enviados diariamente aos membros da equipe pela ferramenta Slack. A partir da definição de um questionário simples e de um canal para a postagem das respostas no Slack, é possível acompanhar as atividades diárias referentes ao projeto dos membros da equipe de forma individual, facilitando o gerenciamento de atividades.
- Google Drive: Para o armazenamento e edição de documentos pertinentes ao projeto, será utilizada a ferramenta Google Drive. A partir dela, é possível que documentos e arquivos sejam compartilhados entre todos os membros da equipe de forma organizada e instantânea. Além disso, é possível a edição conjunta de documentos, o que facilita o desenvolvimento de artefatos necessários para o desenvolvimento do projeto.

1.6.4 Plano de gerenciamento de riscos

A probabilidade de ocorrência de um risco ou oportunidade é classificada em baixa, média e alta. De forma similar, o impacto de um risco ou oportunidade também é classificado como baixo, médio ou alto. Por fim, a prioridade de um risco ou oportunidade é uma relação entre sua probabilidade e seu impacto, e varia de 1 (baixa prioridade) a 3 (alta prioridade).

ID	Descrição do Risco	Probabilidade	Impacto	Prioridade
1	Mal funcionamento de sensores.	Baixa	Alto	2
2	Saída de um membro da equipe.	Alta	Médio	3
3	Demora na entrega de equipamentos adquiridos.	Média	Médio	2
4	Indisponibilidade dos membros do grupo.	Média	Médio	2
5	Falha ou impossibilidade de comunicação entre hardware e software.	Baixa	Alto	2
6	Falta de verba para aquisição de equipamentos e material.	Média	Alto	3
7	Desinformação na equipe do projeto.	Média	Baixo	1
8	Aquisição de investimento para o projeto.	Baixa	Alto	2
9	Documentação inconsistente.	Média	Médio	2
10	Possíveis acidentes.	Baixa	Alto	3

Tabela 1 – Tabela responsável por realizar o mapeamento da descrição de cada risco e seus impactos, probabilidades e prioridades.

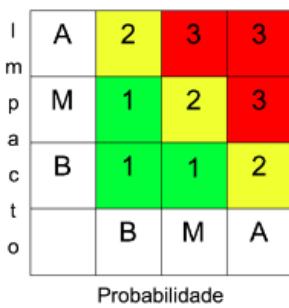


Figura 5 – Riscos

- 1 - Mal funcionamento de sensores

Possíveis consequências: prejuízo financeiro, atraso em determinada etapa de fabricação do produto; leitura errônea de medições.

Ação: mitigar. Realizar pesquisa de mercado e adquirir sensores de marcas cuja qualidade é reconhecida; utilizar os sensores seguindo seus manuais ou guias de uso; realizar debug dos sensores.

- 2 - Saída de um membro da equipe

Possíveis consequências: excesso de trabalho sobre demais membros da equipe; atraso em determinadas etapas de fabricação do produto; aumento de despesas individuais.

Ação: aceitar. A realocação de trabalho será pensada de acordo com o subsistema ao qual pertencia o membro saiente.

- 3 - Demora na entrega de equipamentos adquiridos

Possíveis consequências: atraso em determinada etapa de fabricação do produto.

Ação: mitigar. Realizar pesquisa de mercado sobre a loja virtual na qual se planeja comprar; optar por tipo de envio mais rápido disponível, conforme necessidade; realizar pedidos tão logo se perceba a necessidade de determinado equipamento, mesmo que ainda se demore a utilizá-lo, e pesquisar em lojas próximas.

- 4 - Indisponibilidade de um membro do grupo

Possíveis consequências: excesso de trabalho sobre os demais membros do grupo; atraso em determinadas etapas de fabricação do produto.

Ação: mitigar. Sempre que possível, avisar com antecedência o período de indisponibilidade. Em caso de ausências prolongadas, exigir justificativa plausível, médica ou judicial.

- 5 - Falha ou impossibilidade de comunicação entre hardware e software

Possíveis consequências: atraso em determinadas etapas de fabricação do produto.

Ação: evitar. Adquirir equipamentos cuja compatibilidade com o software utilizado seja reconhecida. Garantir funcionamento de tecnologia Wi-Fi, Bluetooth ou outra tecnologia necessária.

- 6 - Falta de verba para aquisição de equipamentos e material

Possíveis consequências: atraso em determinadas etapas de fabricação do produto; redução de escopo do produto.

Ação: evitar. Gerenciar e monitorar custos do projeto ao longo de todo o seu ciclo de vida.

- 7 - Desinformação na equipe do projeto

Possíveis consequências: atraso em determinadas etapas de fabricação do produto; retrabalho; gastos desnecessários.

Ação: mitigar. Realizar reuniões informativas diárias. Documentar decisões e alterações em qualquer área de gerenciamento.

- 8 - Aquisição de investimento para o projeto

Possíveis consequências: aumento de verba; possibilidade de comercialização tão logo ocorra a finalização do projeto.

Ação: explorar. Realizar pesquisa de mercado, levantando possíveis áreas e entidades com potencial interesse no produto. Elaborar apresentação formal do produto.

- 9 - Documentação inconsistente

Possíveis consequências: falha na comunicação entre membros da equipe; atraso em determinadas etapas da fabricação do produto; prejuízo financeiro; desentendimento por parte de terceiros em relação ao projeto.

Ação: evitar. Validar todos os documentos escritos. Realizar controle e gerenciamento relativo a alterações.

- 10 - Possíveis acidentes

Possíveis consequências: perda de um membro por um tempo determinado; perdas no orçamento; atraso na criação da estrutura.

Ação: evitar. Utilizar os EPIs e EPCs necessários de acordo com as normas da

ABNT; em casos de possíveis acidentes, trabalhar com a supervisão de um profissional.

1.7 Requisitos estruturais

1.7.1 Espaço físico

O sistema deve ter um espaço físico para manter seis mudas. Deve-se manter cinco mudas dentro da estufa, e de modo que quando as plantas estiverem no seu tamanho ideal de colheita haja o espaço necessário, sem que haja sobreposição de mudas.

1.7.2 Resistência estrutural

Será feita a escolha de materiais que suportem o peso estrutural de todos os subsistemas, para que não ocorra possíveis falhas estruturais, atrasos no projeto ou até mesmo a perda do mesmo. Para evitar isso serão realizadas simulações no Ansys para garantir a segurança do projeto.

1.7.3 Braçadeiras automatizadas

Através do acionamento de um botão o usuário poderá movimentar o sistema de braçadeira para fora da estufa, onde será movimentada pelo acionamento de um motor.

1.7.4 Integração com os outros subsistemas

Antes de finalizar o projeto é preciso que a estrutura esteja em perfeita sincronia com os demais subsistemas, funcionando como um organismo só e sem falhas de integração.

1.7.5 Acabamento final da estrutura

A estrutura, no final do projeto, deverá ter um acabamento primoroso, sem possíveis falhas ou estética que deixe a desejar.

1.8 Rastreabilidade dos requisitos estruturais

O requisito 1.7.1, que trata do espaço físico na qual o sistema deve oferecer para conter as seis mudas de cultivo, está relacionado ao item 2 da EAP, voltado pra parte da Arquitetura, mais especificamente aos subitens 2.1.2 e 2.1.6 devendo o sistema possuir uma gaveta para cultivo oferecendo um suporte para tal.

O requisito 1.7.2, que trata da resistência estrutural dos materiais envolvidos na constituição da estufa automatizada, está relacionado ao item 4 da EAP, voltado para

a parte de Gerenciamento, mais especificamente ao subitem 4.2 que aborda a questão dos Riscos envolvidos no projeto, onde serão realizados cálculos estruturais e escolhas adequadas de materiais para evitar quaisquer falha do sistema.

O requisito 1.7.3, que aborda a automatização das braçadeiras, está relacionado aos itens 1 da EAP, voltado a parte de Monitoramento e Controle, mais precisamente aos subitens 1.1 de Sensores e 1.2 de Hardware, onde através destes haverá o movimento automatizado da abertura e fechamento da gaveta com as seis mudas de alface através do acionamento de um botão que ligará o motor de passo que fará com que esse movimento seja possível.

O requisito 1.7.4, que trata da Integração de todos os subsistemas envolvidos no projeto, está relacionado principalmente ao item 4 da EAP, de Gerenciamento, mais precisamente ao subitem 4.6 de Comunicação, onde deverá ocorrer uma correlação entre todas as subáreas envolvidas no sistema para que o projeto seja integrado como um todo, funcionando adequadamente e realizando todas as funções determinadas por cada subárea.

O requisito 1.7.5, que trata do Acabamento final da estrutura, está relacionado ao item 2 da EAP, voltado para a Arquitetura, onde devido a “simplicidade” da estrutura em si, esta deverá apresentar uma forma visual bastante robusta e estilizada com acabamentos bem feitos e com detalhes bem elaborados.

1.9 Plano de ação de estrutura

O plano de ação para as fases 2, 3 e 4 com todos os detalhes está apresentado nas figuras 6, 7 e 8, respectivamente. As escolhas feitas para as dimensões e para os materiais que farão parte da estrutura foram realizadas pela equipe de estruturas levando em consideração alguns pontos fundamentais:

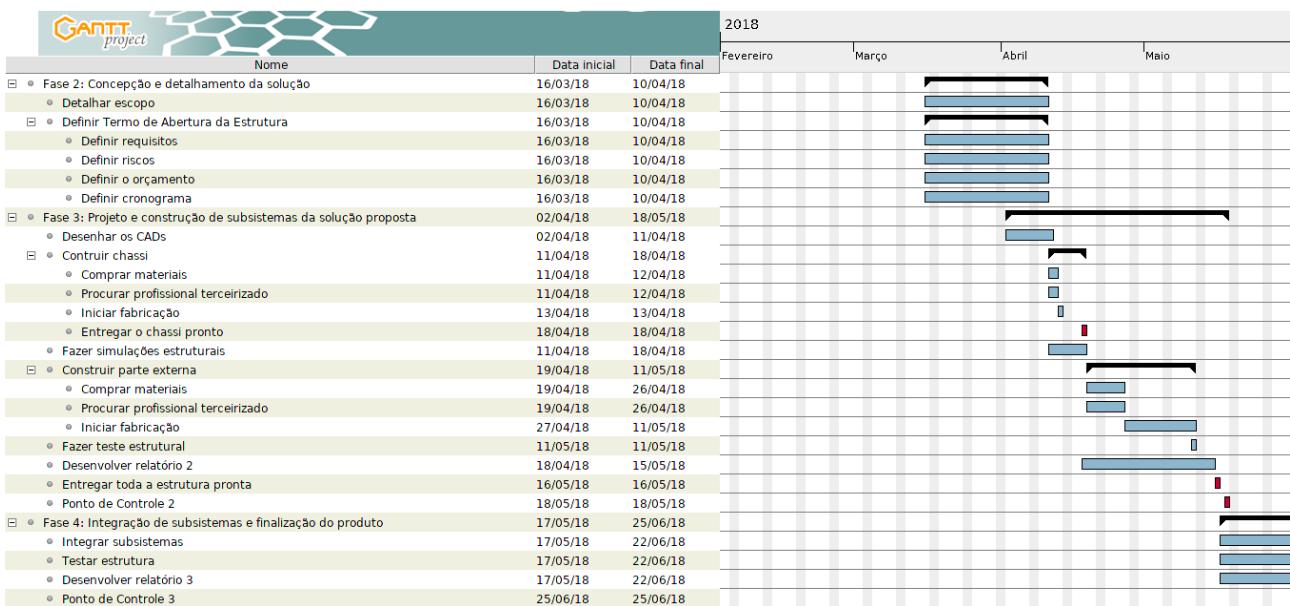


Figura 6 – Cronograma de Estrutura

Item	Atividade	Recurso necessário	Responsável pela atividade	Data de inicio	Prazo	Data de término	Status	Observações
Fase 2	Concepção e detalhamento da solução:							
1	Detalhar escopo	Pesquisas de mercado, definição de público alvo e de finalidade de projeto	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	16/03/2018	3 semanas	06/04/2018	Concluído	Ação tomada por toda a organização, não somente estruturas.
2	Definir requisitos	Debate interno	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	16/03/2018	3 semanas	06/04/2018	Concluído	Alinhamento entre todas as engenharias
3	Definir riscos	Estudo de players, produtos já existentes e estimativas de falhas de projeto	Gabriel	04/04/2018	1 semana	10/04/2018	Concluído	
4	Definir orçamento	Contato com empresa especializada	Júlio César	04/04/2018	1 semana	06/04/2018	Concluído	3 orçamentos realizados. Aprovação de liberação de verba já feita também
5	Definir cronograma	Datas definidas pela gerência, entrega de projeto e pontos de controle	Thiago Dias	04/04/2018	1 semana	10/04/2018	Concluído	

Figura 7 – Fase 2 detalhada

1.9.1 Materiais

1.9.1.1 Parâmetros envolvidos

Algumas características do projeto tais como temperatura, umidade, pH e presença de CO₂ foram levados em consideração para a definição das propriedades que os materiais

teriam que possuir. A resistência à corrosão, oxidação foram fatores primordiais para a escolha. Além de conferir estas resistências, os materiais deveriam ser versáteis, ou seja, de fácil conformação, soldabilidade, usinabilidade, leves, de baixo custo e suportarem uma certa carga e movimentos. O aço carbono como material metálico e polímeros de baixa e alta densidade comporão a estrutura por abranger todas as demandas citadas.

Fase 3	Projeto e construção de subsistemas da solução proposta						
	CHASSI						
6	Desenho dos CADs	Conhecimentos na ferramenta de modelagem 3D (CATIA)	Rafael Abreu	02/04/2018	1 semana	04/04/2018	Em desenvolvimento Alterações têm sido feitas ao longo das reuniões
7	Comprar materiais	Indicações, definição das dimensões, liberação do recurso financeiro e aprovação pela gerência	Júlio César	04/04/2018	1 semana	11/04/2018	Em desenvolvimento
8	Procurar profissional terceirizado	Contato com Soldador indicado pelo professor Rhander	Júlio César	05/04/2018	1 semana	10/04/2018	Em desenvolvimento O trabalho será realizado no galpão
9	Iniciar fabricação	Materiais	Júlio César	11/04/2018	1 semana	18/04/2018	À fazer
10	Entrega do chassi	Chassi soldado	Terceiro	12/04/2018	1 semana	19/04/2018	À fazer Pediu de dois a três dias para concluir o serviço
11	Simulações estruturais	CAD finalizado	Rafael Abreu	11/04/2018	1 semana	18/04/2018	À fazer É preciso finalizar o CAD
	Parte externa da estrutura - "carroceria"						
12	Comprar materiais	Chassi pronto, componentes e elementos internos definidos e dimensionados	Júlio César	19/04/2018	1 semana	26/04/2018	À fazer Demais engenharias deverão passar
13	Procurar profissional terceirizado	Material, dimensão e cortes para instalação de componentes definidos	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	19/04/2018	1 semana	26/04/2018	À fazer Mateus que vai soldar não mexe com compósitos e preferiu não mexer. Provavelmente aqui deveremos meter a mão na massa.
14	Iniciar fabricação	Material, dimensão e cortes para instalação de componentes definidos e comprados	Júlio César e Gabriel	27/04/2018	1 semana	04/05/2018	À fazer O fato do Gabriel e do Rafael morarem na frente do galpão vai nos ajudar bastante. Ainda há a possibilidade de trabalharmos na oficina do meu amigo.
	Realizar teste estrutural	Ter o Chassi e a carroceria montados juntos com os componentes internos	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	11/05/2018	1 semana	18/05/2018	À fazer O teste terá que ser pensado como se já todos os componentes assim como a cultura já estivesse lá dentro.
	Desenvolver relatório 2	Estrutura finalizada, testes e simulações realizados	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	18/04/2018	4 semanas	15/05/2018	Em desenvolvimento Aumentar tudo no relatório assim que as pesquisas, testes e simulações forem realizadas. Assim não nos perdemos e chegamos com um conteúdo denso e integral de tudo. Lembrar de registrar fotos e vídeos reais.
	Entregar toda estrutura pronta	Chassi pronto, componentes e elementos internos definidos, dimensionados e devidamente instalados previamente para testes	Júlio César e Gabriel	16/05/2018	1 semana	23/05/2018	À fazer Exigir o mais rápido possível a dimensão, localidade e massa dos componentes de eletrônica e energia.
	PC2	Subsistema devidamente montado e funcionando	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	18/05/2018	20 minutos	18/05/2018	À fazer Se atentar com as observações que os professores fizeram sobre o slide.

Figura 8 – Fase 3 detalhada

1.9.2 Dimensão

1.9.2.1 Estudo de mercado

Foi estudado alguns players já instalados no mercado para saber como eles tratam seus projetos assim como alguns projetos caseiros. Percebeu-se que apesar de existir milhares de estufas existentes no mercado, grande parte segue um padrão de materiais e dimensões.

1.9.2.2 Público alvo

Definido em escopo, toda equipe preferiu trabalhar com uma estufa voltada para ambientes indoor, ou seja, que dependerão 100% de luz artificial. Então foi definido que a estufa seria focado para cômodos de apartamentos e casas. Para isso, projetamos um sistema compacto e atraente que não ocupasse muito espaço.

Fase 4	Integração de subsistemas e finalização do produto							
	Integrar subsistemas	Subsistemas devidamente funcionando para integração	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	17/05/2018	1 semana	22/05/2018	À fazer	Estar sempre alinhado com as demais equipes para caso precisem de ajustes ou algo do tipo
	Testar produto final	Subsistemas presentes para a integração assim como os devidos responsáveis por cada área	Júlio César	17/05/2018	1 semana	22/05/2018	À fazer	Reunir todos no galpão com folga de tempo para testar e retestar
	Desenvolver relatório 3	Tudo funcionando perfeitamente, cálculos, simulações e testes já realizados e registrados	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	17/05/2018	1 semana	22/05/2018	Em desenvolvimento	Não esquecer de ir atualizando o documento atual sempre, assim reduz trabalho mais na frente
	Ponto de Controle 3	Produto final pronto e funcionando assim como relatório completo contendo as simulações.	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	25/06/2018	20 minutos	25/06/2018	À fazer	Hora do show!

Figura 9 – Fase 4 detalhada

1.9.2.3 Protótipo

Por se tratar de um protótipo e não de um produto final propriamente dito, e também por ser financiado pelos próprios alunos as dimensões foram reduzidas ao extremo para que comportasse nas finanças pessoais da equipe.

2 Referencial Teórico

2.1 Sistemas Embarcados

Para realização do projeto é necessário um sistema embarcado para controle dos sensores e atuadores, e intermédio de interface com o usuário.

Um sistema embarcado é um sistema de computador com uma função dedicada dentro de um sistema mecânico ou elétrico maior e geralmente com restrições de computação em tempo real. E é incorporado como parte de um dispositivo completo, muitas vezes incluindo peças mecânicas e de hardware. Sistemas embarcados controlam muitos dispositivos em uso comum hoje em dia. Noventa e oito por cento de todos os microprocessadores são fabricados como componentes de sistemas embarcados(HEATH, 2003).

Exemplos de propriedades de computadores embarcados típicos quando comparados com os correspondentes de uso geral, são de baixo consumo de energia, tamanho pequeno, faixas operacionais robustas e baixo custo por unidade. Isso ocorre com o preço de recursos de processamento limitados, o que os torna significativamente mais difíceis de programar e interagir. No entanto, construindo mecanismos de inteligência sobre o hardware, aproveitando os possíveis sensores existentes e a existência de uma rede de unidades embarcadas, é possível gerenciar os recursos disponíveis de forma otimizada nos níveis de unidade e rede, bem como fornecer funções aumentadas, muito além aqueles disponíveis. Por exemplo, técnicas inteligentes podem ser projetadas para gerenciar o consumo de energia de sistemas embarcados(HEATH, 2003)(MICHAEL, 2007).

Os sistemas embarcados modernos são frequentemente baseados em microcontroladores (isto é, CPUs com memória integrada ou interfaces periféricas), mas microprocessadores comuns (usando chips externos para circuitos de memória e periféricos) também são muito utilizados, especialmente em sistemas mais complexos. Em ambos os casos, o processador a ser utilizado pode ser de tipos variados, desde fins gerais até aqueles especializados em certas classes de cálculos, ou até mesmo customizados para a aplicação em questão(HEATH, 2003)(MICHAEL, 2007).

Como o sistema embarcado é dedicado a tarefas específicas, os engenheiros de projeto podem otimizá-lo para reduzir o tamanho e o custo do produto e aumentar a confiabilidade e o desempenho. Alguns sistemas embarcados são produzidos em massa, beneficiando-se de economias de escala(MICHAEL, 2007).

2.2 Medição do Nível da Água

Os três tipos básicos de medição de nível são:

- direto
- indireto
- descontínuo

A medição direta pode ser feita medindo-se diretamente a distância entre o nível do produto e um referencial previamente definido. Neste tipo de medição podemos utilizar a observação visual, como por exemplo, réguas, gabinetes, visores de nível, bóia ou flutuador, ou até mesmo através da reflexão de ondas ultra-sônicas pela superfície do produto(CASSIOLATO, 2010).

Na medição indireta, o nível é medido indiretamente em função de grandezas físicas a ele relacionadas, como por exemplo, pressão (manômetros de tubo em U, níveis de borbulhador, níveis de diafragma, células de pressão diferencial,etc), empuxo (níveis de deslocador) e propriedades elétricas(níveis capacitivos, detector de nível condutivo, níveis radioativos, níveis ultra-sônicos, detector de nível de lâminas vibrantes,etc)(CASSIOLATO, 2010).

Na medição descontínua, tem-se apenas a indicação quando o nível atinge certos pontos específicos, como por exemplo, condições de alarmes de nível alto ou baixo(CASSIOLATO, 2010).

2.3 Optoacopladores

São dispositivos de proteção em circuitos eletrônicos que precisam trabalhar com diferentes tensões. No projeto da estufa eles serão utilizados para conectar a Raspberry a dispositivos que trabalham com tensão diferente de 3.3V, que é a tensão dos pinos GPIO, e para evitar uma sobrecarga de corrente nela. (SEMICONDUCTORS, 2017)

2.4 Relé

Os relés basicamente são dispositivos elétricos que tem como função produzir modificações súbitas, porém predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de saída. O relé tem um circuito de comando, que no momento em que é alimentado por uma corrente, aciona um eletroímã que faz a mudança de posição de outro par de controles, que estão ligados a um circuito ou comando secundário. Resumidamente podemos dizer que todo relé se configura como um contato que abre e fecha de acordo com algum determinado fator ou configuração. Alguns relés são bem pequenos e fáceis de serem manipulados, testados e trocados, justamente por existir vários tipos de construções mecânicas para relés(BRAGA, 2012).

O relé é um componente eletromecânico, ou seja, ele conta com uma parte mecânica de contato e o acionamento ocorre através da corrente elétrica em uma bobina. Na imagem

abaixo é possível visualizar todos os componentes de um relé eletromecânico(BRAGA, 2012).

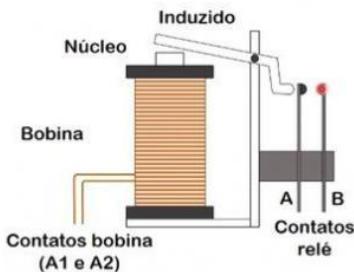


Figura 10 – Relé Internamente

2.5 Conversor Analógico/Digital

No mundo real as grandezas físicas raramente são de natureza elétrica. O primeiro passo para trazer esse mundo para o seu processador é o de transformar essas grandezas em sinais elétricos. Os equipamentos responsáveis por essa transformação são conhecidos por sensores ou transdutores. Esses transdutores estão em quase tudo ao nosso redor. São sensores de pressão, vazão, luz, temperatura, PH, etc. Todos esses transdutores transformam as grandezas físicas em sinais elétricos. Os sinais elétricos podem ser lineares e proporcionais à amplitude das grandezas medidas, ou então não lineares mas com curvas conhecidas, que podem ser compensadas de alguma maneira a posteriori(BRAGA, 2013).

Uma vez transformadas em sinais elétricos, a precisão das grandezas convertidas pelos transdutores fica limitada às características ou especificações desses transdutores. Sua natureza ainda é analógica e contínua no tempo. Para trazer essas grandezas para dentro do seu processador, será necessário realizar mais uma transformação do sinal analógico para digital, de forma que esse possa ser tratado e processado digitalmente. Essa transformação é realizada por um componente conhecido como Conversor A/D (Analógico/Digital)(BRAGA, 2013). Um conversor A/D transforma um sinal analógico, contínuo no tempo, num sinal amostrado, discreto no tempo, quantizado dentro de um número finito de valores inteiros, determinado pela resolução característica do conversor em bits (8, 10, 12, 16 etc). Por exemplo, num conversor de 8 bits, o sinal de entrada é transformado em amostras com os valores entre 0 e 255(BRAGA, 2013).

O sinal a ser convertido por um conversor A/D dificilmente se acomoda diretamente à faixa de tensão de entrada do conversor. Ele precisa ser transformado adequadamente para isso. Em geral a tensão de entrada de um conversor A/D é definida como a tensão de alimentação do conversor (+ 5 ou 3,3 V, por exemplo). Para realizar essa adaptação muitas vezes é necessário realizar um condicionamento do sinal, tipicamente com auxílio de circuitos analógicos passivos ou ativos(BRAGA, 2013).

Após o condicionamento do sinal existe um elemento na entrada do conversor A/D que realiza uma amostragem periódica do sinal analógico e o mantém estável até que o conversor propriamente dito possa convertê-lo para um código digital. Trata-se de um circuito de Sample & Hold. Um circuito ilustrativo de um S/H (Sample and Hold) pode ser visto na figura 2. A ilustração do efeito dessa amostragem pode ser vista na figura 3(BRAGA, 2013).

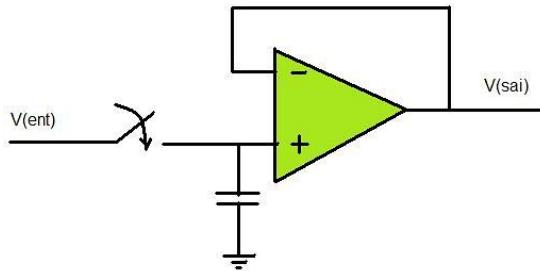


Figura 11 – Circuito Sample & Hold simplificado

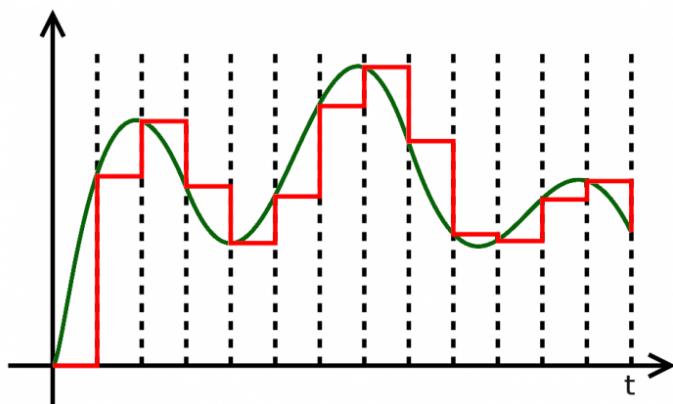


Figura 12 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo

2.6 Ponte H

Os motores de corrente contínua trabalham nos dois sentidos de rotação quando invertidas suas polaridades. A ponte H é um circuito que tem a função de controlar esse sentido de rotação do motor a partir da inversão de sua polaridade. O exemplo a seguir, ilustra uma ponte H composta de quatro transístores que trabalham em pares nas diagonais. Basicamente, quando se aciona uma chave tem-se 12V e a outra chave-par leva o terra (0V) para o motor. A utilização de transístores NPN e PNP é aconselhável para

evitar uma perda de tensão maior entre eles, dessa forma, a carga (motor) fica sempre ligado aos coletores dos transístores.

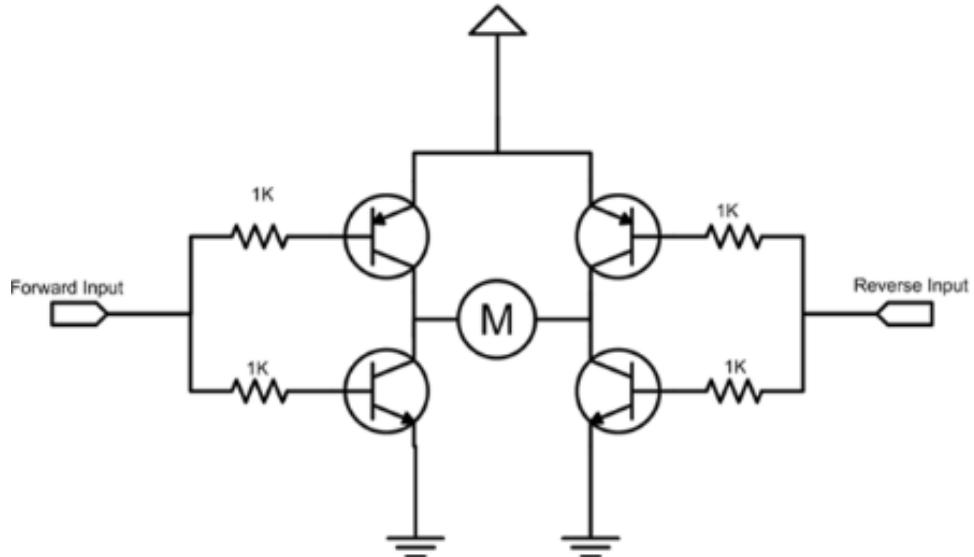


Figura 13 – Representação ponte H

Para o projeto Green House, será necessária a confecção de uma ponte H para controle da rotação do motor. Foi realizada uma simulação no Proteus®, afim de garantir a tensão de 12V para carga, a funcionalidade do circuito e demonstrada também a entrada do controlador de operações (representado pelos 3,3V):

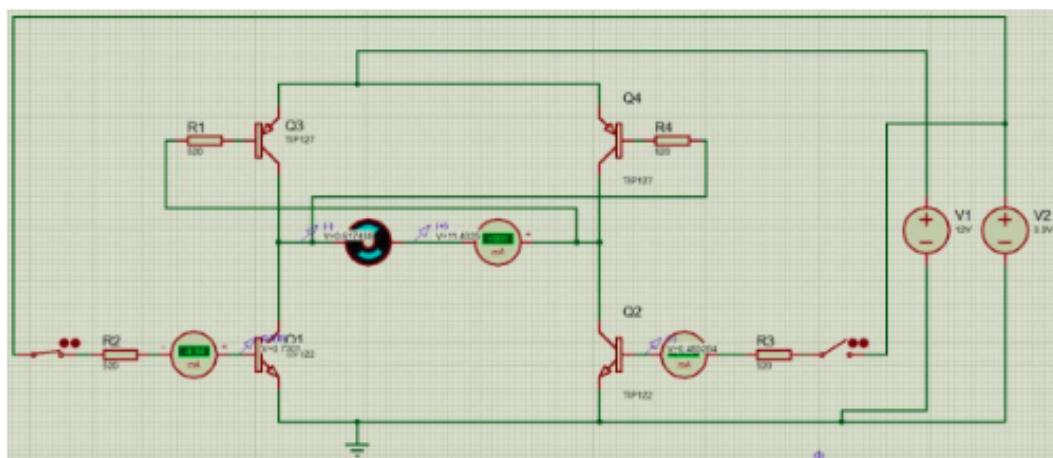


Figura 14 – Simulação da ponte H com acionamento em Q1 e Q4. Fonte: Proteus*.

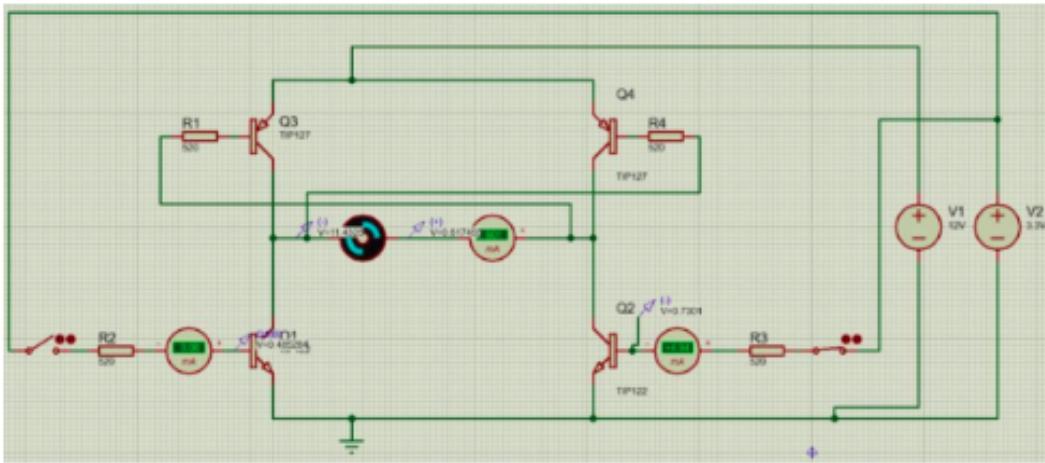


Figura 15 – Simulação da ponte H com acionamento em Q2 e Q3. Fonte: Proteus*.

O microcontrolador que será utilizado é uma Raspberry que trabalha com 3,3V e tem limitação na corrente de 50mA, quando utilizadas todas as suas entradas. Assim, para que essa restrição seja limitada, no nó de conexão entre o transístor e o controlador, a corrente foi limitada a 0,005mA. Para isso ocorrer, é necessário o uso de resistências de 520Ω , como demonstrado a seguir:

$$\frac{V_{cc} - V_{be}}{R} = I_b$$

$$\frac{3,3 - 0,7}{R} = 0,005$$

$$R = 520\Omega$$

$$I_{ce} = 1000 \Omega * 0,005 = 5 A$$

Onde,

- I_b = corrente que aciona o transistor;
- R = resistências que serão utilizadas para controle da corrente I_b ;
- I_{ce} = corrente disponível à carga;
- $V_{cc} - V_{be}$ = diferença de tensão entre o controlador e o transístor.
- A corrente I_{ce} é multiplicada por 1000 devido ao transistor TIP. Sendo ela fornecida pela fonte que será construída mais adiante.

Para a construção dessa ponte H, serão necessários:

- 2 transístores Darlington TIP 120;
- 2 transístores Darlington TIP 125;

- 4 resistências de 520Ω ;
- 1 placa furada;
- 3 Borne Conector 2 vias - entradas PCI

2.7 Plantário

Na hidroponia, o cultivo das hortaliças é feito em um lugar pequeno e que não gera resíduos no local (como quando utilizado areia ou terra). De acordo com Silva et al. [1], do grupo de fruticultura da Universidade Federal de Uberlândia, o pioneiro na aplicação da técnica de hidroponia foi Allen Cooper, no Glasshouse Crop Research Institute, na Inglaterra, em 1965. Cooper relatava que “a espessura do fluxo da solução nutritiva que passa através das raízes das plantas deve ser bastante pequeno (laminar), de tal maneira que as raízes não ficasse totalmente submersas, faltando-lhes o necessário oxigênio” [1]. No Brasil, o método é amplamente difundido por meio de estruturas de PVC, que alocam as hortaliças e por onde flui água, que é oriunda de um reservatório e se destina ao mesmo reservatório após o caminho do plantio ser percorrido. A fim de ocupar o espaço disposto de forma otimizada, trabalhou-se para que o plantário tivesse a disposição semelhante com a reportada na imagem a seguir:

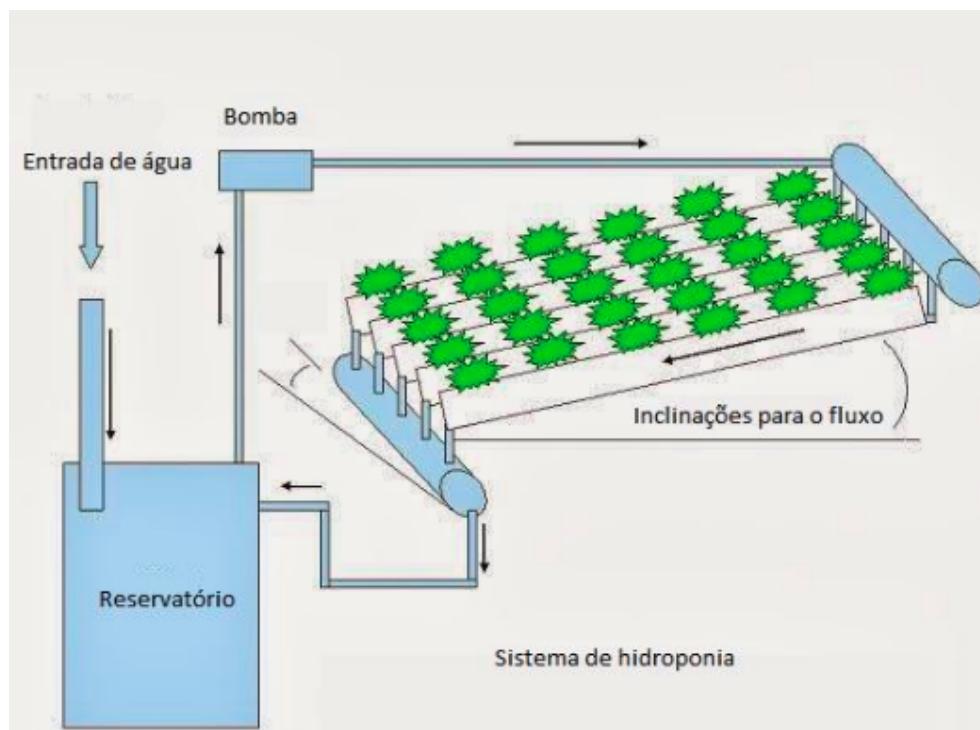


Figura 16 – Plantário.

De acordo com Silva et al. [1], a vazão ideal no para uma estrutura hidropônica está entre 1,5 litro/minuto e 2,0 litros/minuto por canaleta de cultivo.

2.8 Ventilação

Estufas são espaços fechados a fim de não sofrerem as variações de temperatura, umidade e outros fenômenos naturais. Visto que a hortaliça da Green House é definida como a alface e sua faixa de temperatura para cultivo é consideravelmente extensa (10 a 24°C) [2], não há a necessidade de um método para aumento de temperatura e, sim, resfriamento. Com intuito de unir duas soluções, ventilação e controle de temperatura, foi definido o uso de coolers para reciclar o ar no interior da estufa, auxiliando no ajuste de umidade e na variação de temperatura. A seleção do cooler envolve apenas a variável tempo, já que o fluxo de ar a ser reciclado variará de acordo com a vazão do aparelho. A fim de poupar gastos, foram selecionados dois coolers que os integrantes já detinham para entrada de fluxo e saída de fluxo (exaustor), ambos de 12V DC. Um deles é da marca Leadership e funciona com as seguintes especificações:

- Corrente: 0,12A;
- Dimensões: 80x80x25mm;
- Vazão volumétrica: 40,32 m³/h;
- Velocidade: 2200 RPM

O segundo ventilador é da marca Adasa e suas condições de operação são:

- Corrente: 0,08A;
- Dimensões: 120x120x25mm;
- Vazão volumétrica: 75,9 m³/h;
- Velocidade: 1400 RPM

2.9 Iluminação

A iluminação artificial para plantas como alface pode parecer uma ideia infundada a primeira vista para pessoas residentes em países do sul que possuem grandes quantidades de terra disponíveis para o plantio e Iluminação abundante, porém para ambientes de temperatura muito agressiva ou Países como Japão em que a quantidade de terras disponíveis para agricultura é reduzida, ou até mesmo em espaçonaves testadas pela NASA,

o uso de fontes artificiais de luz estão sendo cada vez mais desenvolvidas e aperfeiçoadas para reproduzir a luz do sol. Dessa forma vários estudos contemplam as questões nas quais são pertinentes ao projeto desenvolvido pelo grupo.

Parâmetros Utilizados no Meio

Photosynthetic Photon Flux (PPF)

É o Fluxo de Fótons mais relevantes para a fotossíntese dado em $\mu\text{mol s}^{-1}$, representa o número de Fótons enviados emitidos.

Obtida pela fórmula da energia de um fóton

$$E\lambda = hc$$

E= Energia 1 fóton em j

Temos W= j/s

Dessa forma pode ser calculado o número de prótons para uma lâmpada de 1W ao se aproximar a uma curva normal.

Photosynthetically Active Radiation (PAR)

Light is absorbed from the entire visible spectrum when all pigments are combined.

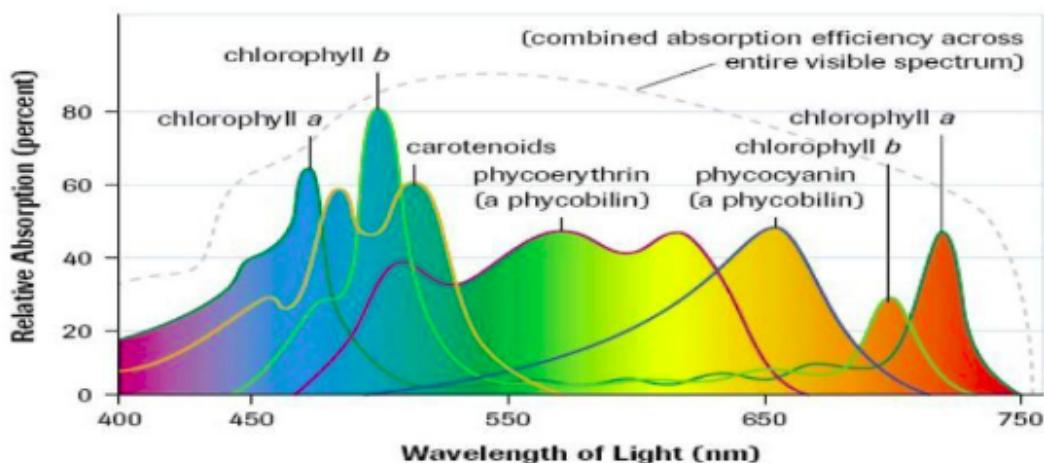


Figura 17 – PAR(Radiação fotossinteticamente ativa)

Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)

É o valor PPF medido por área na qual a luz projetada. Estudos acompanhados de medições por equipamentos como estes demonstram melhor qualidade em plantas que possuem PPFD próximos a $250\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, entretanto o valor do equipamento é elevado.



Figura 18 – Valor de U\$500 o medidor PAR/PPFD)



Figura 19 – Variação PPFD, qualidade de plantas com fornecimento entre $575 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $278 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $175 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD demonstrando ser um parâmetro quantitativo validado para ser usado.)

Lâmpadas de Vapor de sódio

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (HPS), utilizadas para iluminação de estufas e de câmaras de crescimento de plantas dado que a sua emissão se centra em torno da região espectral de maior eficiência fotossintética, permitindo a produção de elevadas intensidades luminosas com um baixo custo energético.

LED

Luz Vermelha (630 -660 nm) é essencial para o crescimento das hastes, bem como a expansão das folhas. Este comprimento de onda também regula a floração, os períodos de dormência e a germinação das sementes.

PART NO	Chip		Lens Color
	Material	Emitted Colors	
LED-P1-D-Red	GaAllnP	Red	WATER CLEAR

Tabela 2 – Tabela luz vermelha

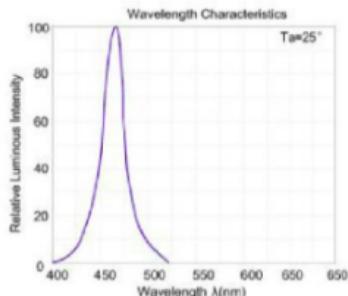


Figura 20 – Curva característica onda

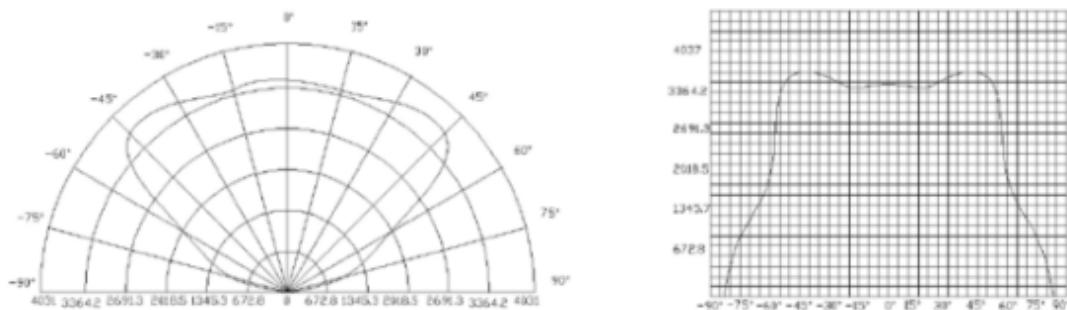


Figura 21 – curva fotométrica

A Luz Azul (400 -520 nm) precisa ser cuidadosamente misturada com luz em outros espectros, pois a superexposição à luz neste comprimento de onda pode prejudicar o crescimento de certas espécies de plantas. A luz na faixa azul também afeta o conteúdo de clorofila presente na planta, bem como a espessura da folha.

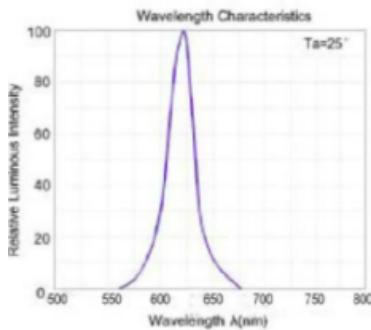


Figura 22 – Curva característica onda

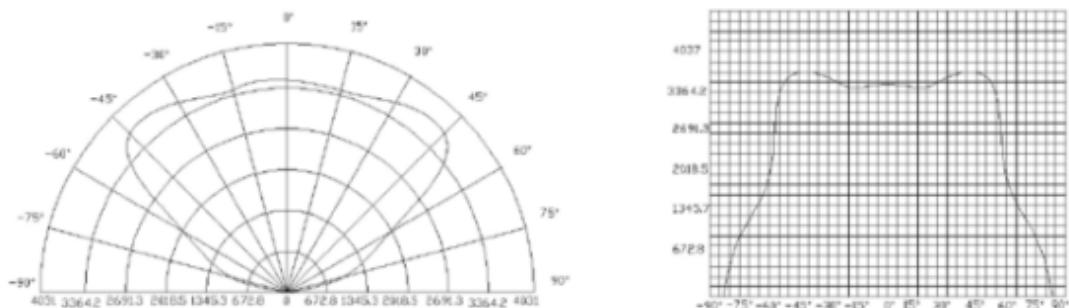


Figura 23 – curva fotométrica

A luz verde (500 - 600 nm) já foi considerada não necessária para as plantas, mas estudos recentes descobriram que este comprimento de onda penetra através dos topos de folhagens para suportar as folhas na parte inferior.

Infravermelho (720 - 740 nm) também passa por folhagens superiores densas para suportar o crescimento de folhas localizadas mais baixas nas plantas. Além disso, a exposição à luz infravermelha reduz o tempo que uma planta precisa para florescer. Outro benefício da luz vermelha distante é que as plantas expostas a este comprimento de onda tendem a produzir folhas maiores do que aquelas não expostas à luz neste espectro.

Luz Branca (400 - 650nm)

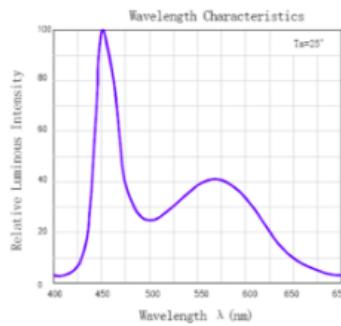


Figura 24 – curva onda

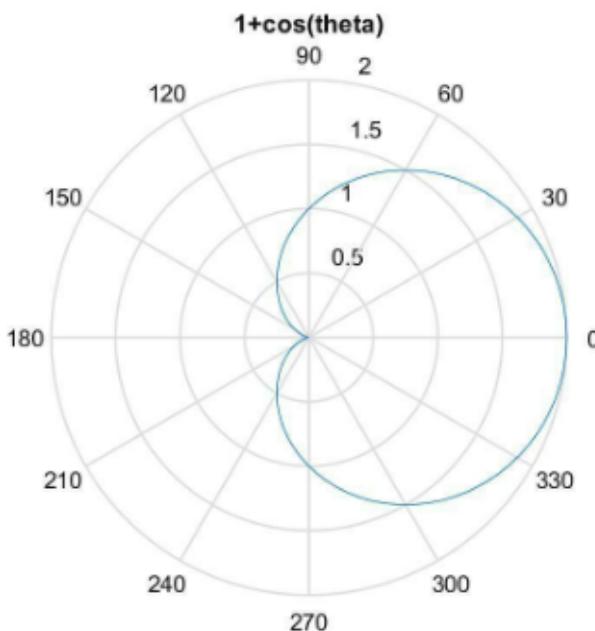


Figura 25 – Cardioide

UV & IR Presença do Infravermelho devido ao Emerson Enhancement Effect que determina que a presença de luz Infravermelha eleva a produção das clorofilas.

UV

1. Ativa proteção natural das plantas
2. Extremamente letal para organismos prejudiciais à planta

2.10 Fonte

A fonte de tensão contínua é um dispositivo eletrônico que fornece um valor de tensão fixa à carga na qual será ligada. A fonte de tensão projetada para esse projeto

é constituída basicamente de quatro partes: abaixadora, retifica, filtragem e regulação de tensão. A parte abaixadora de tensão é constituída por um transformador que tem como função diminuir o nível de tensão da rede, neste caso de 240 Vrms para 20Vp. Essa transformação ocorre de acordo com a relação entre o número de espiras entre a parte primária e secundária do transformador.

O componente de retífica é a ponte retificadora na qual transforma a tensão alternada em tensão contínua, em ligação com o capacitor de desacoplamento com função de filtrar o ruído das faixas de alimentação.

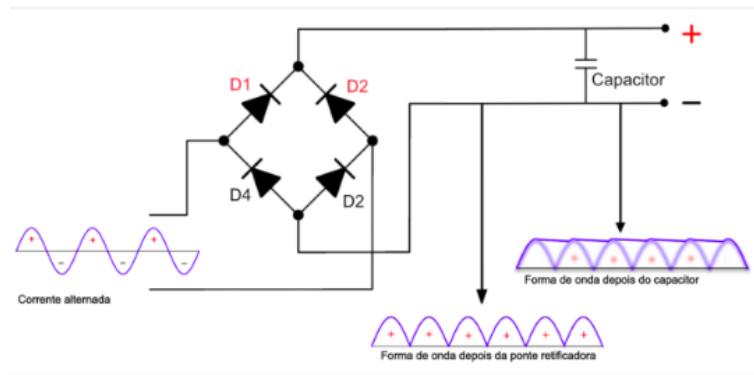


Figura 26 – Circuito fonte

Por fim o regulador de tensão deve manter a saída constante mesmo com alterações de tensão ou corrente na saída.

2.11 Arquitetura de microsserviços

É um modelo arquitetural que tem como foco principal o baixo acoplamento dos serviços disponíveis e é altamente escalável. Ela foi criada para desacoplar as funcionalidades da arquitetura monolítica, sendo esta uma arquitetura tradicional que tem um forte acoplamento entre as classes, o que dificulta a manutenção, aumenta os custos e o tempo do projeto. Com a utilização da arquitetura de microsserviços, os serviços estarão independentes e sua manutenção pode ser realizada sem que necessite modificar a estrutura das classes de outro serviço. Esses serviços podem ser comunicados através de um barramento, como RabbitMQ e com a utilização de um protocolo de comunicação, como AMQP ou HTTP. (T, 2016) (FOWLER, 2014)

2.11.1 Porque utilizar arquitetura de microsserviços

Ao utilizar a arquitetura de microsserviços, torna-se fácil gerenciar as várias funcionalidades independentes do sistema. Troca de água, verificação de potencial Hidrogeniônico, controle de temperatura, controle de luminosidade e demais, são funções autônomas

entre si. Em uma aplicação monolítica, qualquer alteração feita, por menor que seja, sobre um destes serviços, implica na atualização do sistema como um todo. E em caso de falhas, estas podem se propagar para demais serviços que não necessariamente estão envolvidas na atualização realizada.

Torna-se possível, também, subdividir equipes para atuarem de maneira autônoma sobre os microsserviços, sem que haja a preocupação de afetar demais subequipes. Assim, há uma distribuição de recursos (sensores, por exemplo) mais eficiente.

2.11.2 Microsserviços vs SOA

2.11.2.1 Diferenças arquiteturais

Muitos desenvolvedores realizam uma confusão por achar que a arquitetura SOA (Software Oriented-Architecture) é a mesma coisa que o estilo arquitetural de microsserviços. As duas propostas arquiteturais propõe o desenvolvimento desacoplado das funcionalidades do projeto, porém enquanto o SOA precisa de componentes que centralizam os serviços, a arquitetura de microsserviços contém os componentes descentralizados. (GUNTER, 2016)

A imagem abaixo, ilustra essa diferença:

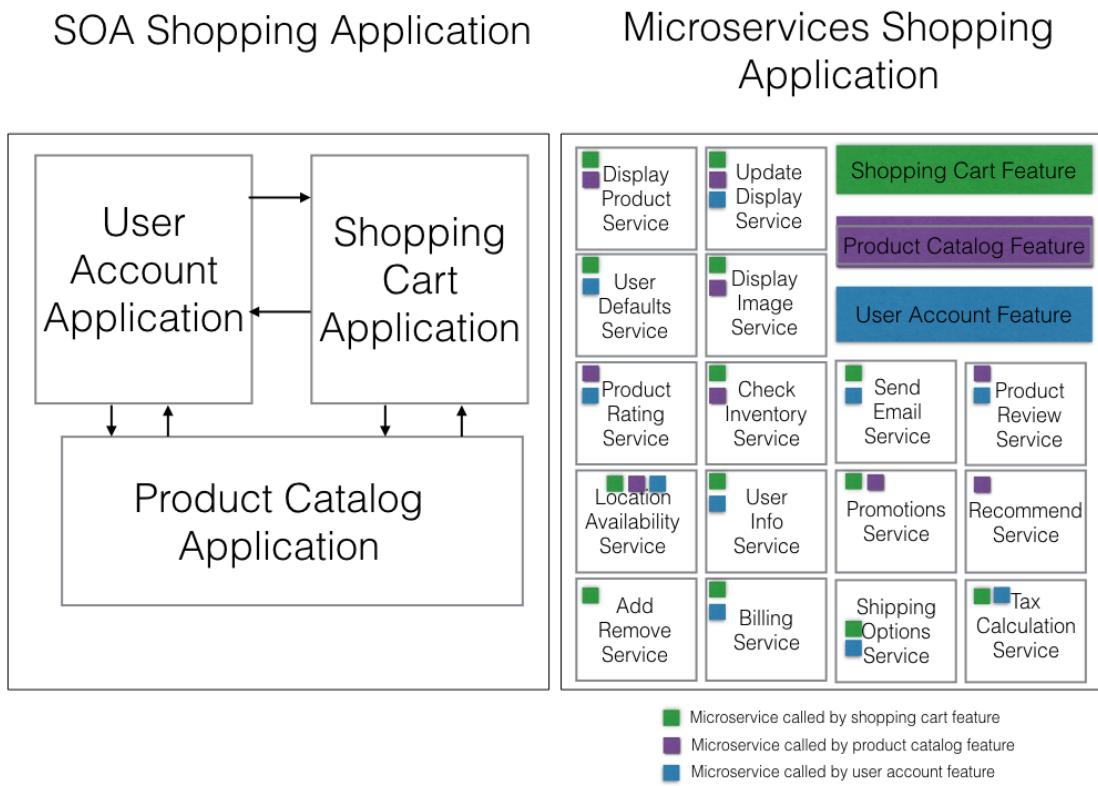


Figura 27 – Exemplo de diferenças arquiteturais em um contexto de negócio de um sistema de supermercado.

A tabela abaixo descreve as principais diferenças entre as duas arquiteturas:

Característica	Arquitetura SOA	Arquitetura de Microsserviços
Tamanho do componente	Grande parte lógica do negócio	Pequeno ou pequena parte da lógica do negócio
Acoplamento	Geralmente com baixo acoplamento	Sempre com baixo acoplamento
Estrutura organizacional	Qualquer	Pequenas equipes multifuncionais dedicadas
Governança	Foco na governança centralizada	Foco na governança descentralizada
Objetivos	Garante que os aplicativos podem interoperar	Desenvolve novos recursos rapidamente para as organizações em desenvolvimento

Tabela 3 – Principais diferenças entre arquitetura SOA e arquitetura de microsserviços.

2.12 Decisão arquitetural

Baseado nas características das arquitetura SOA e microsserviços, e levando em conta as características dos stakeholders e do projeto em si, a arquitetura de microsserviços é mais adequada pelos seguintes fatores: facilidade na integração; utilização de frameworks específicos que garante a comunicação efetiva entre os subsistemas pertinentes do projeto; pelo fato de que tanto a equipe de software como a equipe de eletrônica desenvolva em qualquer microsserviços, permitindo então a governança descentralizada que a disciplina de projeto integrador 2 disponibiliza; e, a flexibilidade e pela escalabilidade que a mesma propõe.

2.13 Estrutura

A estrutura no ramo da engenharia é a área na qual utiliza de cálculos estruturais para dar forma a um objeto predefinido, determinando seus limites, materiais, estabilidade, dinâmica, vibração entre outros fatores. O objetivo da estrutura em um projeto é dar forma como um todo, levando em consideração cálculos estruturais analíticos ou mesmo simulações computacionais que facilitam na obtenção dos resultados. Além disso, com a parte estrutural pode-se integrar os demais subsistemas necessários. Os principais fatores levados em consideração na análise estrutural de um projeto é se os materiais escolhidos são os melhores, mas com o melhor preço, se ele suportará as cargas aplicadas, não apresentando deformações plásticas e se o mesmo não sofrerá danos em decorrência de vibrações.

2.13.1 Materiais

Para a estrutura da estufa automatizada é necessário um material que seja resistente às cargas que serão aplicadas, ao mesmo tempo que seja viável financeiramente. Foram escolhidos dois metais para a estrutura interna, são eles o alumínio e o aço, materiais com resistências variadas e de relativa fácil usinagem, mas que suportam sem problema algum a massa de componentes tais como os motores, sensores e placas a serem acrescentadas no interior. As cantoneiras de aço, principal material estrutural do projeto, podem vir conforme duas normas técnicas brasileiras de aplicação do aço:

- Norma NBR 6591: Norma padrão para aço carbono com costura, para peças que tem como uso final a utilização em estrutura e indústrias em geral. Nessa norma não há exigências de propriedades mecânicas ou acabamento, mas há a exigência da definição das propriedades químicas.
- Norma NBR 8261: Norma padrão para tubos de aço carbono, com costura opcional e formação à frio, no lugar da formação à quente, própria para peças destinadas à

utilização em estruturas soldadas, parafusadas ou rebitadas.

Nessa última norma, as cantoneiras de aço podem ainda vir em composições diferentes, com maior ou menor grau de carbono, e que diferem no tratamento químico recebido e em suas propriedades mecânicas ([TUBONASA, 2014](#)). Como se trata de um protótipo e a principal característica a ser cuidada é a sustentação da estufa, as propriedades que foram levados em consideração para referencial teórico foram as tensões conforme as propriedades médias de um aço com 0,2% de carbono, que é aproximadamente a composição do metalon ([CALLISTER, 2002](#)):

- Massa volumétrica: 7860 kg/m³ (ou 7,86 g/cm³)
- Coeficiente de expansão térmica: $11,7 \cdot 10^{-6} (\text{ }^{\circ}\text{C})^{-1}$
- Condutividade térmica: 52,9 W/m-K
- Calor específico: 486 J/kg-K
- Resistividade elétrica: $1,6 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$
- Módulo de elasticidade (Módulo de Young) Longitudinal: 210 GPa
- Módulo de elasticidade (Módulo de Young) transversal: 80 GPa
- Coeficiente de Poisson: 0,3
- Limite de escoamento: 210 MPa
- Limite de resistência à tração: 380 MPa
- Alongamento: 25%

A figura 28 representa as propriedades do material utilizado para as simulações feitas no Software de modelagem 3D CATIA V5R19. Nota-se a extrema semelhança com os dados coletados pela referência, o que garante a veracidade dos resultados obtidos em simulação em relação ao projeto real:

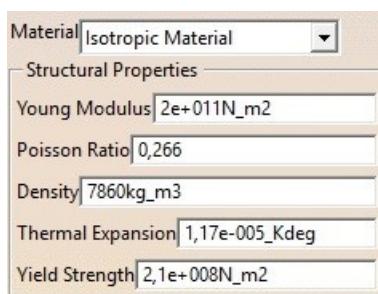


Figura 28 – Propriedades do material simulado

O acabamento da estufa tanto interno como externo está sendo desenvolvido para que cumpra com o papel de revestimento térmico, levando em consideração estética, vedação e viabilidade financeira. Os materiais utilizados para tal finalidade são isopor, chapa de PVC, espuma expansiva e silicone.

2.13.1.1 Resistência dos materiais

É pelo estudo das mecânicas dos materiais que o engenheiro consegue dimensionar uma estrutura. Saber o tamanho de uma barra, qual diâmetro ela necessita ter para suportar um dado peso sem haver perdas de materiais, ou em qual ponto pode ocorrer uma ruptura. Dentre os esforços mais sentidos pela estrutura da estufa estão os de tensão normal e flexão. Com isso, para saber se tais materiais propostos são resistentes às cargas que serão aplicadas, algumas teorias devem ser estudadas. TENSÃO NORMAL: Uma força aplicada em uma determinada área está exercendo uma tensão, e quando tal força e área são perpendiculares é chamada de tensão normal, como mostra a figura 29.

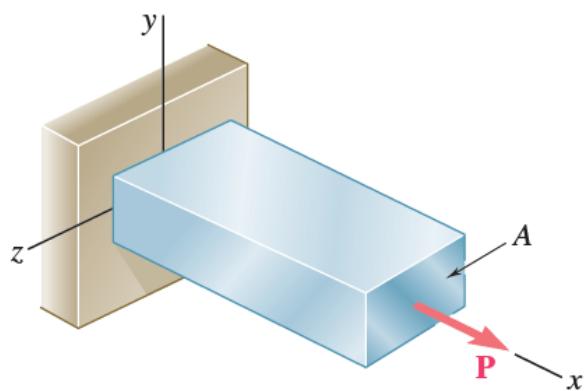


Figura 29 – Tensão normal sobre uma barra prismática

FLEXÃO: Quando uma força paralela ao eixo longitudinal é aplicada a um elemento estrutural alongado e o mesmo sofre uma deformação é caracterizado como flexão. Tem como aspecto uma deformação na forma de arco, figura 30.

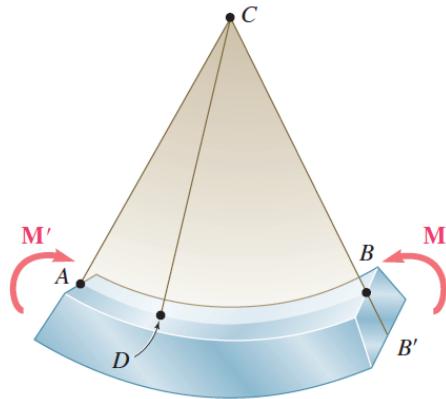


Figura 30 – Flexão pura sobre uma barra prismática

2.13.1.2 Vibrações

Em vários sistemas é muito comum ocorrer o fenômeno da vibração. Ela pode causar desgastes prematuros de superfícies em contato e dependendo da sua frequência pode até mesmo colapsar toda a estrutura, assim o estudo da vibração é necessária para que funcione de maneira desejada. A figura 31 apresenta um esquema básico de vibração causado pela base do sistema.

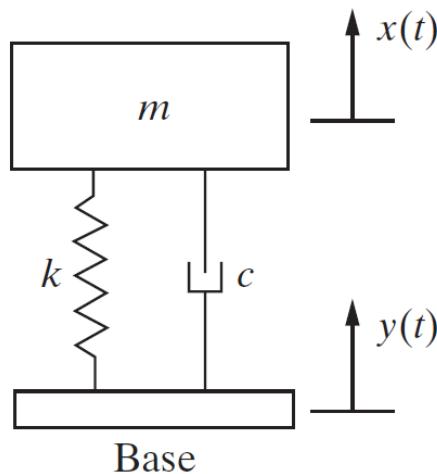


Figura 31 – Esquema de uma excitação pela base

A análise de vibração, como o próprio nome diz, visa analisar as variações nas vibrações das máquinas. Ao avaliar alguma alteração nela, é possível prever problemas que podem vir a ocorrer no desempenho dos equipamentos, além de determinar quais peças que necessitam de manutenção. Outra função dessa análise é para que os especialistas consigam melhorar as condições de trabalho das máquinas. Portanto, ela é de fundamental importância dentro do conceito de manutenção preditiva, já que avalia de forma eficiente

as condições dos equipamentos e, consequentemente, evita defeitos e falhas inesperadas ([NOBREGA, 2014](#)).

Sensores são colocados em pontos estratégicos das máquinas, transformando as vibrações em sinais elétricos, que por sua vez são encaminhados para aparelhos registradores de vibrações. Os dados coletados serão analisados por um profissional capacitado, que avaliará se há algum problema ou não naquele equipamento. Para a implementação da análise de vibração, primeiro é avaliada qual máquina deve ser monitorada. Logo em seguida, é feito um cadastramento dela no sistema de monitoramento, definindo as faixas de medição, parâmetros utilizados e a frequência de coleta dos dados. Em um terceiro momento é definida uma rota para a coleta de dados de acordo com as máquinas e equipamentos definidos e há um acompanhamento nos dados coletados. Depois é emitido um relatório com as condições das máquinas e equipamentos, mostrando potenciais defeitos e recomendações para corrigi-los ([NOBREGA, 2014](#)). Ao realizar este procedimento, há uma redução nos custos de manutenção, já que é possível prever quando é necessário a intervenção de manutenção, além do já citado prolongamento da vida útil dos componentes. Some isso ao aumento da eficiência das intervenções de manutenção, aumento da disponibilidade dos equipamentos, ampliação da confiabilidade operacional e redução no curso de conversão.

A manutenção preditiva baseia-se na avaliação do estado da máquina com inspeções de rotina. Com isso, elimina-se o desperdício de peças, diminui-se os estoques associados, aumenta a eficiência nos reparos, reduz ou elimina problemas e aumenta a disponibilidade das máquinas. Portanto, ela é excelente na questão de custo-benefício, já que dependendo da indústria, os custos com a manutenção representam até 30% dos investimentos da empresa ([ZUNIGA, 2011](#)).

2.13.1.3 Transferência de calor

Um dos principais requisitos para a construção da estufa é que a temperatura interna seja controlada, pois é muito importante controlar a mesma para que as plantas tenham um crescimento saudável. Esse trabalho será realizado tanto pelos materiais isolantes como pelo cooler de refrigeração. Tal ciência é estudada através da transferência de calor. Este fenômeno dita que dois ou mais corpos próximos ou em um mesmo ambiente tendem a trocar calor até que todos entrem em equilíbrio térmico.

2.13.1.3.1 Condução

A condução é uma forma de transferência onde uma partícula mais energética transfere a sua energia para uma menos energética, figura 32. Os níveis de condução variam principalmente de acordo com o material, alguns transferem a sua energia mais rapidamente do que outros, como por exemplos os metais, na qual são considerados bons

condutores térmicos. Para o caso da estufa utilizou-se o isopor junto com o PVC para fazer esse trabalho de evitar condução, já que os dois são materiais que possuem uma baixa condutividade térmica.

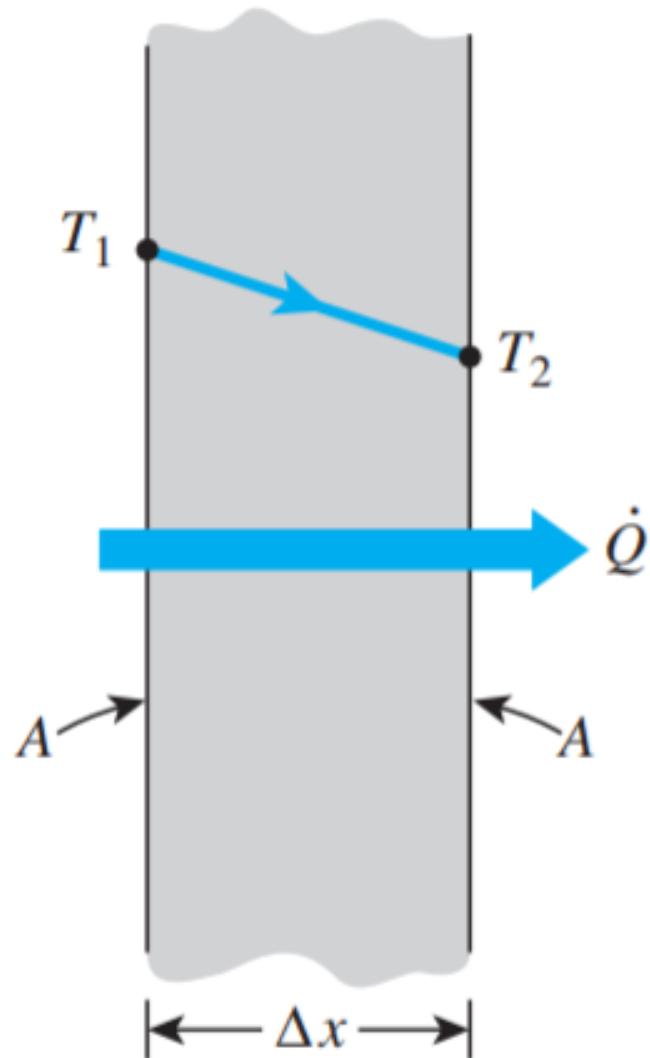


Figura 32 – Condução térmica em um sólido

2.13.1.3.2 Convecção

Este modo de transferência se dá através do movimento combinado de um fluido por uma superfície sólida, figura 33. O movimento da água dentro de um cano cria a convecção, gerando uma transferência de calor em consequência do fluxo. A dinâmica do ar dentro e fora da estufa provocará esse fenômeno físico, agindo nas paredes de isopor, PVC e madeira. Para que esse efeito não influencie demais na temperatura ambiente os materiais devem ser bons isolantes.

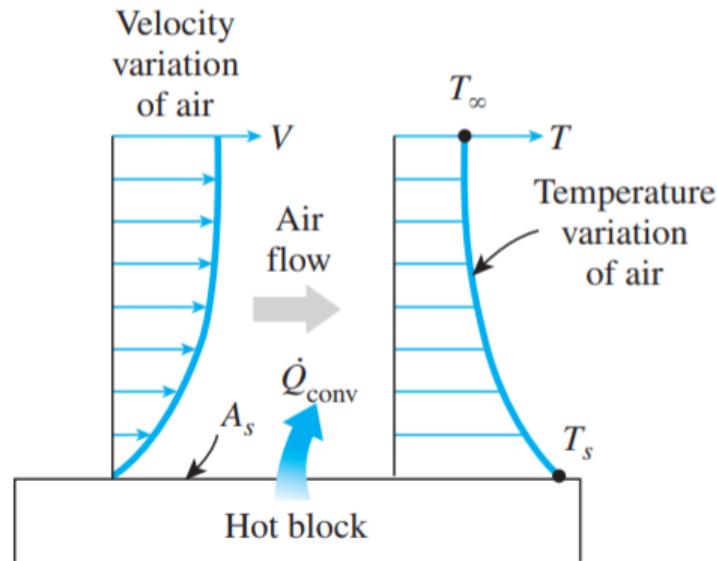


Figura 33 – Convecção térmica do ar sobre um sólido

2.13.1.3.3 Radiação

A radiação é a energia emitida pela matéria na forma de ondas eletromagnéticas, figura 34. A energia emitida pelo Sol e sentida aqui na Terra como forma de calor é dada pela transferência da radiação. Objetos criados pelo homem, como as lâmpadas, também emitem energia pela radiação. Com isso, haverá um possível aumento da energia interna da estufa ao longo do tempo em consequência da utilização de lâmpadas, mas que poderá ser facilmente corrigida pelo resfriamento do ar através dos coolers.

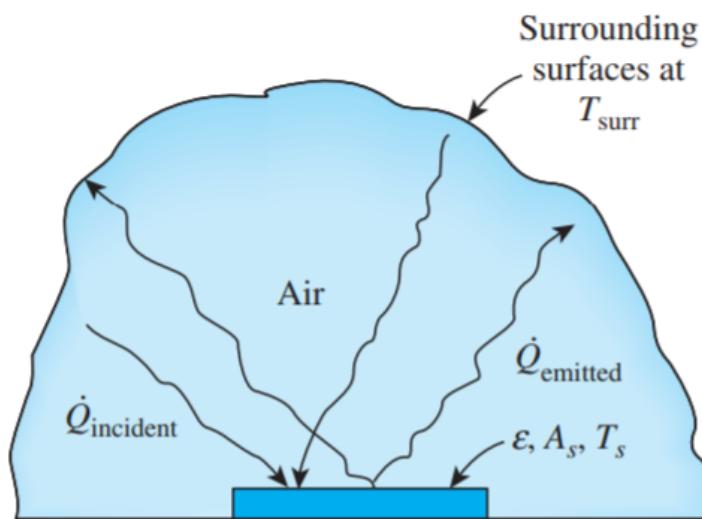


Figura 34 – Transferência de calor pela radiação entre superfícies vizinhas

3 Solução Proposta

3.1 Requisitos de Software

3.1.1 Web e Mobile

Para os requisitos a seguir, o termo "aplicação" é usado para designar tanto aplicativo móvel quanto aplicação web.

1. A aplicação deve exibir os dados capturados pelos sensores

Os dados coletados pelos sensores instalados na estufa devem ser transmitidos às aplicações web e mobile, de forma que possam ser apresentados ao proprietário da estufa em tempo real.

2. A aplicação deve permitir a troca de água do sistema.

Embora a troca de água seja acionada automaticamente quando o nível de pH esteja fora da faixa aceitável, o usuário deve ser capaz de acionar esta funcionalidade manualmente.

3. A aplicação deve exibir notificações quando o nível de pH da água estiver abaixo ou acima do nível ideal.

Como um nível impróprio de pH da água é prejudicial para hortaliças, a aplicação deve exibir uma notificação sempre que, por algum motivo, o nível de pH fique acima ou abaixo do especificado como ideal.

4. A aplicação deve exibir notificações quando a temperatura estiver abaixo ou acima do nível ideal.

A estufa deve ser mantida em uma faixa de temperatura especificada como ideal para as hortaliças. Sempre que, por algum motivo, a temperatura interna da estufa fique acima ou abaixo desta faixa, uma notificação deve ser exibida pela aplicação.

5. A aplicação deve realizar a abertura/fechamento da gaveta por um comando.

Em qualquer momento, o usuário poderá acionar a abertura/fechamento da gaveta pelo aplicativo ou pelo sistema web.

3.2 Web Service

A solução exige componentes capaz de manter comunicação unificada entre a estufa e as interfaces web e mobile. A necessidade de se atualizar parâmetros em tempo real orienta ao uso de uma solução com rabbitmq juntamente com o protocolo de comunicação AMQP.

A API que será desenvolvida terá auxílio do microframework Flask, tendo este a responsabilidade pela integração entre os componentes de software. A solução da API seguirá o padrão arquitetural de microsserviços.

3.3 Linguagens e frameworks

A construção do backend será desenvolvida em Python com o auxílio do framework Nameko, sendo este desenvolvido especialmente para aplicações de microsserviços. Além disso, será utilizado o microframework Flask para a implantação da API e a geração de rotas para requisição de páginas via AMQP, para que seja possível a conversão dos dados coletados em formatos em JSON, sendo este subsídio de entrada o frontend. ([ROCHA, 2016](#))

Para o frontend, serão utilizados o ReactJS para a aplicação web e o React Native na aplicação mobile.

3.4 Sistema mobile de controle

A estufa poderá ser controlada via um aplicativo instalado no smartphone do proprietário da mesma. Isto será alcançado por meio de uma comunicação com o WebService citado acima.

Por meio do aplicativo, o proprietário poderá monitorar e alterar as condições internas da estufa de forma remota. Os dados coletados por meio dos sensores instalados no interior da estufa serão transmitidos ao smartphone do proprietário em tempo real. Quaisquer alterações definidas pelo aplicativo irão acionar os componentes relevantes para efetivar as mesmas.

O aplicativo mobile será desenvolvido utilizando o framework React Native. Esta tecnologia foi selecionada pois ela permite uma comunicação facilitada com o WebService definido acima.

3.5 Sistema web de controle

O sistema web oferece uma alternativa para o controle de estufa. Será desenvolvida em React JS, também se conectará ao WebService e oferecerá os mesmos mecanismos de controle disponíveis no Sistema Mobile de Controle.

3.6 Histórias de Usuário

Seguindo as recomendações do SCRUM, uma metodologia ágil de desenvolvimento de software, foram definidas histórias de usuário que representam funcionalidades planejadas do sistema. Cada história foi analisada pela equipe de desenvolvimento e pontuada segundo seu nível de complexidade. A seguir encontra-se a listagem delas.

US01 - Visualizar medições

Pontuação: 3

Eu como: Usuário

Desejo: visualizar as medições feitas pelos sensores

Para que: possa ter um monitoramento sobre a hortaliça plantada

- Exibir valores atuais de temperatura, potencial hidrogeniônico, nível de água, consumo de água, luminosidade.
- Exibir valores históricos

Gráficos de linha

Exibir dados referentes ao dia, semana, mês, ano

Utilizar cores diferentes para cada grandeza

US02 - Login de usuário

Pontuação: 5

Eu como: Usuário

Desejo: logar no sistema

Para que: tenha acesso a modificações no ambiente interno da estufa.

- Exibir tela de login.
 - Utilizar endereço de email para login.
 - Utilizar PIN para autenticação
- PIN de 4 dígitos

US03 - Alertar usuário**Pontuação:** 2**Eu como:** Sistema**Desejo:** alertar o usuário sobre mudanças no ambiente interno da estufa**Para que:** ele possa fazer as alterações necessárias

- Exibir um alerta quando a temperatura estiver elevada ou abaixo do necessário

US04 - Visualizar ambiente interno**Pontuação:** 13**Eu como:** Usuário**Desejo:** visualizar o ambiente interno da estufa**Para que:** possa ter um acompanhamento sobre a hortaliça plantada

- Mostrar a estufa em tempo real

US05 - Troca de água**Pontuação:** 5**Eu como:** Usuário**Desejo:** acionar a troca da água do sistema**Para que:** os nutrientes sejam renovados e a água com pH alterado seja descartada

- Exibir um painel de controle para acionar a troca da água do sistema

US06 - Visualizar relatório de temperatura d'água**Pontuação:** 3**Eu como:** Usuário**Desejo:** visualizar um relatório com a temperatura de água ao longo de um período específico**Para que:** tenha controle sobre a temperatura de água em um período selecionado**US07 - Visualizar relatório de temperatura ambiente interna da estufa****Pontuação:** 3**Eu como:** Usuário

Desejo: visualizar um relatório com a temperatura ambiente interna da estufa ao longo de um período específico

Para que: tenha controle sobre a temperatura ambiente interna da estufa em um período selecionado

US08 - Visualizar relatório do nível de pH da estufa

Pontuação: 3

Eu como: Usuário

Desejo: visualizar um relatório com o nível de ph da água da estufa ao longo de um período específico

Para que: tenha controle sobre o nível de ph da água da estufa em um período selecionado

US09 - Visualizar relatório da umidade interna da estufa

Pontuação: 3

Eu como: Usuário

Desejo: visualizar um relatório com a umidade interna da estufa ao longo de um período específico

Para que: tenha controle sobre o nível da umidade interna da estufa em um período selecionado

US10 - Alerta sobre falhas de comunicação

Pontuação: 5

Eu como: Sistema

Desejo: alertar o usuário sobre falhas de comunicação com a estufa

Para que: o usuário fique ciente e possa tomar providências

- Identificar origem da falha

US11 - Abrir a gaveta da estufa

Eu como: Usuário

Desejo: abrir a gaveta da estufa

Para que: realizar a coleta/inserção da planta ou embrião da planta.

US12 - Fechar a gaveta da estufa

Eu como: Usuário

Desejo: fechar a gaveta da estufa

Para que: realizar a coleta/inserção da planta ou embrião da planta.

3.7 Microsserviços utilizados no projeto

Para o escopo da integração e das funcionalidades pertinentes ao sistema como um todo, foram definidos os seguintes microsserviços a serem desenvolvidos pela equipe:

- Monitoramento de temperatura, e do nível hidrogeniônico da água.
- Monitoramento de temperatura ambiente e umidade relativa do ar, internos à água.
- Login do usuário.
- Gerenciamento de usuário.

3.8 Diagramas

3.8.1 Diagramas de classe

Os diagramas de classe representam a estrutura do sistema, em suma suas classes, atributos, métodos e relacionamentos. (BELL, 2004)

Como a arquitetura de microsserviços prega o desacoplamento dos microsserviços, portanto, para cada microsserviço do projeto existe um diagrama pertinente àquele microsserviço em questão.

3.8.1.1 Microsserviço de monitoramento de temperatura ambiente

Na imagem abaixo, é possível observar como é a estrutura padrão para os microserviços que contam com a integração dos softwares (embarcados, webservice, cliente) como: monitoramento de temperatura, e do nível hidrogeniônico da água; e, monitoramento de temperatura ambiente e umidade relativa do ar;

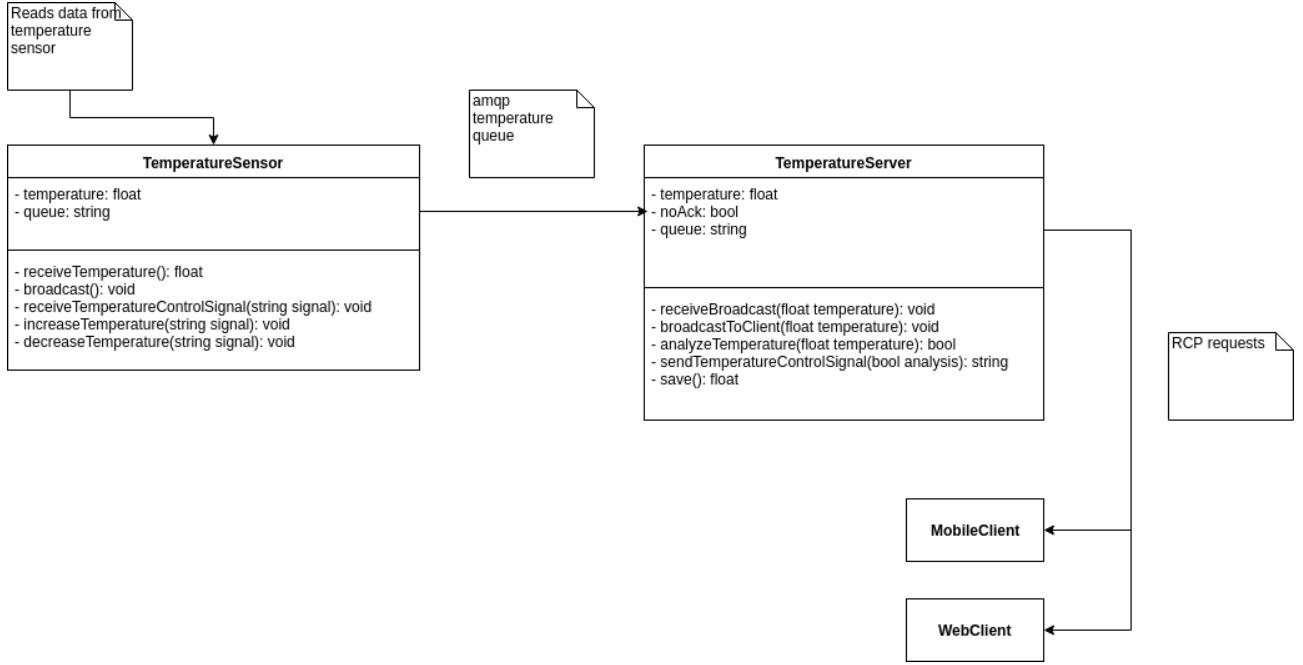


Figura 35 – Diagrama de classe do microsserviço de monitoramento de temperatura ambiente

3.8.1.2 Microsserviço de gerenciamento do usuário

Logo abaixo, há uma ilustração da estrutura das classes que contam com o microsserviço de gerenciamento do usuário:

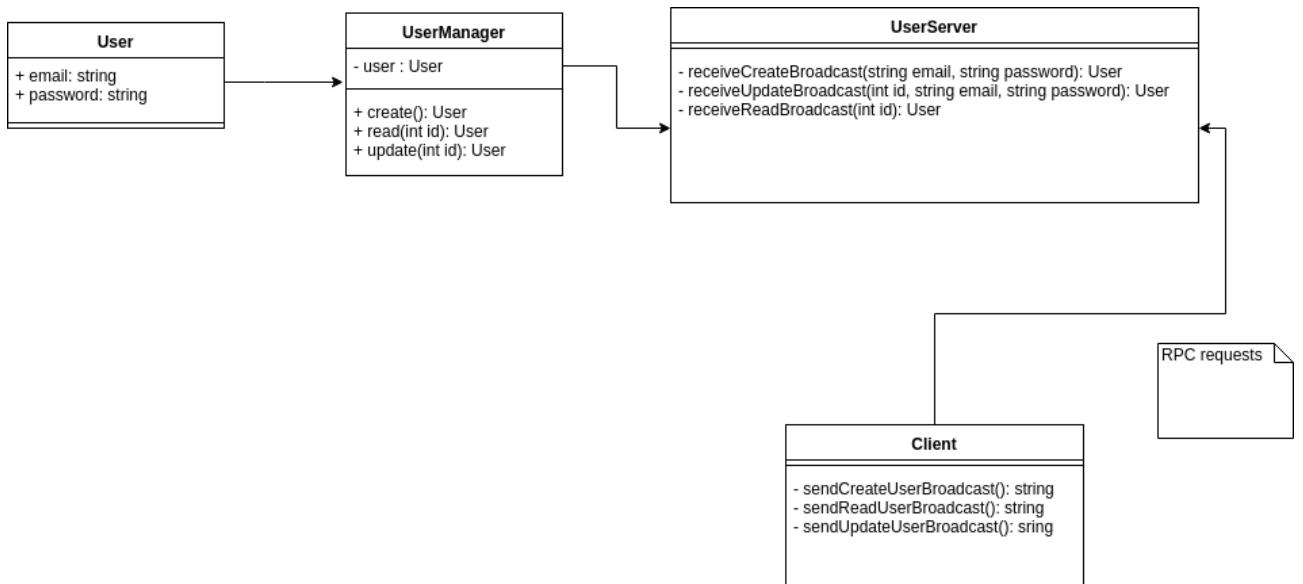


Figura 36 – Diagrama de classe do microsserviço de gerenciamento do usuário

Para o microsserviço de Login de usuário, o diagrama seguirá a mesma estrutura

do diagrama acima.

3.8.2 Diagrama de Sequência

Diagramas de sequência podem ser utilizados para visualizar e avaliar o fluxo lógico de um sistema. Eles exibem a forma pela qual informações, ações e eventos são transmitidos entre todas as entidades relacionadas a uma funcionalidade específica.

A seguir, são apresentados os diagramas de sequência de algumas das funcionalidades chave do projeto Greenhouse.

3.8.2.1 Enviar Alerta

O fluxo do diagrama de sequência abaixo mostra as ações efetuadas pelos sistemas para realizar o envio de alertas ao usuário.

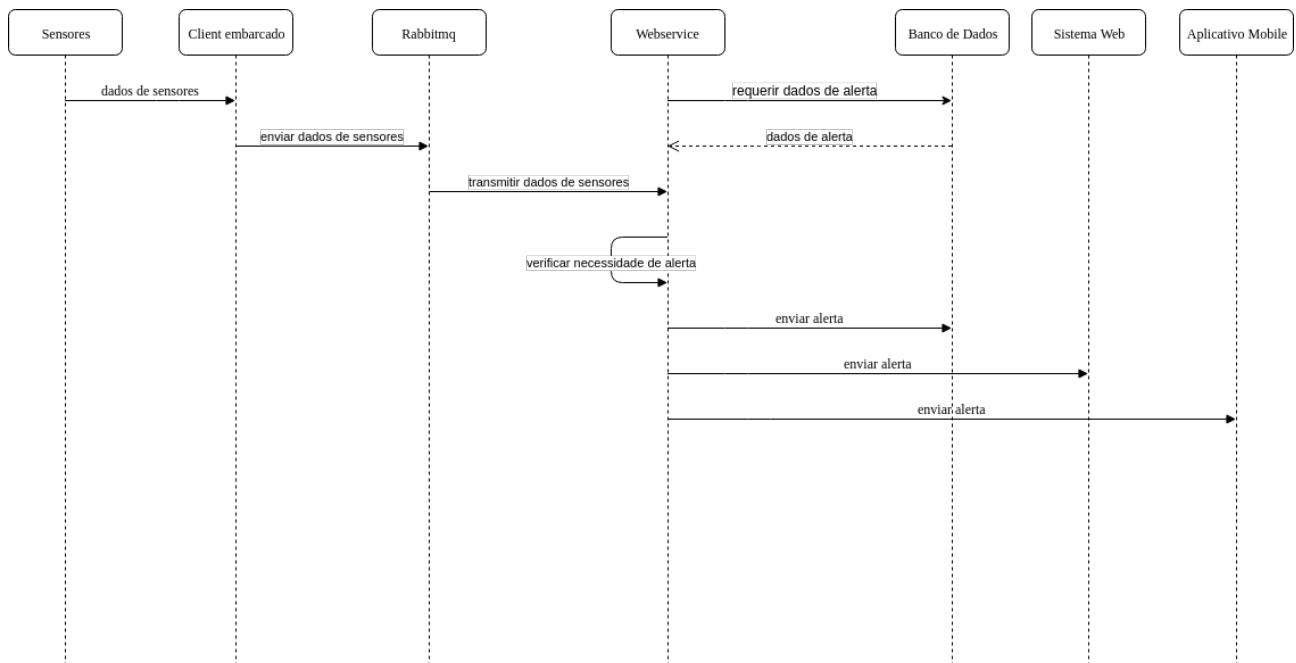


Figura 37 – Diagrama de sequência de enviar alerta

3.8.2.2 Exibir Relatório

O fluxo do diagrama de sequência abaixo mostra as ações efetuadas tanto pelos sistemas para exibir o relatório das informações do ambiente da estufa (i.e. média de temperatura, umidade, iluminação, e volume de água utilizado) ao usuário.

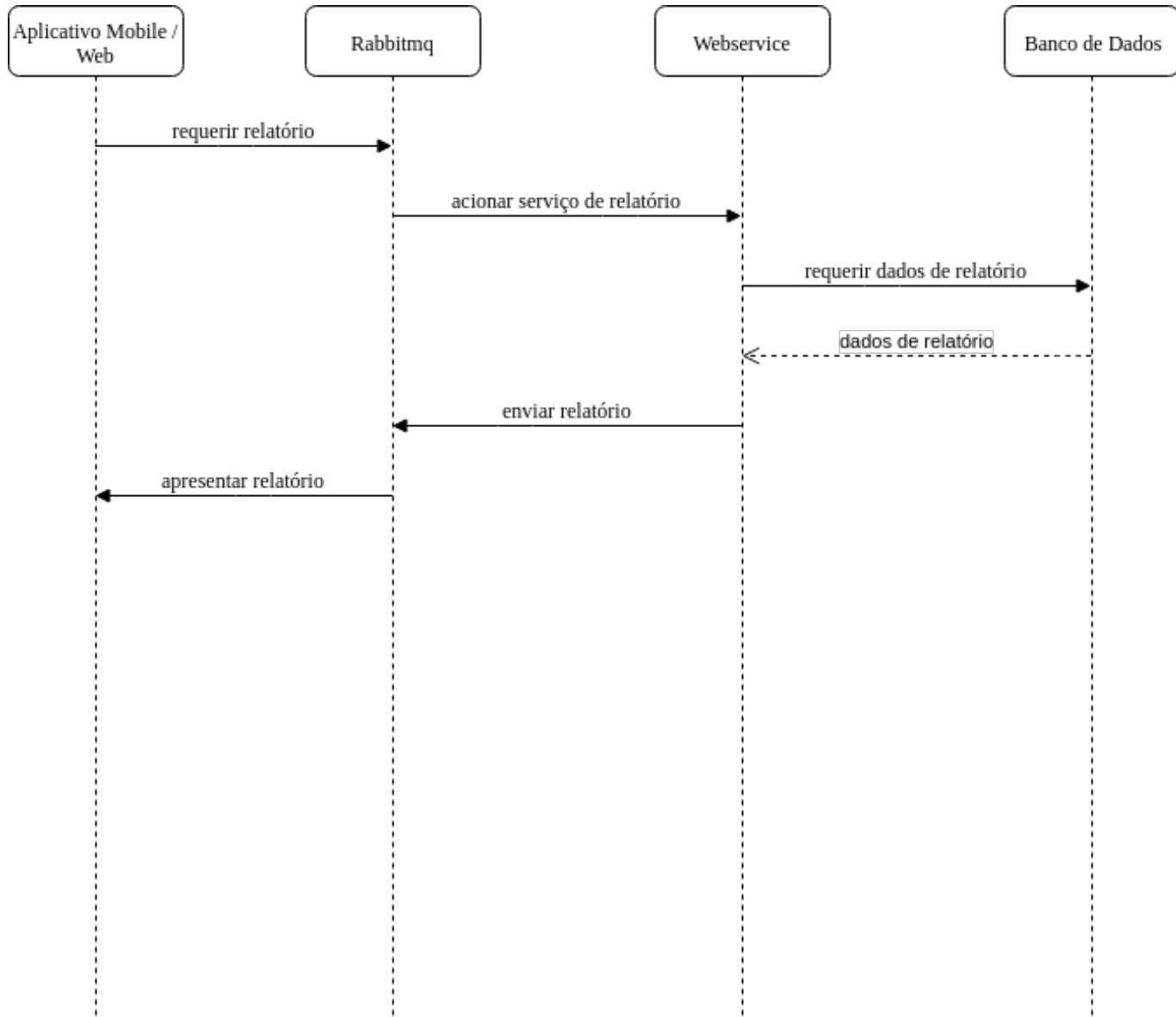


Figura 38 – Diagrama de sequência de exibir relatório

3.8.2.3 Troca de Água Automática

O fluxo do diagrama de sequência abaixo mostra as ações efetuadas pelos sistemas para realizar a troca automática de água.

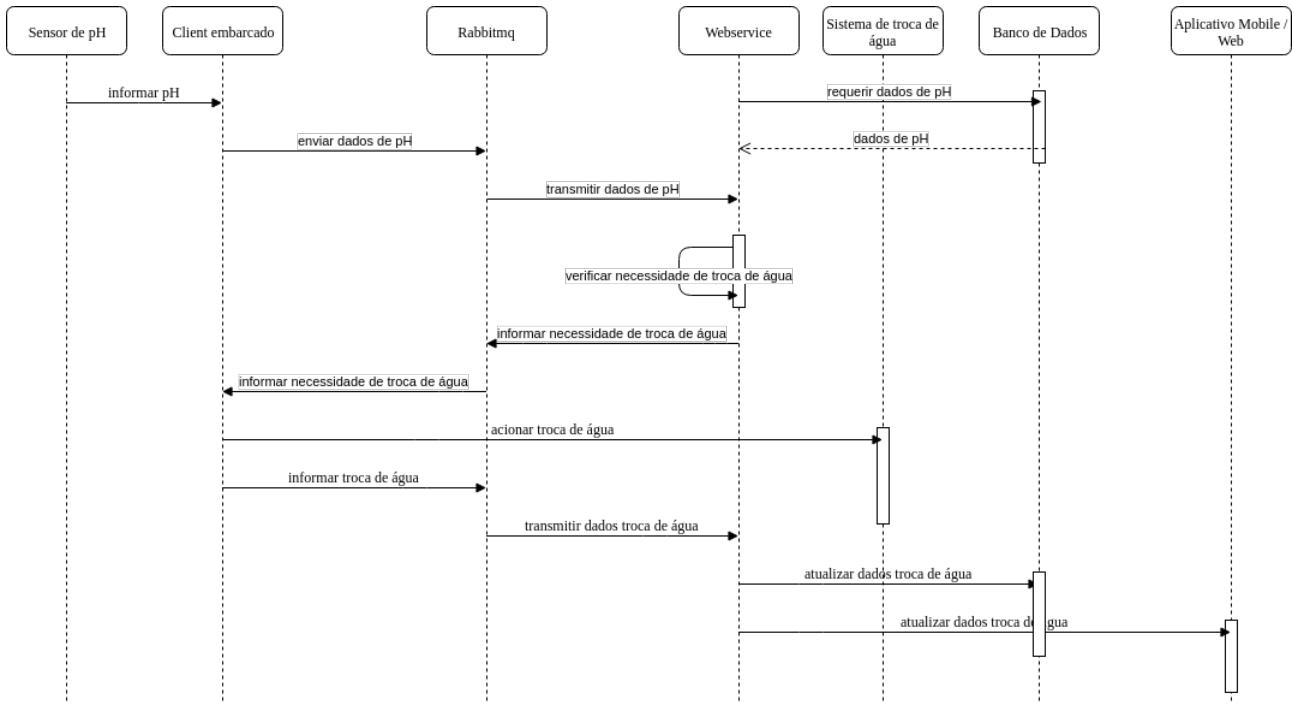


Figura 39 – Diagrama de sequência de troca de água automática

3.8.2.4 Troca de Água Manual

O fluxo do diagrama de sequência abaixo mostra as ações efetuadas pelos sistemas para realizar a troca manual de água.

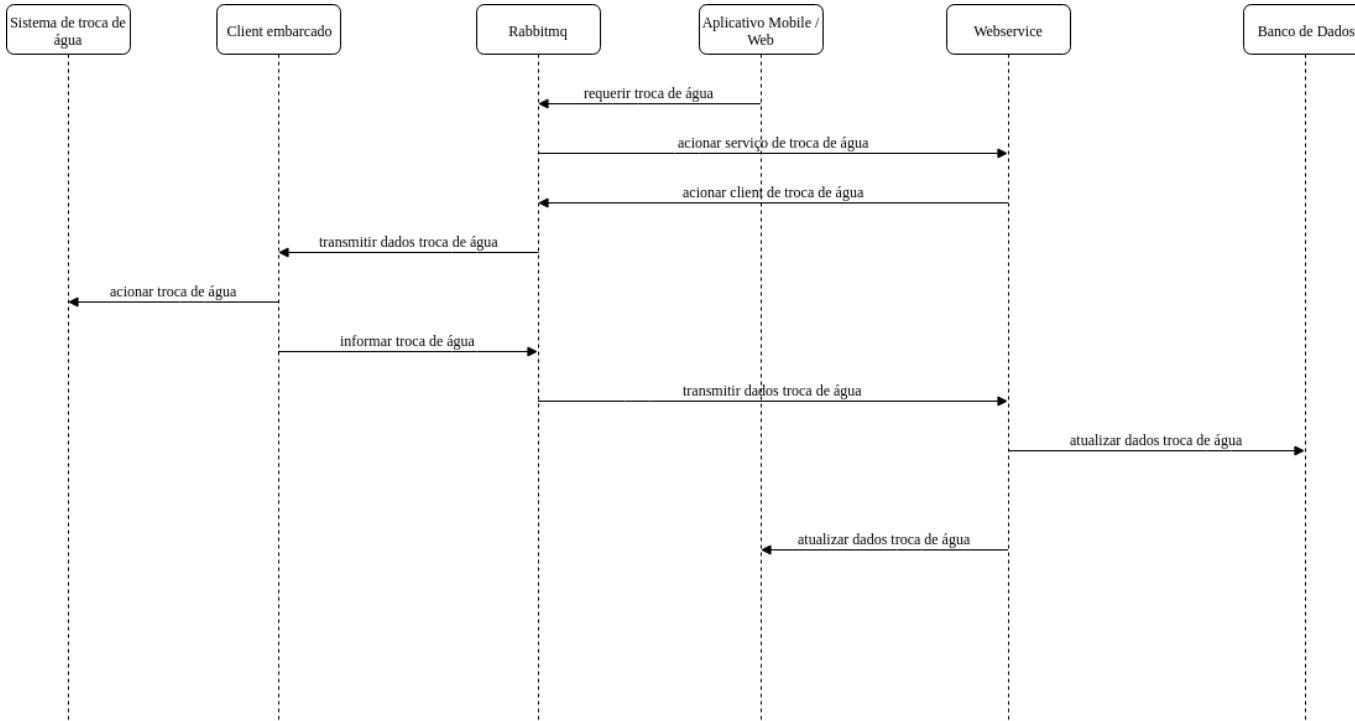


Figura 40 – Diagrama de sequência de troca de água manual

3.8.3 Diagrama de Estado

Diagramas de estado podem ser utilizados para visualizar e avaliar o fluxo lógico de um sistema. Eles exibem a forma pela qual informações, ações e eventos são transmitidos entre todas as entidades relacionadas a uma funcionalidade específica.

A seguir, são apresentados os diagramas de sequência de algumas das funcionalidades chave do projeto Greenhouse.

3.9 Confecção Ponte H

A ponte H foi feita primeiramente em uma protoboard a fim de ser validada sua eficiência. Em seguida, o sistema foi transferido para a placa furada. O resistor utilizado apresentou mudança pois o item não estava disponível para a venda. Os resistores utilizados foram os 4 resistências de 560Ω . Dessa forma:

$$\frac{3,3-0,7}{560} = l_b$$

$$l_b = 0,0046A$$

$$I_{ce} = 1000 \Omega * 0,0046 = 4,6 A$$

- l_b = corrente que aciona o transistor;

- I_{ce} = corrente disponível à carga.

O resultado final é mostrado a seguir:

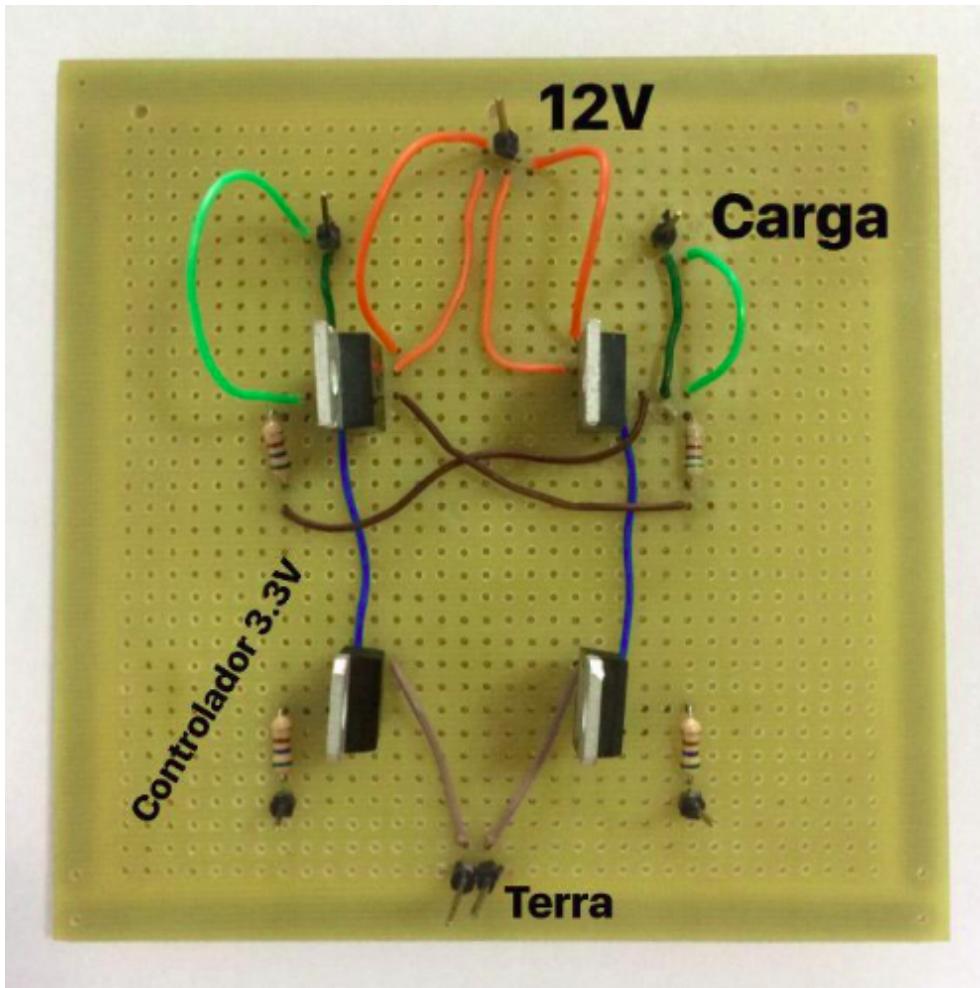


Figura 41 – Ponte H confeccionada.

Os integrantes que confeccionaram a placa tiveram dificuldades com a manipulação dos componentes, por não possuírem prática alguma com circuitos. Para posteriores trabalhos, é recomendado o uso de fios com bitolas maiores a fim de manter a segurança da ponte H.

3.10 Confecção do plantário

No sistema que está foi projetado para estufa, a área disponível para a locação da plantário era restrita a 50cmx50cm. Visto que esse espaço ainda seria compartilhado com os rolamentos da gaveta, a estrutura foi confeccionada em 3 tubos de PVC de 75mm de diâmetro e 40cm de comprimento. Além disso, foram feitos 2 furos em cada cano, com auxílio de serra-copo de 50mm de diâmetro, destinados a alocar as hortaliças

do projeto). Os canos foram pintados de preto a fim de evitar o desenvolvimento de fungos e bactérias. O resultado é mostrado a seguir:



Figura 42 – Plantário confeccionado com canos PVC. Fonte própria

O sistema deve contar com uma bomba que eleve a água do reservatório para 40 cm acima do mesmo, onde estarão os canos. Os canos estarão dispostos com uma angulação que permite que o fluido percorra o cano pela ação da gravidade. Assim, não é preciso fazer cálculos de perdas de cargas das raízes do substrato. A potência pelo fluxo mássico é dado pela variação de energia na entrada e saída da bomba. Como representado a seguir, há a variação de energia de pressão, energia cinética e energia potencial:

$$\frac{W}{m} = \left(\frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gH_2 \right) - \left(\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gH_1 \right)$$

Onde,

W = potência consumida (W/s);

m = fluxo mássico (kg/s);

P_2 = pressão no ponto 2;

ρ = massa específica da água (kg/m^3);

V_2 = velocidade no ponto 2 (m/s)

H_2 = altura no ponto 2 (m);

g = gravidade (m^2/s);

P_1 = pressão no ponto 1;

V_1 = velocidade no ponto 1 (m/s);

H_1 = altura no ponto 1 (m);

Considera-se que não há variação de altura considerável entre a entrada e saída da bomba. Assim, não há variação de energia potencial. Considera-se também que não há variação de energia cinética no sistema (V_2 aproximadamente igual a V_1). Nota-se, então, que o sistema fornecerá apenas energia de pressão, essa mesma que torna possível a elevação da coluna de água. Dessa forma:

$$\frac{W}{m} = H_g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{\Delta_p}{\rho g}$$

A variação de energia de pressão é dada por:

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{1}{2} \frac{Q^2}{A^2} \rho$$

Onde,

f = fator de atrito;

L = comprimento do escoamento (m) ;

D = diâmetro;

ρ = massa específica da água (kg/m^3);

A = área do escoamento (m^2);

Q = vazão volumétrica (m^3/s).

Ao dividir a equação pela massa específica e gravidade, tem-se a altura manométrica (m):

$$\Delta H = f \frac{L}{D} \frac{1}{2} \frac{Q^2}{A^2} \frac{1}{g}$$

É possível calculá-lo também a partir da equação de Colebrook - White (1939). O fator de atrito de alguns materiais já são tabelados. A tabela a seguir dispõe de alguns deles:

MATERIAL	K (mm)
Polietileno(PE), vidro, bronze, cobre	0 a 0.0015
PVC	0 a 0.010
Fibrocimento	0.0125
Ferro fundido com revestimento asfáltico	0.10 a 0.15
Ferro forjado , aço	0.05 a 0.15
Ferro fundido (novo)	0.5 a 1.0
Ferro fundido (em serviço)	1.5 a 3.0
Ferro galvanizado	0.15
Betão liso	0.3 a 3.0
Betão rugoso	3.0 a 20.0

Figura 43 – Fatores de atrito tabelados. Fonte: www.pipelife.com

O material da tubulação de escoamento selecionada foi o polietileno, cujo fator de atrito é de 0,0015mm. O diâmetro do tubo é de 0,005m. A imagem a seguir o reporta já conectado aos tubos.



Figura 44 – Tubos do plantário. Fonte própria

Assim:

$$\Delta H = 0,0015 \frac{0,7}{0,005} \frac{1}{2} \frac{3,33 * 10^{-5}}{\Pi^2 * (0,005)^4} = 302,01 P_a$$

$$\Delta_h = \frac{\Delta_p}{\rho g} = 0,03m$$

Onde, Δ_h é a perda de carga em metros.

Por fim, considera-se que a variação de pressão é dada por:

$$P2 - P1 = \rho g H$$

Dessa forma, têm-se:

$$W = m(2gH + \frac{\Delta_p}{\rho g}) = 0,274W$$

Como a perda de pressão distribuída é muito pequena em relação a altura e as especificações de bomba de aquário (solução) são vazão volumétrica e altura manométrica, a bomba ideal para o sistema fornece 120L/h e eleva 4,03m. Cada fornecedor de bombas trabalha com um rendimento específico do seu produto. O fornecedor de bomba Sarlobetter®, por exemplo, traz a curva característica de seus produtos. Nota-se que, para trabalhar na vazão encontrada. A bomba ideal é a S300 (300L/h) visto que com o aumento da coluna a ser vencida, a vazão decai e a bomba deixa de operar com sua vazão de projeto. Percebe-se que o cálculo da potência da bomba não envolveu rendimentos que variam de acordo com cada fabricante.

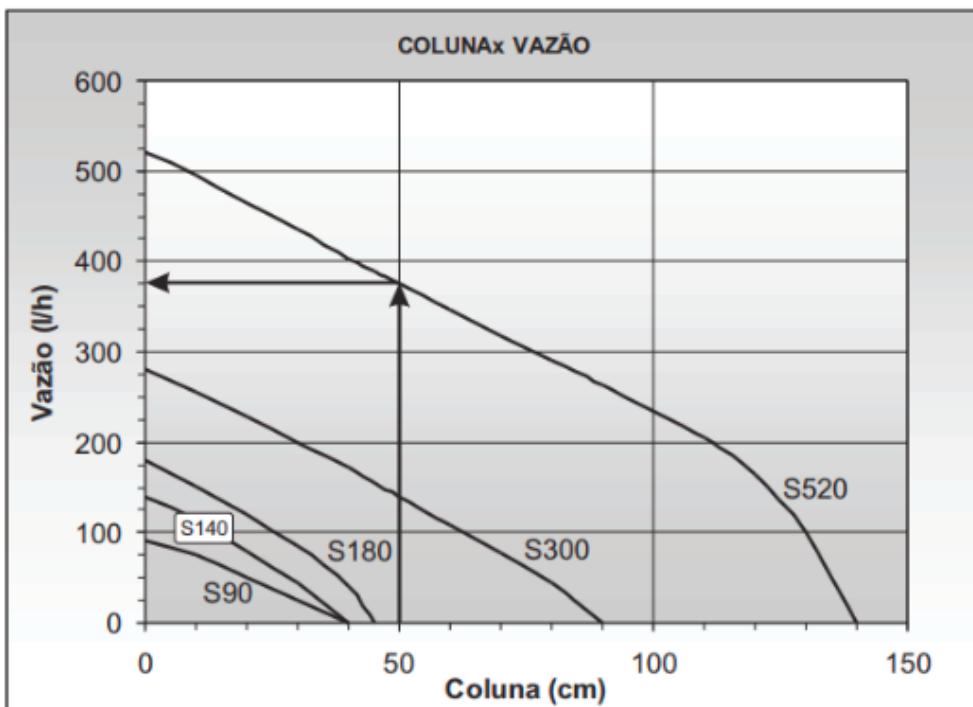


Figura 45 – Curva característica da moto bomba Sarlo

A fim de reduzir os custos, serão utilizadas bombas que os integrantes já possuíam. A primeira bomba é de 160L/h e 3,8W e a segunda de 240L/h e 4W, que já foram devidamente testadas. A terceira será comprada após a instalação das outras duas no sistema. A imagem a seguir retratada as duas bombas:



Figura 46 – C Bombas de água. Fonte própria.

O reservatório deverá conter também um compressor de ar com a finalidade de auxiliar no processo de dissolução dos nutrientes. Como seu fim é apenas mixer, sua seleção foi feita a partir do menor preço de mercado. O compressor que será utilizado é mostrado a seguir:



Figura 47 – Compressor de ar. Fonte própria.

3.10.1 Confecção da ventilação

Os coolers já foram instaladas na estrutura, na parte superior e em sentidos opostos, a fim de garantir a circulação de fluido no interior e para fora.



Figura 48 – Ventilador instalado na estrutura. Fonte própria.

O volume total do ambiente interno da estufa é dado por:

$$V = b^2 * h = (0,5^2) * 0,7 = 0,175m^3$$

Onde,

V = volume total (m^3);

b = aresta da base quadrada (m);

h = altura (m)

Dessa forma, o primeiro ventilador recicla esse mesmo volume em aproximadamente 16 segundos e o segundo o faz em aproximadamente 9 segundos.

3.11 Confecção iluminação

Primeiramente foi implementado um parâmetro simples de W/área no qual o indicado para culturas como alface em hidroponia é de 40W/ft , porém devido a intensificação das pesquisas os parâmetros que possibilita melhores resultados são PAR,PPF & PPFD onde se utiliza valores diretamente associados ao processo de fotossíntese e fatores fisiológicos.

gicos da planta. A escolha entre as tecnologias HPS e LED foi a favor da escolha do LED devido a 3 fatores.

1. Consumo de energia

Consumo é um dos fatores mais importantes para o uso das lâmpadas de cultivo, o que fez as LEDs se tornarem a opção escolhida pois consomem menos energia que as HPS. consomem aproximadamente 90% menos energia que as HPS.

2. Vida útil

Em comparação com lâmpadas HPS, a LED tem uma vida útil muito maior. Com o tempo as HQS podem se tornar mais fracas e perder a eficiência, ou seja, o custo real de funcionamento de uma HPS vai aumentando com seu uso.

3. Calor gerado

Para lâmpadas para cultivo indoor, as HPS emanam mais calor do que as luzes LED. O calor que as lâmpadas HPS produzem pode-se fazer necessário a compra de mais equipamentos de exaustão e ventilação, o que acaba gerando custos adicionais.

Levando como base estudos voltados a plantação hidropônica indoor, em especial os que a fonte luminosa fica próxima a planta , foi decidido o uso do modelo RBW(Red,Blue,White) em LED, no qual se utiliza led nas cores Vermelho, Azul e Branco por períodos de 16 horas de luz nos quais os resultados demonstram melhores desempenhos das amostras plantadas.

“As características sensoriais comercializáveis (crocância, docura, forma e cor) de plantas frescas também foram avaliadas. As plantas foram cultivadas hidroponicamente com um fotoperíodo de 16 h a 24/20 ° C (dia / noite), 75 % de umidade relativa, 900 μ mol mol $^{-1}$ nível de CO₂ e 210 μ mol m $^{-2}$ s $^{-1}$ densidade de fluxo de fôtons sob RB LED , RGB e LED branco (RBW), e uma lâmpada fluorescente (FL, como controle) dentro de câmaras de crescimento por 20 dias (15 dias após a semeadura). ”

mol m $^{-2}$ s $^{-1}$ densidade de fluxo de fôtons sob RB LED , RGB e LED branco (RBW), e uma lâmpada fluorescente (FL, como controle) dentro de câmaras de crescimento por 20 dias (15 dias após a semeadura). ”

Trechos retirados de artigos da Scientia Horticulturae international journal.

Equipamento utilizado:

- 1XLED full spectrum 28W
- 2x LED Branco 3k 9W.

Com objetivo inicial de atender o parâmetro de 40W/ft e o máximo de simetria luminosa no projeto.

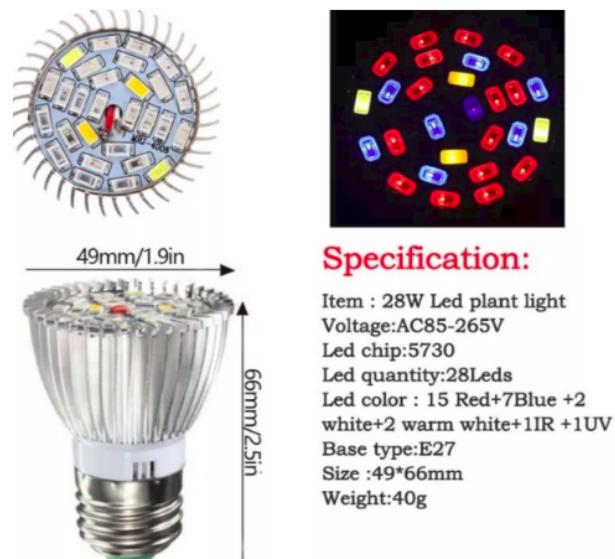


Figura 49 – Lâmpada full spectrum



Figura 50 – Montagem

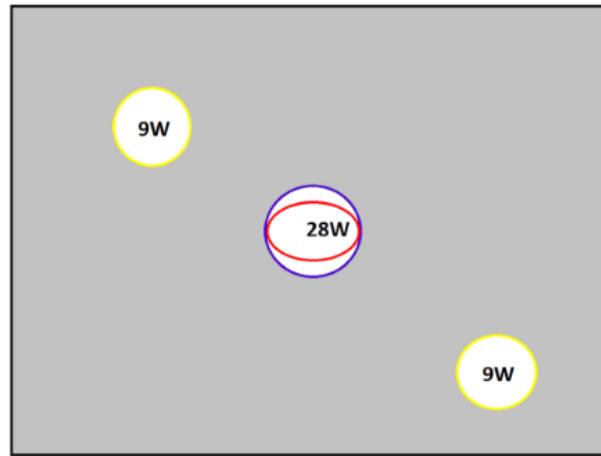


Figura 51 – Posição luminárias

A iluminação das lâmpadas com bulbo tem como projeção luminosa uma curva cardióide na qual a densidade luminosa no plano pode ser verificada no gráfico feito em Matlab.

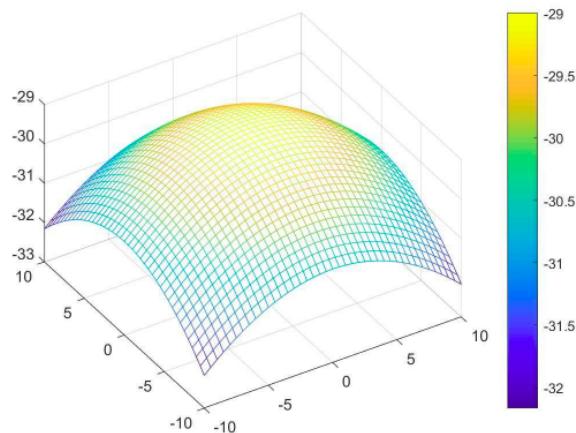


Figura 52 – Lâmpada BULBO

3.12 Confecção Fonte

Os Consumos que serão exigidos pelo projeto são:

5V:

PN	Corrente(mA)
PI 3	2500
sensor PH	10
PCF8591	50
Total	2560

Tabela 4 – Consumo no projeto 5V

12V:

PN	Corrente(mA)
Motor DC	2000
FAN 12cm	120
FAN 8cm	80
Total	2200

Tabela 5 – Consumo no projeto 12V

Foi utilizado o software Proteus para o desenho do esquemático da fonte de 12V.

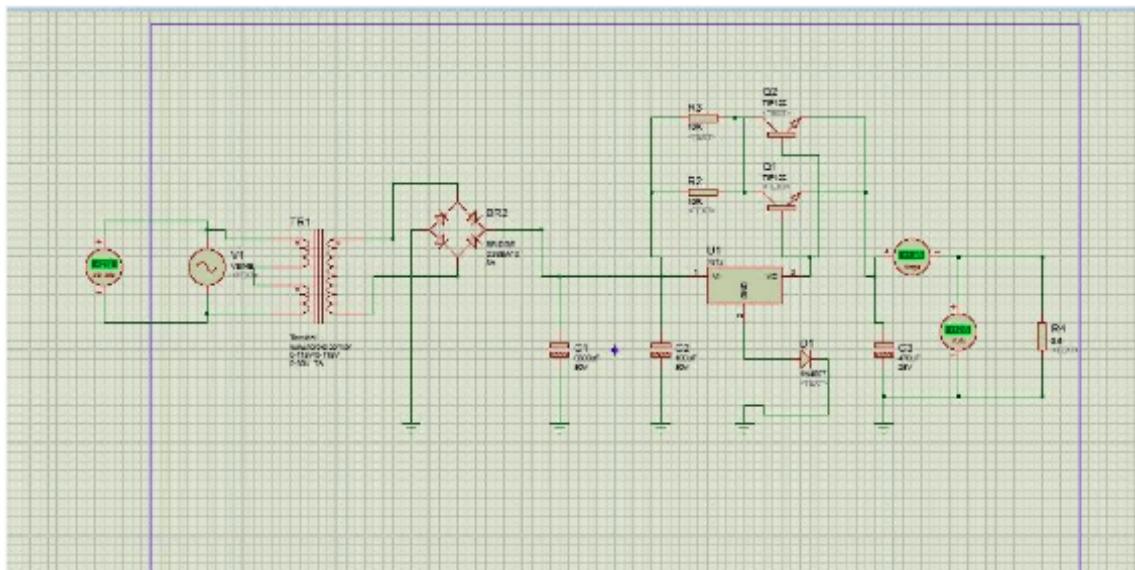


Figura 53 – Esquemático do circuito da fonte feito usando o software Proteus

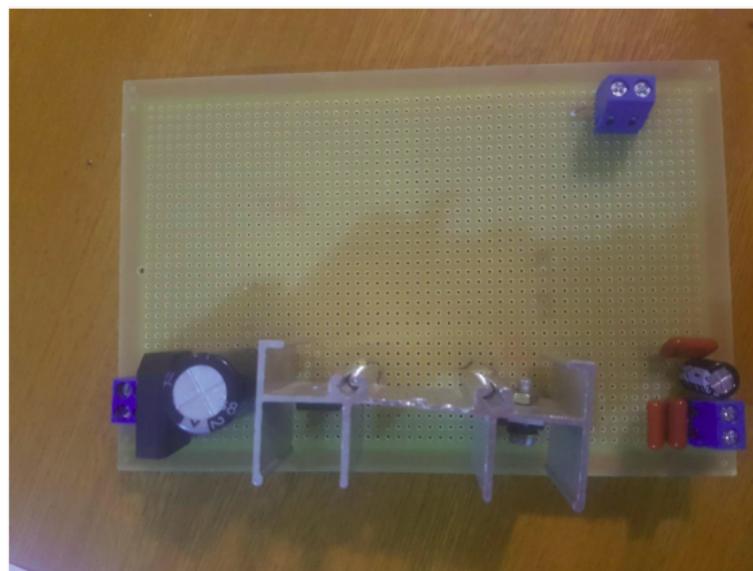


Figura 54 – Fonte pronta, parte de cima

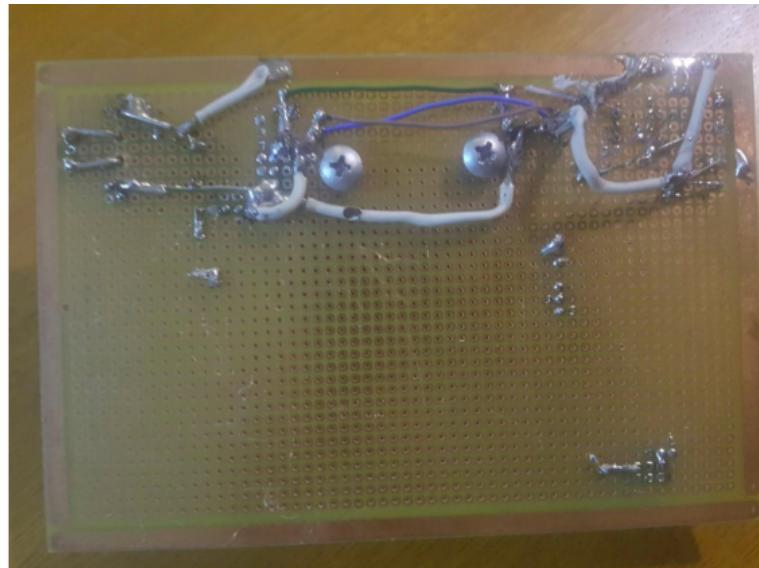


Figura 55 – Fonte pronta, parte de baixo

Os seguintes componentes foram utilizados no projeto da fonte:

- **TR4 (transformador):** Tem como função abaixar a tensão de entrada AC oriunda da rede (240 Vrms) para um valor de tensão AC com amplitude de 20Vp.
- **BR2 (Ponte retificadora)** Dispositivo eletrônico que tem como função transformar corrente alternada em corrente contínua.

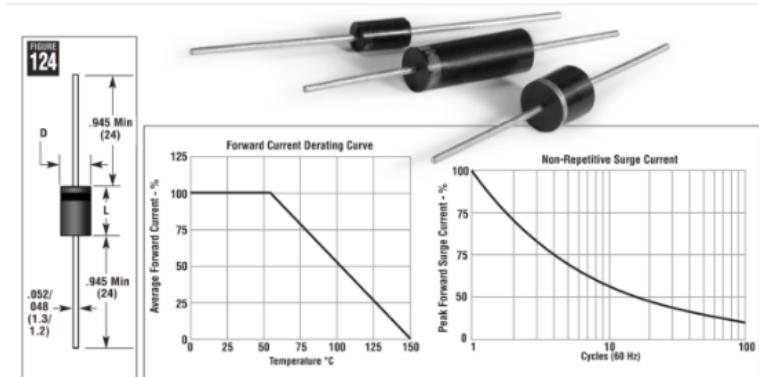


Figura 56 – BR2 Ponte diodo

- **Capacitores de desacoplamento:** utilizados para manter a tensão estável após a retificação da onda. $V_{pp}=40\text{v} \rightarrow V_{\text{secundário}}=20$

$$V_{pk} = \sqrt{2} \cdot V_{AC}$$

$$V_{pk} = \sqrt{2} \cdot 20$$

$$\text{Tensão } V_{pk} = 28,3\text{V}$$

$$f(V_{pk} \cdot 2 - VC_{min2}) \\ 60(28.32+182) = C = 249,53\mu F$$

Dessa forma foi utilizado capacitor de 35v de $330\mu F$.

- **Regulador de Tensão 7812:** regulador linear de tensão, utilizado para polarizar a base dos transistores.
- **R2 e R3:** usado limitar a corrente no coletor dos transistores.
- **C3:** capacitor de desacoplamento na saída.
- **Saída:** saída de 12v.

As medições foram feitas somente por multímetro por ser um projeto intermediário, entretanto medições finais serão analisadas por osciloscópio no qual é possível analisar a forma da onda final da fonte o que pode atestar melhor a qualidade.

Apesar de bem sucedida, foi determinado como objetivo o melhoramento da fonte de energia construindo uma fonte chaveada na qual tem eficiência em torno de 80% e utilizar como medição padrão das ondas de saída por um equipamento osciloscópio ao invés de multímetro para verificar o desacoplamento e suavização do ripple no caso da fonte chaveada, dessa forma obtendo mais confiabilidade nos dados finais obtidos.

3.13 Solução Estrutural

Antes de construir qualquer projeto estrutural é preciso realizar cálculos e simulações para descobrir se é viável as escolhas do projeto, além de saber se a estrutura planejada atende aos requisitos propostos.

3.13.1 Cálculos estruturais

3.13.1.1 Resistência dos materiais

Após análise dos possíveis materiais a ser usado como reforço principal, escolheu-se a cantoneira de aço comum como primeira opção. Contudo, precisa-se verificar através de cálculos se o material resistirá aos esforços aplicados. **TENSÃO NORMAL**

A cantoneira tem como material principal o aço carbono simples, na qual é usinado com seção transversal com formato de L. As suas propriedades são as seguintes:

- Área transversal: $96mm^2$
- Tensão de escoamento: $350Mpa$

A massa que estará sobre a estrutura está estimada para ser em torno de 10kg. Assim, o peso sobre a estrutura considerando uma gravidade de $9,8\text{m/s}^2$ será de 98N. Aplicando a fórmula seguinte tem-se a tensão aplicada na estrutura.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

onde F é a força aplicada e A é a área transversal da barra. Com isso, a tensão encontrada foi de 1,02MPa, distribuindo para as quatro barras de apoio fica 0,26MPa, onde a tensão aplicada é de mais de 1000 vezes menor do que a barra suporta. **FLEXÃO** O material onde mais fica perceptível que ocorre flexão é a chapa de alumínio que servirá de fundo para a estufa. Assim, precisa-se calcular se não haverá ruptura. As propriedades do material são as seguintes:

- Área transversal: 100mm^2
- Tensão de escoamento: 241Mpa

Em seguida calcula-se a tensão que sofrerá o alumínio considerando que o momento aplicado de acordo com a força é de $36,7\text{N/m}$, o momento de inércia da área transversal é $6,46 \times 10^{-9}\text{m}^4$ e o c é 10^{-3}m .

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (3.2)$$

onde M é o momento aplicado no material, c é a distância entre o ponto neutro e a máxima distância da seção transversal e I é o momento de inércia. Com isso tem-se que a tensão aplicada é de 5,69MPa, na qual é 40 vezes menor do que a tensão de escoamento do alumínio.

3.13.1.2 Vibrações naturais

Existem duas formas de se calcular a frequência natural de um sistema, através de Métodos Matemáticos ou Métodos Experimentais. O método matemático consiste em cálculos analíticos ou modelos matemáticos computacionais (ex. Elementos Finitos), que são capazes de identificar as frequências naturais de uma estrutura. Fica evidente nesse caso, que a máquina não precisa ser construída para as frequências naturais serem identificadas, ou seja, se tratando de métodos matemáticos, apenas o projeto é suficiente para o cálculo das frequências naturais. Os métodos experimentais consistem em identificar as frequências naturais na própria peça física, ou seja, ela já deve estar construída. A ideia desse método é provocar uma vibração para que o sistema analisado entre em ressonância (frequência de operação = frequência natural) (NOBREGA, 2014).

No caso do nosso projeto, foi realizado o método matemático onde a análise modal, considerando todas as cargas e forças que atuarão no sistema foram analisadas através de simulações no software ANSYS. Com isso, para a determinação da frequência natural

de Vibração da estrutura. Logo, calculamos a Tensão Equivalente de Von Misses, como mostrado na seção de Simulações.

Um estudo da zona elástica do material da estrutura, no nosso caso a cantoneira, nos mostra as frequências naturais onde este material é capaz de suportar as vibrações que estejam dentro da vibração natural do material. Os dados para o aço são mostrados na figura 57.

Mode	Frequência
1	79,38
2	95,483
3	126,98
4	210,68
5	247,3
6	251,18
7	287,07
8	294,98
9	300,93
10	327,88

Figura 57 – Tabela de frequências naturais

É importante ressaltar, que as mudanças realizadas na estrutura, através da utilização das chapas de MDF, Isopor e PVC, fazem com que a estrutura fique mais robusta, resistente e responde melhor as cargas com menores deformações. Analisando as tensões equivalentes de Von Misses com a tabela acima de vibração natural do aço, podemos observar que após a análise estática foi feita a análise dos modos de vibração na estrutura, com as frequências naturais de vibração da estrutura é possível modificar as frequências de rotação dos motores instalados na estufa com o intuito de não excitar a estrutura, mantendo essas frequências bem longes e evitando com que ocorra o processo de ressonância, podendo danificar a estrutura (MENDONÇA, 2017).

3.13.2 Simulações

Uma forma de conferir se os cálculos estão corretos, e em alguns casos até mesmo não precisar fazê-los, é utilizando simulações numéricas, que otimizam o tempo do engenheiro de forma simples e rápida.

3.13.2.1 CATIA

Como nem todos os componentes que farão parte final do projeto foram adquiridos antes das simulações, a equipe de estrutura não pode definir exatamente qual a massa

que a estrutura suportaria dentro de si. Com isso, uma estimativa foi realizada para os cálculos. Após um brainstorm com integrantes de todas as áreas, a equipe chegou ao valor aproximado de 10kg, que engloba motores, sensores, válvulas, exaustores, plantário, tubos, canos, água, parafusos, roscas, reservatório e fiação.

Utilizou-se um fator de segurança 3 para qualquer tipo de inconveniente que possa ocorrer, ou seja, triplicamos a estimativa da massa esperada e encontramos o valor de 30kg. Arredondando o valor da aceleração da gravidade e utilizando a fórmula básica encontramos uma força resultante axial sob a estrutura de 300 N. A equipe quis realizar diversos cenários de testes para checar o comportamento da estrutura mediante estes esforços e analisar as tensões de Von Mises e deslocamentos em diversas sessões do projeto a fim de buscar algum risco de ruptura.

Como a massa estimada é muito baixa em relação ao que a estrutura pode suportar, as tensões e deslocamentos encontrados nas simulações conferem uma extrema segurança para o chassi levando em consideração os elevados limites de escoamento e ruptura que o material possui, dando assim confiança e liberdade para que a equipe continue os trabalhos sem problemas. As figuras dos CADs estão apresentadas da figura 58 até ??.

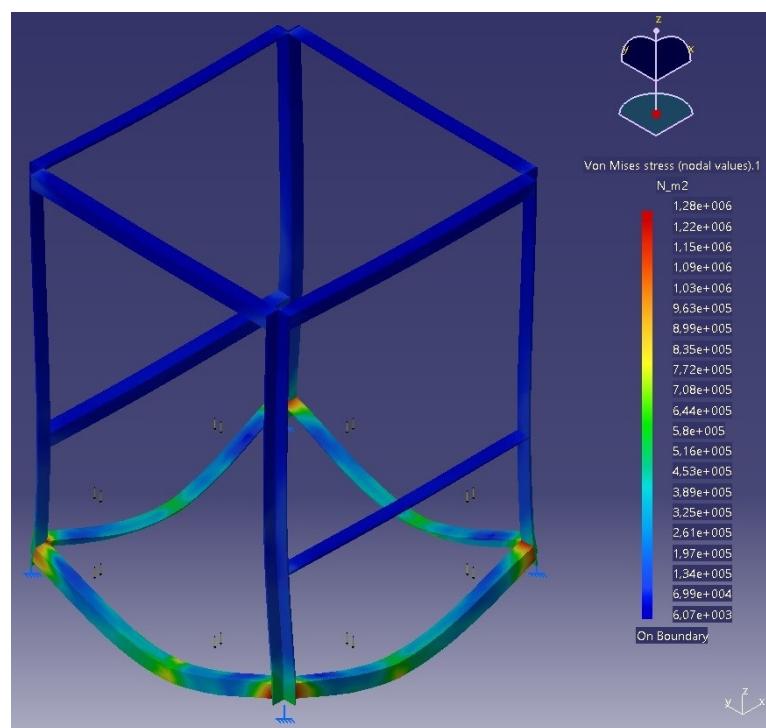


Figura 58 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas 4 faces do assoalho

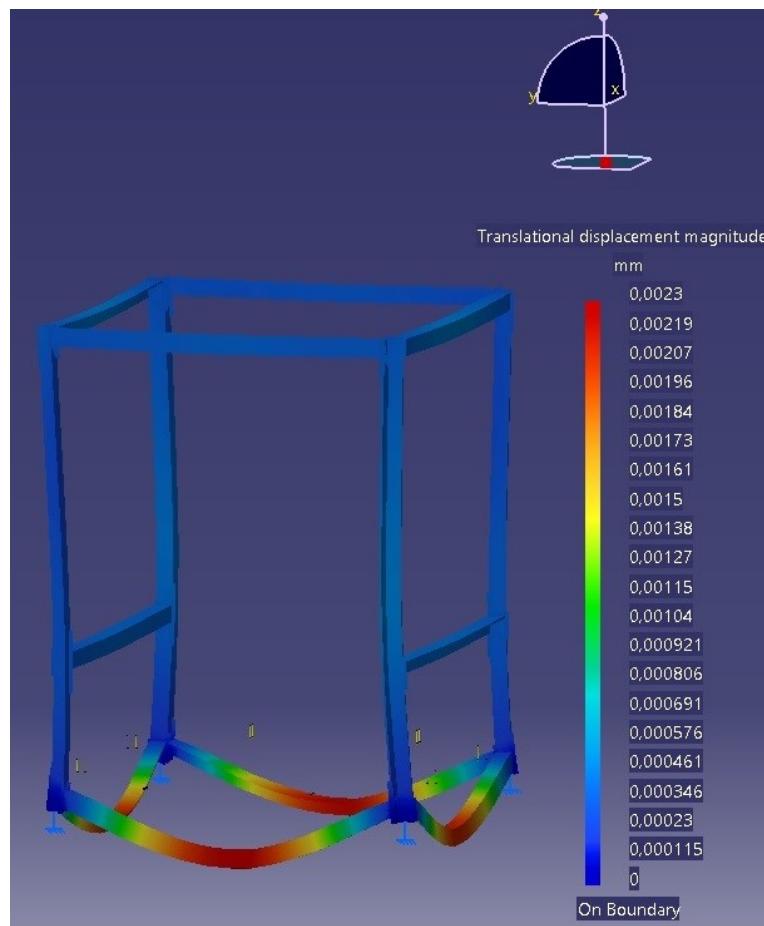


Figura 59 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300 N nas 4 faces do assoalho

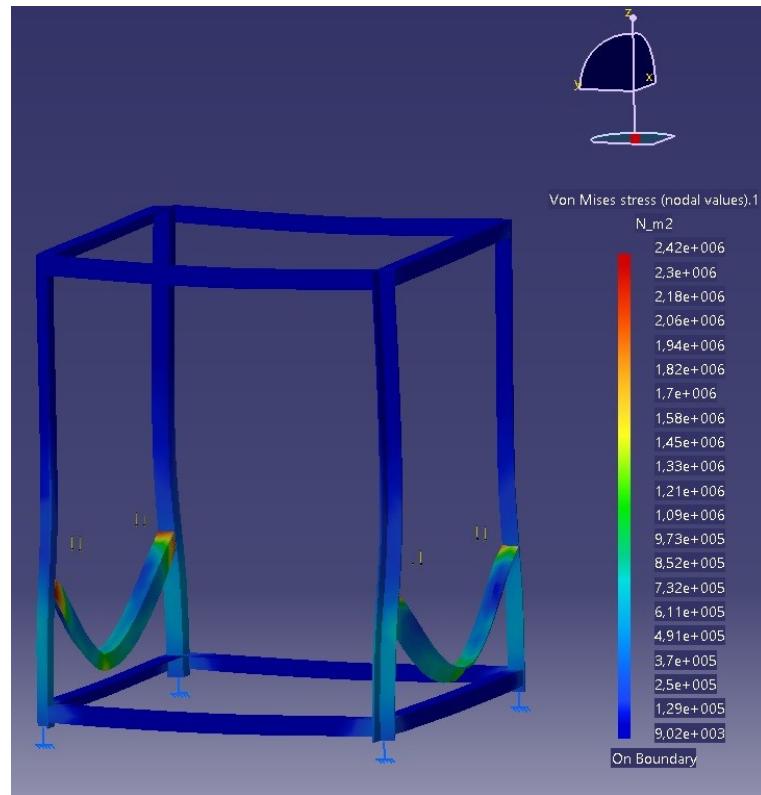


Figura 60 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas barras de suporte laterais

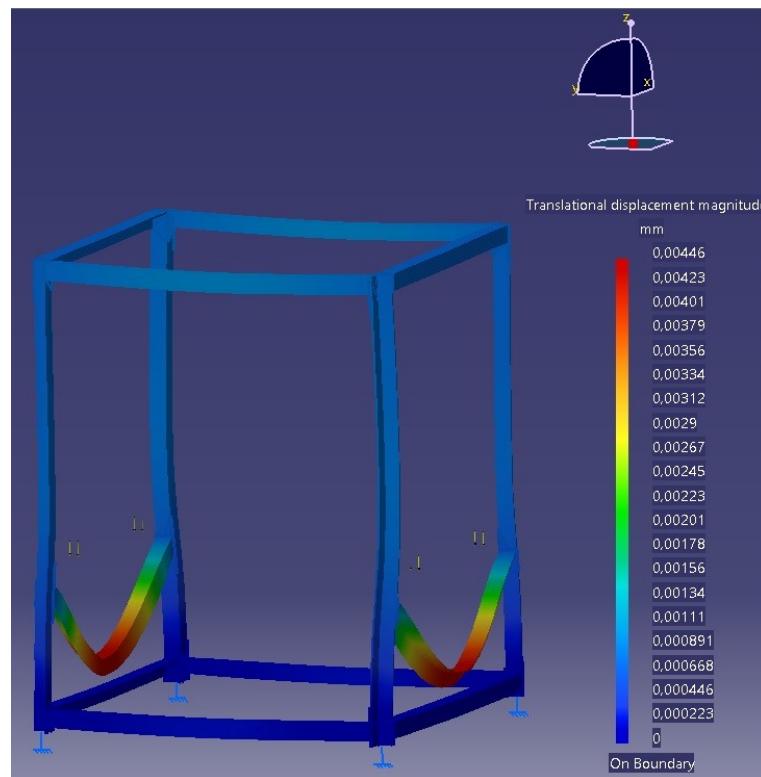


Figura 61 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas barras de suporte laterais

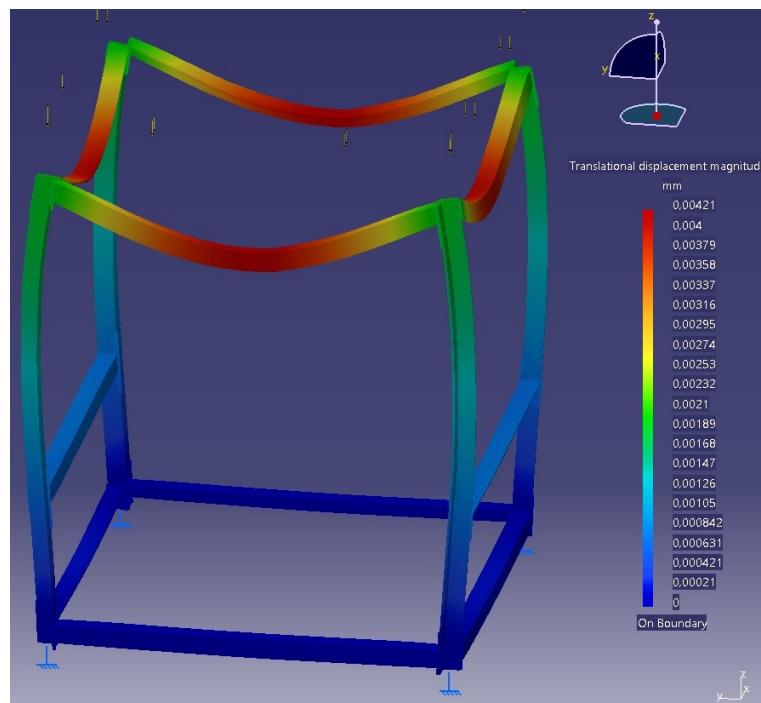


Figura 62 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300N nas 4 barras do teto

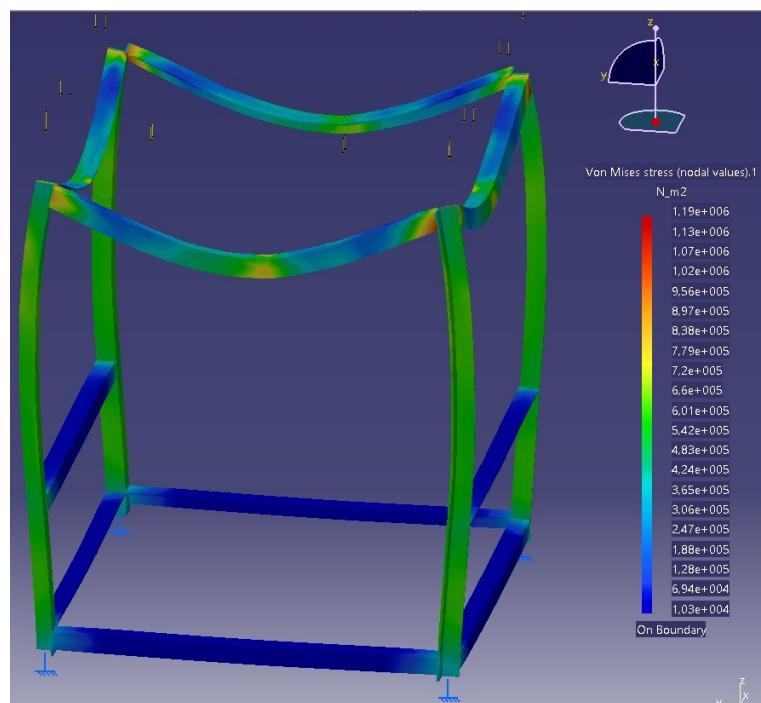


Figura 63 – Análise da tensão Von Mises no chassi aplicando 300N nas 4 barras do teto

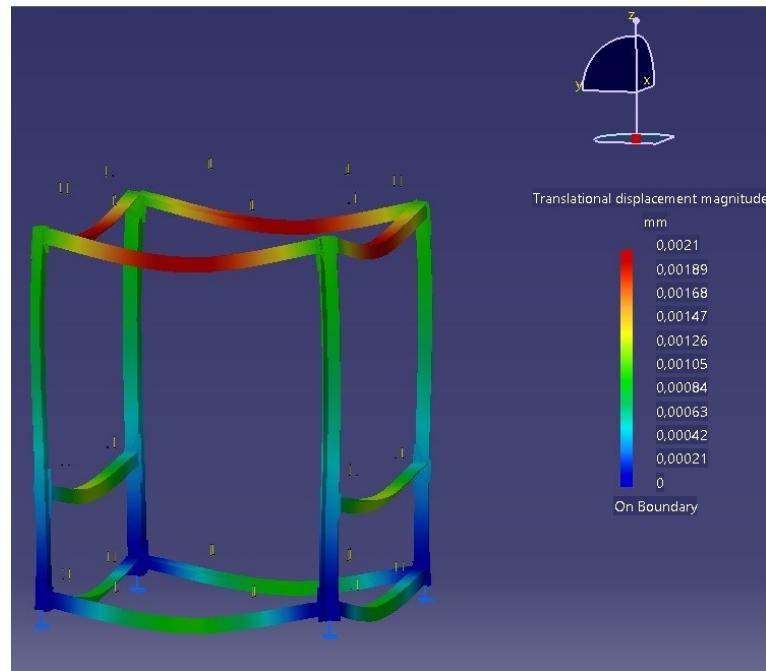


Figura 64 – Análise da tensão Von Mises no chassi aplicando 300N em todas suas faces do plano XY

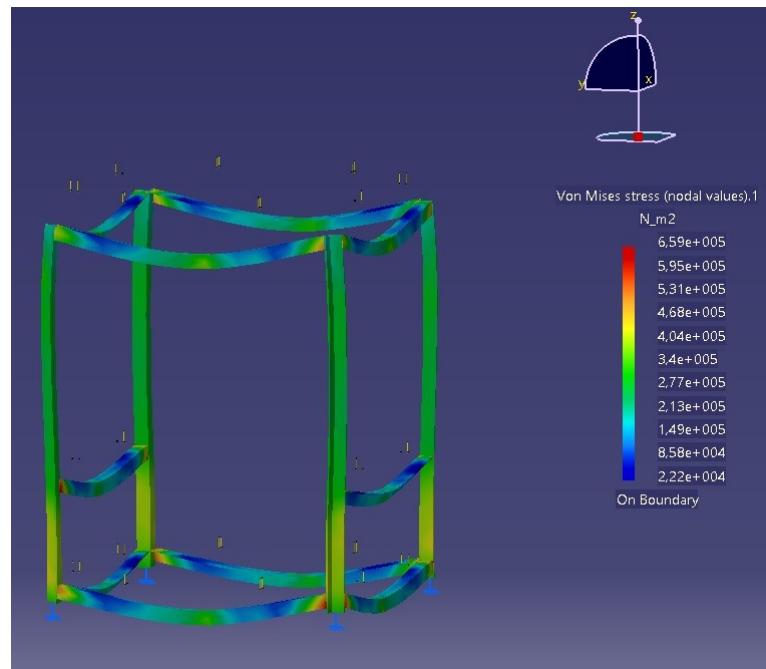


Figura 65 – Análise da magnitude de deslocamento no chassi aplicando 300N em todas suas faces do plano XY

3.13.2.2 ANSYS

Para o bom crescimento das plantas é preciso que as temperaturas ambientes estejam adequadas. Sabe-se que a temperatura ideal deve estar entre 15 e 25°C. Realizou-

se uma simulação no software Ansys para analisar a viabilidade dos materiais. A figura 66 mostra o CAD da estufa no Ansys.

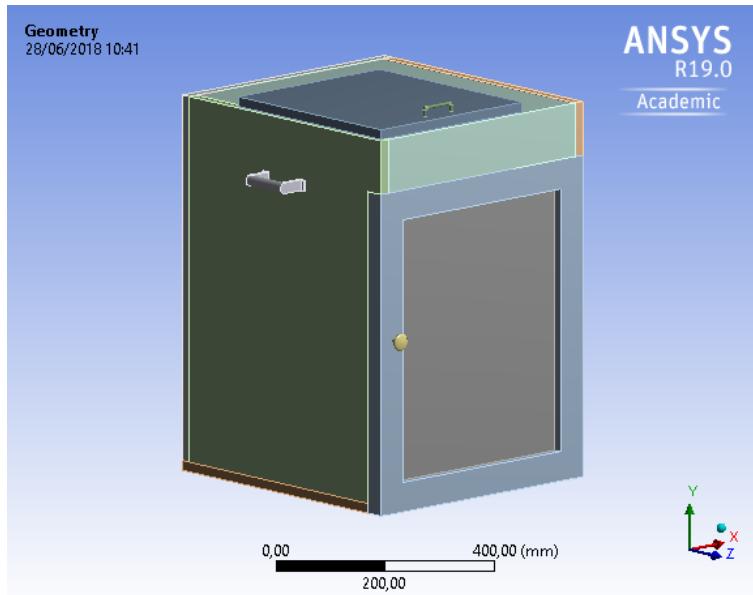


Figura 66 – CAD da estufa completa

3.13.2.2.1 Condições de Contorno

- Temperatura inicial externa de convecção: 30°C
- Temperatura inicial da estufa: 22°C

A transferência de calor se dará apenas por convecção do ar, onde o coeficiente de convecção é dado por , valor dado no Ansys para o ar.

3.13.2.2.2 Resultado simulação

Pela simulação nota-se que as escolhas dos isolantes foram certas, e cerca de 29 minutos depois a temperatura interna da estufa vai para 25°C sem a atuação dos coolers de resfriamento. Com a atuação dos coolers essa temperatura é controlada para que nunca passe dos 25°C. Pela simulação de transferência de calor na estufa percebe-se que a maior troca se dá pela porta de alumínio, como esperado por motivo de o alumínio ter a maior condutividade térmica, como mostram as figuras de 67 até 69. A figura 70 apresenta a variação de temperatura máxima (vermelho), média (azul) e mínima (verde).

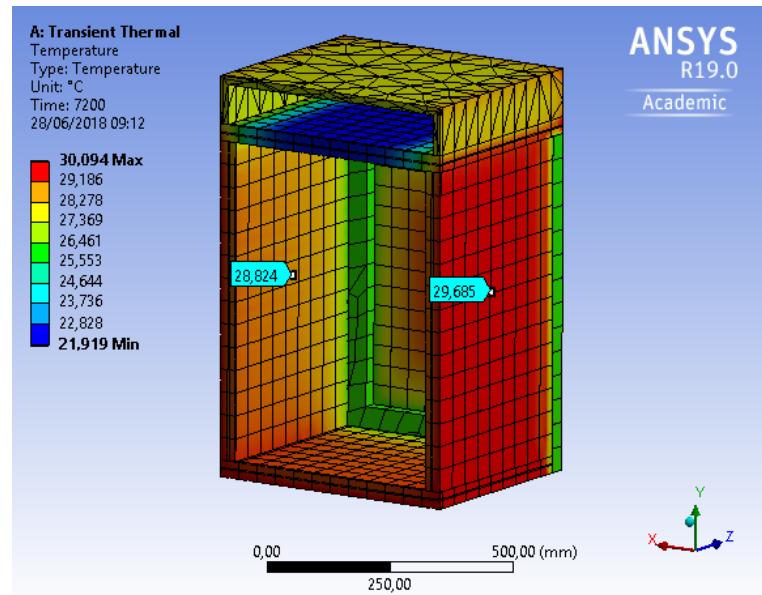


Figura 67 – Temperatura final da estufa após uma hora de troca de calor sem refrigeração.
Parte de trás com corte

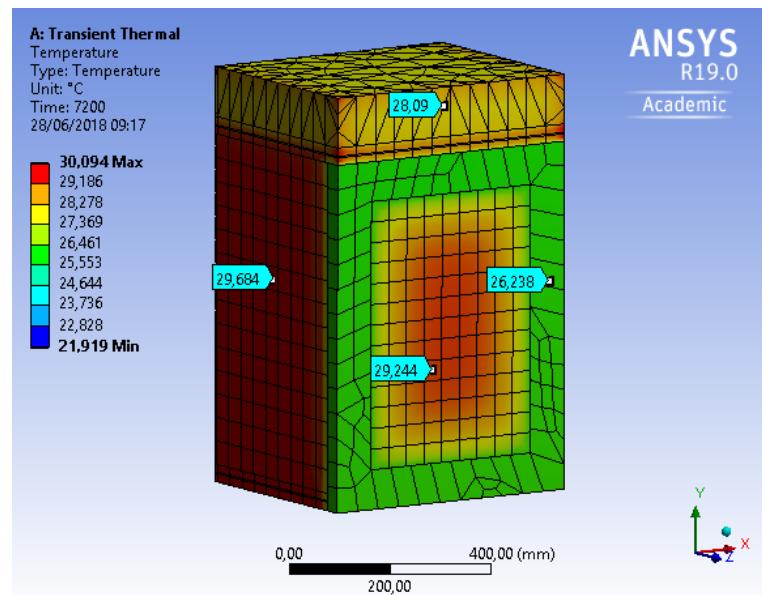


Figura 68 – Temperatura final da estufa após uma hora de troca de calor. Parte da frente

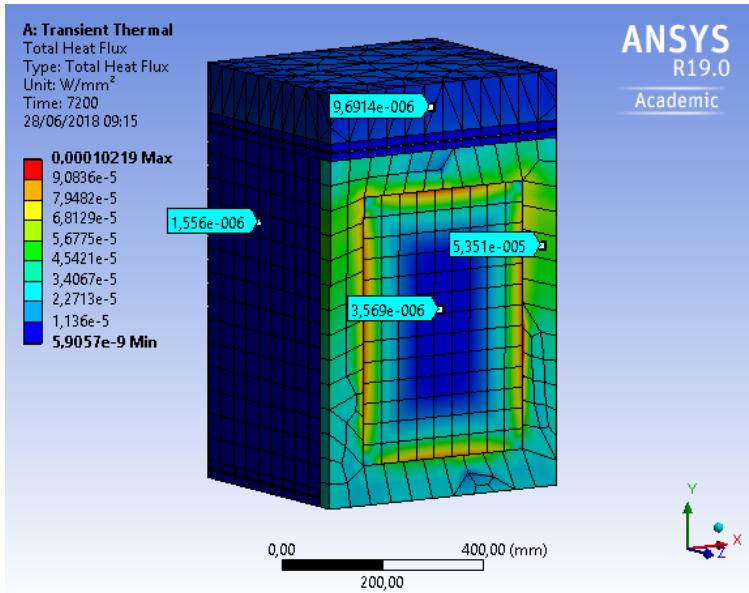


Figura 69 – Fluxo de calor na estufa após uma hora de troca de calor

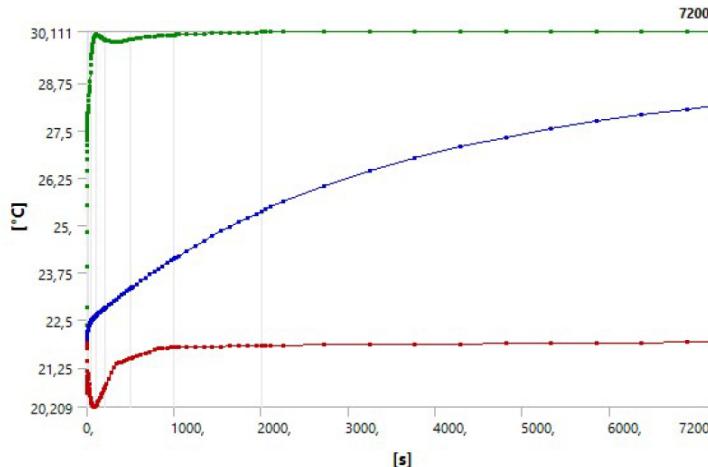


Figura 70 – Variação da temperatura na estufa ao longo de duas horas

3.14 Sistema embarcado

A Raspberry Pi é um microcomputador sistema operacional Linux, que foi escolhida para ter o programa embarcado que controla e monitoriza a estufa devido a facilidade de acesso aos seus pinos GPIO para conectar diversos sensores e atuadores, como ela já tem conectividade Wi-Fi, será facilmente facilmente conectada a internet apenas acessando a rede local do usuário e ela já tem autorização pela Anatel, com suas entradas USB, é possível conectar uma câmera USB e utilizá-la para monitorizar a estufa(FOUNDATION, 2018).

Especificações:

- Raspberry Pi 3 Model B Anatel
- Processador Broadcom BCM2837 64bit ARMv8 Cortex-A53 Quad-Core
- Clock 1.2 GHz
- Memória RAM: 1GB
- Adaptador Wifi 802.11n integrado
- Bluetooth 4.1 BLE integrado
- Conector de vídeo HDMI
- 4 portas USB 2.0
- Conector Ethernet
- Interface para câmera (CSI)
- Interface para display (DSI)
- Slot para cartão microSD
- Conector de áudio e vídeo
- GPIO de 40 pinos
- Número de homologação Anatel: 04908-17-10629
- Dimensões: 85 x 56 x 17mm

3.15 Medição do Nível da Água

O tipo de medição escolhida foi a descontinua e o Sensor de nível de água eletrônico - ON/OFF – US23. Este sensor de nível é uma chave ON/OFF (Liga/desliga) que muda o estado de aberto para fechado quando a água atinge certo nível e abre quando o nível da água fica abaixo de outro determinado nível. Este sensor pode chavear diretamente cargas de até 10W 220V, como bobinas de contatores ou pequenas lâmpadas de sinalização.

No caso do projeto da estufa, ele irá chavear uma tensão de 3.3 V e corrente de 3.3 mA, garantida por um resistor de 10KΩ. E serão utilizadas duas bóias na seguinte disposição da figura abaixo:(SENSORES, 2017)

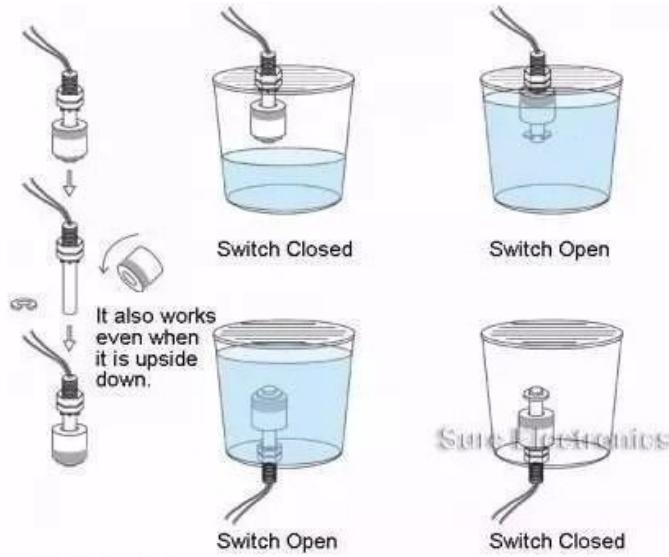


Figura 71 – Disposição das Bóias no Reservatório

Uma ao fundo para definir se o nível da água está baixo e um em cima definir o nível de água baixo. A leitura do estado dos sensores será feita através do pino GPIO, onde o estado HIGH (tensão de 3.3V) indica que o sensor foi ativado e o estado LOW (tensão de 0V) indica que ele está desativado([SENSORES, 2017](#)).

Este sensor de nível utiliza um sensor magnético e não mercúrio que seria prejudicial à saúde([SENSORES, 2017](#)).

Características:

- Comprimento do cabo: 36cm
- Máxima potência da carga: 10W
- Máxima tensão: 220V DC
- Máxima corrente de chaveamento: 0.5A
- Máxima corrente de carga: 1A
- Resistência do contato: 0.1Ω
- Temperatura de trabalho: $-10^{\circ}\text{C} + 60^{\circ}\text{C}$
- Dimensões da boia: 23mm x 22mm
- Comprimento do sensor: 57mm
- Diâmetro do eixo: 8mm
- Diâmetro da rosca: 9mm

3.16 Optoacoplador 4N25

O optoacoplador escolhido foi 4N25, que é constituído por um diodo emissor de luz e um foto transistor bipolar. E funciona como mostrado na figura abaixo:

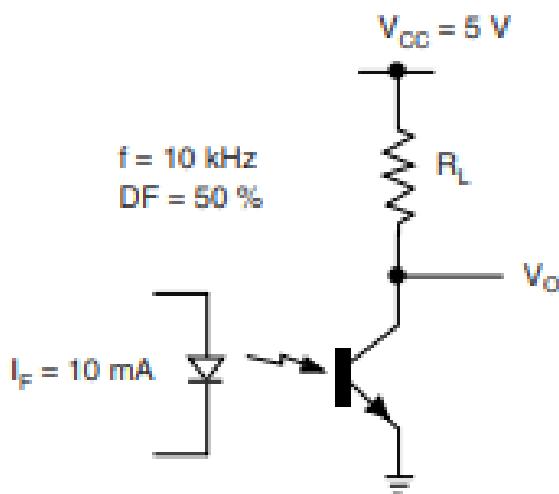


Figura 72 – Funcionamento do optoacoplador

A Raspberry irá controlar o LED interno do optoacoplador, quando o LED está aceso o transistors é “ativado” e permite a passagem de corrente através dele. E quando o LED está apagado o transistors fica em situação de corte e não permite a passagem de corrente.

Para o projeto da estufa foi confeccionada uma placa com 8 optoacopladores, figura abaixo, que serão conectados aos relés que garantirão uma proteção a mais para o circuito([SEMICONDUCTORS, 2017](#)).

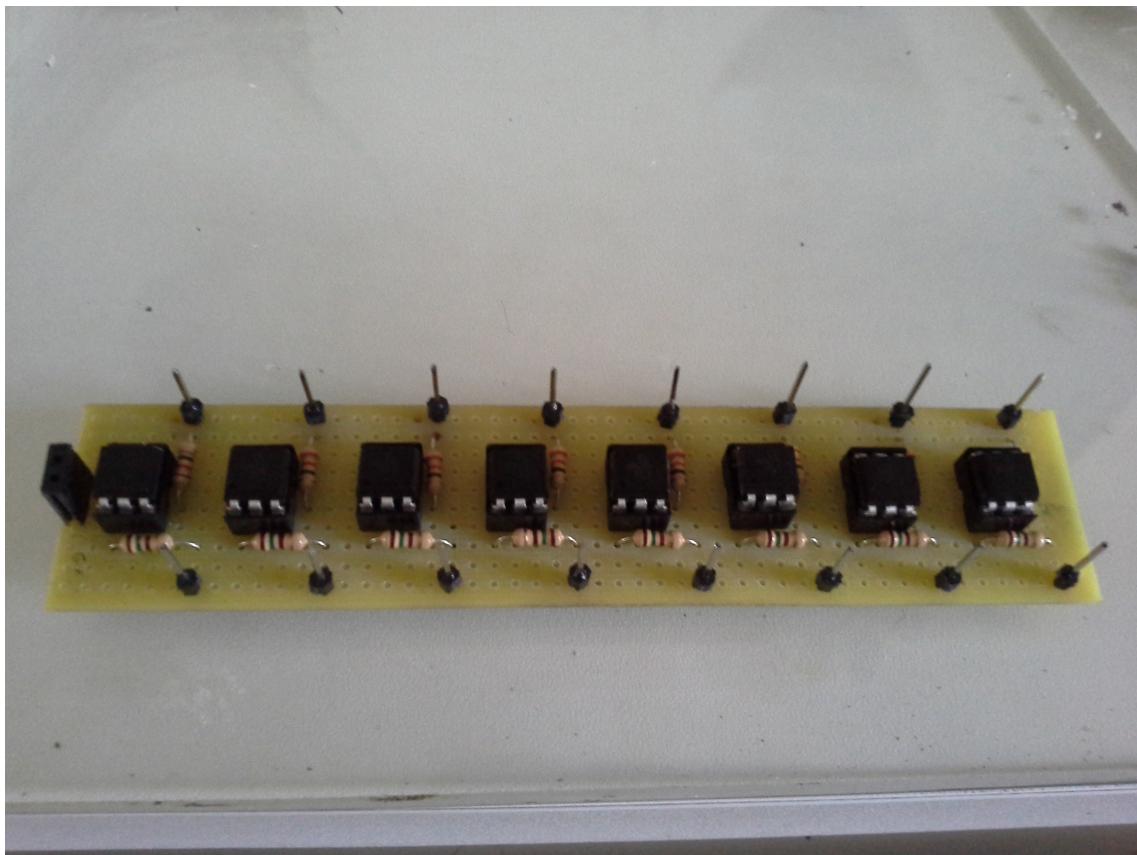


Figura 73 – Funcionamento do optoacoplador

3.17 Relé

No projeto da estufa os relé serão utilizados para acionar as 3 bombas de água responsáveis pela circulação de água, os coolers de circulação de ar, as válvulas solenóides que controlam a torca de água do reservatório, as lâmpadas da estufa e o compressor de ar do reservatório de água.

Como serão vários dispositivos e consequentemente vários relés, o grupo optou por comprar um módulo relé de 8 canais([BRAGA, 2012](#)).



Figura 74 – Módulo Relé de 8 canais

Ele será ativado pelo pinos GPIO da Raspberry Pi, que estarão isolados por um optoacoplador.

3.18 Conversor analógico para digital

A Raspberry Pi não possui conversor AD integrado, como alguns microcontroladores, e alguns dos sensores utilizados no projeto precisam de um, pois apresentam seus dados de forma analógica. Para contornar essa dificuldade haviam duas possibilidades, utilizar um microcontrolador com conversor analógico integrado e realizar a comunicação do mesmo com a Raspberry, ou conectar um conversor AD diretamente a Raspberry. A opção escolhida pelo grupo foi a segunda, pelo baixo custo e pela oportunidade de aprender a utilizar um conversor AD pelos membros do grupo de eletrônica([NXP, 2013](#)).

O conversor escolhido foi PCF8591, que é um dispositivo de aquisição de dados CMOS de 8 bits de alimentação única e baixo consumo de energia, com quatro entradas analógicas, uma saída analógica e uma interface de barramento I2C serial. Três pinos de endereço A0, A1 e A2 são usados para programar o endereço de hardware, permitindo o uso de até oito dispositivos conectados ao barramento I2C sem hardware adicional. O endereço, o controle e os dados do dispositivo são transferidos serialmente por meio do barramento I2C bidirecional de duas linhas([NXP, 2013](#)).

As funções do dispositivo incluem multiplexação de entrada analógica, função de faixa e retenção no chip, conversão de analógico para digital de 8 bits e conversão de digital para analógico de 8 bits. A taxa de conversão máxima é dada pela velocidade máxima do barramento I2C([NXP, 2013](#)).

O esquemático do circuito do conversor AD é da figura abaixo.

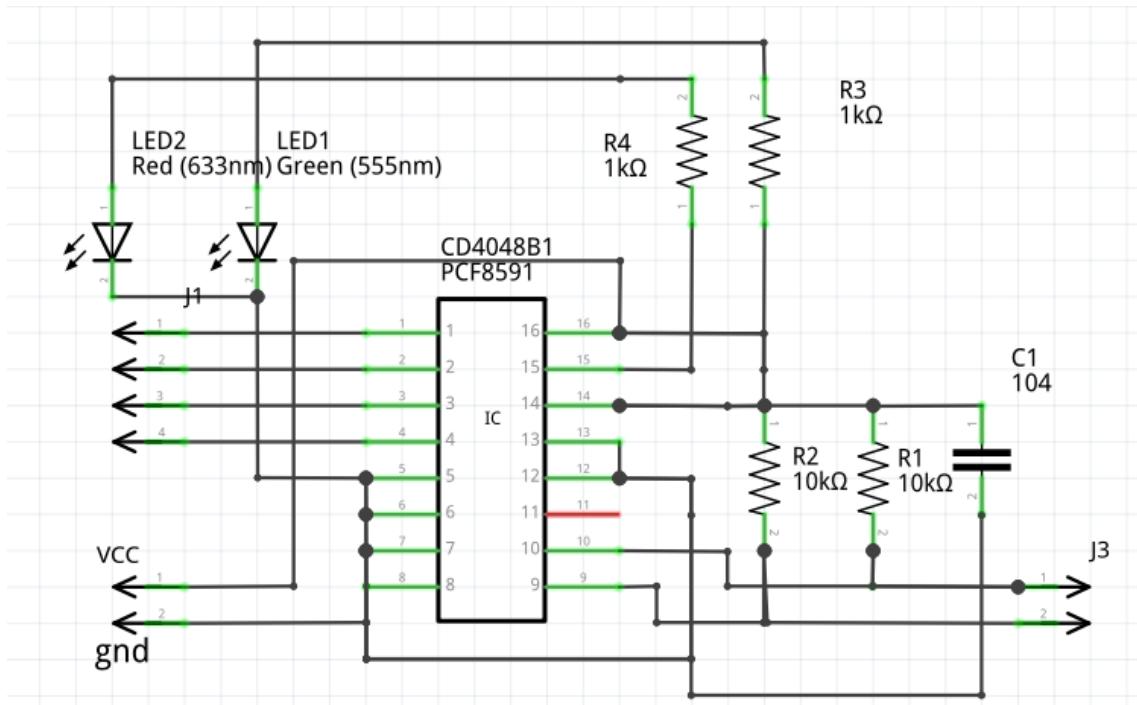


Figura 75 – Módulo Relé de 8 canais

3.19 Sensor LDR

LDR (Light Dependent Resistor), ou fotoresistor, é um dispositivo resistivo que tem a sua resistência alterada de acordo com a quantidade de luz que atinge seus terminais. O componente é feito de um semicondutor de resistência elevada. O sensor apresenta uma alta sensibilidade, com uma resposta rápida as variações de luz e é sensível a todo o espectro visível de luz(AHMAD, 2016).

3.19.1 Características elétricas

O LDR apresenta em uma temperatura ambiente uma variação de resistência de aproximadamente 8Ω até $20K\Omega$, no escuro total a resistência atinge um valor elevado e $1M\Omega$. O seu pico de resposta é com o comprimento de onda de 540nm, podendo funcionar dentro de um ambiente com temperaturas variando de -30°C até 70°C(AHMAD, 2016).

O sensor aguenta nos seus terminais uma diferença de potencial de até 150 Volts. A leitura do sensor é feita através de um divisor de tensão que é causada pela variação da resistência devido a diferença de iluminação. A tensão lida na saída do divisor de tensão é lida por um conversor AD e assim é transformada em dados para o microcontrolador(AHMAD, 2016).

3.19.2 Princípios físicos de funcionamento

Um LDR trabalha com a fotocondutividade, que é um efeito ótico onde a condutividade de um material aumenta com a absorção de luz do semicondutor. A exposição à luz do sensor faz com que fótons dessa fonte de luz ao caírem no sensor excitem os elétrons da camada de valência do semicondutor que compõem o sensor. Os elétrons são excitados até adquirirem energia suficiente para chegar a camada de condução do material. Quanto mais elétrons são excitados até a camada de condução do semicondutor, mais corrente passa a fluir pelo semicondutor e assim a resistência que antes era alta, passa a cair com o aumento de luminosidade.

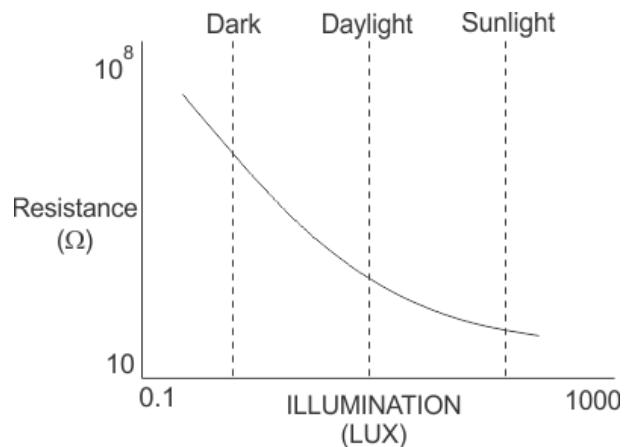


Figura 76 – Curva característica de resposta do LDR

3.20 Sensores DHT22

O sensor DHT22 é um sensor digital capacitivo que utiliza uma comunicação serial do tipo Single-bus communication para o envio de dados em 8bits. O sensor apresenta um baixo consumo de potência e uma grande capacidade de envio dos dados eliminando a necessidade de usar amplificadores periféricos para aumentar a potência da saída do sinal([LIU, 2018](#)).

A tabela 6 mostra como o sensor deve se comportar sendo alimentado com a voltagem mínima e máxima com que o sensor é capaz de trabalhar. Os valores mínimo, máximo e recomendado para se alimentar o módulo são, respectivamente: 3.3 V, 5.5V e 5V.

Tabela 6 – Características elétricas do sensor LDR

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Voltage		3.3	5	5.5	V
Power consumption	Dormancy	10	15		μ A
	Meansuring		500		μ A
	Average		300		μ A
Low level output voltage	IoL[5]	0		300	mV
High output voltage	Rp < 25 k Ω	90%		100%	VDD
Low input voltage	Decline	0		30%	VDD
Input High Voltage	Rise	70%		100%	VDD
Pull up Resistor	VDD = 5V VIN = VSS	30	45	60	k Ω
Output current	turn on		8		mA
	turn off	10	20		μ A
Sampling period		2			S

3.21 Comunicação

A comunicação feita através de um único pino de data é feita de acordo com o seguinte protocolo:

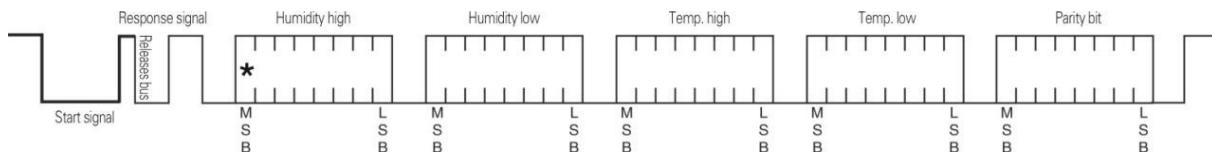


Figura 77 – Protocolo de comunicação

Primeiramente o sensor deve receber um sinal vindo do microcontrolador para que a comunicação seja iniciada, assim é enviado um sinal de resposta pelo sensor estabelecendo assim a comunicação entre o sensor e um microcontrolador. Em seguida são enviados os dados de forma serial seguindo o protocolo da figura 1. Os dados são enviados em um formato de 40 bits. Os 16 primeiros bits são relacionados aos dados referentes a umidade, os próximos 16 bits se relacionam a temperatura lida pelo sensor e os 8 bits restantes são usados para um controle de paridade do sinal(LIU, 2018).

A tradução da informação é feita da seguinte forma:

Tabela 7 – Tradução da informação

0000 0010	1001 0010	0000 0001	0000 1101	1010 0010
High humity 8	Low humity 8	High temp. 8	Low temp. 8	Parity bit

Umidade: 0000 0010 1001 0010 = 0292H (Hexadecimal) = $2 \times 256 + 9 \times 16 + 2 = 658 \Rightarrow \text{Humidity} = 65.8\%RH$

Temperatura: 0000 0001 0000 1101 = 10DH (Hexadecimal) = $1 \times 256 + 0 \times 16 + 13 = 269 \Rightarrow \text{Temp.} = 26.9^\circ C$

Caso a temperatura medida apresente valores negativos, os valores apresentados pelo sensor são precedidos pelo MSB em valor alto conforme o exemplo abaixo:

A temperatura de $-10.1^\circ C$ é expressa como 1 000 0000 0110 0101 Para a conversão utiliza-se a mesma regra anterior desconsiderando que o primeiro bit em nível alto.

$$0000\ 0000\ 0110\ 0101 = 0065H \text{ (Hexadecimal)} = 6 \times 16 + 5 = 101$$

Então a temperatura é, devido a presença da indicação de sinal negativo do primeiro bit:

$$\Rightarrow \text{Temp.} = -10.1^\circ C$$

Bit de Paridade: High umidity + Low Humidity + High Temperature + Low Temperature

$$0000\ 0010 + 1001\ 0010 + 0000\ 0001 + 0000\ 1101 = 1010\ 0010$$

3.22 Princípio Físico do Sensor

A medição de umidade do sensor é feita através de dois eletrodos com um substrato de retenção de umidade entre eles. A mudança de umidade altera a condutividade do substrato e consequentemente a resistência entre os dois eletrodos assim a corrente que passa entre os terminais pode ser lida por um microcontrolador e traduzida em dados legíveis através de um software(NEDELKOVSKI, 2017).

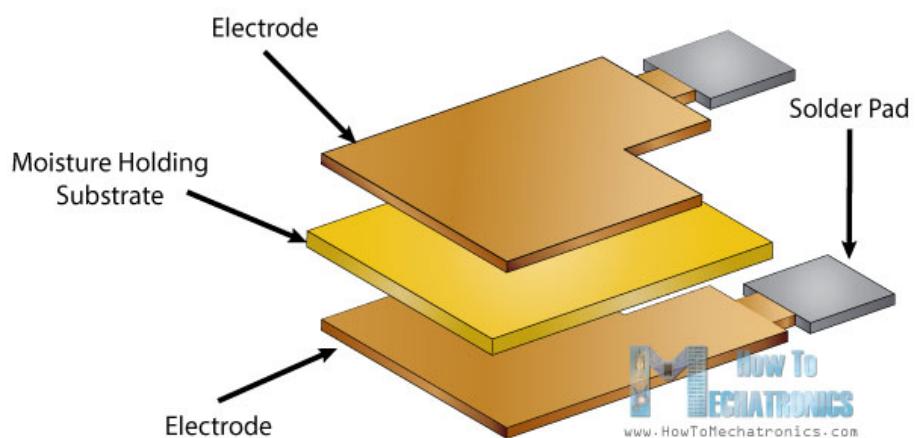


Figura 78 – Esquema com eletrodos e o substrato de retenção de umidade

A realização das medidas de temperatura é feita por um termistor, que é um

dispositivo que altera a resistência de acordo com a variação de temperatura.

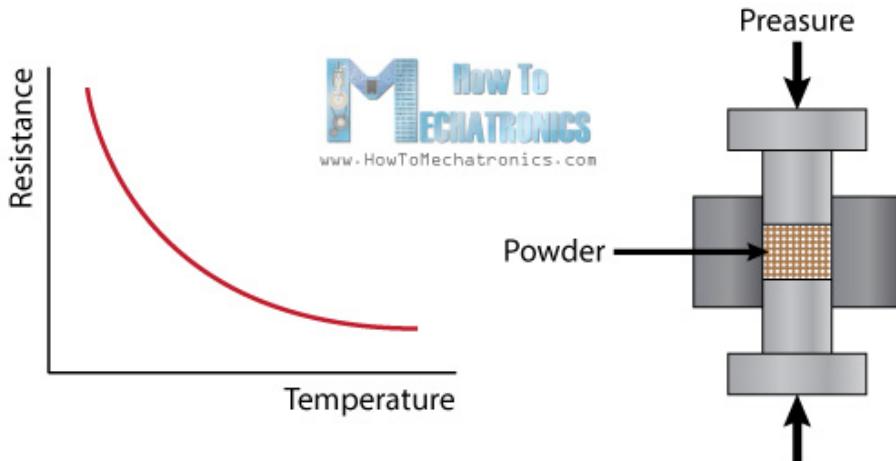


Figura 79 – Relação entre temperatura e a resistência do termistor

3.23 Motor DC 12V

Um motor DC é uma máquina elétrica onde a corrente que passa pelos terminais do motor é convertida em força mecânica. A maioria dos motores DC dependem de um campo magnético para realizar essa conversão de energia elétrica em mecânica. A velocidade do motor depende da diferença de potencial entre os terminais, podendo assim ser controlada através de um ajuste na tensão que chega ao motor(METMOTOR, 2015).

3.23.1 Comunicação

A comunicação do motor com o microcontrolador é feita através de uma ponte H que permite o controle direcional do motor através da inversão de polaridade que pode ser feita dependendo de como a corrente flui pelo circuito. O funcionamento da ponte H depende da combinação de chaves que permitem ligar e desligar o motor e girar em sentido horário ou anti-horário o eixo do motor.

3.23.2 Princípio físico de funcionamento

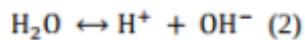
Quando um ímã permanente é posicionado em torno de um loop de fio que é ligado a uma fonte de energia D.C., temos os fundamentos de um motor D.C. A fim de fazer o loop de rotação do fio, temos que conectar uma bateria ou fonte de alimentação DC entre suas extremidades, e apoiá-lo para que ele possa girar em torno de seu eixo. Para permitir que o rotor gire sem torcer os fios, as extremidades do loop de arame são conectadas a um conjunto de contatos chamado de comutador, que se esfrega contra um conjunto de condutores chamados de escovas. As escovas fazem contato elétrico com o comutador à medida que ele gira e são conectadas aos cabos positivo e negativo da fonte de energia,

permitindo que a eletricidade flua pelo circuito. A eletricidade que flui através do circuito cria um campo magnético que interage com o campo magnético do imã permanente para fazer o laço girar(PAGE, 1999).

3.24 Sonda de pH

O módulo de sensor pH consiste em captar os íons em solução aquosa e transformar tal informação em diferença de potencial elétrico em "Volts", tal informação é extraída a partir do bulbo de vidro projetado na ponta do sensor. A escala de pH é vista de 0 a 14 e mede a concentração em mols a quantidade de íons. O pH é definido como o logaritmo do inverso da concentração hidrogeniônica $[H^+]$, de uma solução aquosa, em termos matemáticos é descrita como em situação de equilíbrio químico(ATKINS, 2011):

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} \quad (1)$$



$$K_{água} = 1.0 \times 10^{-14} = [H^+] [OH^-] \quad (3)$$

Figura 80 – Equações matemáticas do pH

Desta forma temos que em "água pura" $pH = 7,0$, ou pH de neutralidade. A escala varia então de 0,0 (mais ácido) a 14,0 (mais básico). Atualmente, existem pequenos aparelhos portáteis nomeados como pHmetros que servem como principal indicador deste potencial, que rapidamente após sua determinação dispõe em um visor um número indicando o valor do pH da solução utilizada no teste. Basicamente este instrumento utiliza uma sonda chamada eletrodo de vidro, que ao ser submersa na solução em teste cria uma diferença de potencial elétrico correlacionada com a concentração hidrogeniônica, permitindo, através do correto tratamento deste sinal de tensão a medida do valor do pH naquela solução. Cabe lembrar que também há uma certa dependência desta concentração com a temperatura, por isso a medida do pH deve ser acompanhada pela medida de temperatura. As principais aplicações para tal sensor são específicas para meios aquosos, medições da qualidade da água e aquacultura.

As principais zonas de padrão de medições estabelecidas no manual do fornecedor sugerem as seguintes conversões:

pH Value	Output
4	3.071
7	2.535
10	2.066

Figura 81 – Valores de medidas estabelecidas pelo fornecedor de pH e DDP

3.24.1 Especificações gerais

- Tensão máxima de operação 5V
- Corrente de trabalho 5-10mA
- Escala de detecção pH: 0-14
- Escala de detecção em temperatura 0-80 degC
- Tempo de resposta menor igual a 5S
- Estabilidade de tempo menor igual a 60S
- Saída: Analógica
- Consumo em funcionamento menor igual a 0,5W
- Temperatura de trabalho -10 a +50 deg C
- Umidade de trabalho 95
- Peso 25 g
- Dimensão 42mm x 32mm x 20mm

3.24.2 Documentação

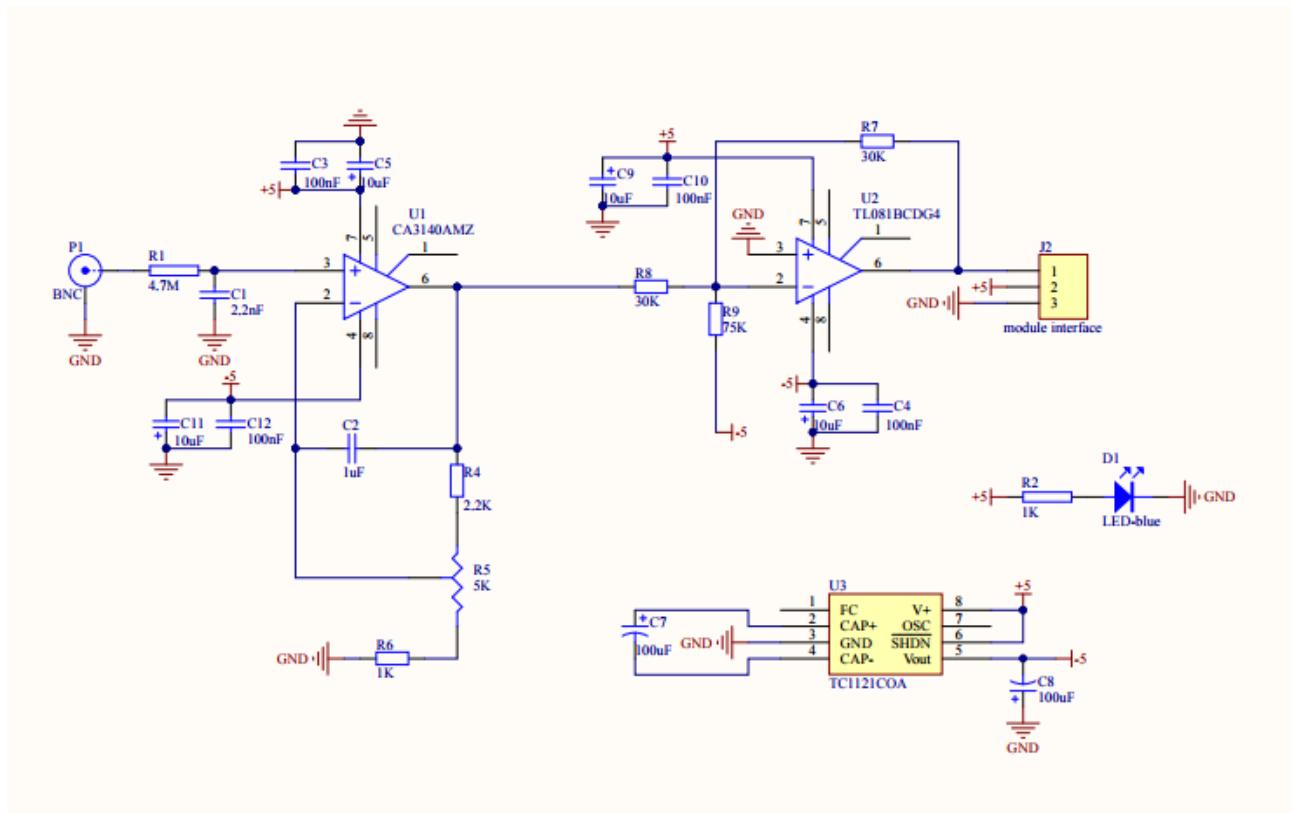


Figura 82 – Sensor de pH

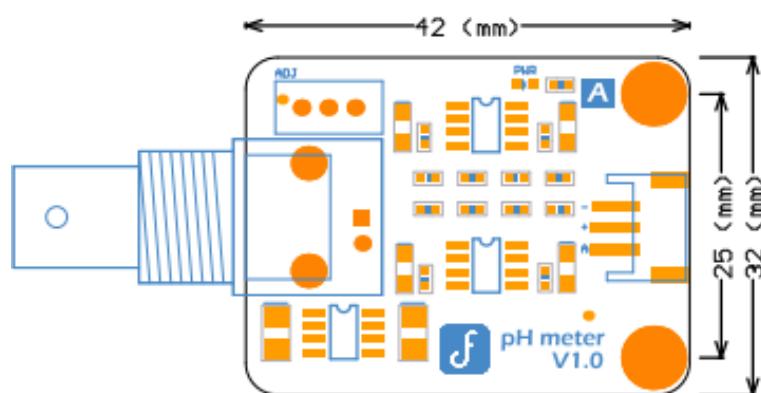


Figura 83 – Amplificador de sinal conexão BNC

Electrode type	range	temper ature	Zero point	Alkali deviation	PTS	Response time	Internal resistance	Repeat ability	Noise
	pH	°C	pH	mV		min	MΩ		mV
65-1	0-14	0-80	7±1	<15	>98	<2	<250	<0.017	
BX-5	0-14	0-80	7X±11	<15	>98	<2	<250	<0.017	
E-201	0-14	0-80	7±0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
E-201-C	0-14	0-80	7X±0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
95-1	0-14	0-80	7X±0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
E-900	0-14	0-80	7X±0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5

Figura 84 – Parâmetros de medições de acordo com o tipo de sonda

3.24.3 Esquema de ligação

- 1 x Sonda de pH (conector BNC)
- 1 x Placa de circuito do sensor de pH
- 1 x Cabo analógico

3.24.4 Informações de limpeza e manutenção das sondas de pH

A manutenção e o manuseio têm uma influência significativa sobre a precisão e o tempo de vida e funcionamento da sonda. Pequenas coisas como bolhas de ar, cristalização, baixo enchimento de eletrólito. Fuga de KCl ou contaminação podem ter um efeito negativo, sendo importante evitar:

- A manutenção e o manuseio têm uma influência significativa sobre a precisão e o tempo de vida e funcionamento da sonda. Pequenas coisas como bolhas de ar, cristalização, baixo enchimento de eletrólito. Fuga de KCl ou contaminação podem ter um efeito negativo, sendo importante evitar:
- Manter a fibra do bulbo hidratada
- Evitar bolhas durante a medição
- Longos tempos de uso e estabilização
- Valores errados e inadequados
- Problemas com calibração

3.25 Sensor de Temperatura para líquidos

Este sensor de temperatura é a versão a prova de água do sensor DS18B20. Este sensor é indicado para aplicações onde é necessário medir a temperatura a uma loga distância do microcontrolador ou em ambientes úmidos. Uma grande vantagem é que por ser digital, a leitura do sensor não sofre interferência da distância. Por possuir um serial único, vários sensores podem ser interligados na mesma interface, possibilitando a medição de temperaturas em aplicações de HVAC, máquinas, monitoramento de processos, etc.

Observação do fabricante: Note que a temperatura máxima deste sensor é de 125 ° C, mas seu cabo é feito em PVC. Então sugerimos que mantenha o sensor em aplicações abaixo de 100 ° C.

3.25.1 Especificações gerais

- Tensão de alimentação: 3.0 VDC a 5.5 VDC
- Precisão de +/- de -10 °C a + 85 °C
- Lê temperaturas de a + 125 ° C
- Resolução de 9 ou 12 bits
- Interface 1 fio (1 Wire), ou seja, precisa de somente 1 porta digital

	Soluções de limpeza para as sondas de pH	Etanol, acetona	Renovo N (solução alcalina de surfactantes e polifosfatos)	Renovo X (solução de hipoclorito de sódio)	Solução de limpeza do eletrodo com ácido fosfórico (10 %)	Pepsina em HCl KS400	Solução tiouréia KS410	Solução tampão pH 1,09 (HCl) 40 °C
			250 mL	250 mL	500 mL	250 mL	250 mL	500 mL
Referência		S16M001	S16M002	2975149	C20C370	C20C380	S11M009	
Contaminação por amostra	Águas de superfície		5 - 20 min					
	A água do mar			5 - 10 min				
	Águas Residuais			5 - 10 min		5 - 30 min	5 - 30 min	
	Lamas activadas			5 - 10 min	5 - 20 min	5 - 30 min	5 - 30 min	
	Solo, lama, argila		5 - 20 min		5 - 20 min			5 - 20 min
	Comidas e bebidas			5 - 10 min		5 - 30 min	5 - 30 min	5 - 20 min
	Amostras médicas	5 - 10 min		5 - 10 min		5 - 30 min	5 - 30 min	
	Galvanização		5 - 20 min	5 - 10 min				5 - 20 min
	Tinta, verniz, cáusticos	5 - 10 min	5 - 20 min					
	Cosméticos, sabão	5 - 10 min	5 - 20 min					
Tipo de contaminação	Derivados de petróleo	5 - 10 min	5 - 20 min					
	Papel, cartão		5 - 20 min	5 - 10 min				5 - 20 min
	Contaminação luz Geral		5 - 20 min	5 - 10 min				
	Inorgânica, alcalina		5 - 20 min	5 - 10 min	5 - 20 min			5 - 20 min
	Orgânico	5 - 10 min		5 - 10 min				
	Proteínas	5 - 10 min				5 - 30 min		
	Graxas, óleos	5 - 10 min	5 - 20 min					
	Sulfuretos		5 - 20 min			5 - 30 min	5 - 20 min	
	Cristalização de sais KCl		5 - 20 min					

Figura 85 – Soluções especiais

4 Resultados

4.1 Desenvolvimento arquitetural de software

Ao dar sequência à proposta da equipe em utilizar a arquitetura de microserviços, utilizou-se o Docker para criar containers em cada serviço específico com dependências necessárias para a utilização do mesmo. Em cada serviço existe um Dockerfile que contém a descrição das tecnologias, volumes e portas previamente definidas. Existe ainda um arquivo chamado Docker-compose que irá gerenciar todos os containers e irá facilitar o controle e monitoramento de cada serviço.

4.1.1 Serviços desenvolvidos

Para que o sistema funcione com êxito todos os serviços devem estar devidamente configurados em containers de acordo com a funcionalidade e responsabilidade de cada um.

1. **Greenhouse:** Esse é o principal serviço, pois ele trabalha no gerenciamento dos containers, é o responsável por criar uma rede de conexão entre todos os serviços, e por isso na sua raiz da aplicação encontra-se o arquivo docker-compose.yml em que nele há um algoritmo que instancia todos os serviços do projeto.
2. **WebService:** Nesse serviço encontra-se a API do projeto, portanto é um serviço único e diferenciado que irá tratar de responsabilizar de receber os dados por meio de simuladores ou dados reais por meio do servidor rabbitmq instalado na Raspberry pi. Ao receber esses dados, eles serão tratados e realização o parser para o formato JSON para que seja possível enviar respostas em uma linguagem que possa ser escutada pelo webApp, o frontend da aplicação. Utilizou-se o framework Python e Flask, juntamente com algumas dependência cruciais para o desenvolvimento da aplicação.
3. **WebApp:** Esse serviço foi desenvolvido para o frontend da aplicação, dessa forma, foi instalado o node.js e npm que são dependências do ReactJS, o framework Javascript. Portanto, este escuta as requisições do servidor da API para o recebimento do JSON e o tratamento dos dados para componentes que sejam visíveis na interface da aplicação.
4. **Postgres:** Para o Banco de Dados do projeto, utilizou-se o Postgres, sendo assim, foi necessário um serviço que armazene todos os dados do projeto. Com o auxílio

da dependência python SQLAlchemy utilizada em cada módulos de microsserviço, foi possível facilitar a criação da base de dados e a vinculação das models para a criação das tabelas e facilidade em realizar consultas de qualquer microsserviço por meio de simples chamadas de métodos disponíveis no SQLAlchemy.

5. **Simulators:** Para os testes da aplicação no início do projeto foi possível mscar os dados utilizando o serviço simulators, este gera dados randomizados e gera instâncias para os microsserviços responsáveis armazenar os dados no banco de dados, garantindo que toda a aplicação aconteça normalmente sem a necessidade previamente da RaspBerry pi.
6. **Rabbit:** Uma ótima maneira de trabalhar com microsserviços é utilizando o rabbitmq que utiliza o protocolo AMQP para o incremento de filas dos dados recebidos do microsserviços. Sendo assim, este serviço é responsável por gerenciar todas as filas e se conectar com todos os microsserviços, por isso é essencial que ele esteja ativo juntamente com o serviço de banco de dados antes que qualquer outro microsserviço se inicie.
7. **TemperatureServer:** Esse foi o primeiro microsserviço de integração desenvolvido, ele é responsável pelo recebimento da temperatura ambiente e pela conexão com o rabbit, esse relacionamento com o rabbit é para o incremento dos dados em uma fila.
8. **HumidityServer:** Esse microsserviço, da mesma forma que o anterior é responsável pelo recebimento da umidade relativa do ar interna à estufa. Ao receber os dados é realizado a inserção dos dados no banco de dados paralela à conexão do rabbit.
9. **IlluminationServer:** Para o monitoramento da luminosidade, foi desenvolvido o microsserviço de iluminação, este deve receber os dados recebidos pelos sensores e tratar em formato booleano (verdadeiro ou falso) para ilustrar a ausência ou não de luz dentro da estufa.
10. **PhServer:** O monitoramento do Ph também se torna necessário na aplicação, seguindo a lógica dos outros microsserviços de integração, teremos um serviço chamado phServer que irá receber da Raspberry pi os dados em tempo real e realizar o tratamento para o banco de dados.
11. **WaterTemperatureServer:** Esse serviço é bem similar ao serviço de temperatura ambiente, pois o recebimento e tratamento dos dados são realizados praticamente da mesma forma, sendo assim o serviço de temperatura da água irá conectar com o rabbit, realizar a inserção dos dados no banco.
12. **WaterLevelServer:** Esse serviço é responsável pelo troca de água automática da estufa. A integração necessita desse serviço para a coleta dos níveis de água e realizar

o monitoramento para que, quando estiver em um nível de pH fora da faixa ideal, uma mensagem de notificação é enviada ao usuário e este tem a escolha de despejar a solução líquida contida no repositório líquido ou deixar conforme estar.

13. **DrawerStatusServer:** Para a integração de abertura/fechamento da gaveta é necessário esse serviço, ele recebe e envia sinais por meio do rabbit para a Raspberry pi. Para o recebimento de sinais, há um monitoramento do estado da gaveta e para o envio de sinais o algoritmo confere se a porta está fechada, caso esteja, a gaveta não abre, se a porta estiver aberta, a gaveta abre e fecha normalmente.
14. **Nginx:** Para trabalhar na configuração e carregamento de imagens foi necessário a utilização do Nginx e este cuida da configuração de pastas e portas das imagens recebidas pela integração da Raspberry pi e uma câmera que tira fotos em sequência e envia para o rabbitmq online na Amazon.

4.2 Deployment

4.2.1 Telas da aplicação

1. Login.

O usuário deve estar autenticado para conseguir acessar nossa aplicação, sendo assim, após realizado o cadastro do usuário, previamente configurado no sistema, é possível fazer o login da aplicação.

Interface Mobile [IMAGEM]

Interface Web [IMAGEM]

2. Dashboard.

Para a página inicial, iniciamos com um Dashboard que realiza monitoramento em tempo real de todos os sensores da estufa.

Interface Mobile [IMAGEM]

Interface Web [IMAGEM]

3. Relatórios.

Para cada microsserviço de integração são gerados relatório para serem observados nos períodos de dia, mês e ano com suas respectivas médias.

Interface Mobile [IMAGEM]

Interface Web [IMAGEM]

4. Gráficos.

Os gráficos são gerados para fins de tornar ao usuário uma melhor visualização dos

dados pertinentes no relatório, sendo assim, os gráficos ilustram a alteração dos valores de acordo com o período escolhido no sistema.

Interface Mobile [IMAGEM]

Interface Web [IMAGEM]

5. Notificações.

Sempre que os dados recebidos estiverem fora da faixa ideal definida para cada sensor, é enviado um alerta ao usuário para que ele possa corrigir..

Interface Mobile [IMAGEM]

Interface Web [IMAGEM]

4.3 Instrumentação eletrônica

4.3.1 Variáveis de Análise

As principais variáveis utilizadas para conformar os sistema hardware/Software foram as seguintes:

- Temperatura da Água
- Umidade relativa do ar dentro da estufa
- Temperatura na Estufa
- Potencial hidrogeniônico(pH)
- Estado de abertura da porta
- Sistema de iluminação

4.3.2 Sensores e Atuadores

O módulo relé é um interruptor eletromecânico a movimentação física deste interruptor ocorre quando a corrente elétrica percorre as espiras da bobina do relé, criando assim um campo magnético que por sua vez atrai a alavancas responsável pela mudança do estado dos contatos ocasionando a ação de 5 volts para acionar os sistemas.

Além de utilizar o módulo relé, utilizou-se também os componentes optoeletrônicos utilizados para combinar níveis de sinal diferentes ou para isolar um sinal do outro. Eles fornecem uma transferência de sinal optoeletrônico entre a entrada e saída, e portanto, nunca se desgastam. A principal utilidade técnica para usar tais componentes eletrônicos além de fazer um sistema de comunicação seguro, o objetivo foi trazer segurança para o circuito.

Os principais sensores utilizados já foram relatados em relatórios anteriores, entretanto para esclarecer a ordem de uso, foram utilizados, DHT22, Sonda de pH com amplificador de sinais BNC, Sensor de temperatura da água DS18B20, Sensor LDR de 5mm, Câmera WebCam, Sensores de Níveis de água, bombas de acionamento para a água. O sensor utilizado para criar a lógica de estados para a gaveta foi o *Reed Switch* que funciona por meio de um campo magnético.

4.3.3 Interfaces de comunicação

O sistema de comunicação usado na plataforma **Raspberry Pi** para transporte de dados foi basicamente o sistema I2C(*Inter-Integrated Circuit*) e a UART(*Universal asynchronous receiver/transmitter*).

I2C é um protocolo de barramento(ou bus), ou seja, com os mesmos fios conectamos todos os dispositivos do nosso setup. Essa característica, barramento, é um dos grandes atrativos do I2C, pois reduzimos em muito a necessidade de pinos de conexão no Arduino, pois usaremos sempre os mesmos fios para a conexão, não importa se estamos utilizando 1 ou 127 dispositivos.([REIS, 2018](#))

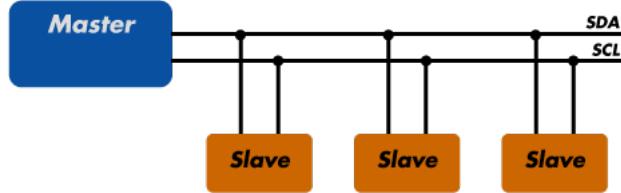


Figura 86 – Comunicação I2C

Os dispositivos ligados em Inter IC possuem um endereço fixo (cada componente recebe um endereço específico), e podemos configurá-los para receber ou transmitir dados; dessa maneira eles podem ser classificados de várias formas, como: mestres (MASTER), escravos (SLAVE), entre outras.([REIS, 2018](#))

O barramento I2C é do tipo multi-mestre, isso significa que mais de um dispositivo de controle pode ser conectado a ele. No entanto, durante uma comunicação, somente um dos mestres pode estar ativo, ou ocorrerá uma colisão de dados no barramento. Dispositivos I2C possuem um endereço que os identifica. Esse endereço é composto normalmente por 7 bits. ([REIS, 2018](#))

O protocolo de comunicação UART, é assíncrono, ou seja, não existe um sinal de clock para sincronizar o sinal transmitido com o sinal recebido. A UART é um protocolo de comunicação full-duplex, ou seja, a comunicação é realizada ao mesmo tempo de um dispositivo para o outro, pois os dados trafegam por meios diferentes. ([USP, 2018](#))



Figura 87 – GPIO Raspberry Pi

Para os bits serem transmitidos e recebidos, o sinal transmissor e o sinal receptor devem estar configurados com o mesmo valor, dado em bits por segundo, que é a taxa de transmissão de dados entre um dispositivo a outro. De acordo com o protocolo UART, quando não há dados no barramento ele é colocado em estado *Bus Idle*, mantido em lógico alto.

Quando um dispositivo possui dados para serem transmitidos, primeiro ele envia um bit de inicialização chamado Start Bit, esse bit está em nível lógico baixo. Logo em seguida envia um byte, ou seja, 8 bits de informação. Para finalizar o envio dos dados, envia um bit chamado de Stop Bit que possui nível lógico alto. (USP, 2018)

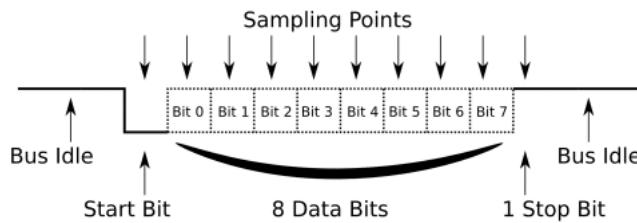


Figura 88 – Protocolo UART

4.3.4 Sistema hidrodinâmico

Para a concepção do sistema hidrodinâmico presente na estufa, foram utilizados um reservatório de água de 15,5 Litros, duas válvulas solenoides de 180 graus 220VAC e sensores de nível água.

O sistema montado então consiste em uma entrada e saída de água controlada pelas válvulas que são acionadas de acordo com o valor dos sensores de nível de água. Os sensores são dispostos, um na tampa do reservatório, para indicar quando este está cheio e o outro na parte mais profunda do reservatório, indicando quando está com um nível de água baixo.

Os sensores funcionam com uma lógica binária, porém como são colocados em posições invertidas os sinais que são enviados pelos para a mesma informação são diferentes. Se o sensor superior estiver detectando água, o seu circuito interno é fechado e um sinal



Figura 89 – Válvula



Figura 90 – Sensor de Nível

de nível lógico alto é enviado para a Raspberry. O sensor de baixo quando detecta água abre o circuito enviando um sinal de nível lógico baixo para a Raspberry. Com isso, foi feito um sistema de controle para manter o reservatório cheio utilizando os sinais que os sensores de nível enviam e o acionamento das válvulas de entrada e saída de água.

O sistema é utilizado sempre que a solução nutritiva precisa ser trocada, permitindo assim o usuário realizar uma troca fácil e eficiente evitando que seja necessário a movimentação do reservatório uma vez que as entradas de água são fixas e podem ser conectadas de forma semelhante a conexão realizada em máquinas de lavar roupas. As válvulas solenoides que compõem o projeto tem uma vazão mínima de 7L/min permitindo assim que o reservatório que contém 15,5L fique completamente cheio em 2 min e 12 segundos, pode-se ainda diminuir o tempo aumentando a vazão de água que passa pela válvula, uma vez que ela tem como especificação uma vazão máxima de 40L/min.

4.3.5 Sistema Eletromecânico

Para a criação do sistema eletromecânico que integra a gaveta, a equipe de Engenharia eletrônica utilizou uma corrediça telescópica de 35cm, junto com uma polia lisa no inicio e uma polia dentada ligada diretamente no motor DC 12V, além de uma correia de impressora HP. (IFRN, 2018)



Figura 91 – Sistema da Gaveta- Corrediça telescópica



Figura 92 – Sistema da Gaveta- Motor 12V DC



Figura 93 – Sistema da Gaveta- polia lisa e correia dentada

Especificações básicas ou primárias para motores DC/CC:

- Velocidade
- Torque
- Tensão

Com Tais especificações é possível determinar qual motor dos fabricantes atenderá as necessidades de projeto para realização e execução das etapas usadas no projeto que terá o uso do motor.

Os Motores CC sem Núcleo e sem ranhura incorporam um enrolamento cilíndrico que está fisicamente fora de um conjunto de ímãs permanentes. Devido ao fato do enrolamento ser laminado e não existir gaiola de ferro, motores cc sem núcleo possuem inércia muito menor. Possuem alta aceleração, eficiência e excelente controle de velocidade com

pouca ou nenhuma vibração. Eles são comumente usados como servo motor para aplicações de controle de processo.(MITCHELL, 2018)

Os motores elétricos escovados usam escovas de contato que se conectam com o comutador para alimentar o rotor. A construção escovada é menos onerosa do que o motor sem escovas e o controle é mais simples e barato. Outra característica é que o escovado pode operar em ambientes extremos devido à sua ausência interna de componentes eletrônicos. Por outro lado, motores escovados exigem manutenção periódica para substituição das escovas desgastadas.(IFRN, 2018)

Velocidade do eixo:

$$\omega_{rad/s} = \omega_{rpm} \frac{2\pi}{60} \quad (4.1)$$

A velocidade deve ser testada variando a tensão do motor sem nenhum tipo de carga sendo acionada pelo mesmo, o motor deve estar livre de qualquer grandeza física que dificulte sua rotação.

Torque de saída:

$$\tau = K.l \quad (4.2)$$

A velocidade de rotação do motor gera uma força, que é definida fisicamente como torque, o torque é dado em unidade de força- distância. Podendo ser de duas maneiras: Partida ou torque contínuo. (MITCHELL, 2018)

Tensão

Os motores CC são projetados para trabalhar em função de uma corrente contínua, sendo por isso projetados para trabalhar sob uma tensão específica. No caso da aplicação do projeto utilizamos o motor 12 V DC.

Para retirar as variáveis das quais não tivemos conhecimento prévio, por se tratar de um motor retirado de equipamentos eletrônicos que estavam para reciclagem, o uso de um medidor de tacômetro digital de contato é altamente indicado para o projeto e especificações básicas como RPM.(MITCHELL, 2018)

4.3.6 Sistema Embarcado

Para o projeto de sistemas embarcados, mais propriamente o firmware da gaveta, implementou-se uma lógica de estados digital para a abertura e fechamento. As entradas da máquina de estado foram os sensores (*Reed Switchs*), na parte traseira e frontal da gaveta e um sensor para verificar se a porta estava aberta ou fechada, além disso foi acrescentado um botão(*pushbutton*) para ser utilizado como comando, assim como o sinal vindo da API.



Figura 94 – Sistema da Gaveta- Tacômetro

As saída da máquina de estado que controla a gaveta, definem o movimento do motor, o qual pode ser parado, sentido anti-horário e horário. E os estados são Abrindo, Aberto, Fechado e Fechando (Figura 95).

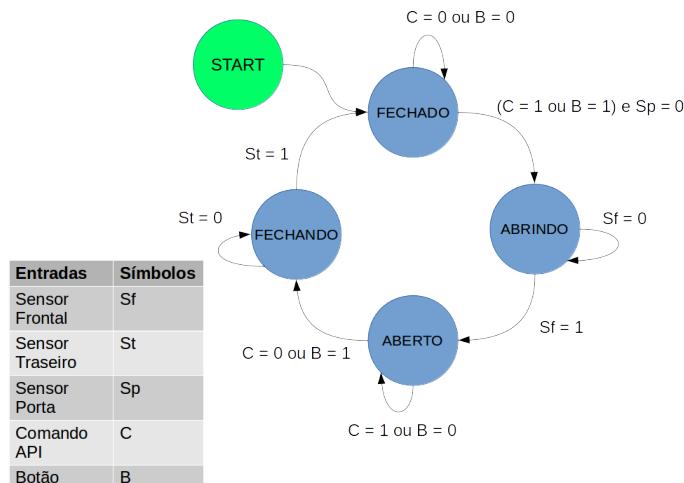


Figura 95 – Máquina de estados da gaveta

Para o reservatório também existe uma lógica de estados que engloba às válvulas e as bombas d'água de acordo com os estados das bóias. As entradas são os valores das bóias e um comando que vem do API. As saídas definem como se comportarão as bombas e válvulas de entrada e saída de água. Os estados são vazio, mediano, cheio e esvaziando. Ele só esvazia caso o utilizador envie o comando (Figura 96).

4.3.7 Pinagem do Sistema na Raspberry Pi 3

Para o processo de conexão dos pinos na placa Raspberry Pi 3, segue a seguinte tabela de interconexões. E uma descrição a partir de cores de qual a tensão de cada um dos sensores (Figura 97).

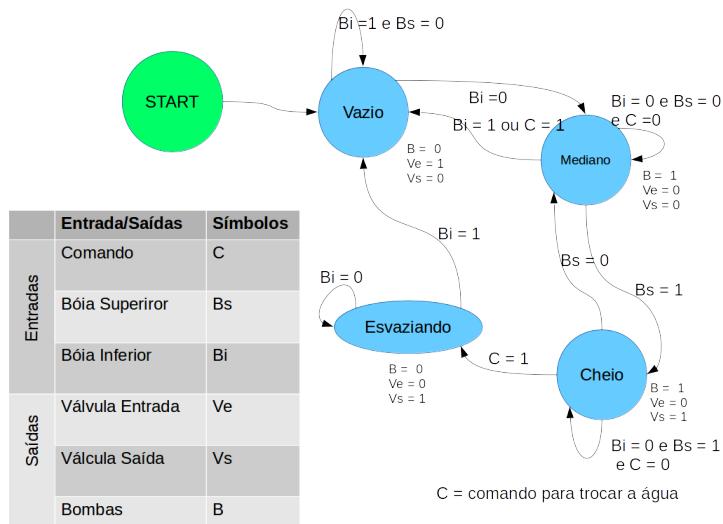


Figura 96 – Máquina de estados do reservatório

Pino(BOARD)					ENTRADAS
1	3.3V				
3	GPIO 2	CONVERSOR AD		Ph	
5	GPIO 3			LDR	
7	GPIO 4	TEMPERATURA ÁGUA		10k	3
16	GPIO 23	DHT22		10k	3
11	GPIO 17	BÓIA 1		1k	2
12	GPIO 18	BÓIA 2		1k	2
13	GPIO 27	LAMPADAS		RELÉ	
15	GPIO 22	BOMBAS		RELÉ	
29	GPIO 5	VALVULA 1		RELÉ	
31	GPIO 6	VALVULA 2		RELÉ	
38	GPIO 20	MOTOR 1		PONTE H	
37	GPIO 26	MOTOR 2		PONTE H	
33	GPIO 13	PORTA		10K	2
36	GPIO 16	FIM 1		10K	2
35	GPIO 19	FIM 2		10K	2
18	GPIO 24	Cooler's		RELÉ	
	12V				
	5V				

Figura 97 – Pinagem GPIO do Sistema

4.4 Solução Química e suas especificações

Cada litro de solução é suficiente para a produção de um pé de alface desde a muda, de segunda folha verdadeira, até a colheita, outras hortaliças folhosas de menor porte, como rúcula, consomem menos solução. Em meia a colheita é feita até 45 dias após a inserção da muda na solução hidropônica em definitivo. É necessário sempre manter a condutividade entre 1.000 à 1500 $\mu S/cm$ de concentração total de íons na solução. A temperatura idela para plantas cultivadas em hidropônia está na faixa de 18 a 24 graus celsius no verão e 10 a 16 graus celsius no inverno. As plantas têm seu desenvolvimento máximo entre o pH 5,5 a 6,5.

4.4.1 Descrição do produto hidropônico

Solução para 1000L

- 400g de sulfato de magnésio 9% multitécnica, garantia mínima de 9% Mg + 12 %S
- 150g Fosfato monoamônico MAP: Garantia minima de 11%N + 60% P2O5
- 750g Nitrato de Cálcio garantia mínima de 15,5 %N + 6%Ca
- 30g Quelato de Ferro, garantia mínima 6%F + 40,8% EDDHA
- 500g de nitrato de potássio , garantia minima de 52% de fósforo e 34% de potássio
- 30g de coquetel de micronutrientes

4.4.2 Método de dissolução

- Coloque 7,5L de água no reservatório
- Misture a seco o sulfato de magnésio , fosfato monoâmonico, nitrato de potássio
- Dissolva essa mistura em um recipiente com água e coloque no reservatório
- Dissolva o nitrato de cálcio com água e coloque no reservatório
- Dissolva o coquetel de micronutrientes com água e coloque no reservatório
- Dissolva o ferro quelatizado com água e coloque no reservatório
- Toda vez que adicionar um componente no reservatório misture bem
- Agora complete até atingir 15 L

4.4.3 Alteração de pH caso necessário

Se a leitura do pH estiver na faixa de 5,5 a 6,5 pH, caso contrário

- Diminuir o pH: Vinagre Branco
- Aumentar o pH: Bicaarbonato de cálcio

4.5 Ponte H

4.5.1 Sobre a ponte H

Os motores de corrente contínua trabalham nos dois sentidos de rotação quando invertidas suas polaridades. A ponte H é um circuito que tem a função de controlar esse sentido de rotação do motor a partir da inversão de sua polaridade. O exemplo a seguir, ilustra uma ponte H composta de quatro transistores que trabalham em pares nas diagonais. Basicamente, quando se aciona uma chave tem-se 12V e a outra chave-par leva o terra (0V) para o motor. A utilização de NPN e PNP é aconselhável para evitar uma perda de tensão maior entre eles, dessa forma, a carga (motor) fica sempre ligado aos coletores dos transistores.

4.6 Resultados estruturais

Ao final do projeto cerca de 90% da estrutura da estufa foi fabricada pelos estudantes, onde os outros 10% eram partes que levariam muito trabalho técnico e poderia, consequentemente, atrasar o cronograma do projeto. A seguir tem-se os materiais utilizados para cada um e como se deu o processo de fabricação.

4.6.1 Estrutura interna

Materiais

- Cantoneiras
- Chapas de alumínio
- Corrediças telescópicas

Fabricação

- As cantoneiras foram soldadas para dar forma ao chassi.
- Uma chapa de alumínio foi cortada na cortadora de chapas e em seguida foi rebitada no chassi para fazer o fundo da estrutura.
- As corrediças telescópicas foram presas no chassi com parafusos, e tais furos foram feitos com a fresadora.
- Uma outra chapa de alumínio foi cortada na cortadora de chapas e em seguida dobrada na dobradeira de chapas para fazer a gaveta onde comportará as mudas.

As figuras de 98 a 100 apresentam os resultados da estrutura interna.



Figura 98 – Parte superior da estrutura interna

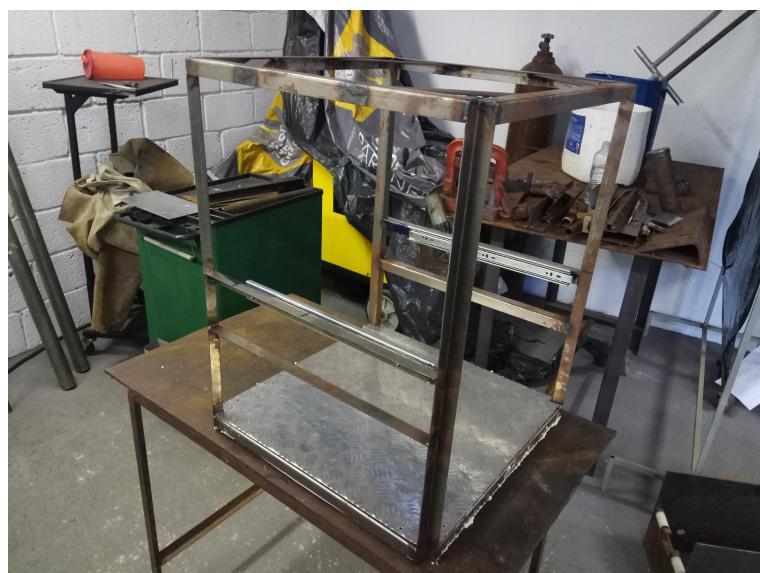


Figura 99 – Estrutura interna de perfil



Figura 100 – Corrediça telescópica onde comportará a gaveta de mudas

4.6.2 Porta

A porta da estufa foi a única parte do projeto estrutural na qual foi terceirizada a construção, não por motivos de competência da equipe, mas pensando em prazos apertados e em busca de um melhor acabamento final, figura 101. Para obter uma boa resistência estrutural utilizou-se o alumínio como material. Além disso, para que o usuário da estufa possa ver o seu interior usou-se vidro em sua maior parte. Para que não haja trocas de ar interno e externo sem que seja necessário há uma espuma de vedação na porta, onde ao fechar faz um isolamento.



Figura 101 – Porta da estufa

Materiais

- Alumínio

- Vidro laminado

4.6.3 Estrutura externa

Materiais

- MDF
- Isopor
- PVC
- Silicone
- Espuma Expansiva
- Forro PVC
- Alça

Fabricação

- Foram realizadas medições da estrutura do Chassi, onde serão colocadas chapas de MDF para cobrir a estrutura, deixando a estrutura mais resistente, com um aspecto visual mais requintado. Na parte superior da estrutura, decidiu-se colocar MDF para fixar as lâmpadas, visto que anteriormente utilizaria isopor, porém por questão de segurança decidiu-se fazer esta alteração.
- Antes das chapas de MDF, foram alocadas placas de isopor como revestimento interno, onde foram cortados os espaços e instalaram-se alguns componentes como os Coolers nas laterais da estufa.
- Na parte externa foram cortadas placas de PVC de tamanho adequado, para compor a parte externa da estufa.
- Foram utilizados silicone e espuma expansiva para realizar a junção das partes e para realizar o isolamento térmico da parte interna da estrutura.
- Adicionou-se na estufa folhas de alumínio para que se tenha a máxima eficiência luminosa, onde foram cortadas e presas nas laterais.
- O isopor foi cortado do tamanho da estrutura para fazer o isolamento térmico. Além disso utilizou-se o PVC para dar um isolamento extra e maior resistência ao isolamento. Ao todo foram três camadas de isopor e uma de PVC.

- Forros de PVC foram utilizados na parte mais externa da estufa para dar um melhor acabamento e, consequentemente, uma maior resistência estrutural. Com isso, foram cortadas as placas de forro e parafusadas na estrutura.
- Para poder movimentar a estufa mais facilmente foram colocadas duas alças de metal nas laterais para poder fazer o transporte da estufa se necessário, em seguida foram parafusadas.

As figuras 102 e 103 apresentam a parte de isolamento térmico da estufa, a figura 104 mostra a estufa após a instalação dos forros PVC e das alças e a 105 as folhas de alumínio instaladas.



Figura 102 – Estrutura com isolamento térmico



Figura 103 – Estrutura com o isolamento externo



Figura 104 – Estrutura após a instalação dos forros e das alças

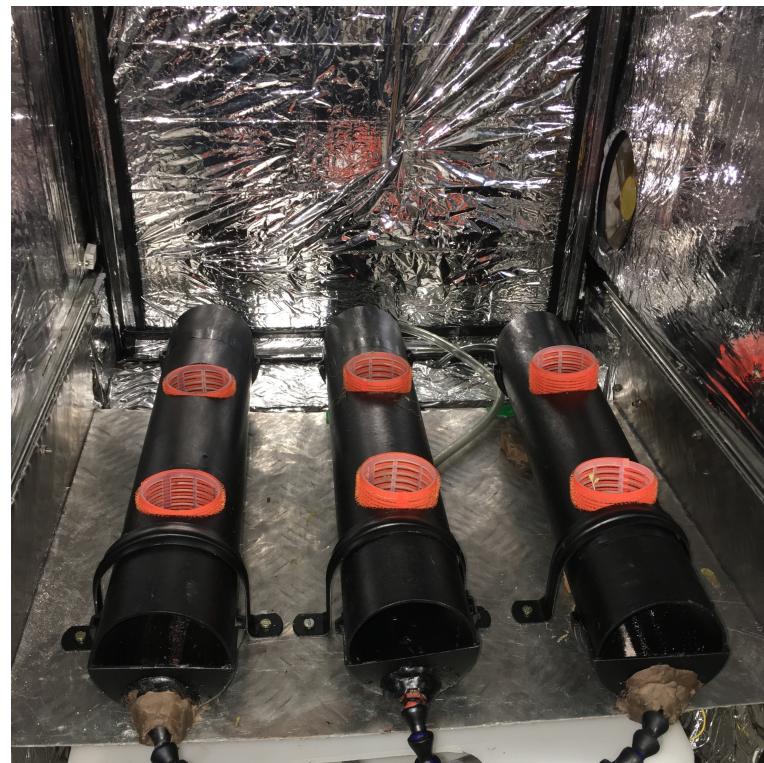


Figura 105 – Folhas de alumínio instaladas nas laterais da estufa

4.6.4 Estrutura final

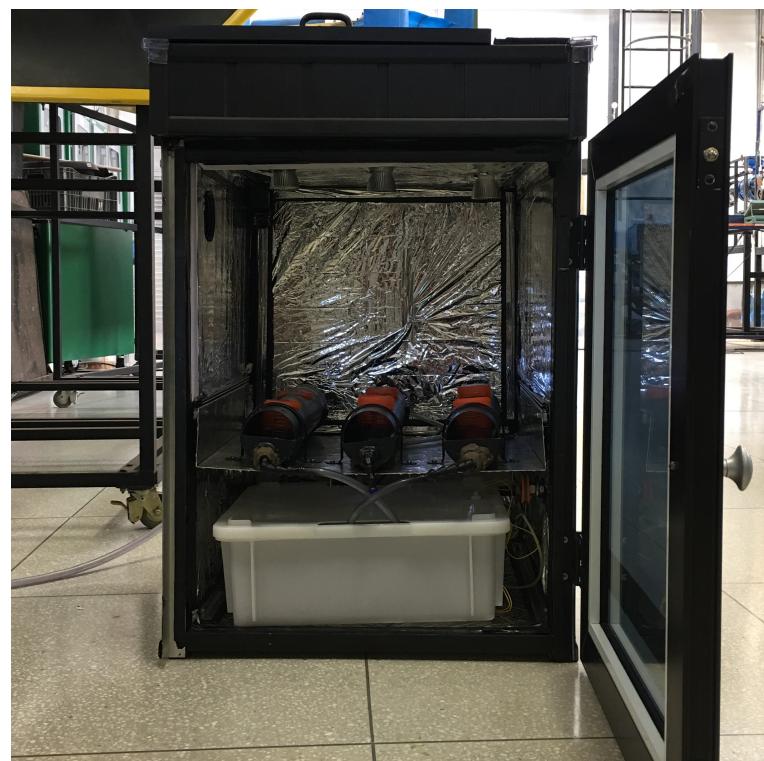


Figura 106 – Estrutura final vista de frente



Figura 107 – Estrutura final vista de cima



Figura 108 – Estrutura final vista de lado

5 Orçamento do Projeto

5.1 Mês de abril

Membro	Data	Horas	Valor	Transação	Origem	Destino
Adailson	05/04/18	11:08	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Eduardo	13/04/18	18:30	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Gabriel	11/04/18	15:30	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Gustavo	20/04/18	16:00	50,00	Processado	Conta Poupança	
Júlio César	05/04/18	15:09	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Leonardo	05/04/18	12:48	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Lucas Amoêdo	12/04/18	13:55	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Mairon Cruvinal	06/04/18	2:47	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Marcelo Oliveira	05/04/18	12:47	100,00	Processada	Conta corrente	Conta Poupança
Rafael	11/04/18	15:30	200,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Sthephanie	06/04/18	9:45	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Thiago	10/04/18	8:50	100,00	Processada	Conta Poupança	Conta Poupança
Wannbaster ADR	10/04/18	9:57	100,00	Processada	Conta corrente	Conta Poupança

Figura 109 – Entrada de ativos financeiros

Membro	Data	Horas	Valor	Transação	Origem	Destino
Júlio César	4/10/2018	23:27	105	Processada	Conta Poupança	Estrutura do Chassi
Júlio César	4/12/2018	10:36	30	Processada	Conta Poupança	Pagamento de corte de barras
Sthephanie	4/12/2018	19:21	77,79	Processada	Conta Poupança	Estrutura PVC plantário
Sthephanie	4/13/2018	16:30	15	Processada	Conta Poupança	Estrutura PVC plantário tampão 75mm
Eduardo	4/24/2018	12:00	215	Aguardando	Conta Poupança	Sensores
Wannbaster ADR	4/17/2018	15:30	15	Processado	Conta Poupança	Corrediça telescópica
Wannbaster ADR	4/19/2018	15:00	20	Processado	Conta Poupança	Ferro chato 1/8 6M.
Wannbaster ADR	4/19/2018	16:00	1,6	Processado	Conta Poupança	Rebite POP
Wannbaster ADR	4/20/2018	10:44	65	Processado	Conta Poupança	chapa de PVC 3mm, 1,22 x 2,44 m
Sthephanie	4/20/2018	16:40	0	Aguardando	Conta Poupança	Joelhos de cano
Wannbaster ADR	4/20/2018	16:00	50	Processado	Conta Poupança	espuma expansiva e pezinhos reguláveis.
Júlio César	4/20/2018	15:30	2	Processado	Conta Poupança	Parafusos e porcas
Wannbaster ADR	4/25/2018	10:15	37	Processador	Conta Poupança	Isopor 20 e estilete
Stephanie	4/26/2018	11:41	12,78	Processado	Conta Poupança	Componentes da Ponte H

Figura 110 – Saída de ativos financeiros

Total(in):	1350,00
	Balanço de caixa
Total:	703,83
Total(out)	646,17

Figura 111 – Balanço de Caixa

5.2 Mês de maio

Membro	Data	Horas	Valor	Transação	Origem	Destino
Adailson						Conta Poupança
Eduardo						Conta Poupança
Gabriel						Conta Poupança
Gustavo	02/05/18	13:54	50,00	Processada		Pagamento de peças
Júlio César						Conta Poupança
Leonardo						Conta Poupança
Lucas Amoêdo						Conta Poupança
Mairon Cruvinel						Conta Poupança
Marcelo Oliveira						Conta Poupança
Rafael						Conta Poupança
Sthephanie						Conta Poupança
Thiago						Conta Poupança
Wannbaster ADR						Conta Poupança

Figura 112 – Entrada de ativos financeiros

Membro	Data	Horas	Valor	Transação	Origem	Destino
Gustavo	5/2/2018	13:54	88,23	Processada	Pagamento em Mão	Materiais para relés
Stephanie	5/4/2018	15:51	50	Processada	Conta Poupança	Materiais para a fonte
Eduardo	5/9/2018	17:13	30	Processada	Conta Poupança	Kit hidroponia
Eduardo	5/10/2018	17:21	33,64	Processada	Conta Poupança	Valvulas de água
Stephanie	5/11/2018	-	46,5	Processada	Conta Poupança	Bomba de ar
Júlio	5/11/2018	-	34,00	Processada	Conta Poupança	Reservatório de polietileno
Júlio	5/11/2018	15:25	12	Processada	Conta Poupança	Materiais para fuso (porcas, parafusos)

Figura 113 – Saída de ativos financeiros

Total(in):	753,83
Balanço de caixa	
Total:	459,46
Total(out)	294,37

Figura 114 – Balanço de Caixa

5.3 Mês de junho

Membro	Data	Horas	Valor	Transação	Origem	Destino	Entrada de ativos financeiros
Adailson	07/06/18	14:53	35,00				
Eduardo	15/06/2018	16:21	35,00				
Gabriel	06/08/18	12:47	35,00				
Gustavo			35,00		Peças de eletrônica		
Júlio César	06/06/18	20:28	35,00				
Leonardo	07/06/18	14:50	35,00				
Lucas Amoêdo	15/06/2018	16:23	35,00				
Mairon Cruvinel	19/06/2018	10:48	35,00				
Marcelo Oliveira	07/06/18	18:23	35,00				
Rafael	06/01/18	0:01	35,00		Valor pago pela porta + gasolina p/ visita estudo de caso (valor total: 210; valor devido após processamento: 175)	NA	
Sthephanie	19/06/2018	12:50	35,00				
Thiago	06/08/18	14:32	35,00				
Wannbaster	07/06/18	18:23	35,00				
Maio	6/1/2018	0:00	-78,36	NA	NA	NA	

Figura 115 – Entrada de ativos financeiros

Membro	Data	Horas	Valor	Transação	Origem	Destino	Saída de Ativos financeiros
Rafael			50	Processado	Conta Poupança	Gasolina para a visita p/ estudo de caso (Rhander)	
Gustavo	4/6/2018	11:20	17,74	Processado	Entregue em mãos	Componentes eletrônicos	
Wannbaster	6/6/2018		13,02	Processado	Conta Poupança	Componentes eletrônicos	
Júlio	8/6/2018	11:14	12	Processado	Conta Poupança	Porcas e parafusos para porão	
Júlio	12/6/2018	16:50	30	Processado	Conta Poupança	Puxador de porta	
Júlio	13/06/2018	14:05	7	Em processamento		Parafusos e porcas	
Mairon	19/06/2018	10:51	60,89	Em processamento		LED Full spectrum + Frete	
Mairon	19/06/2018	10:51	34,9	Em processamento		Bomba Submersa	
Júlio	15/06/2018		50	Em processamento		Cola, mangueira, espátula, parafuso, fita crepe, fita isolante	
Júlio	15/06/2018		30	Em processamento		Cantoneira	
Júlio	18/06/2018	12:39	8,6	Em processamento		Puxador, mangueira, abraçadeira, borracha de vedação, luva	
Stephanie	19/06/2018	16:19	20,43	Em processamento		Extensão	
Júlio	20/06/2018	13:28	4	Em processamento		Fita	
Júlio	20/06/2018	13:32	20,9	Em processamento		Protetor quina móveis, dobradiça	
Júlio	20/06/2018	9:07	25,16	Em processamento		Sensores e fios	
Marcelo	21/06/2018	22:03	38,3	Em processamento		Comida para o grupo	
Júlio	28/06/2018		70	Em processamento		Adesivos	

Figura 116 – Saída de ativos financeiros

Total(in):	376,64
Balanço de caixa	
Total:	-116,30
Total(out)	492,94

Figura 117 – Balanço de Caixa

Referências

- AHMAD, R. Y. J. Light dependent resistor (ldr) based low cost light intensity measurement circuit design (lux meter). *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 2016. 98
- ATKINS, P. *Princípios de Química*. [S.l.]: Bookman, 2011. 103
- BELL, D. *The class diagram - An introduction to structure diagrams in UML 2*. 2004. Disponível em: <<https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/RationalEdge/sep04/bell/index.html>>. 64
- BRAGA, N. C. *Relés - Conceitos e aplicações*. 2012. 36, 37, 96
- BRAGA, N. C. *Como funcionam conversores A/D*. 2013. 37, 38
- CALLISTER, J. Wd ciência e engenharia dos materiais. 5 Edição, LTC Editora, São Paulo-SP, 2002. 52
- CASSIOLATO, C. Medição de nível. *SMAR*, 2010. 36
- FOUNDATION, R. P. *Raspberry Pi 3 Model B+*. 2018. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org>>. 92
- FOWLER, M. *Microservices - a definition of this new architectural term*. 2014. Disponível em: <<https://martinfowler.com/articles/microservices.html>>. 48
- GUNTER, A. *Microservices with Python, RabbitMQ and Nameko*. 2016. Disponível em: <<https://www.datawire.io/microservices-vs-soa/>>. 49
- HEATH, S. *Embedded Systems Design*. [S.l.]: Newnes, 2003. 35
- IFRN. *Máquinas de corrente Contínua*. 2018. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-acionamentos-eletricos/apostila-de-maquinas-de-cc-1/>>. 115, 117
- INSTITUTE., P. M. *Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)*. 2013. 19
- K., S. J. S. *The Scrum Guide*. 2005. Disponível em: <<https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/RationalEdge/sep04/bell/index.html>>. 19
- LIU, T. *Datasheet:DHT22*. [S.l.], 2018. 99, 100
- MENDONÇA, V. *Análise de vibrações de pisos submetidos a excitações ritmicas – aplicação de critérios para conforto em dificações*. 2017. 84
- METMOTOR. *A brief overview of a 12v DC motor*. 2015. 102
- MICHAEL, B. *Embedded Systems Glossary*. [S.l.]: Neutrino Technical Library, 2007. 35
- MITCHELL, C. *Especificações de motores CC*. 2018. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>>. 117

NEDELKOVSKI, D. *DHT11 & DHT22 Sensors Temperature and Humidity Tutorial using Arduino.* 2017. 101

NOBREGA, P. G. *Análise dinâmica de estruturas de concreto: estudo experimental e numérico das condições de contorno de estrutura pré-moldadas.* 2014. 55, 83

NXP. *Datasheet:PCF8591 8-bit A/D and D/A converter.* [S.l.], 2013. 97

PAGE, M. Designing with d.c. motors. *MIT*, 1999. 103

REIS, V. *Protocolo I2C.* 2018. Disponível em: <<http://www.arduino.br/arduino/i2c-protocolo-de-comunicacao/>>. 113

ROCHA, B. *Microservices with Python, RabbitMQ and Nameko.* 2016. Disponível em: <<http://brunorocha.org/python/microservices-with-python-rabbitmq-and-nameko.html>>. 60

SEMICONDUCTORS, V. *Datasheet:4N25,4N26,4N27,4N28.* [S.l.], 2017. 36, 95

SENSORES, E. *Sensor de Nível: o que é?* 2017. 93, 94

T, H. *What is Microservices Architecture?* 2016. Disponível em: <<https://smartbear.com/learn/api-design/what-are-microservices/>>. 48

TUBONASA. *Tubos de metalon.* 2014. Disponível em: <<http://www.tubonasa.com.br/noticias/tubos-de-metalon/>>. 52

USP. *Protocolo UART.* 2018. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/raspberry-pi-comunicacao-serial-uart/>>. 113, 114

ZUNIGA, E. *Análise da resposta dinâmica experimental de uma passarela tubular mista, aço-concreto, submetida ao caminhar humano.* 2011. 55

Apêndices

APÊNDICE A – Atas de Reunião

Data e hora	21/03/2018 - 16:00
Participantes	Wannbaster Reis Gustavo Mairon Adaílson Santos Marcelo Martins Lucas Amoêdo Leonardo Sagmeister Thiago Dias Júlio César Gabriel Augusto Rafael Abreu Stephane
Faltantes	
Responsável pela ata	Lucas Amoêdo
Anotações	
Entregas	<ul style="list-style-type: none"> - Escopo do projeto
Alterações	
Planejamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Levantar referenciais teóricos para o relatório do PC 1
Impedimentos e problemas	
Próxima reunião	<ul style="list-style-type: none"> - Definir EAP - Discutir riscos - Definir custos iniciais

Figura 118 – Ata de reunião do dia 21/03/2018.

Data e hora	04/04/2018 - 17:00
Participantes	Wannbaster Reis Gustavo Mairon Adailson Santos Marcelo Martins Lucas Amoêdo Leonardo Sagmeister Thiago Dias Júlio César Gabriel Augusto Rafael Abreu Stephanie
Faltantes	
Responsável pela ata	Leonardo Sagmeister
Anotações	
Entregas	<ul style="list-style-type: none"> - Pontos positivos e negativos; - Tensões; - Modelo de gerenciamento de custos;
Alterações	
Planejamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de cronograma conjunto; - Estudar possibilidade da câmera no projeto; - Estudar possibilidade de implementar SOA / SOAP;
Impedimentos e problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação do PC 1; - Reunião iniciada fora do horário padrão;
Próxima reunião	

Figura 119 – Ata de reunião do dia 04/04/2018.

Data e hora	06/04/2018 - 14:20
Participantes	Wannbaster Reis Gustavo Mairon Adaílson Santos Marcelo Martins Lucas Amoêdo Leonardo Sagmeister Thiago Dias Gabriel Augusto Rafael Abreu Stephane
Faltantes	Júlio César
Responsável pela ata	Leonardo Sagmeister
Anotações	
Entregas	<ul style="list-style-type: none"> - Definições de escopo de estrutura; - Definições de escopo de energia;
Alterações	
Planejamentos	
Impedimentos e problemas	
Próxima reunião	

Figura 120 – Ata de reunião do dia 06/04/2018.

Data e hora	11/04/2018 - 16:00
Participantes	Wannbaster Reis Gustavo Mairon Adailson Santos Marcelo Martins Leonardo Sagmeister Thiago Dias Júlio César Gabriel Augusto Rafael Abreu Stephane Lucas Amoêdo
Faltantes	
Responsável pela ata	Marcelo Martins
Anotações	
Entregas	<ul style="list-style-type: none"> - Orçamentos - Definição inicial de estrutura do plantário
Alterações	<ul style="list-style-type: none"> - Formato de reuniões alterado (tempo reduzido) - Scrum adaptado (maior flexibilidade)
Planejamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Backlog da Sprint 3
Impedimentos e problemas	
Próxima reunião	

Figura 121 – Ata de reunião do dia 11/04/2018.

Data e hora	12/04 19h 36min
Participantes	Wannbaster Reis Leonardo Sagmeister Lucas Amoêdo
Faltantes	Adaílson (justificado)
Responsável pela ata	Lucas Amoêdo
Anotações	
Entregas	-
Alterações	-
Planejamentos	<ul style="list-style-type: none"> ● Realizar brainstorm com Energia (participar: Wannbaster, demais diretores que puderem, e Energia) ● Bater um papo cabeça com gerente de Estrutura ● Elaborar documento com processo de requisição de aquisição ● Terceirizações somente podem ser requisitadas em Reunião com a equipe toda. ● Comprovantes de compra devem SEMPRE ser entregues
Impedimentos e problemas	-
Próxima reunião	-

Figura 122 – Ata de reunião do dia 12/04/2018.

Data e hora	18/04/2018 - 16:00
Participantes	Wannbaster Reis Eduardo Gustavo Adaílson Santos Marcelo Martins Leonardo Sagmeister Thiago Dias Júlio César Gabriel Augusto Rafael Abreu
Faltantes	Lucas Amoêdo Mairon Stephane
Responsável pela ata	Leonardo Sagmeister
Anotações	
Entregas	<ul style="list-style-type: none"> - update do processo de liberação de verba
Alterações	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de uma fonte pelo pessoal de energia
Planejamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de comissões de terceirização - Update do processo de liberação de verba -
Impedimentos e problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Falta do grupo de energia - Implementação de fonte
Próxima reunião	

Figura 123 – Ata de reunião do dia 18/04/2018.

Data e hora	25/04 16:20
Participantes	Wannbaster Reis Gustavo Mairon Adailson Santos Marcelo Martins Lucas Amoêdo Leonardo Sagmeister Thiago Dias Júlio César Gabriel Augusto Rafael Abreu Stephane Eduardo
Faltantes	
Responsável pela ata	Leonardo Sagmeister
Anotações	
Entregas	<ul style="list-style-type: none"> • Criação do canal de gerência no slack
Alterações	<ul style="list-style-type: none"> • Renúncia do posto de gerente geral pelo aluno Wannbaster • Alteração dos subgerentes do projeto • Alteração no formato das reuniões semanais • Alteração na comunicação interna da equipe
Planejamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação entre os subgerentes
Impedimentos e problemas	
Próxima reunião	

Figura 124 – Ata de reunião do dia 25/04/2018.

Data e hora	02/05/2018 - 19:00
Participantes	Leonardo Sagmeister Júlio César Stephane Eduardo
Faltantes	
Responsável pela ata	Leonardo Sagmeister
Acompanhamentos	
Energia	
Executado	<ul style="list-style-type: none"> ● Dimensionamento inicial do exaustor ● Ponte H ● Fonte iniciada
Planejado	<ul style="list-style-type: none"> ● Finalizar fonte de alimentação ● Buscar argumento para a remoção da resistência do projeto ● Plantário ● Definir relação dimensionalmente entre resistência e exaustor (experimentalmente - a recomendação do professor Alex)
Eletrônica	
Executado	<ul style="list-style-type: none"> ● Estudo do sensor de pH ● Definição conjunta com o pessoal de SOFTWARE de códigos de leitura dos sensores de: temperatura ambiente; umidade ambiente; e temperatura da água

Figura 125 – Primeira parte da ata de reunião do dia 02/05/2018.

Estrutura	
Executado	<ul style="list-style-type: none"> • Fechamento do assoalho
Planejado	<ul style="list-style-type: none"> • Estudos sobre a possível expansão da estrutura • Pesquisar solução para vedação do assoalho • Fechar uma lateral • Iniciar teto • Instalar gaveta • Definir porta
Software	
Executado	<ul style="list-style-type: none"> • Serviço de sensor de temperatura • Deploy inicial do webserver • Definição conjunta com o pessoal de ELETRÔNICA de códigos de leitura dos sensores de: temperatura ambiente; umidade ambiente; e temperatura da água
Planejado	<ul style="list-style-type: none"> • Demais serviços • Deploy contínuo de webserver • Definir solução da precisão de controle de temperatura (considerando a presença de resistência)

Figura 126 – Segunda parte da ata de reunião do dia 02/05/2018.

Data e hora	09/05/2018 - 19:30
Participantes	Leonardo Sagmeister Júlio César Stephane Eduardo
Faltantes	
Responsável pela ata	Leonardo Sagmeister
Acompanhamentos	
Energia	
Executado	<ul style="list-style-type: none"> • Furo para o exaustor e lâmpadas • Medição para gaveta • Fonte concluída e testada • Relatório fonte
Planejado	<ul style="list-style-type: none"> • Demais documentos • Plantário (desenvolvimento e integração à estrutura) • Verificar escopo de lâmpadas
Eletrônica	
Executado	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste do sensor de pH • Desenvolvimento do módulo acoplador (relés) • Conversor A/D
Planejado	<ul style="list-style-type: none"> • Integração • Válvulas (controle de entrada de água) • Bóias (sensor de nível de água) • Planejar LDR • Planejar integração da barra guiada com estrutura

Figura 127 – Primeira parte da ata de reunião do dia 09/05/2018.

Estrutura	
Executado	<ul style="list-style-type: none"> • Assoalho fixado • Furos da gaveta e de sua estrutura de movimentação • Lateral e teto furados e dimensionados
Planejado	<ul style="list-style-type: none"> • Inserção de componentes eletrônicos e de energia no teto da estrutura • Corte de isopor / madeirite • Instalação de ventoínha • Planejamento de fiação para o teto • Planejamento e desenvolvimento da porta
Software	
Executado	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do Docker-compose para preparação de ambiente • Desenvolvimento inicial de fila para o rabbitmq
Planejado	<ul style="list-style-type: none"> • Replicação de fila e backend para demais serviços • Desenvolvimento frontend com web-apps • Verificar funcionamento da câmera

Figura 128 – Segunda parte da ata de reunião do dia 09/05/2018.