



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

Lista de ilustrações

Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto	16
Figura 2 – Cronograma do projeto	18
Figura 3 – Cronograma do projeto	19
Figura 4 – Cronograma do projeto	20
Figura 5 – Riscos	21
Figura 6 – Cronograma de Estrutura	25
Figura 7 – Fase 2 detalhada	26
Figura 8 – Fase 3 detalhada	27
Figura 9 – Fase 4 detalhada	28
Figura 10 – Relé Internamente	31
Figura 11 – Circuito Sample & Hold simplificado	32
Figura 12 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo	32
Figura 13 – Representação ponte H	33
Figura 14 – Simulação da ponte H com acionamento em Q1 e Q4. Fonte: Proteus*.	33
Figura 15 – Simulação da ponte H com acionamento em Q2 e Q3. Fonte: Proteus*.	33
Figura 16 – Plantário. Adaptado de: < http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-hidroponia/hidroponia-2/ >	35
Figura 17 – Exemplo de diferenças arquiteturais em um contexto de negócio de um sistema de supermercado	37
Figura 18 – Diagrama de classe do microsserviço de controle de temperatura ambiente	45
Figura 19 – Diagrama de classe do microsserviço de gerenciamento do usuário	45
Figura 20 – Diagrama de sequência do ajuste de temperatura manual	46
Figura 21 – Diagrama de sequência do ajuste de temperatura automático	47
Figura 22 – Diagrama de sequência do CRUD Hortaliças	48
Figura 23 – Diagrama de sequência do ajuste de iluminação	49
Figura 24 – Diagrama de sequência de edição de usuário	50
Figura 25 – Diagrama de sequência de enviar alerta	51
Figura 26 – Diagrama de sequência de exibir relatório	52
Figura 27 – Diagrama de sequência de troca de água automática	53
Figura 28 – Diagrama de sequência de troca de água manual	54
Figura 29 – Ponte H confeccionada.	55
Figura 30 – Plantário confeccionado com canos PVC. Fonte própria	56
Figura 31 – Fatores de atrito tabelados. Fonte: www.pipelife.com	57
Figura 32 – Tubos do plantário. Fonte própria	58

Figura 33 – Curva característica da moto bomba Sarlo Fonte: < http://www.sarlobetter.com.br/aqua/sarlo/s-90/manual.pdf >	59
Figura 34 – C Bombas de água. Fonte própria.	59
Figura 35 – Compressor de ar. Fonte própria.	60
Figura 36 – Ventilador instalado na estrutura. Fonte própria.	60
Figura 37 – Lâmpada full spectrum	62
Figura 38 – Montagem	63
Figura 39 – Posição luminárias	63
Figura 40 – Lâmpada BULBO	64
Figura 41 – Propriedades do material simulado	65
Figura 42 – Tensão normal sobre uma barra prismática	66
Figura 43 – Flexão pura sobre uma barra prismática	66
Figura 44 – Esquema de uma excitação pela base	67
Figura 45 – Dados do chassi estrutural	68
Figura 46 – Parte superior da estrutura interna.	70
Figura 47 – Corrediça telescópica onde comportará a gaveta de mudas.	70
Figura 48 – Estrutura com o isolamento externo.	71

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela responsável por realizar o mapeamento da descrição de cada risco e seus impactos, probabilidades e prioridades.	22
Tabela 2 – Principais diferenças entre arquitetura SOA e arquitetura de micro-serviços.	38

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contexto	11
1.2	Justificativa	11
1.3	Escopo do projeto	11
1.3.1	Premissas	11
1.3.2	Restrições	12
1.3.3	Mapeamento do modelo 5W2H	12
1.3.3.1	What - O quê?	12
1.3.3.2	Why - Por quê?	12
1.3.3.3	Where - Onde?	12
1.3.3.4	Who - Quem?	12
1.3.3.5	How - Como?	12
1.3.3.6	How Much - Quanto?	13
1.4	Detalhamento do escopo	13
1.4.1	Projeto	13
1.4.2	Produto	13
1.5	Objetivos	13
1.5.1	Objetivo Geral	13
1.5.2	Objetivos Específicos	14
1.6	Metodologia de gerenciamento	14
1.6.1	EAP	16
1.6.2	Plano de gerenciamento de tempo	17
1.6.2.1	Papeis e responsabilidades	17
1.6.2.2	Cronograma	18
1.6.3	Plano de gerenciamento de comunicação	20
1.6.3.1	Reuniões presenciais	20
1.6.3.2	Ferramentas de comunicação	20
1.6.4	Plano de gerenciamento de riscos	21
1.7	Requisitos estruturais	23
1.7.1	Espaço físico	23
1.7.2	Resistência estrutural	24
1.7.3	Braçadeiras automatizadas	24
1.7.4	Integração com os outros subsistemas	24
1.7.5	Acabamento final da estrutura	24
1.8	Rastreabilidade dos requisitos estruturais	24

1.9	Plano de ação de estrutura	25
1.9.1	Materiais	26
1.9.1.1	Parâmetros envolvidos	26
1.9.2	Dimensão	28
1.9.2.1	Estudo de mercado	28
1.9.2.2	Público alvo	28
1.9.2.3	Protótipo	28
2	REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1	Sistemas Embarcados	29
2.2	Medição do Nível da Água	30
2.3	Optoacopladores	30
2.4	Relé	30
2.5	Conversor Analógico/Digital	31
2.6	Ponte H	32
2.7	Plantário	34
2.8	Ventilação	35
2.9	Arquitetura de microsserviços	36
2.9.1	Porque utilizar arquitetura de microsserviços	36
2.9.2	Microsserviços vs SOA	36
2.9.2.1	Diferenças arquiteturais	36
2.10	Decisão arquitetural	38
3	SOLUÇÃO PROPOSTA	39
3.1	Requisitos de Software	39
3.1.1	Web e Mobile	39
3.2	Web Service	40
3.3	Linguagens e frameworks	40
3.4	Sistema mobile de controle	40
3.5	Sistema Web de Controle	40
3.6	Histórias de Usuário	41
3.7	Microsserviços utilizados no projeto	44
3.8	Diagramas	44
3.8.1	Diagramas de classe	44
3.8.1.1	Microsserviço de controle de temperatura ambiente	44
3.8.1.2	Microsserviço de gerenciamento do usuário	45
3.8.2	Diagrama de Sequência	46
3.8.2.1	Ajuste de Temperatura Manual	46
3.8.2.2	Ajuste de Temperatura Automático	46
3.8.2.3	CRUD Hortaliças	47

3.8.2.4	Ajuste de Iluminação	48
3.8.2.5	Editar Usuário	49
3.8.2.6	Enviar Alerta	50
3.8.2.7	Exibir Relatório	51
3.8.2.8	Troca de Água Automática	52
3.8.2.9	Troca de Água Manual	53
3.9	Confecção Ponte H	54
3.10	Confecção do plantário	55
3.10.1	Confecção da ventilação	60
3.11	Confecção iluminação	61
3.12	Materiais	64
3.12.1	Resistência dos materiais	66
3.12.2	Vibrações	67
3.13	Chassi	68
3.13.1	Dados do chassi	68
4	RESULTADOS	69
4.1	Processos de fabricação	69
4.2	Estrutura interna	69
4.3	Estrutura externa	70
5	ORÇAMENTO DO PROJETO	73
	REFERÊNCIAS	75

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 d 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.

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

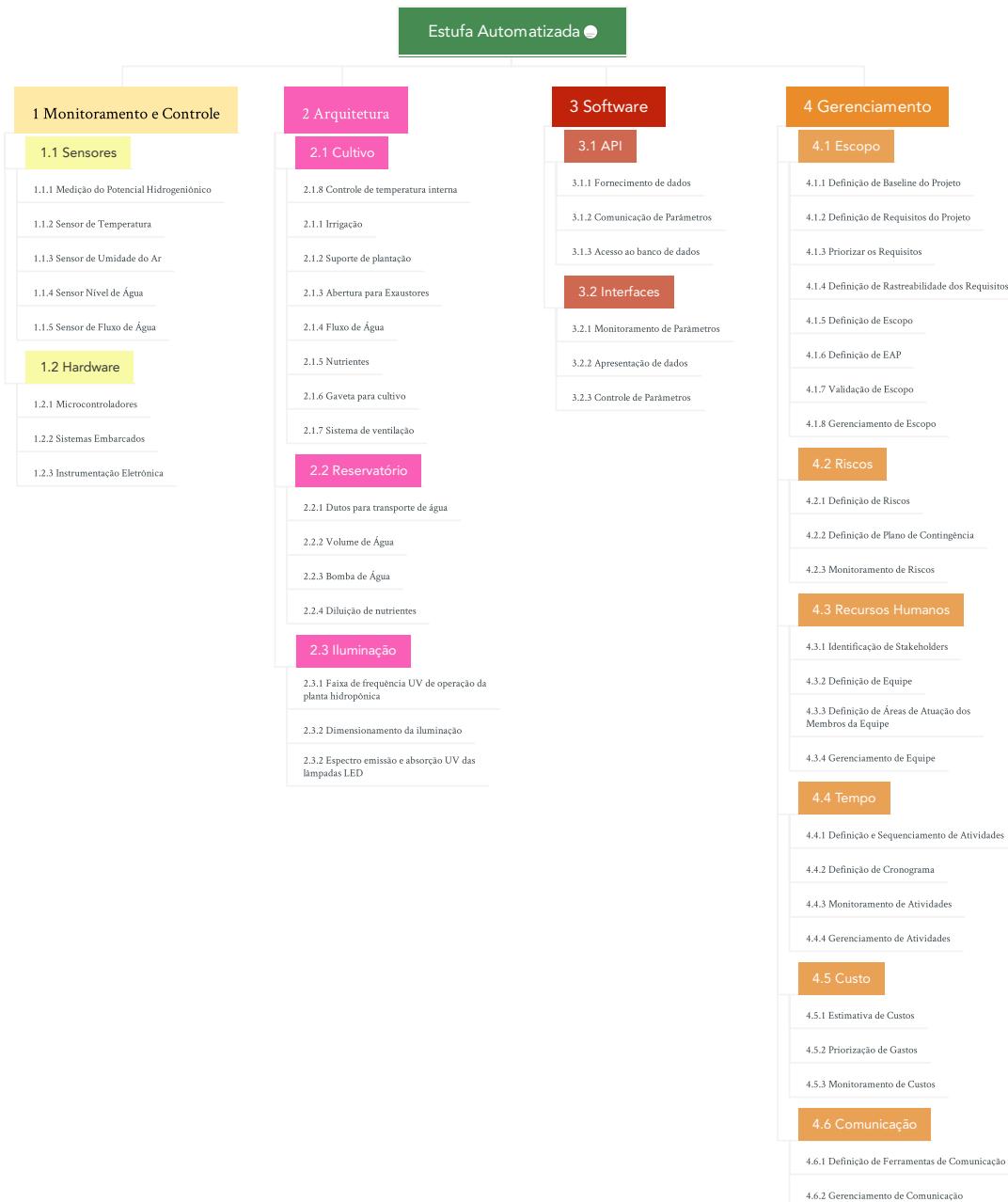


Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto

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

	A	2	3	3
m	M	1	2	3
a	B	1	1	2
c		B	M	A
t				Probabilidade
o				

Figura 5 – Riscos

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.

- 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 precisa-

mente 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:

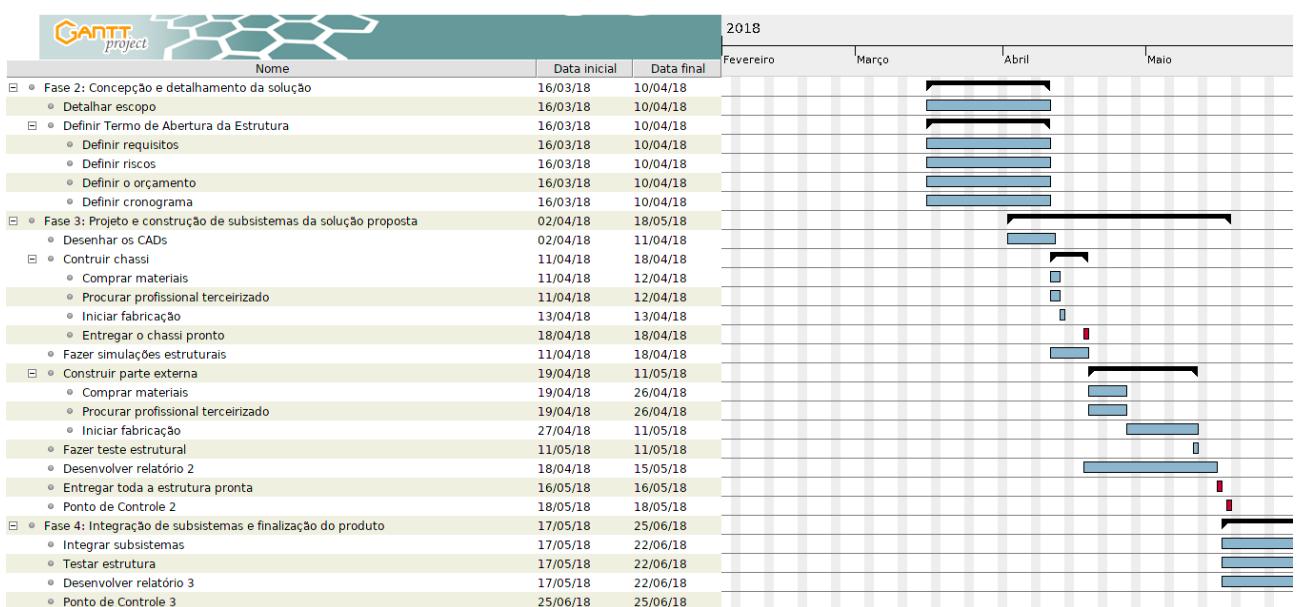


Figura 6 – Cronograma de Estrutura

Item	Atividade	Recurso necessário	Responsável pela atividade	Data de início	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 compõem 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
7	Comprar materiais	Indicações, definição das dimensões, liberação de 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
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
11	Simulações estruturais	CAD finalizado	Rafael Abreu	11/04/2018	1 semana	18/04/2018	À fazer
	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
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
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
	Realizar teste estrutural	Ter o Chassi e a carroceria montados junto com os componentes internos	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	11/05/2018	1 semana	18/05/2018	À fazer
	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
	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
	PC2	Subsistema devidamente montado e funcionando	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	18/05/2018	20 minutos	18/05/2018	À fazer

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 c modos de apartamentos e casas. Para isso, projetamos um sistema compacto e atraente que não ocupasse muito espaço.

Fase 4	Integra�o de subsistemas e finaliza�o do produto							
	Integrar subsistemas	Subsistemas devidamente funcionando para integra�o	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	17/05/2018	1 semana	22/05/2018	�a fazer	Estar sempre alinhado com as demais equipes para caso precisem de ajustes ou algo do tipo
	Testar produto final	Subsistemas presentes para a integra�o assim como os devidos responsáveis por cada �rea	Júlio César	17/05/2018	1 semana	22/05/2018	�a fazer	Reunir todos no galpão com folga de tempo para testar e retestar
	Desenvolver relatório 3	Tudo funcionando perfeitamente, c�culos, simula�es 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 simula�es.	Gabriel, Júlio César, Rafael e Thiago	25/06/2018	20 minutos	25/06/2018	�a 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(??).[6]

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(??)(??).[6][7]

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(??)(??). [6][7]

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(??).[7]

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, gabaritos, visores de nível, bóia ou flutuador, ou até mesmo através da reflexão de ondas ultra-sônicas pela superfície do produto(??).[8]

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)(??).[8]

Na medição descontínua, tem-se apenas a indicação apenas quando o nível atinge certos pontos especificados, como por exemplo, condições de alarmes de nível alto ou baixo(??).[8]

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. (??) [3]

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 contadores, 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(??). [4]

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(??). [4]

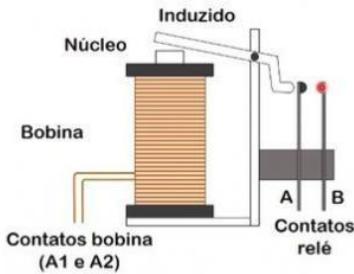


Figura 10 – Relé Internamente

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(??).[9]

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)(??).[9] 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(??).[9]

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(??).

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(??).[9]

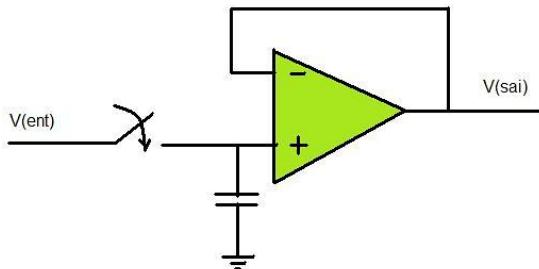


Figura 11 – Circuito Sample & Hold simplificado

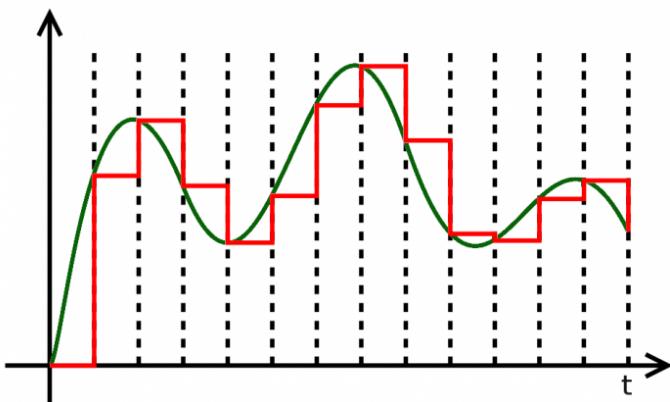


Figura 12 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo

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.

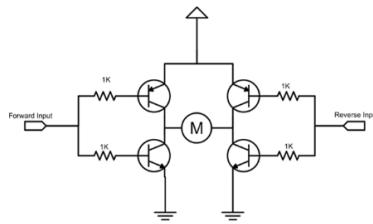


Figura 13 – Representação ponte H

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):

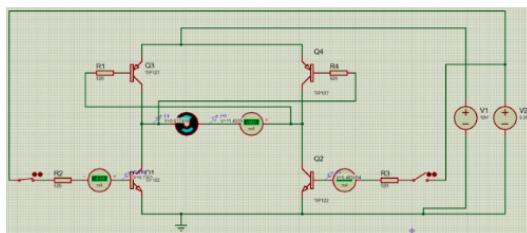


Figura 14 – Simulação da ponte H com acionamento em Q1 e Q4. Fonte: Proteus*.

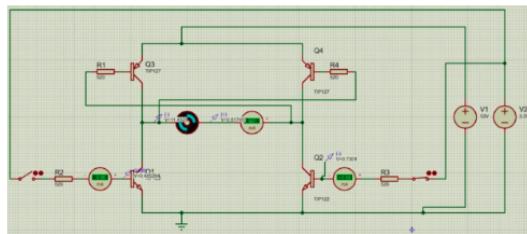


Figura 15 – Simulação da ponte H com acionamento em Q2 e Q3. Fonte: Proteus*.

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 transístor 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:

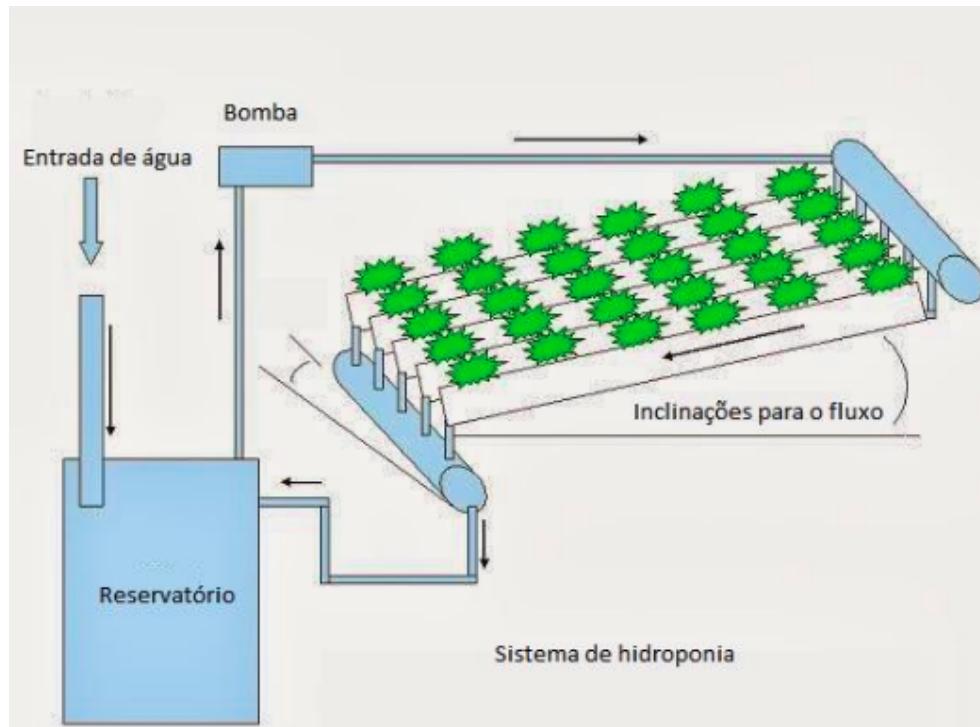


Figura 16 – Plantário. Adaptado de: <<http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-hidroponia/hidroponia-2/>>

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 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.

2.9.1 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.

2.9.2 Microsserviços vs SOA

2.9.2.1 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.

A imagem abaixo, ilustra essa diferença:

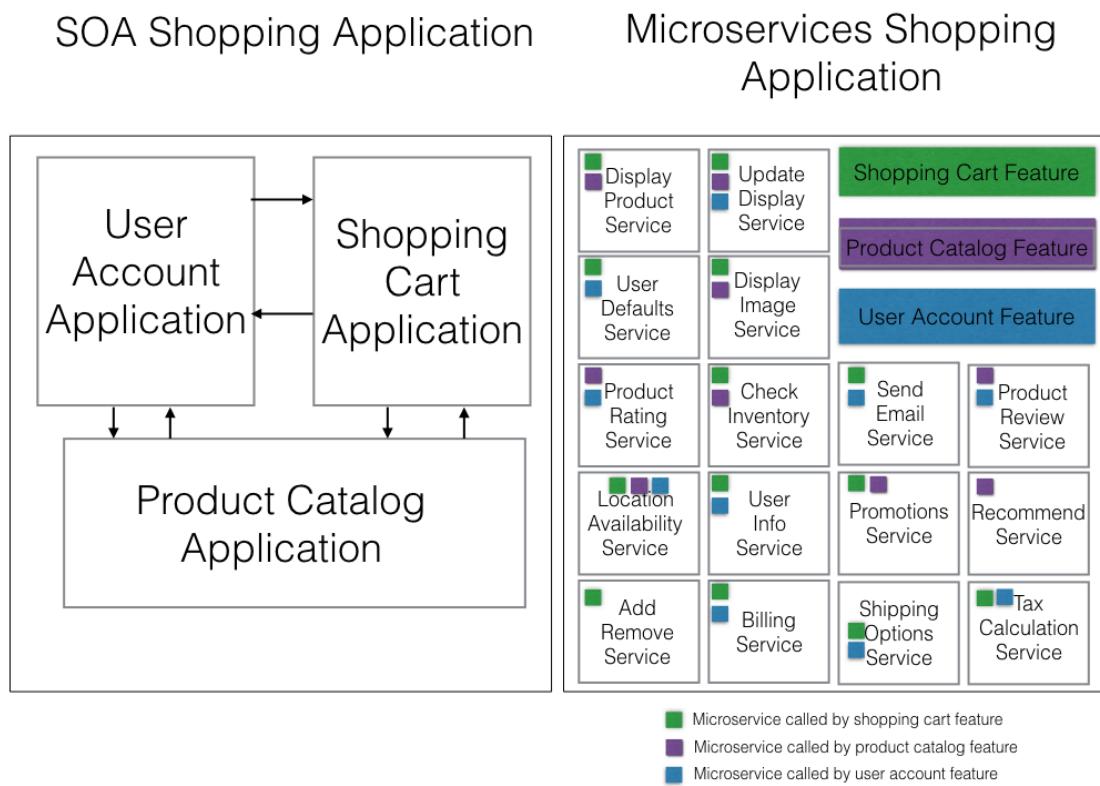


Figura 17 – Exemplo de diferenças arquiteturais em um contexto de negócio de um sistema de supermercado.

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 2 – Principais diferenças entre arquitetura SOA e arquitetura de microsserviços.

2.10 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.

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 ajuste de temperatura do sistema.

Como cada hortaliça necessita de temperatura específica, é importante poder alterar a temperatura dentro da estufa para que a hortaliça tenha um crescimento desejável.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. A aplicação deve exibir opções com configurações pré-definidas para cultivo.

Para facilitar a utilização da estufa por pessoas que não possuem conhecimentos prévios sobre cultivo de hortaliças, a aplicação deve possuir um banco de dados populado com informações sobre as condições ideais de cultivo das variedades mais comuns de hortaliças.

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 Falskm, 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.

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

Segundo 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 - Cadastro de usuário

Pontuação: 3

Eu como: Usuário

Desejo: me cadastrar no sistema

Para que: ganhe acesso autenticado ao sistema.

- Utilizar número de série para cadastro inicial pelo aplicativo.

- Cadastrar endereço de e-mail como login.
Enviar confirmação de cadastro como e-mail
- Cadastrar PIN para autenticação
PIN de 4 dígitos

US04 - Manter hortaliças

Pontuação: 3

Eu como: Usuário

Desejo: manter uma hortaliça no banco de dados

Para que: diferentes tipos de hortaliças possam ser mantidos de forma automatizada pela estufa

- Cadastrar uma nova hortaliça.
Temperatura
Luminosidade
Nome
Tempo de cultivo
- Excluir uma hortaliça
Exibir confirmação de exclusão
- Cadastrar PIN para autenticação
PIN de 4 dígitos
- Editar uma hortaliça
Visualizar uma hortaliça

US05 - 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

US06 - 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

US07 - Fornecer configurações para cultivo

Pontuação: 5

Eu como: Sistema

Desejo: fornecer configurações pré-definidas para cultivo

Para que: o usuário tenha um padrão para o cultivo

- Exibir um cadastro de hortaliças pré-cadastradas e hortaliças inseridas

US08 - Alterar temperatura interna

Pontuação: 5

Eu como: Usuário

Desejo: alterar a temperatura interna da estufa

Para que: seja propiciado um melhor ambiente de cultivo para a hortaliça

- Exibir um painel de controle para acionar os exaustores

US09 - 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

US10 - Visualizar relatório de volume d'água

Pontuação: 3

Eu como: Usuário

Desejo: visualizar um relatório com o volume de água utilizado

Para que: tenha controle sobre a quantidade de água gasta

- Exibir a quantidade de água utilizada

US11 - 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

US12 - Abrir a porta

Eu como: Usuário

Desejo: abrir a porta da estufa

Para que: realize a coleta 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.
- Controle de temperatura ambiente.
- 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.

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 controle de temperatura ambiente

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

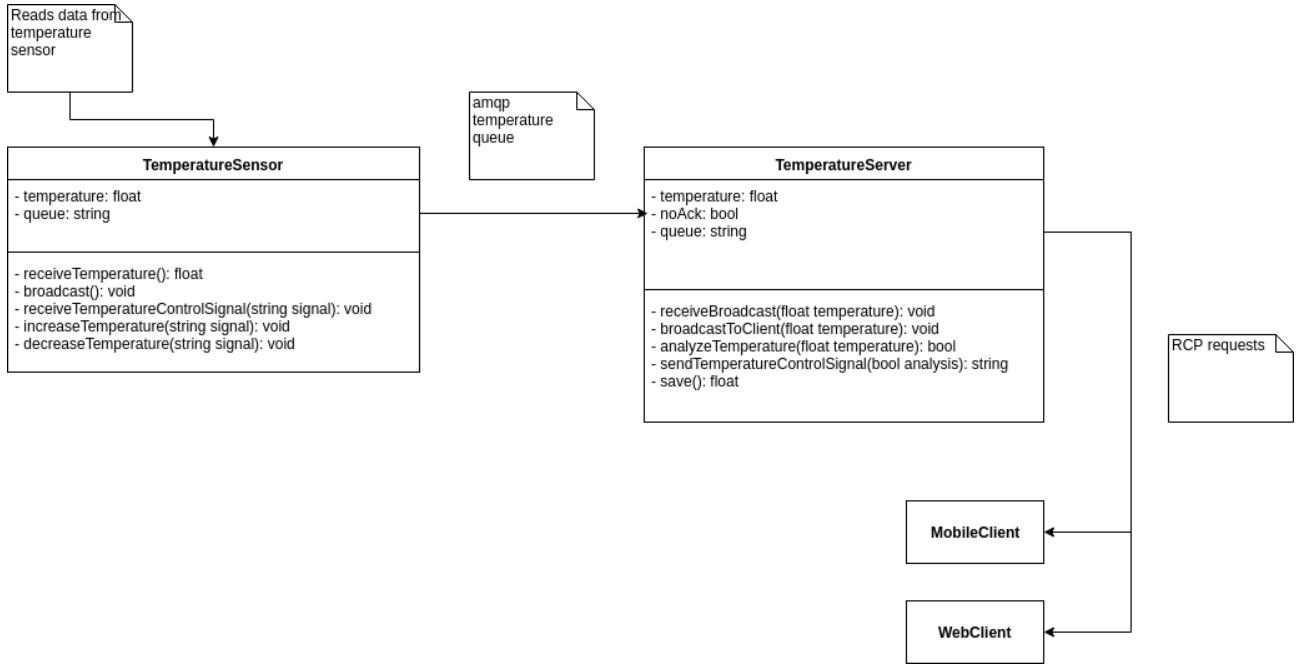


Figura 18 – Diagrama de classe do microsserviço de controle de temperatura ambiente

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:

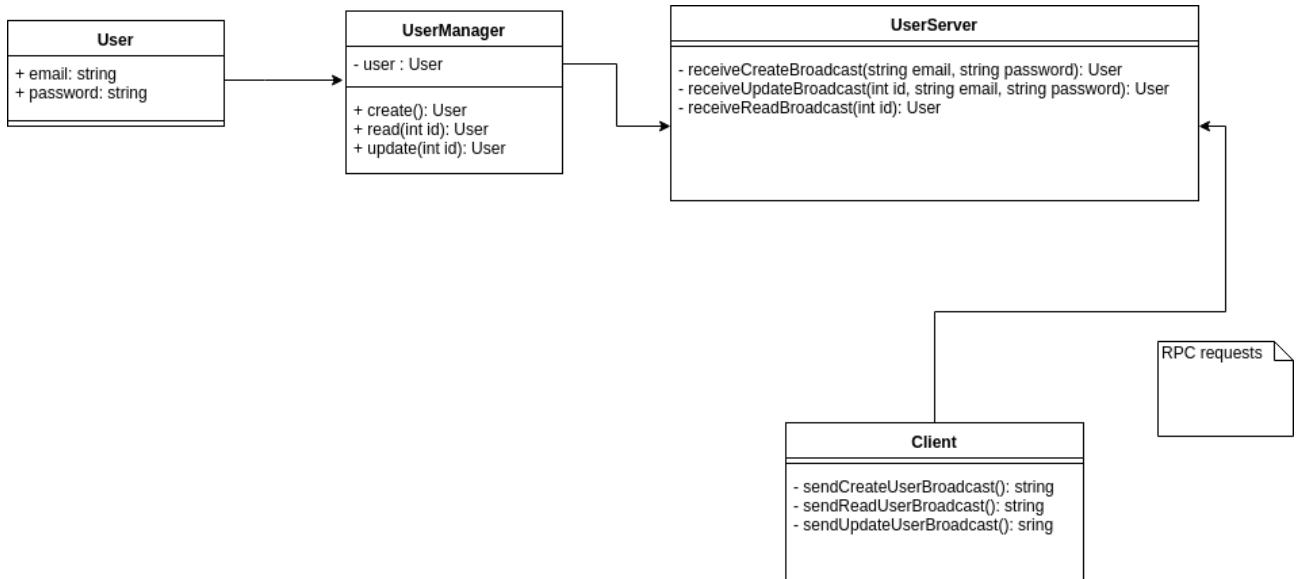


Figura 19 – Diagrama de classe do microsserviço de gerenciamento do usuário

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 Ajuste de Temperatura Manual

O fluxo do diagrama de sequência abaixo mostra as ações efetuadas tanto pelo usuário quanto pelos sistemas para realizar o ajuste manual da temperatura.

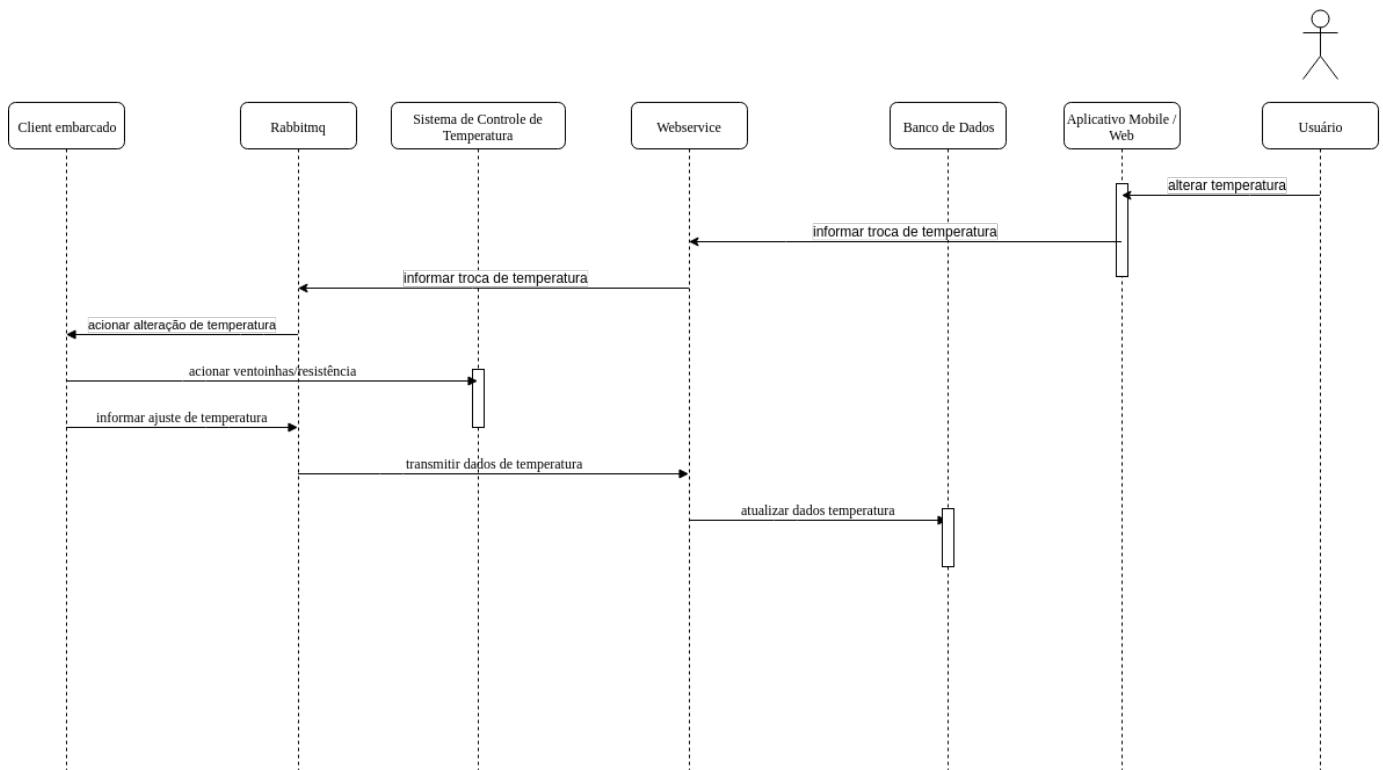


Figura 20 – Diagrama de sequência do ajuste de temperatura manual

3.8.2.2 Ajuste de Temperatura Automático

O fluxo do diagrama de sequência abaixo mostra as ações efetuadas tanto pelo usuário quanto pelos sistemas para realizar o ajuste automático da temperatura.

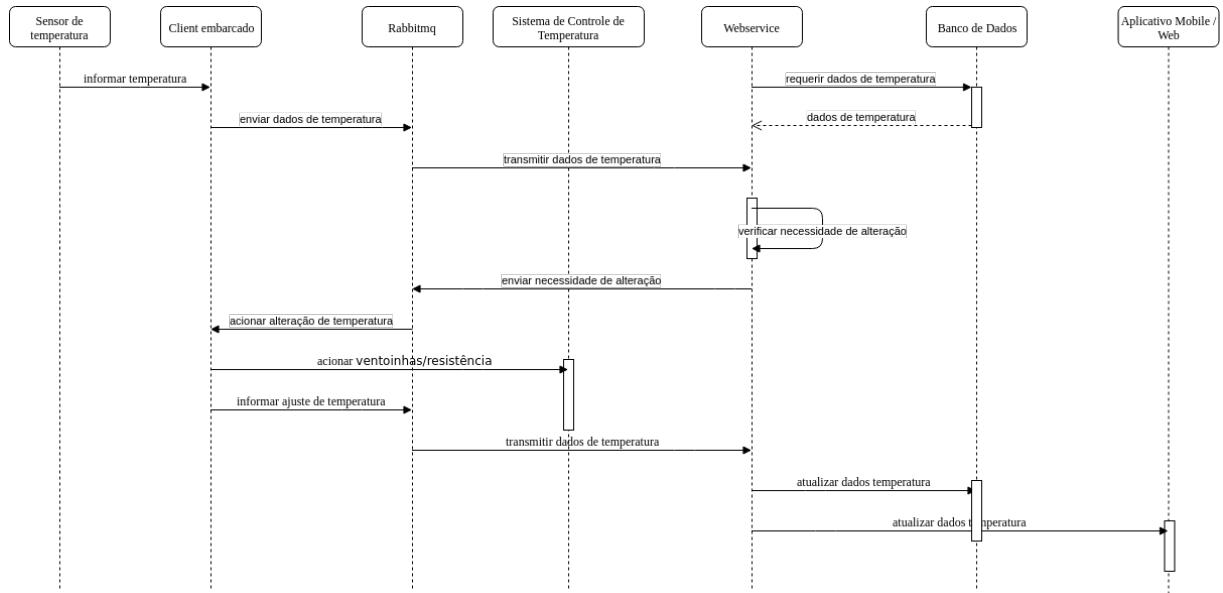


Figura 21 – Diagrama de sequência do ajuste de temperatura automático

3.8.2.3 CRUD Hortaliças

O fluxo do diagrama de sequência abaixo mostra as ações efetuadas tanto pelo usuário quanto pelos sistemas para realizar as ações presentes de criar, alterar ou deletar informações de hortaliças no banco de dados.

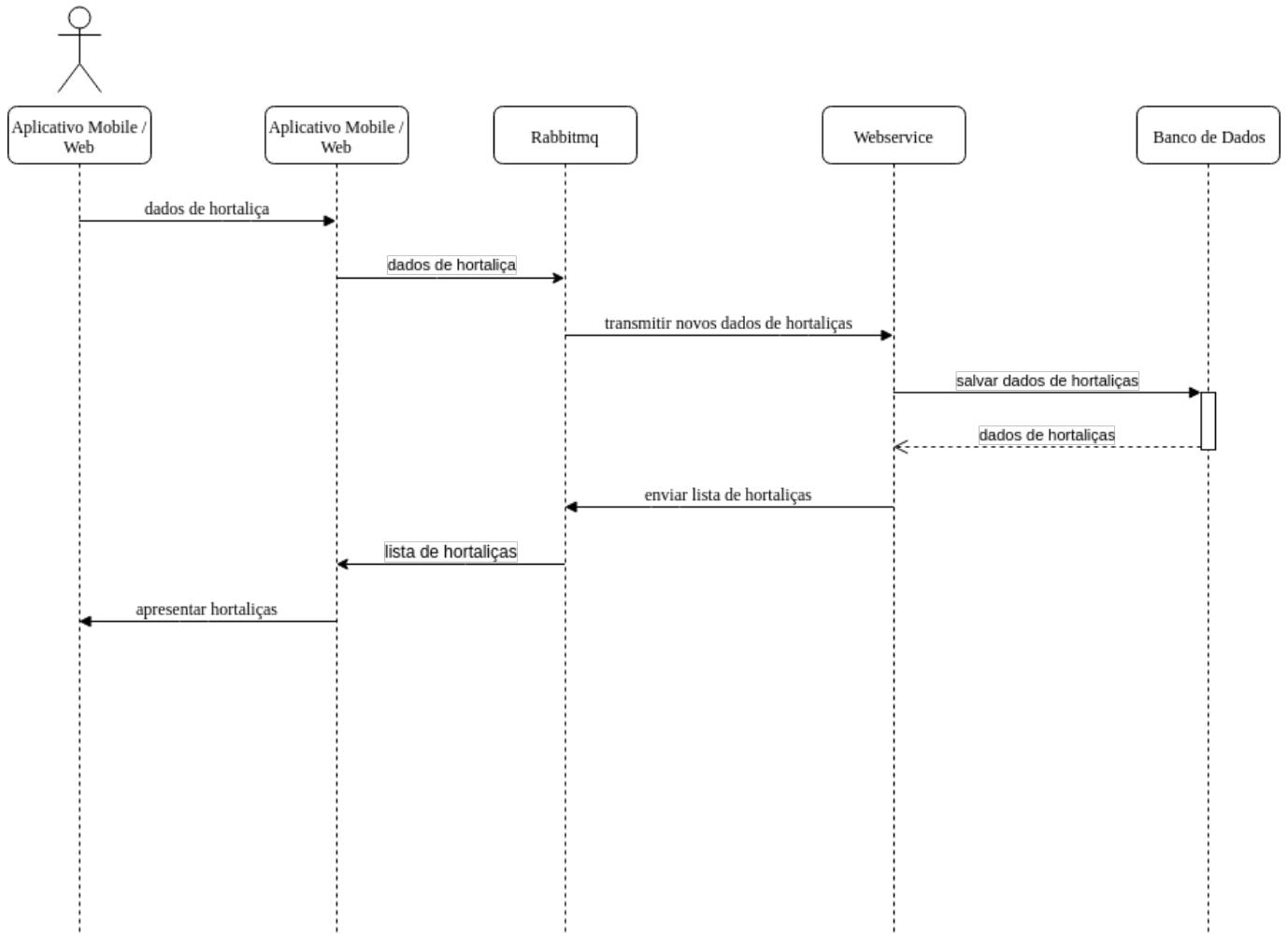


Figura 22 – Diagrama de sequência do CRUD Hortaliças

3.8.2.4 Ajuste de Iluminação

O fluxo do diagrama de sequência abaixo mostra as ações efetuadas pelos sistemas para realizar o ajuste automático de iluminação.

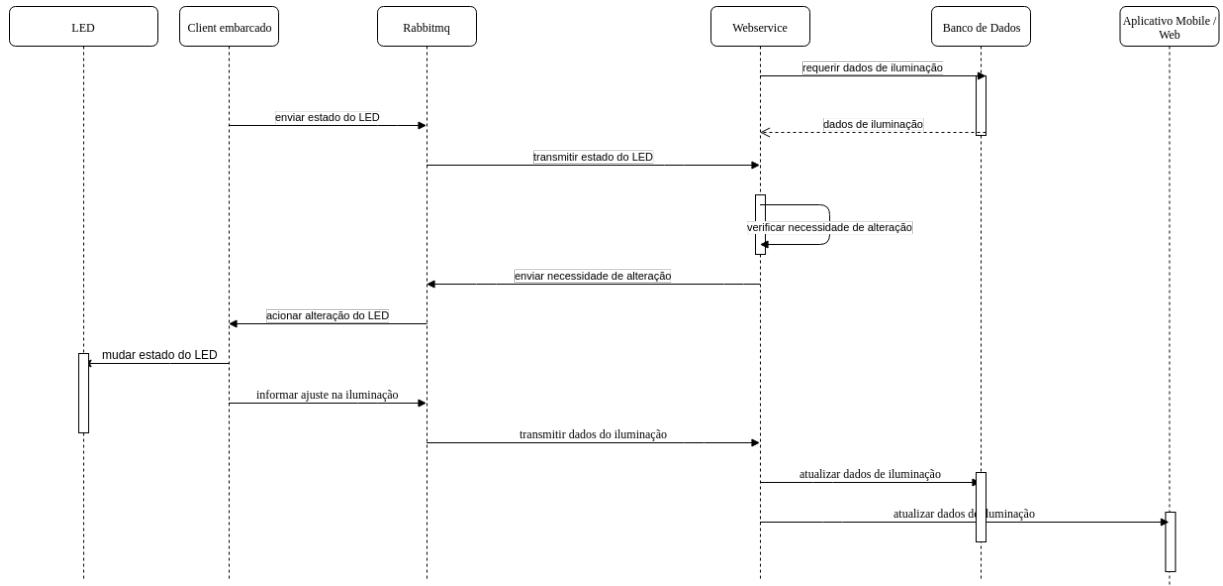


Figura 23 – Diagrama de sequênciа do ajuste de iluminação

3.8.2.5 Editar Usuário

O fluxo do diagrama de sequênciа abaixo mostra as ações efetuadas tanto pelo usuário quanto pelos sistemas para realizar a edição de um usuário no banco de dados.

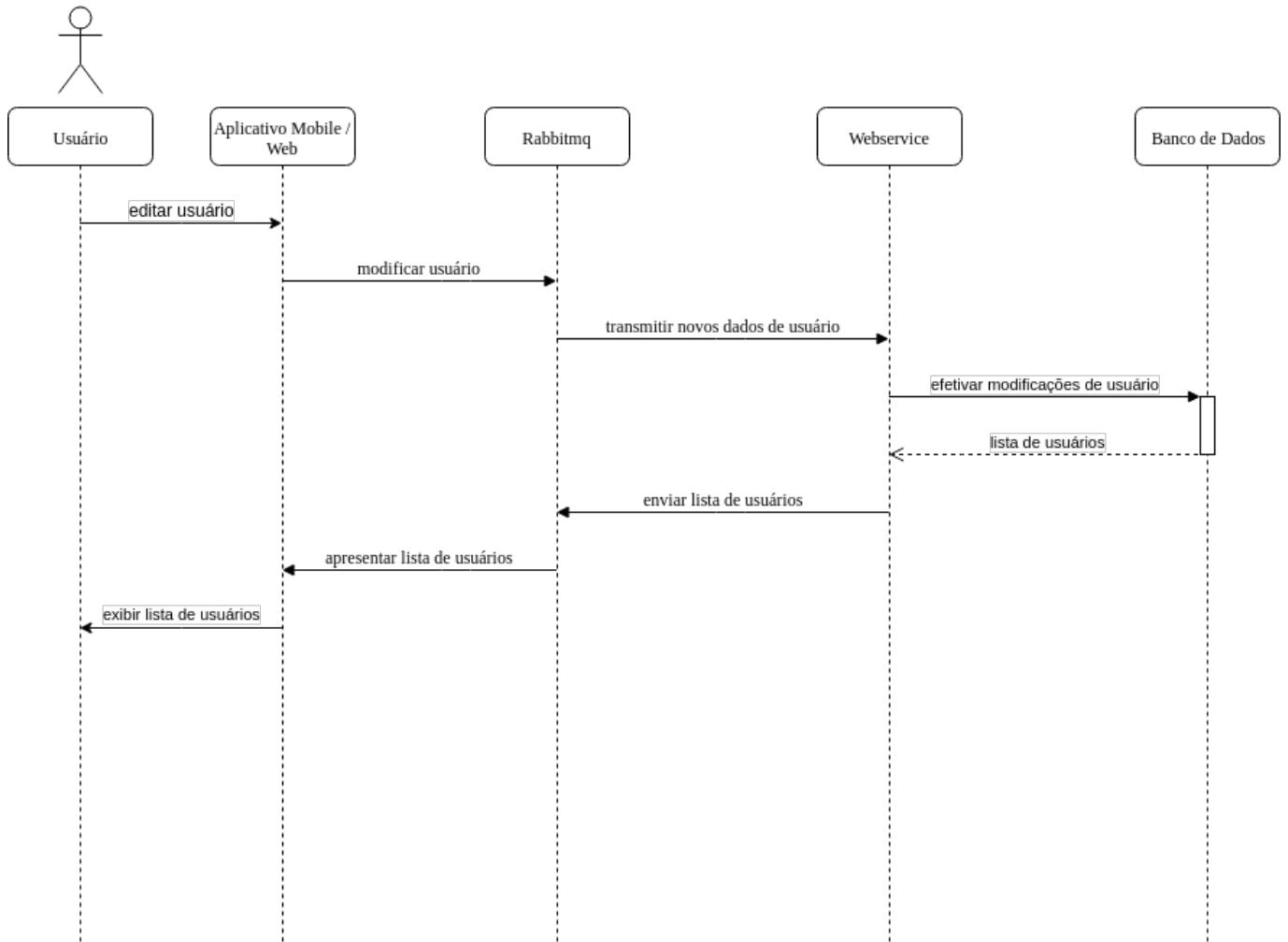


Figura 24 – Diagrama de sequência de edição de usuário

3.8.2.6 Enviar Alerta

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

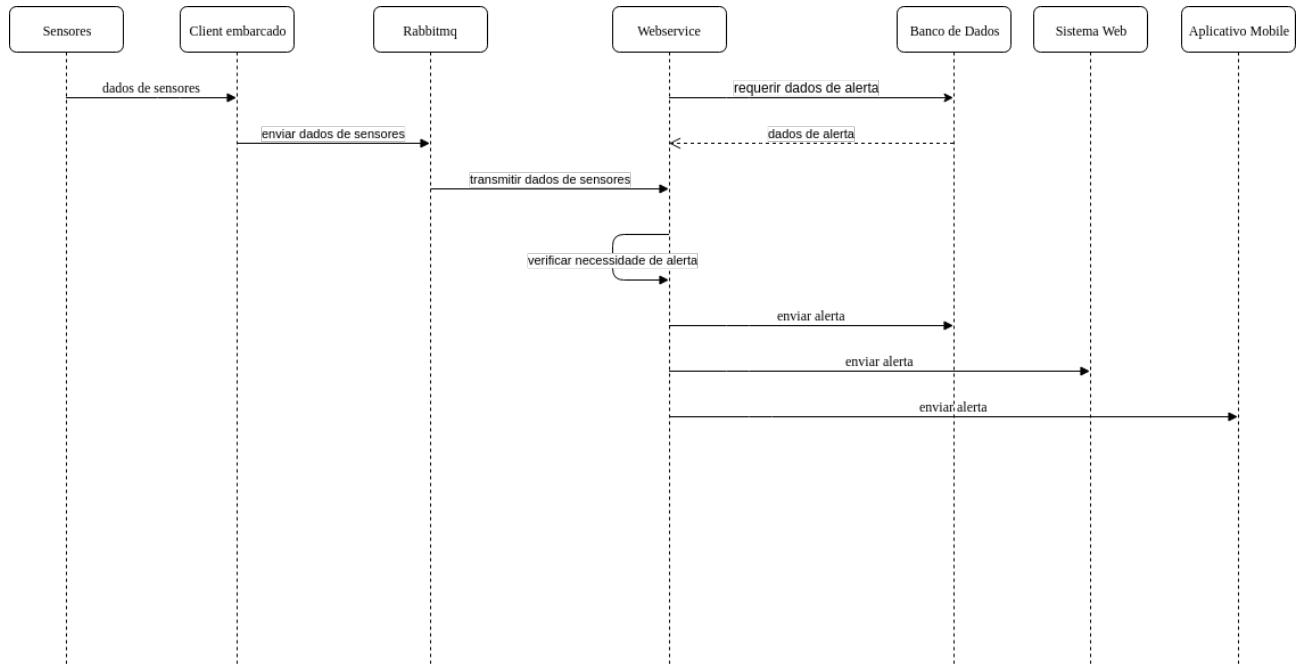


Figura 25 – Diagrama de sequência de enviar alerta

3.8.2.7 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.

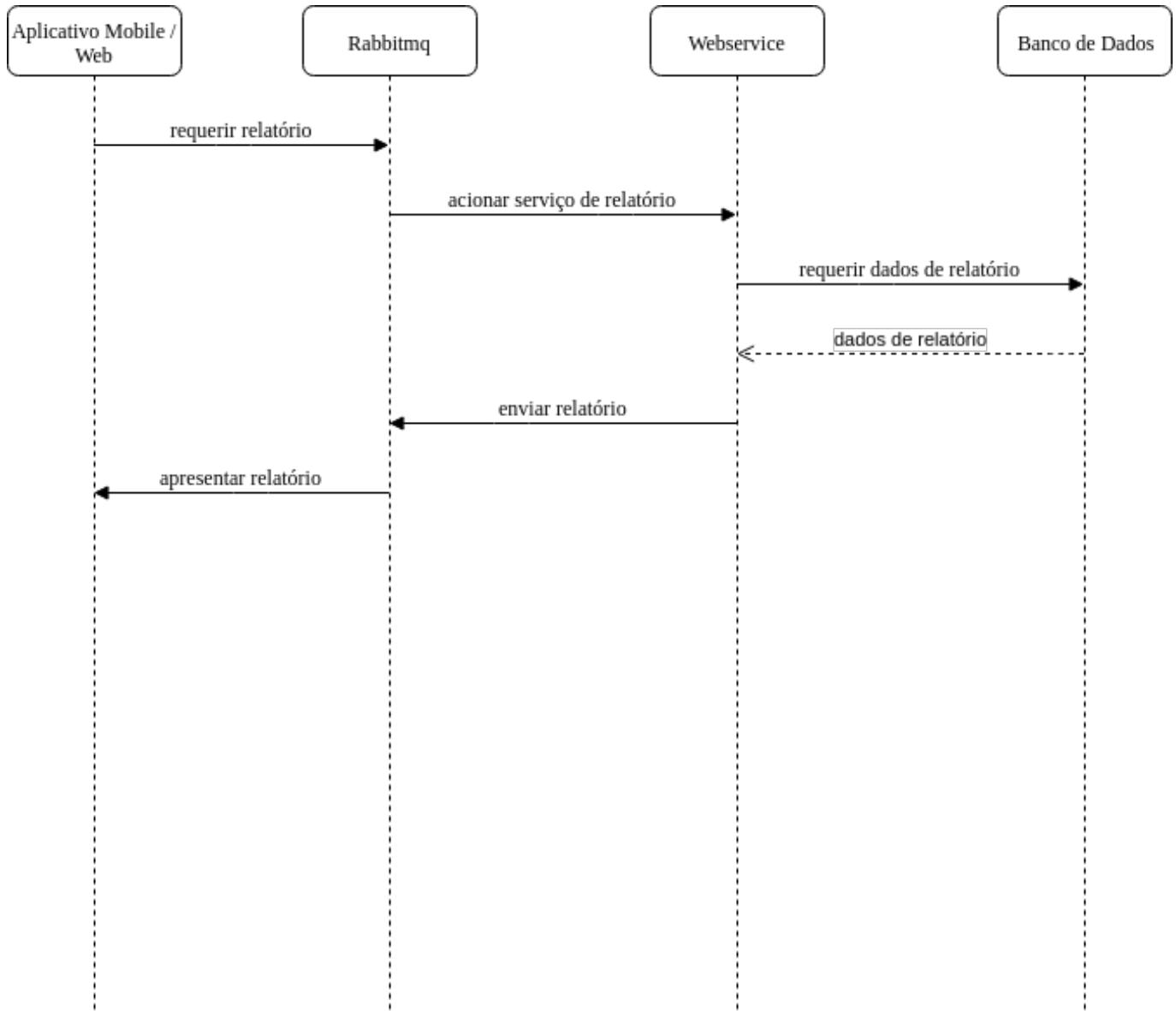


Figura 26 – Diagrama de sequência de exibir relatório

3.8.2.8 Troca de Água Automática

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

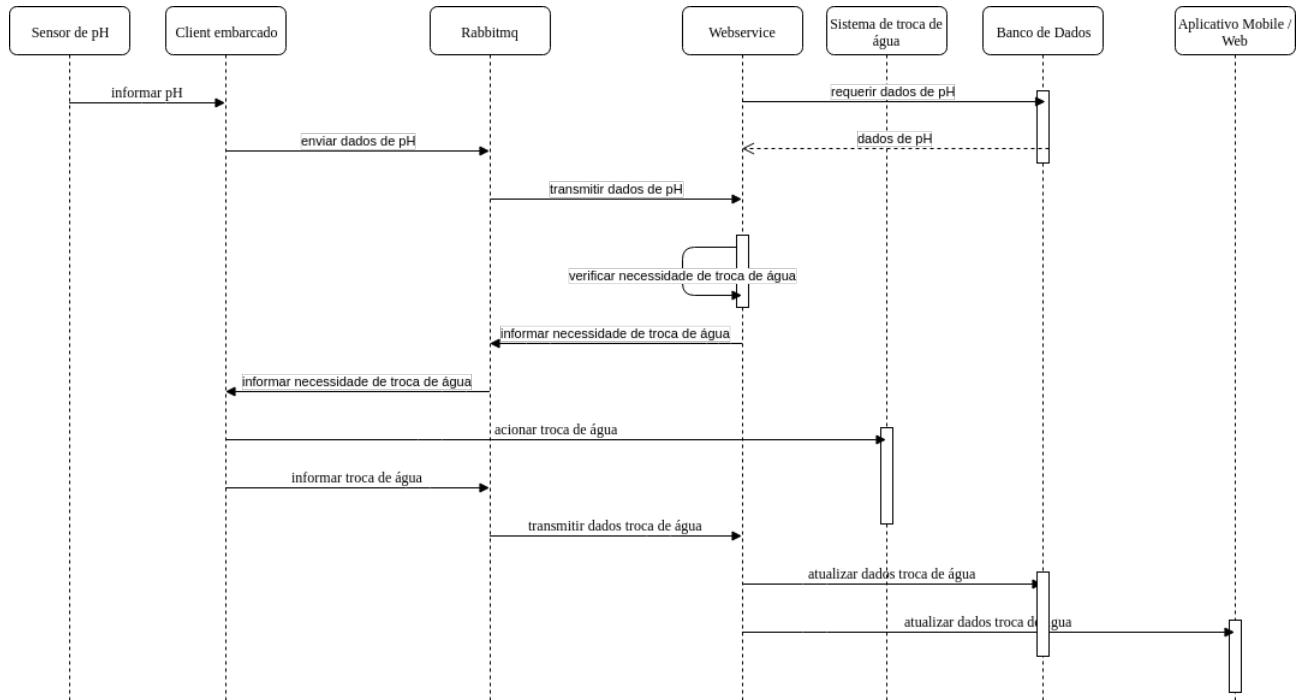


Figura 27 – Diagrama de sequência de troca de água automática

3.8.2.9 Troca de Água Manual

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

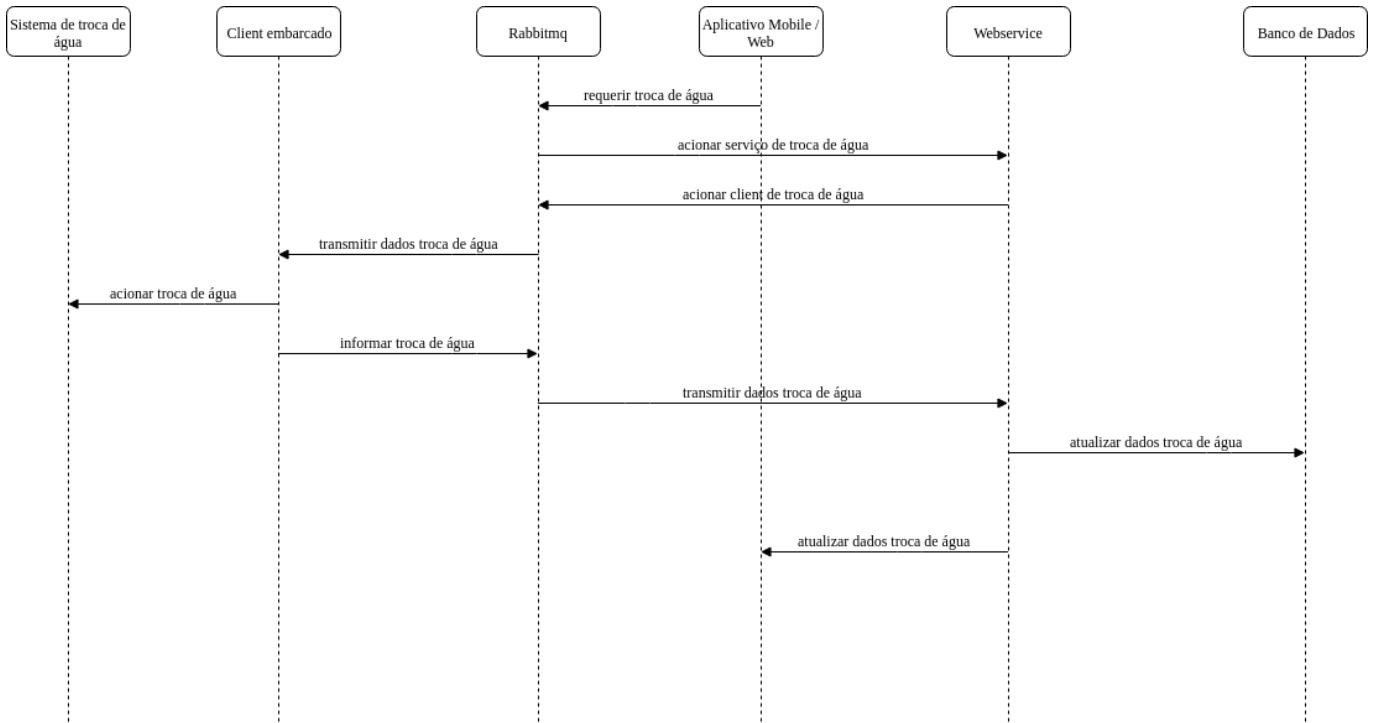


Figura 28 – Diagrama de sequência de troca de água manual

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:

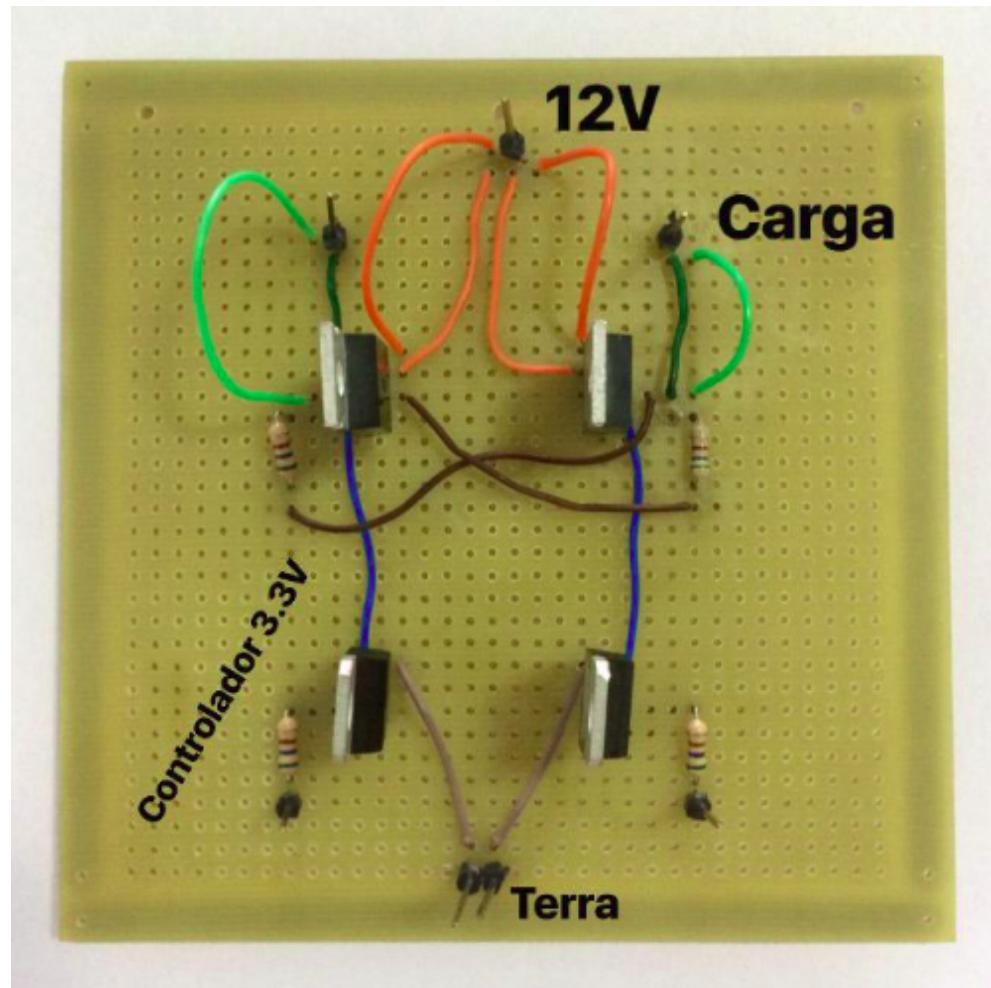


Figura 29 – Ponte H confeccionada.

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 alfaces (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 30 – 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:

$$\frac{W}{m} = \left(\frac{P2}{\rho} + \frac{V2^2}{2} + gH2 \right) - \left(\frac{P1}{\rho} + \frac{V1^2}{2} + gH1 \right)$$

Onde,

W = potência consumida (W/s);

m = fluxo mássico (kg/s);

$P2$ = pressão no ponto 2;

ρ = massa específica da água (kg/m³);

$V2$ = velocidade no ponto 2 (m/s)

$H2$ = altura no ponto 2 (m);

g = gravidade (m²/s);

$P1$ = pressão no ponto 1;

$V1$ = velocidade no ponto 1 (m/s);

$H1$ = 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 ($V2$ aproximadamente igual a $V1$). Nota-se, então,

que o sistema fornecerá apenas energia de pressão, essa mesma que torna possível a elevação da coluna de água. Dessa forma:

$$\frac{W}{m} = \frac{\Delta P}{\rho}$$

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/m³);

A = área do escoamento (m²);

Q = vazão volumétrica (m³/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 Coolebroke - White (1939). O fator de atrito de alguns materiais já são tabelados. A tabela a seguir dispõe de alguns dele:

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 31 – 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 32 – Tubos do plantário. Fonte própria

Assim:

$$\Delta H = 0,00015 \frac{0,4}{0,005} \frac{1}{2} \frac{Q^2 * 16}{\Pi^2 * (0,005)^4 * 10}$$

Isolando o termo da vazão e utilizando 0,4m como altura manométrica. Encontra-se $Q = 5,103 \cdot 10^{-5} m^3/s$ ou $183,72 L/h$. Assim, a bomba para o sistema de cada caneleira deve ter, no mínimo, esses parâmetros. O dimensionamento da bomba não condiz com o que realmente será utilizado, pois a produção de bombas são tabeladas. 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.

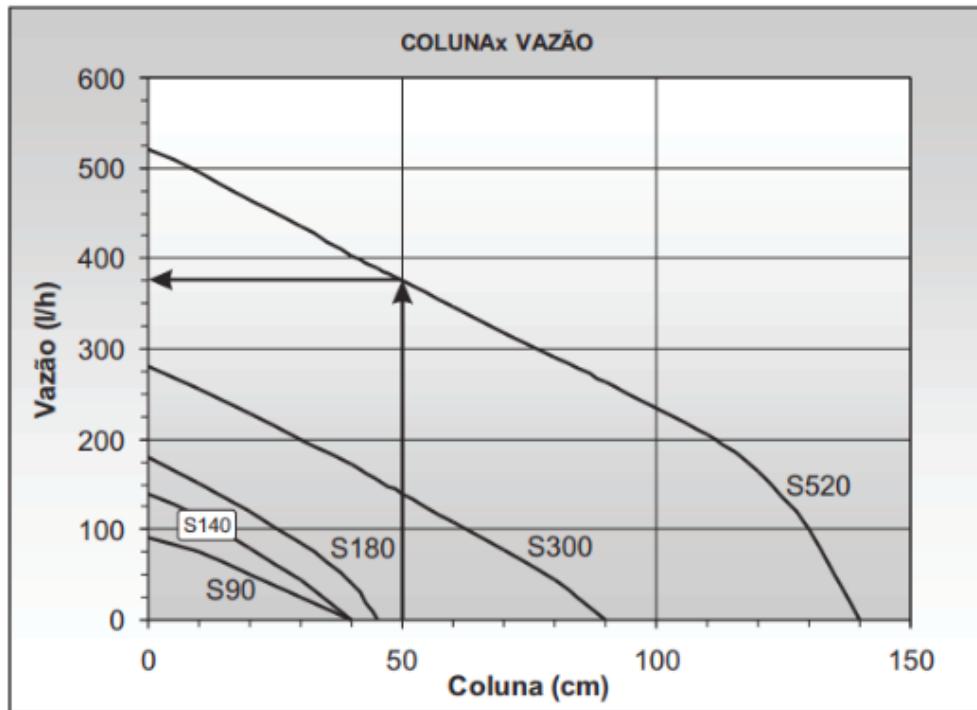


Figura 33 – Curva característica da moto bomba Sarlo

Fonte:

<<http://www.sarlobetter.com.br/aquarios/bombas/linha-sarlo/s90/manual.pdf>>

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 34 – 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 35 – 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 fluído no interior e para fora.



Figura 36 – 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 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 fótons 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 fótons 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 lumínosa no projeto.

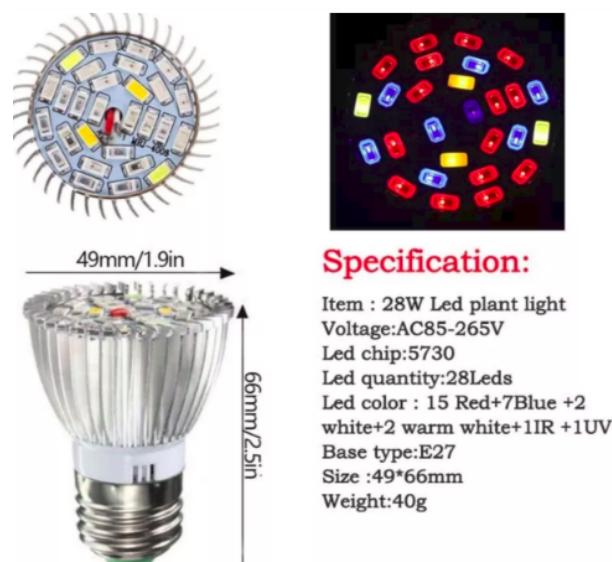


Figura 37 – Lâmpada full spectrum



Figura 38 – Montagem

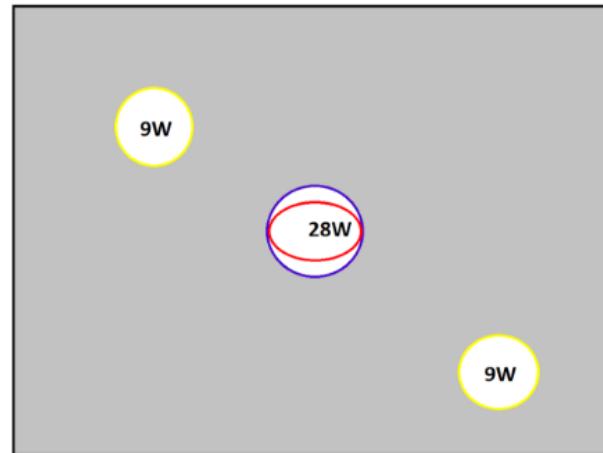


Figura 39 – Posição luminárias

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

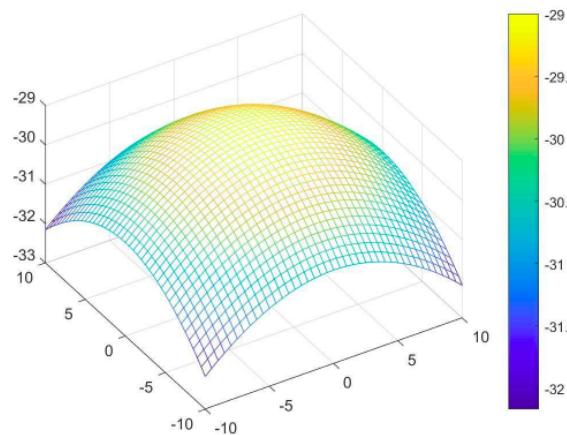


Figura 40 – Lâmpada BULBO

3.12 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 Metalon, 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, os tubos de metalon 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. [3]

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 [4]:

- Massa volumétrica': 7860 kg/m^3 (ou $7,86 \text{ g/cm}^3$)

- Coeficiente de expansão térmica: $11,7 \cdot 10^{-6} (\text{C}^\circ)^{-1}$
- Condutividade térmica: $52,9 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- Calor específico: $486 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$
- 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 13 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:

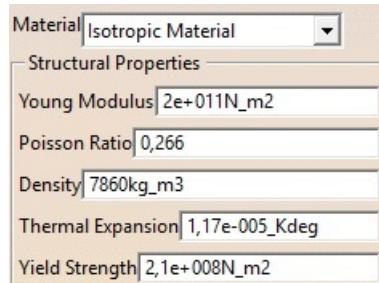


Figura 41 – Propriedades do material simulado

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.

A cobertura da estrutura com estes materiais isolantes até este momento do projeto ainda não foi instalado por decisão de toda organização. Esta decisão se dá pelo motivo das demais áreas poderem ter um melhor acesso aos compartimentos para poderem trabalhar livremente sem obstáculos. No entanto, os vãos da estrutura a serem preenchidos com os materiais isolantes já foram dimensionados e montados em módulos encaixáveis a fim de que uma vez que todos os componentes das demais engenharias forem instalados, testados e fixados definitivamente, tais módulos apenas sejam encaixados e vedados com o silicone e se preciso (caso haja alguma avaria) com a espuma expansiva.

3.12.1 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 13.

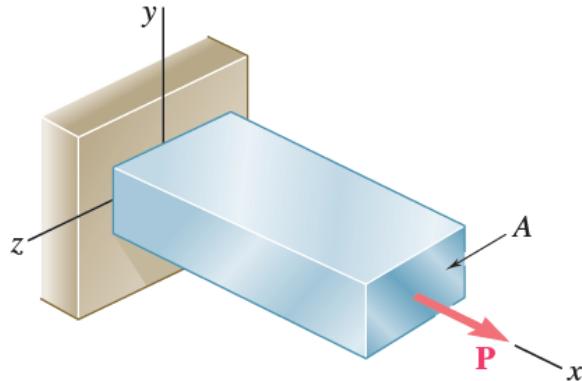


Figura 42 – Tensão normal sobre uma barra prismática

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 14.

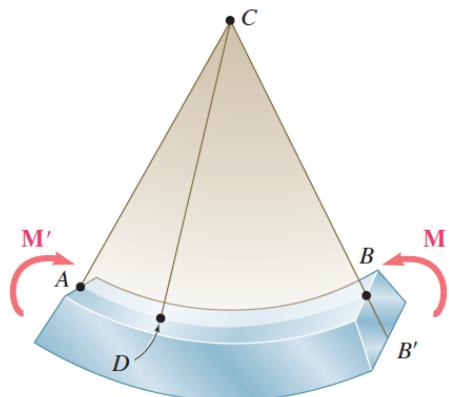


Figura 43 – Flexão pura sobre uma barra prismática

3.12.2 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 10 apresenta um esquema básico de vibração causado pela base do sistema.

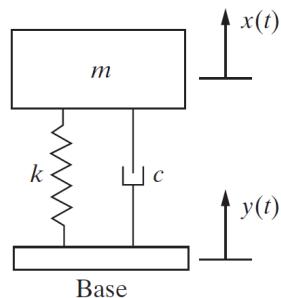


Figura 44 – Esquema de uma excitação pela base

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. [5]

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. [5]

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. [7]

3.13 Chassi

3.13.1 Dados do chassi

O chassi, ou seja, o esqueleto metálico da estrutura terá em média 9,200 kg, figura 6, levando em consideração o peso teórico (1,19kg/m) exposto em Normas tais como NBR 7007 graus, MR 250 (ASTM A-36), AR 350 (ASTM A-572 GR50), AR 350COR (ASTM A-572 GR60) e AR 415 (ASTM A-588 GRB) e mensuração de inércia computacional, sendo compostas por 10 cantoneiras 25mm x 25mm 16 de 500mm de comprimento e 4 cantoneiras de 25mm x 25mm 16 de 700mm. Ocupará 0,179 m³ (500x500x700mm). [9]

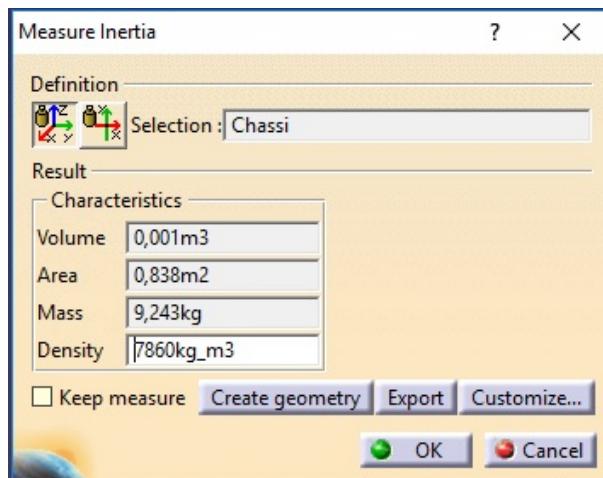


Figura 45 – Dados do chassi estrutural

4 Resultados

4.1 Processos de fabricação

Até o ponto de controle 2 toda a estrutura interna e parte da externa foram fabricadas. A seguir tem-se os materiais utilizados para cada um e como se deu o processo de fabricação.

4.2 Estrutura interna

Materiais:

- Barras de metalon
- Chapas de alumínio
- Corrediças telescópicas

Fabricação:

- As barras de metalon 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 44 a 46 apresentam os resultados da estrutura interna.



Figura 46 – Parte superior da estrutura interna.

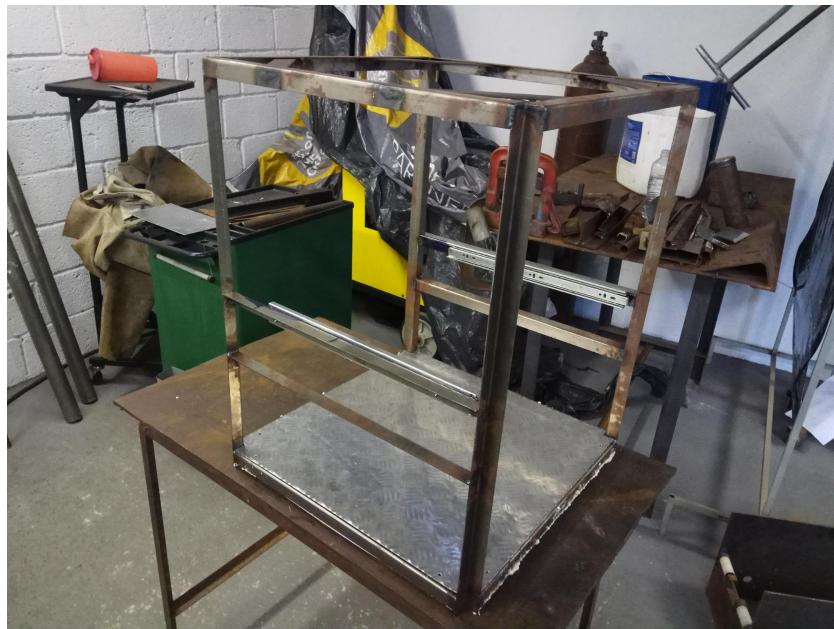


Figura 47 – Corrediça telescópica onde comportará a gaveta de mudas.

4.3 Estrutura externa

Materiais:

- MDF
- Isopor

- PVC
- Silicone
- Espuma Expansiva

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-se 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 interna, foram cortados placas de PVC de tamanho adequado, para compor a parte interna da estufa.
- Serão utilizados silicone e espuma expansiva para realizar a junção das partes e para realizar o isolamento térmico da parte interna da estrutura.

A figura 46 mostram como ficou a parte externa até agora produzida.



Figura 48 – Estrutura com o isolamento externo.

5 Orçamento do Projeto

Referências

- Newton C. Braga. Relés - conceitos e aplicações, 2012. 30
- Newton C. Braga. Como funcionam conversores a/d, 2013. 31, 32
- Cesar Cassiolato. Medição de nível. *SMAR*, 2010. 30
- S. Heath. *Embedded Systems Design*. Newnes, 2003. 29
- B. Michael. *Embedded Systems Glossary*. Neutrino Technical Library, 2007. 29
- VISHAY SEMICONDUCTORS. *Datasheet:4N25,4N26,4N27,4N28*, 2017. 30