



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 – Cronograma de Estrutura	23
Figura 6 – Fase 2 detalhada	24
Figura 7 – Fase 3 detalhada	25
Figura 8 – Fase 4 detalhada	26
Figura 9 – Relé Internamente	29
Figura 10 – Circuito Sample & Hold simplificado	30
Figura 11 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo	30
Figura 12 – Tabela de Frequências Naturais (Autoria Própria)	32
Figura 13 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas 4 faces do assoalho	34
Figura 14 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300 N nas 4 faces do assoalho	35
Figura 15 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas barras de suporte laterais	35
Figura 16 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300 N nas barras de suporte laterais	36
Figura 17 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300N nas 4 barras do teto	36
Figura 18 – Análise da tensão Von Mises no chassi aplicando 300N nas 4 barras do teto	37
Figura 19 – Análise da tensão Von Mises no chassi aplicando 300N em todas suas faces do plano XY	37
Figura 20 – Análise da da magnitude de deslocamento no chassi aplicando 300N em todas suas faces do plano XY	38
Figura 21 – Vista Frontal da Estufa Hidropônica simplificada	38
Figura 22 – Vista Frontal da Estufa Hidropônica simplificada com a porta aberta e gaveta estendida	39
Figura 23 – Vista frontal da Estufa Hidropônica Simplificada com a porta fechada	39
Figura 24 – Propriedades do material simulado	42
Figura 25 – Tensão normal sobre uma barra prismática	43
Figura 26 – Flexão pura sobre uma barra prismática	43

Figura 27 – Esquema de uma excitação pela base	44
Figura 28 – Dados do chassi estrutural	45
Figura 29 – Disposição das Bóias no Reservatório	46
Figura 30 – Funcionamento do optoacoplador	48
Figura 31 – Funcionamento do optoacoplador	49
Figura 32 – Módulo Relé de 8 canais	50
Figura 33 – Módulo Relé de 8 canais	51
Figura 34 – Curva característica de resposta do LDR	52
Figura 35 – Protocolo de comunicação	53
Figura 36 – Esquema com eletrodos e o substrato de retenção de umidade	54
Figura 37 – Relação entre temperatura e a resistência do termistor	54
Figura 38 – Equações matemáticas do pH	56
Figura 39 – Valores de medidas estabelecidas pelo fornecedor de pH e DDP	56
Figura 40 – Sensor de pH	57
Figura 41 – Amplificador de sinal conexão BNC	57
Figura 42 – Parâmetros de medições de acordo com o tipo de sonda	58
Figura 43 – Soluções especiais	60
Figura 44 – Parte superior da estrutura interna.	62
Figura 45 – Corrediça telescópica onde comportará a gaveta de mudas.	62
Figura 46 – Estrutura com o isolamento externo.	63

Lista de tabelas

Tabela 1 – Características elétricas do sensor LDR	52
Tabela 2 – Tradução da informação	53

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	21
1.7.1	Espaço físico	21
1.7.2	Resistência estrutural	21
1.7.3	Braçadeiras automatizadas	22
1.7.4	Integração com os outros subsistemas	22
1.7.5	Acabamento final da estrutura	22
1.8	Rastreabilidade dos requisitos estruturais	22

1.9	Plano de ação de estrutura	23
1.9.1	Materiais	24
1.9.1.1	Parâmetros envolvidos	24
1.9.2	Dimensão	26
1.9.2.1	Estudo de mercado	26
1.9.2.2	Público alvo	26
1.9.2.3	Protótipo	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	Sistemas Embarcados	27
2.2	Medição do Nível da Água	28
2.3	Optoacopladores	28
2.4	Relé	28
2.5	Conversor Analógico/Digital	29
2.6	Estrutura	30
2.6.1	Cálculos estruturais	31
2.6.1.1	Resistência dos materiais	31
2.6.1.2	Vibração natural	32
2.6.2	Simulações	33
2.6.2.1	CATIA	34
3	SOLUÇÃO PROPOSTA	41
3.1	Materiais	41
3.1.1	Resistência dos materiais	42
3.1.2	Vibrações	43
3.2	Chassi	45
3.2.1	Dados do chassis	45
3.3	Sistema embarcado	45
3.4	Medição do Nível da Água	46
3.5	Optoacoplador 4N25	47
3.6	Relé	49
3.7	Conversor analógico para digital	50
3.8	Sensor LDR	51
3.8.1	Características elétricas	51
3.8.2	Princípios físicos de funcionamento	51
3.9	Sensores DHT22	52
3.10	Comunicação	53
3.11	Princípio Físico do Sensor	54
3.12	Motor DC 12V	54
3.12.1	Comunicação	55

3.12.2	Princípio físico de funcionamento	55
3.13	Sonda de pH	55
3.13.1	Especificações gerais	56
3.13.2	Documentação	57
3.13.3	Esquema de ligação	58
3.13.4	Informações de limpeza e manutenção das sondas de pH	58
3.14	Sensor de Temperatura para líquidos	59
3.14.1	Especificações gerais	59
4	RESULTADOS	61
4.1	Processos de fabricação	61
4.2	Estrutura interna	61
4.3	Estrutura externa	62
5	ORÇAMENTO DO PROJETO	65

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

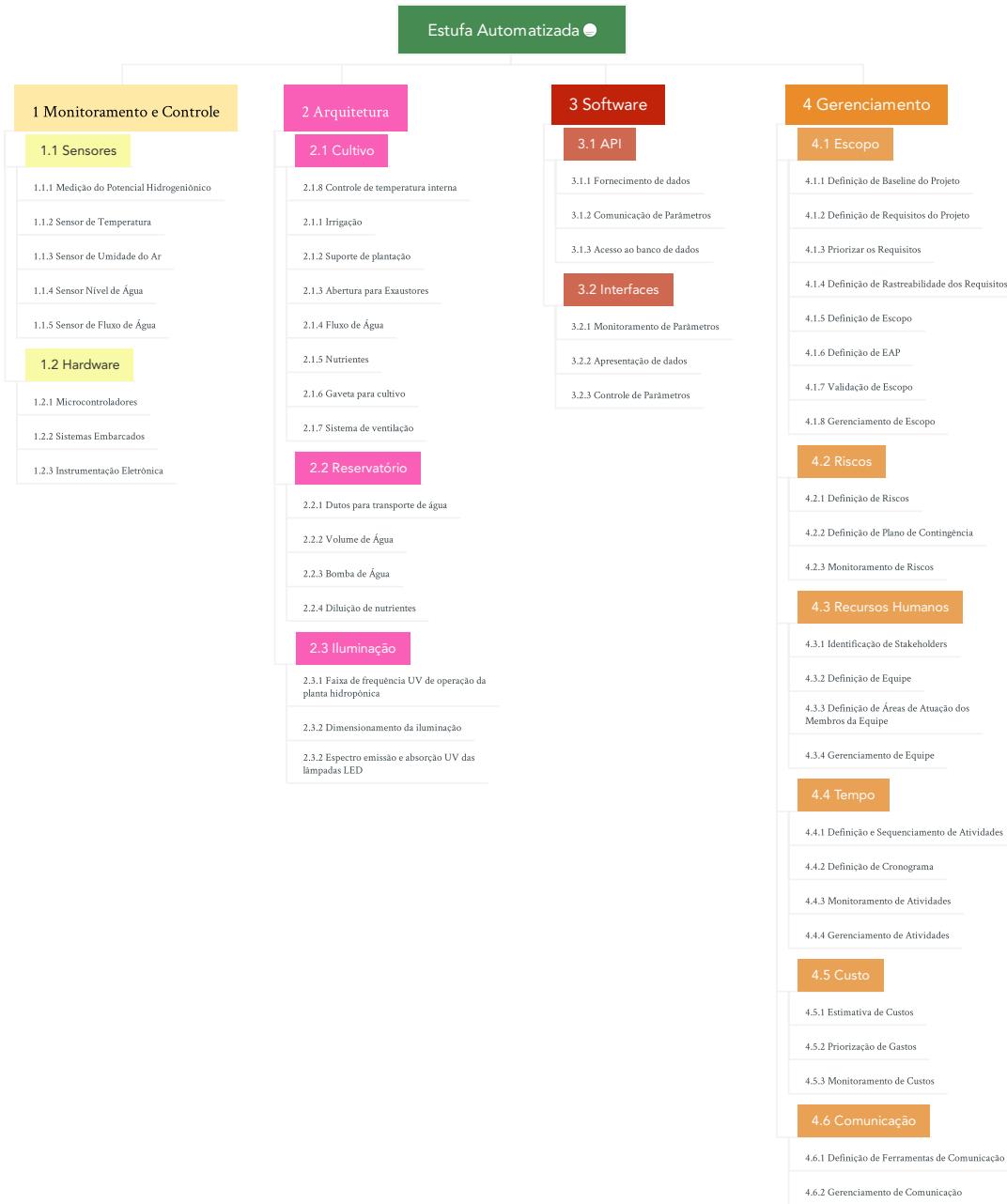


Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto

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		16/03/18	24/03/18
Identificar escopo do projeto		16/03/18	19/03/18
Producir escopo		16/03/18	16/03/18
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		16/02/18	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	15/04/18	15/05/18
• Construir hardwares para sensores	25/04/18	15/05/18
◦ Construir Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico	25/04/18	01/05/18
◦ Construir Sistema de Medição do Nível de Água	25/04/18	01/05/18
◦ Construir Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar	25/04/18	01/05/18
◦ Construir Sistema de Medição da Temperatura da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Construir Sistema de Medição da Iluminação	02/05/18	08/05/18
◦ Construir Sistema de Monitoramento Visual	02/05/18	15/05/18
• Programar sistemas embarcados	25/04/18	15/05/18
◦ Programar Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Medição do Nível de Água	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Medição da Temperatura da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Medição da Iluminação	02/05/18	08/05/18
◦ Programar Sistema de Monitoramento Visual	02/05/18	15/05/18
• Programar Atuadores de Controle	14/04/18	06/05/18
◦ Programar Controle da Gaveta	14/04/18	18/04/18
◦ Programar Acionamento dos Coolers/Exaustores	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Sistema de Substituição da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Programar Controle da Iluminação Interna	30/04/18	06/05/18
• Testar componentes/subsistemas da solução	14/04/18	15/05/18
◦ Testar Sistema de Monitoramento e Controle	25/04/18	15/05/18
• Testar Sistema de Sensores	25/04/18	15/05/18
◦ Testar Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Medição do Nível de Água	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Medição da Temperatura da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Medição da Iluminação	02/05/18	08/05/18
◦ Testar Sistema de Monitoramento Visual	02/05/18	15/05/18
• Testar Atuadores	14/04/18	06/05/18
◦ Testar Controle da Gaveta	14/04/18	18/04/18
◦ Testar Acionamento dos Coolers/Exaustores	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Sistema de Substituição da Água	25/04/18	01/05/18
◦ Testar Controle da Iluminação Interna*	30/04/18	06/05/18
• Avaliar Resultados	05/05/18	15/05/18
• Ponto de Controle 2	16/05/18	16/05/18
• Desenvolver Relatório 3	17/05/18	22/06/18
• Fase 4: Integração de subsistemas e finalização do produto	17/05/18	22/06/18
◦ Projetar Integração das soluções	17/05/18	22/06/18
◦ Integrar subsistemas	17/05/18	22/06/18
◦ Testar Integração dos subsistemas	17/05/18	22/06/18
• Ponto de Controle 3	22/06/18	22/06/18

Figura 4 – Cronograma do projeto

1.6.3 Plano de gerenciamento de comunicação

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

1.6.3.1 Reuniões presenciais

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

1.6.3.2 Ferramentas de comunicação

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

- Slack: Utilizada como principal meio de comunicação da equipe, a ferramenta Slack permite a criação de diversos canais dentro de um mesmo projeto. Estes canais serão utilizados para facilitar o gerenciamento das comunicações, havendo um canal

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

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

1.6.4 Plano de gerenciamento de riscos

Espaço reservado para Plano de gerenciamento de riscos.

1.7 Requisitos estruturais

1.7.1 Espaço físico

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

1.7.2 Resistência estrutural

Será feita a escolha de materiais que suportem o peso estrutural de todos os subsistemas, para que não ocorra possíveis falhas estruturais, atrasos no projeto ou até mesmo

a perda do mesmo. Para evitar isso serão realizadas simulações no Ansys para garantir a segurança do projeto.

1.7.3 Braçadeiras automatizadas

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

1.7.4 Integração com os outros subsistemas

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

1.7.5 Acabamento final da estrutura

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

1.8 Rastreabilidade dos requisitos estruturais

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

O requisito 1.7.2, que trata da resistência estrutural dos materiais envolvidos na constituição da estufa automatizada, está relacionado ao item 4 da EAP, voltado para a parte de Gerenciamento, mais especificamente ao subitem 4.2 que aborda a questão dos Riscos envolvidos no projeto, onde serão realizados cálculos estruturais e escolhas adequadas de materiais para evitar quaisquer falha do sistema.

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

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

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

1.9 Plano de ação de estrutura

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

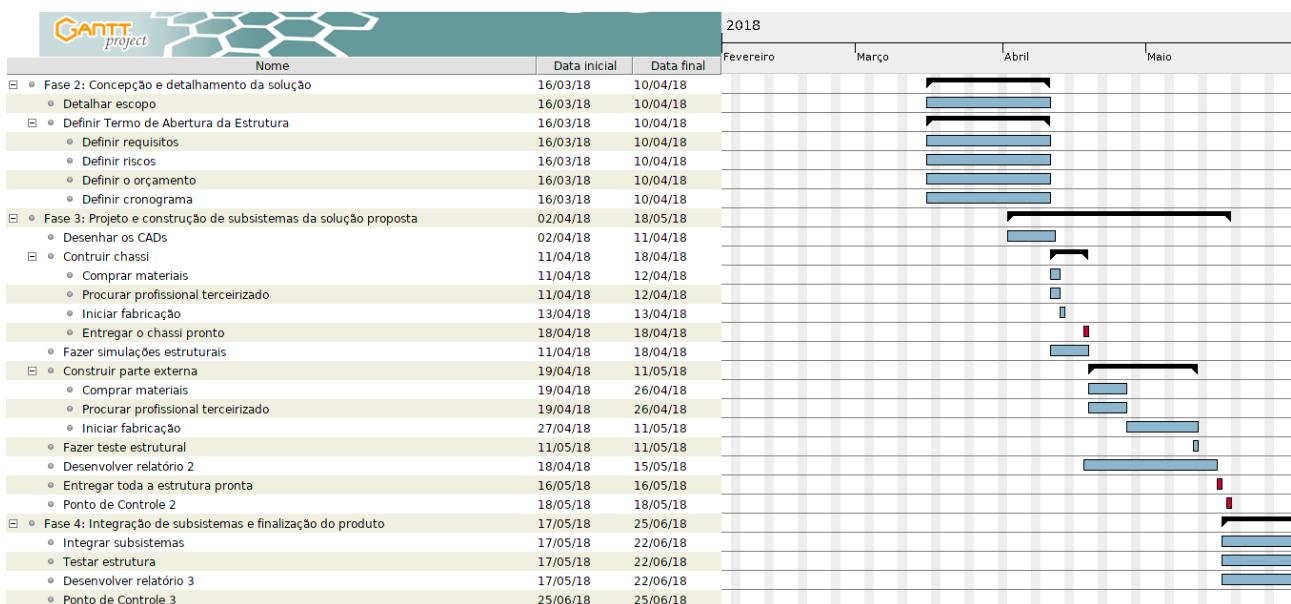


Figura 5 – Cronograma de Estrutura

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 6 – 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 abrange 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 7 – 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 8 – 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. 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, régulas, 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 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]

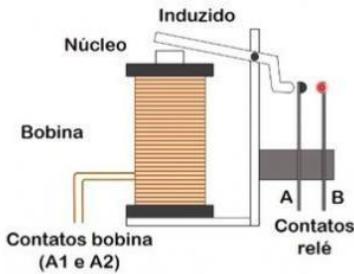


Figura 9 – Relé Internamente

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]

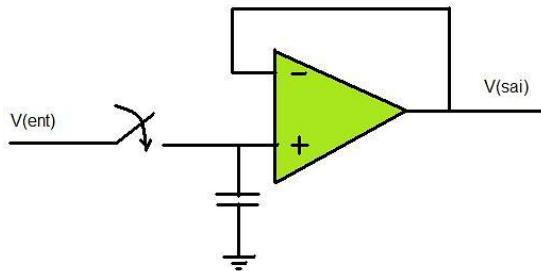


Figura 10 – Circuito Sample & Hold simplificado

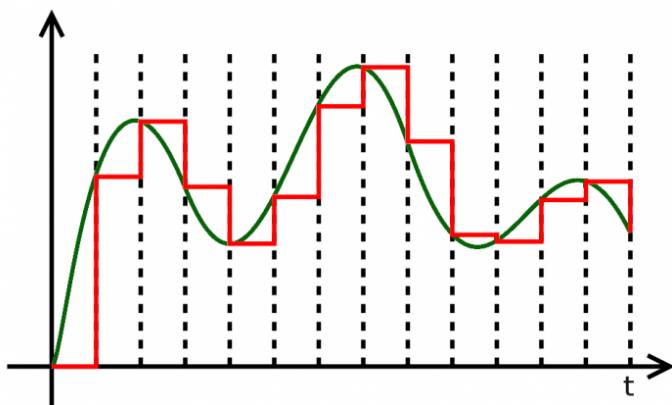


Figura 11 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo

2.6 Estrutura

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

2.6.1 Cálculos estruturais

2.6.1.1 Resistência dos materiais

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

TENSÃO NORMAL:

O metalon tem como material principal o aço carbono simples, na qual é usinado com seção transversal quadrada e vazada. As suas propriedades são as seguintes:

- Área transversal: 96mm²
- Tensão de escoamento: 350MPa

A massa que estará sobre a estrutura está estimada para ser em torno de 10kg. Assim, o peso sobre a estrutura considerando uma gravidade de 9,8m/s² será de 98N. Aplicando a fórmula seguinte tem-se a tensão aplicada na estrutura:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Onde F é a força aplicada e A é a área transversal da barra. Com isso, a tensão encontrada foi de 1,02MPa, distribuindo para as quatro barras de apoio fica 0,26MPa, onde a tensão aplicada é de mais de 1000 vezes menor do que a barra suporta.

FLEXÃO:

O material onde mais fica perceptível que ocorre flexão é a chapa de alumínio que servirá de fundo para a estufa. Assim, precisa-se calcular se não haverá ruptura. As propriedades do material são as seguintes:

- Área transversal: 100mm²
- Tensão de escoamento: 241MPa

Em seguida calcula-se a tensão que sofrerá o alumínio considerando que o momento aplicado de acordo com a força é de 36,7N/m, o momento de inércia da área transversal é 6,46x10⁻⁹m⁴ e o c é 10⁻³m.

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

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

2.6.1.2 Vibração natural

Existem duas formas de se calcular a Frequência natural de um sistema, através de Métodos Matemáticos ou Métodos Experimentais. O método matemático consiste em cálculos analíticos ou modelos matemáticos computacionais (ex. Elementos Finitos), que são capazes de identificar as frequências naturais de uma estrutura. Fica evidente nesse caso, que a máquina não precisa ser construída para as frequências naturais serem identificadas, ou seja, se tratando de métodos matemáticos, apenas o projeto é suficiente para o cálculo das frequências naturais. Os métodos experimentais consistem em identificar as frequências naturais na própria peça física, ou seja, ela já deve estar construída. A ideia desse método é provocar uma vibração para que o sistema analisado entre em ressonância (frequência de operação = frequência natural). [5]

No caso do nosso projeto, foi realizado o método matemático onde a análise modal, considerando todas as cargas e forças que atuarão no sistema foram analisadas através de simulações no software ANSYS. Com isso, para a determinação da frequência natural de Vibração da estrutura. Logo, calculamos a Tensão Equivalente de Von Misses, como mostrado na seção de Simulações.

Um estudo da zona elástica do material da estrutura, no nosso caso, o Metalon (Aço), nos mostra as frequências naturais onde este material é capaz de suportar as vibrações que estejam dentro da vibração natural do material. Os dados para o Aço são mostrados na figura 11.

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

Figura 12 – Tabela de Frequências Naturais (Autoria Própria)

É importante ressaltar, que as mudanças realizadas na estrutura, através da utilização das chapas de MDF, Isopor e PVC, fazem com que a estrutura fique mais robusta, resistente e responde melhor as cargas com menores deformações. Analisando as tensões equivalentes de Von Misses com a tabela acima de vibração natural do Aço, podemos observar que após a análise estática foi feita a análise dos modos de vibração na estrutura, com as frequências naturais de vibração da estrutura é possível modificar as frequências

de rotação dos motores instalados na estufa com o intuito de não excitar a estrutura, mantendo essas frequências bem longe e evitando com que ocorra o processo de Ressonância, podendo danificar a estrutura. [6]

2.6.2 Simulações

Como nem todos os componentes que farão parte final do projeto foram adquiridos, a equipe de estrutura não pode definir exatamente qual a massa que a estrutura suportará dentro de si. Desta maneira e tendo um tempo curto para a efetivação dos trabalhos, uma estimativa teve que ser feita. Após um brainstorm com integrantes de todas as áreas, a equipe chegou ao valor aproximado de 10kg, que engloba motores, sensores, válvulas, exaustores, plantário, tubos, canos, água, parafusos, rosca, reservatório e fiação.

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

Como a massa estimada é muito baixa em relação ao que a estrutura pode suportar, as tensões e deslocamentos encontrados nas simulações conferem uma extrema segurança para o chassi levando em consideração os elevados limites de escoamento e ruptura que o material possuem, dando assim confiança e liberdade para que a equipe continue os trabalhos sem problemas. Novas simulações serão feitas para o próximo ponto de controle, tendo em vista que haverá carga dinâmica que gerará momento fletor e uma melhor precisão sobre localização e presença dos componentes.

2.6.2.1 CATIA

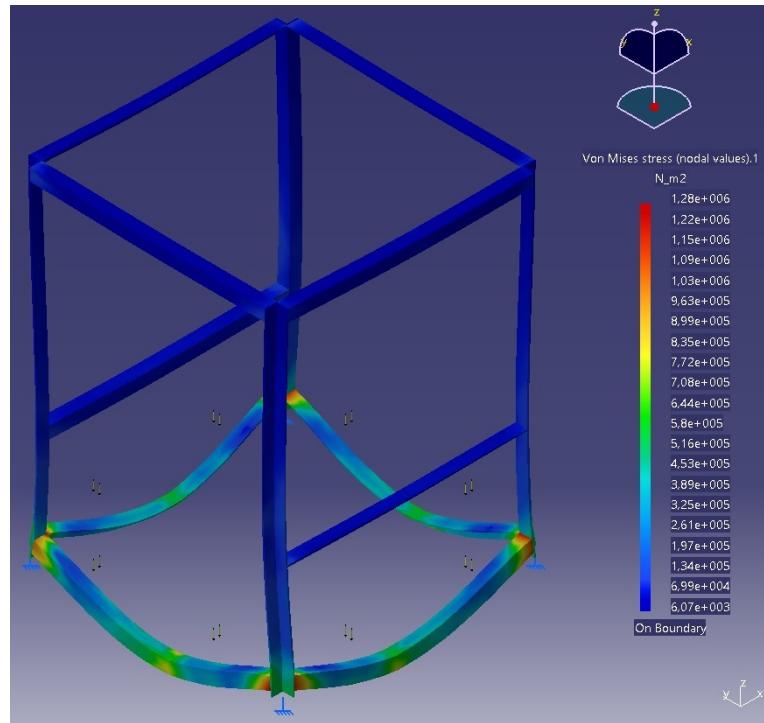


Figura 13 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas 4 faces do assoalho

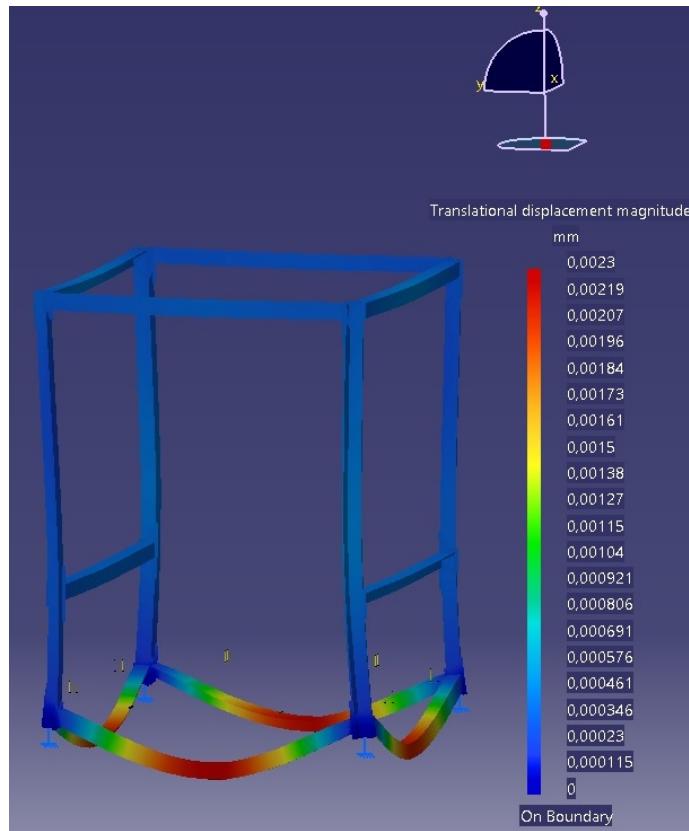


Figura 14 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300 N nas 4 faces do assoalho

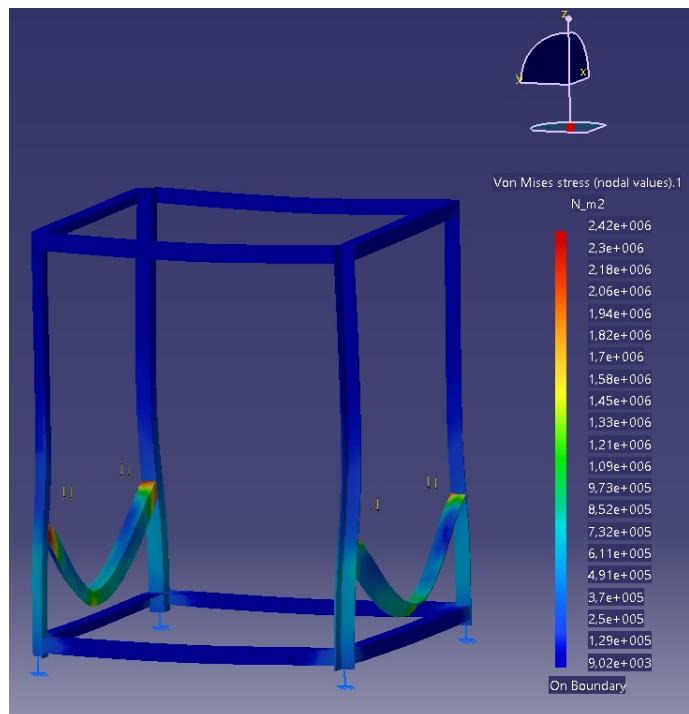


Figura 15 – Análise de Tensão Von Mises do chassi aplicando 300 N nas barras de suporte laterais

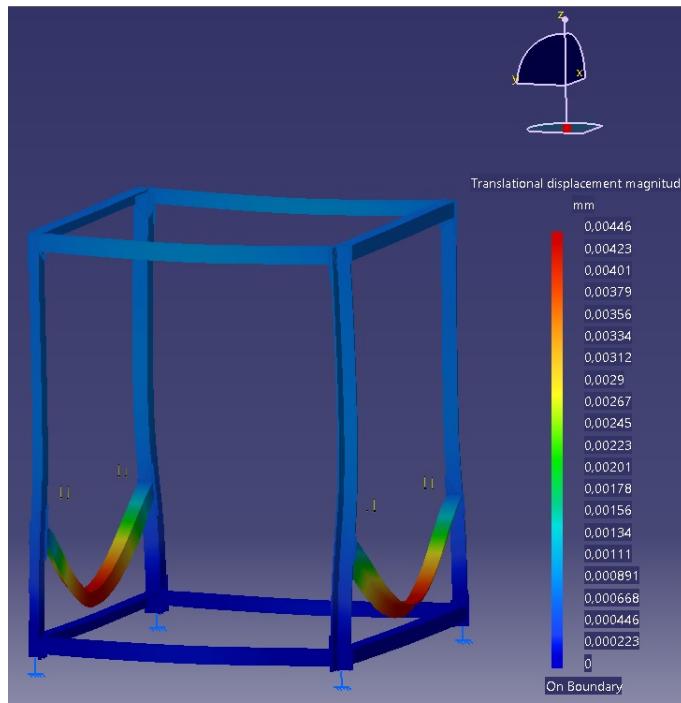


Figura 16 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300 N nas barras de suporte laterais

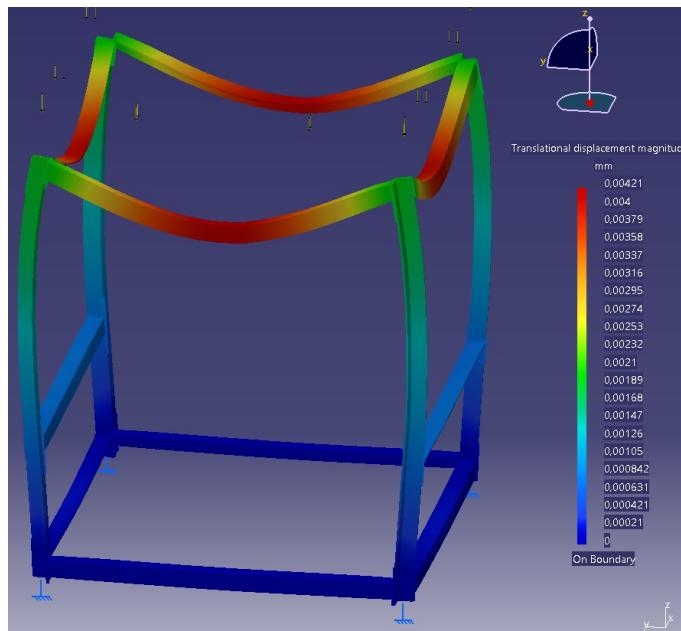


Figura 17 – Análise da magnitude da deformação do chassi aplicando 300N nas 4 barras do teto

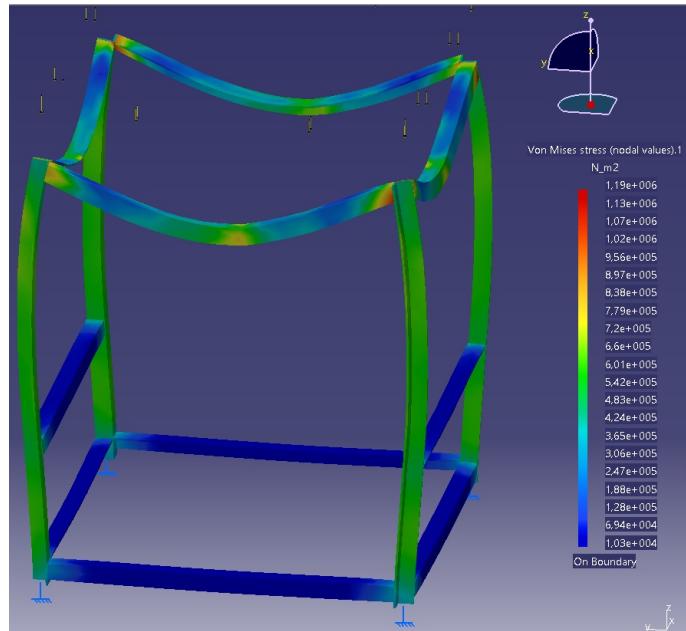


Figura 18 – Análise da tensão Von Mises no chassi aplicando 300N nas 4 barras do teto

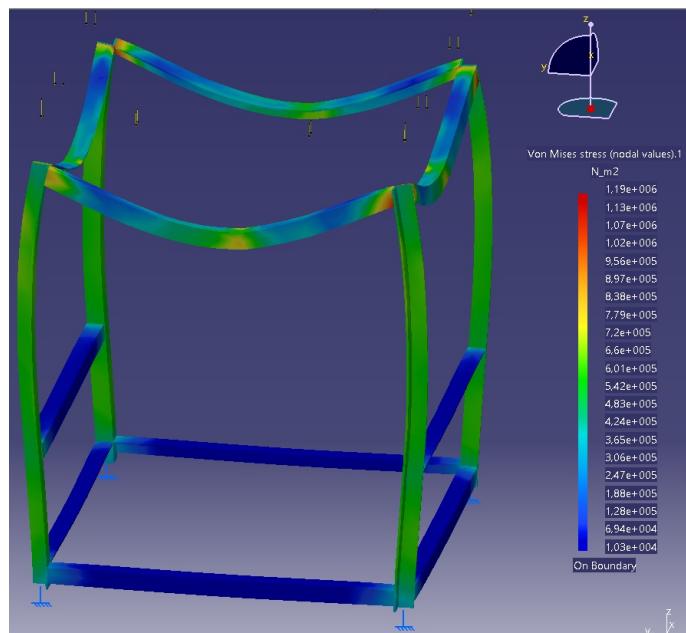


Figura 19 – Análise da tensão Von Mises no chassi aplicando 300N em todas suas faces do plano XY

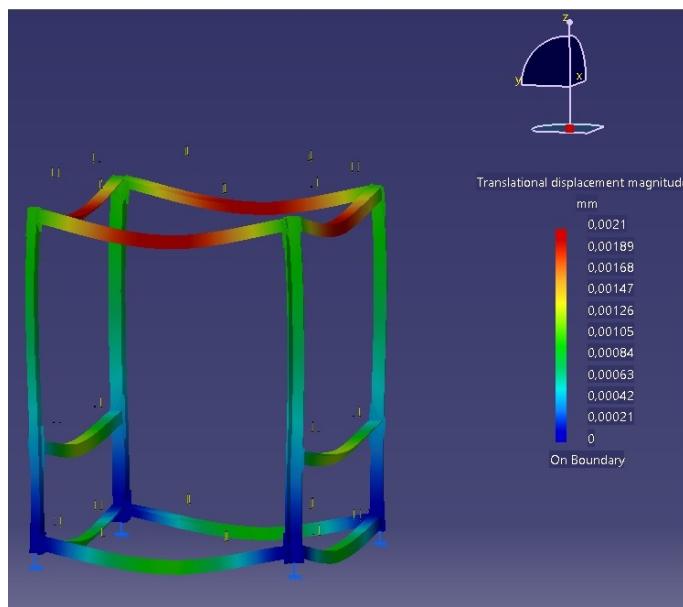


Figura 20 – Análise da magnitude de deslocamento no chassis aplicando 300N em todas suas faces do plano XY



Figura 21 – Vista Frontal da Estufa Hidropônica simplificada



Figura 22 – Vista Frontal da Estufa Hidropônica simplificada com a porta aberta e gaveta estendida

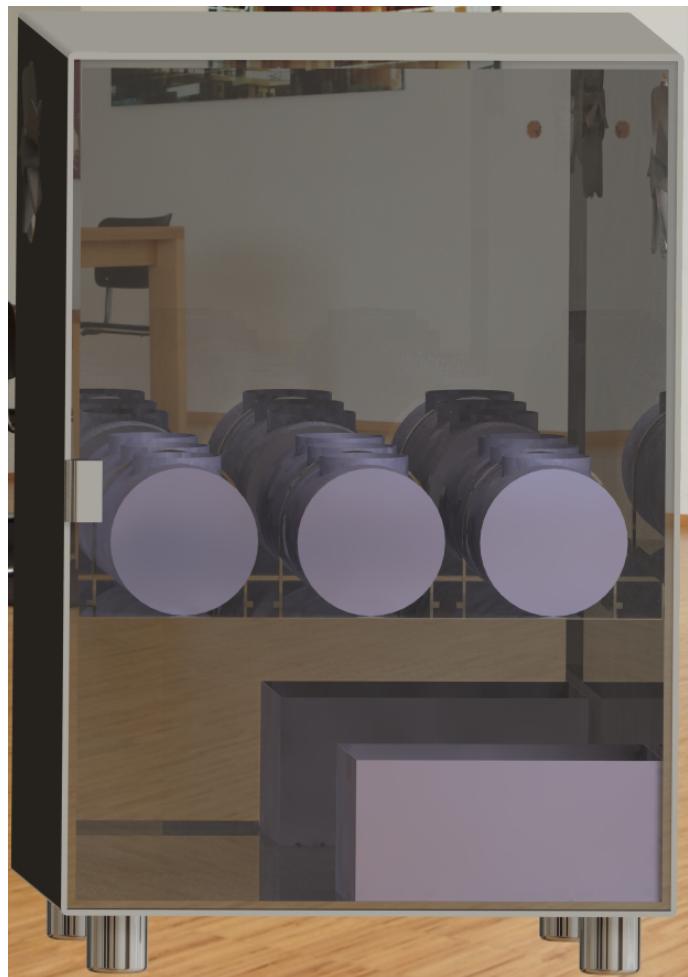


Figura 23 – Vista frontal da Estufa Hidropônica Simplificada com a porta fechada

3 Solução Proposta

3.1 Materiais

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

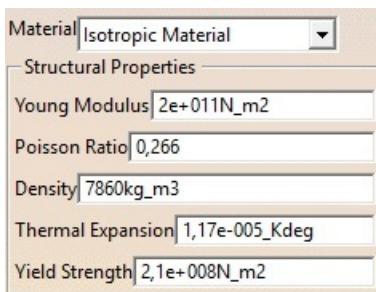


Figura 24 – Propriedades do material simulado

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.

3.1.1 Resistência dos materiais

É pelo estudo das mecânicas dos materiais que o engenheiro consegue dimensionar uma estrutura. Saber o tamanho de uma barra, qual diâmetro ela necessita ter para suportar um dado peso sem haver perdas de materiais, ou em qual ponto pode ocorrer uma ruptura.

Dentre os esforços mais sentidos pela estrutura da estufa estão os de tensão normal e flexão. Com isso, para saber se tais materiais propostos são resistentes às cargas que serão aplicadas, algumas teorias devem ser estudadas.

TENSÃO NORMAL: Uma força aplicada em uma determinada área está exercendo uma tensão, e quando tal força e área são perpendiculares é chamada de tensão normal, como mostra a figura 13.

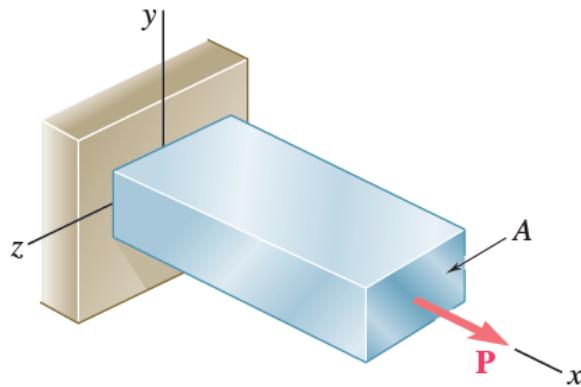


Figura 25 – Tensão normal sobre uma barra prismática

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.

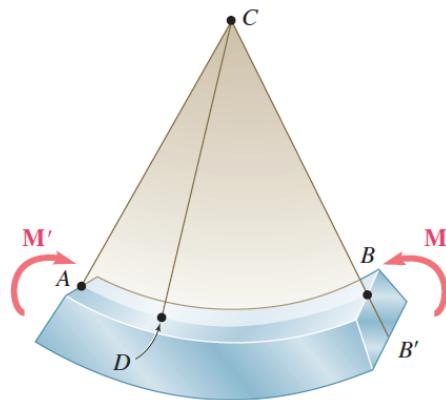


Figura 26 – Flexão pura sobre uma barra prismática

3.1.2 Vibrações

Em vários sistemas é muito comum ocorrer o fenômeno da vibração. Ela pode causar desgastes prematuros de superfícies em contato e dependendo da sua frequência pode até mesmo colapsar toda a estrutura, assim o estudo da vibração é necessária para que funcione de maneira desejada. A figura 10 apresenta um esquema básico de vibração causado pela base do sistema.

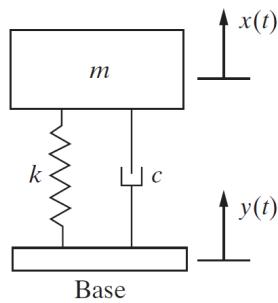


Figura 27 – Esquema de uma excitação pela base

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 custo 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]

3.2 Chassi

3.2.1 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]

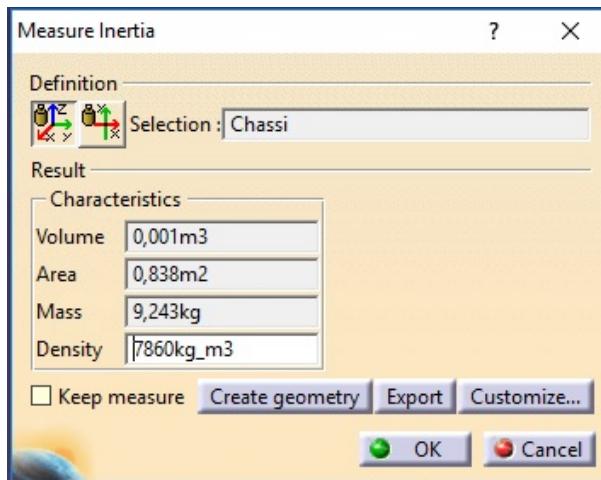


Figura 28 – Dados do chassi estrutural

3.3 Sistema embarcado

A Raspberry Pi é um microcomputador sistema operacional Linux, que foi escolhida para ter o programa embarcado que controla e monitoriza a estufa devido a facilidade de acesso aos seus pinos GPIO para conectar diversos sensores e atuadores, como ela já tem conectividade Wi-Fi, será facilmente facilmente conectada a internet apenas acessando a rede local do usuário e ela já tem autorização pela Anatel, com suas entradas USB, é possível conectar uma câmera USB e utilizá-la para monitorizar a estufa.[1]

Especificações:

- Raspberry Pi 3 Model B Anatel
- Processador Broadcom BCM2837 64bit ARMv8 Cortex-A53 Quad-Core
- Clock 1.2 GHz
- Memória RAM: 1GB
- Adaptador Wifi 802.11n integrado

- Bluetooth 4.1 BLE integrado
- Conector de vídeo HDMI
- 4 portas USB 2.0
- Conector Ethernet
- Interface para câmera (CSI)
- Interface para display (DSI)
- Slot para cartão microSD
- Conector de áudio e vídeo
- GPIO de 40 pinos
- Número de homologação Anatel: 04908-17-10629
- Dimensões: 85 x 56 x 17mm[1]

3.4 Medição do Nível da Água

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

No caso do projeto da estufa, ele irá chavear uma tensão de 3.3 V e corrente de 3.3 mA, garantida por um resistor de 10KΩ. E serão utilizadas duas bóias na seguinte disposição da figura abaixo: [2]

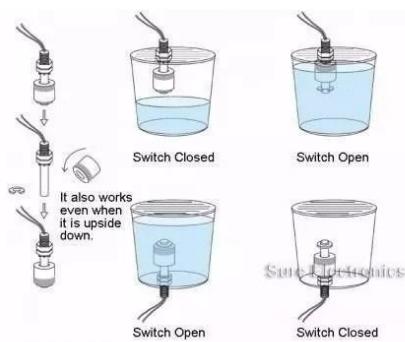


Figura 29 – Disposição das Bóias no Reservatório

Uma ao fundo para definir se o nível da água está baixo e um em cima definir o nível de água baixo. A leitura do estado dos sensores será feita através do pino GPIO, onde o estado HIGH (tensão de 3.3V) indica que o sensor foi ativado e o estado LOW (tensão de 0V) indica que ele está desativado.[2]

Este sensor de nível utiliza um sensor magnético e não mercúrio que seria prejudicial à saúde.[2]

Características:

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

3.5 Optoacoplador 4N25

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

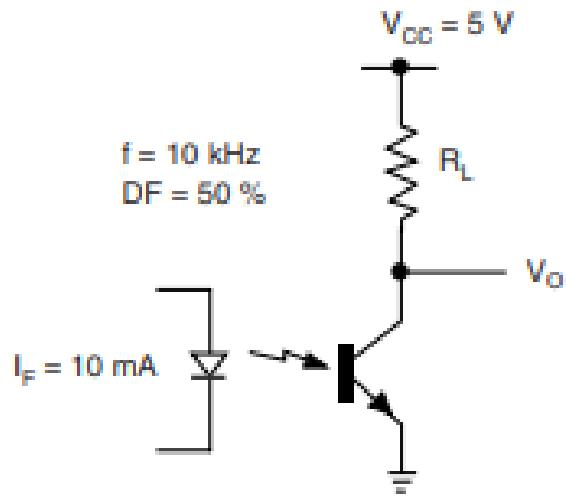


Figura 30 – Funcionamento do optoacoplador

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

Para o projeto da estufa foi confeccionada uma placa com com 8 optoacopladores, figura abaixo, que serão conectados aos relés que garantirão uma proteção a mais para o circuito.[3]

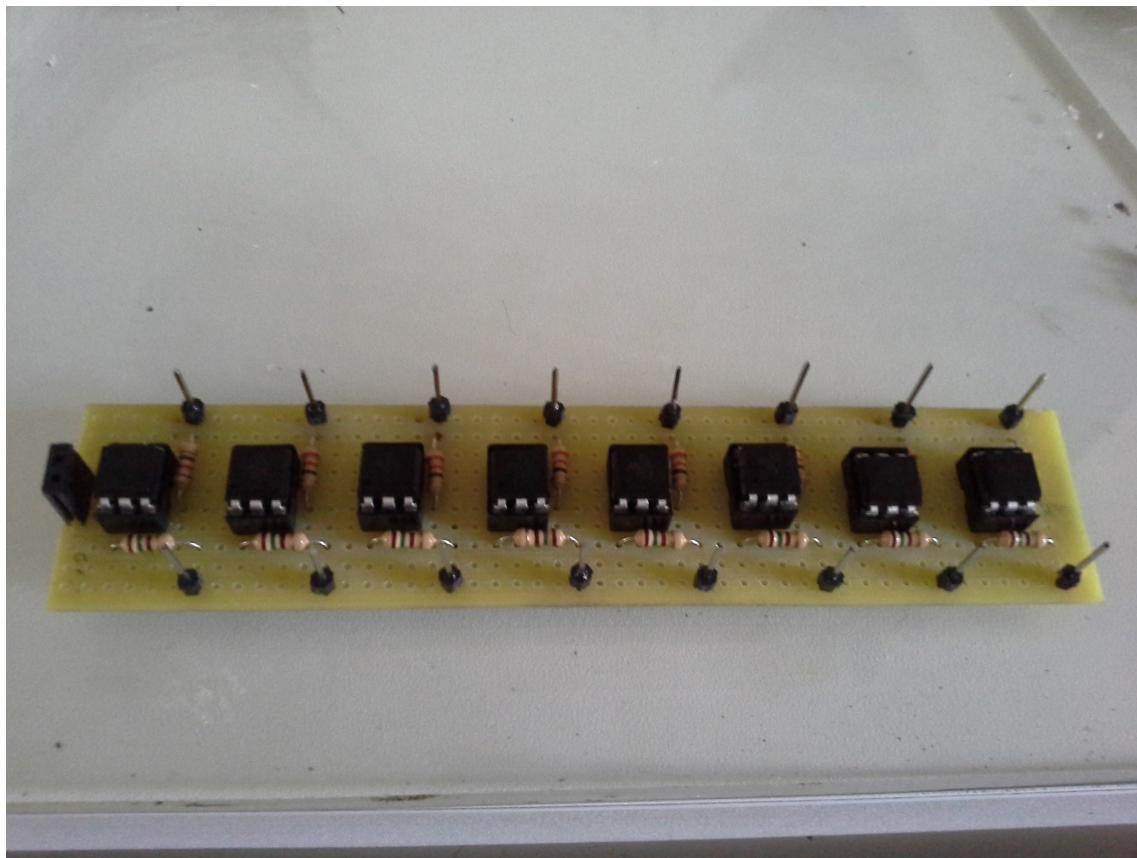


Figura 31 – Funcionamento do optoacoplador

3.6 Relé

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

Como serão vários dispositivos e consequentemente vários relés, o grupo optou por comprar um módulo relé de 8 canais.[4]



Figura 32 – Módulo Relé de 8 canais

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

3.7 Conversor analógico para digital

A Raspberry Pi não possui conversor AD integrado, como alguns microcontroladores, e alguns dos sensores utilizados no projeto precisam de um, pois apresentam seus dados de forma analógica. Para contornar essa dificuldade haviam duas possibilidades, utilizar um microcontrolador com conversor analógico integrado e realizar a comunicação do mesmo com a Raspberry, ou conectar um conversor AD diretamente a Raspberry. A opção escolhida pelo grupo foi a segunda, pelo baixo custo e pela oportunidade de aprender a utilizar um conversor AD pelos membros do grupo de eletrônica.[5]

O conversor escolhido foi PCF8591, que é um dispositivo de aquisição de dados CMOS de 8 bits de alimentação única e baixo consumo de energia, com quatro entradas analógicas, uma saída analógica e uma interface de barramento I2C serial. Três pinos de endereço A0, A1 e A2 são usados para programar o endereço de hardware, permitindo o uso de até oito dispositivos conectados ao barramento I2C sem hardware adicional. O endereço, o controle e os dados do dispositivo são transferidos serialmente por meio do barramento I2C bidirecional de duas linhas.[5]

As funções do dispositivo incluem multiplexação de entrada analógica, função de faixa e retenção no chip, conversão de analógico para digital de 8 bits e conversão de digital para analógico de 8 bits. A taxa de conversão máxima é dada pela velocidade máxima do barramento I2C.[5]

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

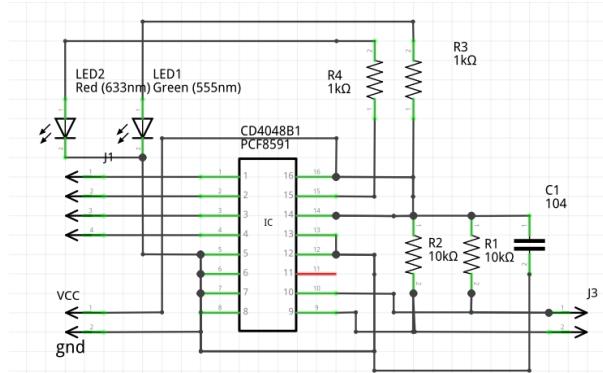


Figura 33 – Módulo Relé de 8 canais

3.8 Sensor LDR

LDR (Light Dependent Resistor), ou fotoresistor, é um dispositivo resistivo que tem a sua resistência alterada de acordo com a quantidade de luz que atinge seus terminais. O componente é feito de um semicondutor de resistência elevada. O sensor apresenta uma alta sensibilidade, com uma resposta rápida as variações de luz e é sensível a todo o espectro visível de luz.[1]

3.8.1 Características elétricas

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

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

3.8.2 Princípios físicos de funcionamento

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

passa a fluir pelo semicondutor e assim a resistência que antes era alta, passa a cair com o aumento de luminosidade.[Sunroom Technologies,2008]

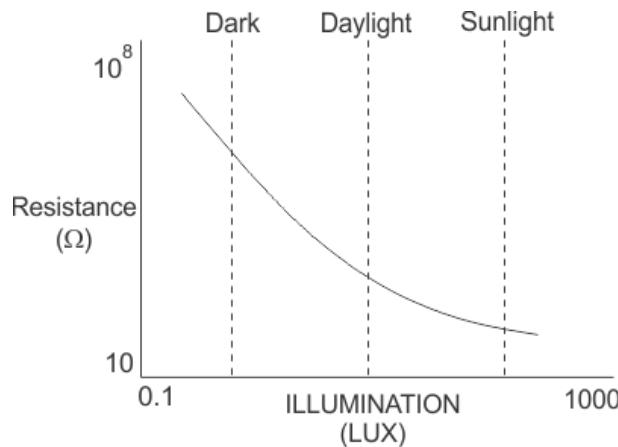


Figura 34 – Curva característica de resposta do LDR

3.9 Sensores DHT22

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

A tabela 1 mostra como o sensor deve se comportar sendo alimentado com a voltagem mínima e máxima com que o sensor é capaz de trabalhar. Os valores mínimo, máximo e recomendado para se alimentar o módulo são, respectivamente: 3.3 V, 5.5V e 5V.

Tabela 1 – Características elétricas do sensor LDR

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

3.10 Comunicação

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

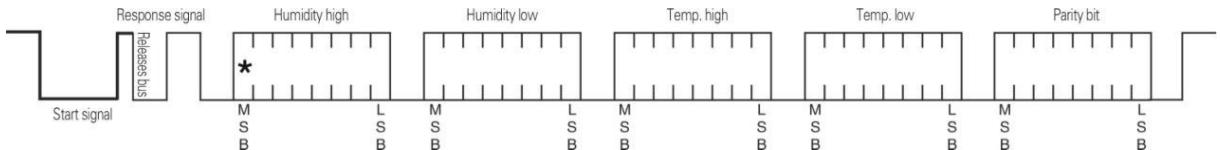


Figura 35 – Protocolo de comunicação

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

A tradução da informação é feita da seguinte forma:

Tabela 2 – Tradução da informação

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.11 Princípio Físico do Sensor

A medição de umidade do sensor é feita através de dois eletrodos com um substrato de retenção de umidade entre eles. A mudança de umidade altera a condutividade do substrato e consequentemente a resistência entre os dois eletrodos assim a corrente que passa entre os terminais pode ser lida por um microcontrolador e traduzida em dados legíveis através de um software.[Nedelkovski, 2018]

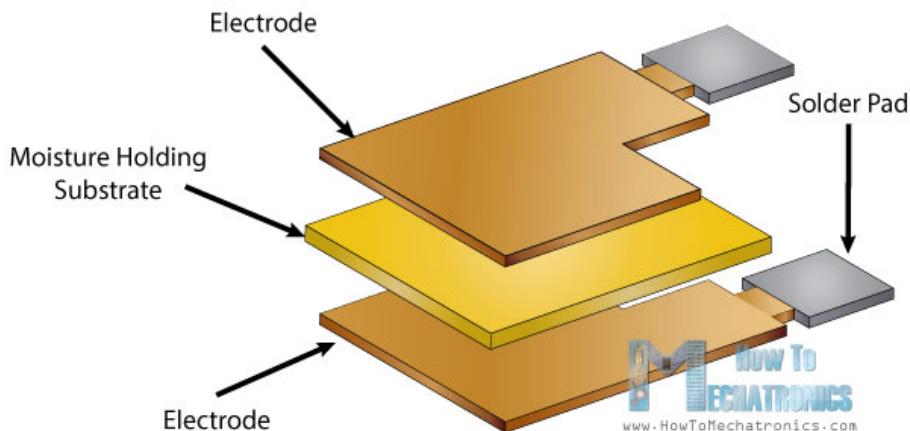


Figura 36 – Esquema com eletrodos e o substrato de retenção de umidade

A realização das medidas de temperatura é feita por um termistor, que é um dispositivo que altera a resistência de acordo com a variação de temperatura.

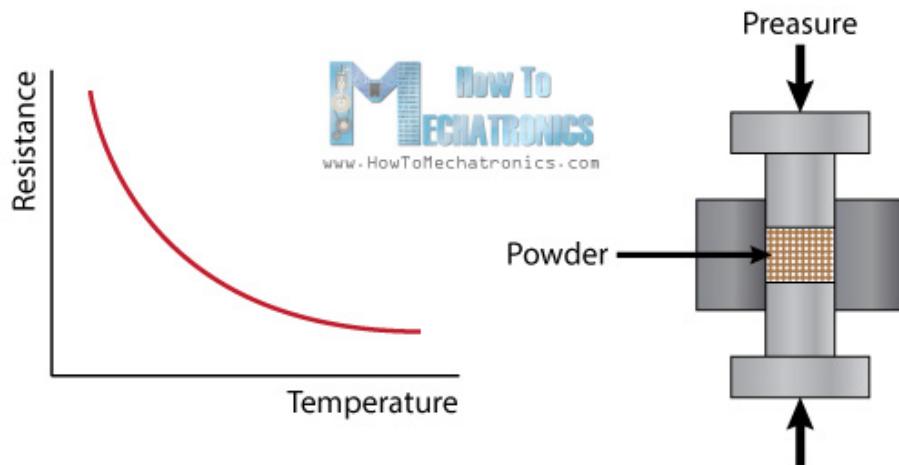


Figura 37 – Relação entre temperatura e a resistência do termistor

3.12 Motor DC 12V

Um motor DC é uma máquina elétrica onde a corrente que passa pelos terminais do motor é convertida em força mecânica. A maioria dos motores DC dependem de um campo magnético para realizar essa conversão de energia elétrica em mecânica. A velocidade do

motor depende da diferença de potencial entre os terminais, podendo assim ser controlada através de um ajuste na tensão que chega ao motor.

3.12.1 Comunicação

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

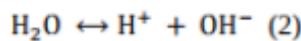
3.12.2 Princípio físico de funcionamento

Quando um ímã permanente é posicionado em torno de um loop de fio que é ligado a uma fonte de energia D.C., temos os fundamentos de um motor D.C. A fim de fazer o loop de rotação do fio, temos que conectar uma bateria ou fonte de alimentação DC entre suas extremidades, e apoiá-lo para que ele possa girar em torno de seu eixo. Para permitir que o rotor gire sem torcer os fios, as extremidades do loop de arame são conectadas a um conjunto de contatos chamado de comutador, que se esfrega contra um conjunto de condutores chamados de escovas. As escovas fazem contato elétrico com o comutador à medida que ele gira e são conectadas aos cabos positivo e negativo da fonte de energia, permitindo que a eletricidade flua pelo circuito. A eletricidade que flui através do circuito cria um campo magnético que interage com o campo magnético do imã permanente para fazer o laço girar. [Page.M, 1999]

3.13 Sonda de pH

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

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



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

Figura 38 – Equações matemáticas do pH

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

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

pH Value	Output
4	3.071
7	2.535
10	2.066

Figura 39 – Valores de medidas estabelecidas pelo fornecedor de pH e DDP

3.13.1 Especificações gerais

- Tensão máxima de operação 5V
- Corrente de trabalho 5-10mA
- Escala de detecção pH: 0-14
- Escala de detecção em temperatura 0-80 degC
- Tempo de resposta menor igual a 5S
- Estabilidade de tempo menor igual a 60S

- Saída: Analógica
- Consumo em funcionamento menor igual a 0,5W
- Temperatura de trabalho -10 a +50 deg C
- Umidade de trabalho 95
- Peso 25 g
- Dimensão 42mm x 32mm x 20mm

3.13.2 Documentação

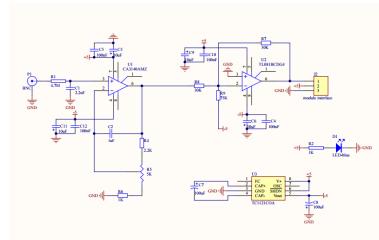


Figura 40 – Sensor de pH

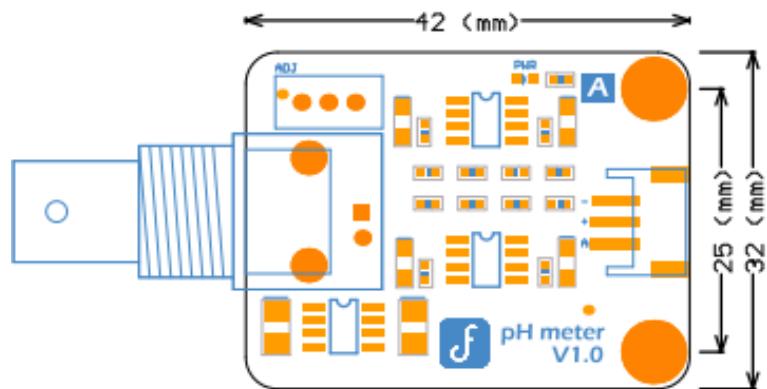


Figura 41 – Amplificador de sinal conexão BNC

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

Figura 42 – Parâmetros de medições de acordo com o tipo de sonda

3.13.3 Esquema de ligação

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

3.13.4 Informações de limpeza e manutenção das sondas de pH

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

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

3.14 Sensor de Temperatura para líquidos

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

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

3.14.1 Especificações gerais

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

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

Figura 43 – Soluções especiais

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 44 – Parte superior da estrutura interna.



Figura 45 – 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 46 – Estrutura com o isolamento externo.

5 Orçamento do Projeto