

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 . . . . .	12
Figura 2 – Cronograma do projeto . . . . .	14
Figura 3 – Cronograma do projeto . . . . .	15
Figura 4 – Cronograma do projeto . . . . .	16
Figura 5 – Riscos . . . . .	17
Figura 6 – Relé Internamente . . . . .	23
Figura 7 – Circuito Sample & Hold simplificado . . . . .	24
Figura 8 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo . . . . .	24
Figura 9 – Disposição das Bóias no Reservatório . . . . .	26
Figura 10 – Funcionamento do optoacoplador . . . . .	27
Figura 11 – Funcionamento do optoacoplador . . . . .	28
Figura 12 – Módulo Relé de 8 canais . . . . .	29
Figura 13 – Módulo Relé de 8 canais . . . . .	30
Figura 14 – Curva característica de resposta do LDR . . . . .	31
Figura 15 – Protocolo de comunicação . . . . .	32
Figura 16 – Esquema com eletrodos e o substrato de retenção de umidade . . . . .	33
Figura 17 – Relação entre temperatura e a resistência do termistor . . . . .	33
Figura 18 – Equações matemáticas do pH . . . . .	35
Figura 19 – Valores de medidas estabelecidas pelo fornecedor de pH e DDP . . . . .	35
Figura 20 – Sensor de pH . . . . .	36
Figura 21 – Amplificador de sinal conexão BNC . . . . .	36
Figura 22 – Parâmetros de medições de acordo com o tipo de sonda . . . . .	37
Figura 23 – Soluções especiais . . . . .	39

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela responsável por realizar o mapeamento da descrição de cada risco e seus impactos, probabilidades e prioridades. . . . .	18
Tabela 2 – Características elétricas do sensor LDR . . . . .	31
Tabela 3 – My caption . . . . .	32



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>Contexto</b>	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b>	<b>7</b>
<b>1.3</b>	<b>Escopo do projeto</b>	<b>7</b>
1.3.1	Premissas	7
1.3.2	Restrições	8
1.3.3	Mapeamento do modelo 5W2H	8
1.3.3.1	What - O quê?	8
1.3.3.2	Why - Por quê?	8
1.3.3.3	Where - Onde?	8
1.3.3.4	Who - Quem?	8
1.3.3.5	How - Como?	8
1.3.3.6	How Much - Quanto?	9
<b>1.4</b>	<b>Detalhamento do escopo</b>	<b>9</b>
1.4.1	Projeto	9
1.4.2	Produto	9
<b>1.5</b>	<b>Objetivos</b>	<b>9</b>
1.5.1	Objetivo Geral	9
1.5.2	Objetivos Específicos	10
<b>1.6</b>	<b>Metodologia de gerenciamento</b>	<b>10</b>
1.6.1	EAP	12
1.6.2	Plano de gerenciamento de tempo	13
1.6.2.1	Papeis e responsabilidades	13
1.6.2.2	Cronograma	14
1.6.3	Plano de gerenciamento de comunicação	16
1.6.3.1	Reuniões presenciais	16
1.6.3.2	Ferramentas de comunicação	16
1.6.4	Plano de gerenciamento de riscos	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Sistemas Embarcados</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Medição do Nível da Água</b>	<b>22</b>
<b>2.3</b>	<b>Optoacopladores</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Relé</b>	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>Conversor Analógico/Digital</b>	<b>23</b>

<b>3</b>	<b>SOLUÇÃO PROPOSTA . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Sistema embarcado . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Medição do Nível da Água . . . . .</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Optoacoplador 4N25 . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b>Relé . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>3.5</b>	<b>Conversor analógico para digital . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Sensor LDR . . . . .</b>	<b>30</b>
3.6.1	Características elétricas . . . . .	30
3.6.2	Princípios físicos de funcionamento . . . . .	30
<b>3.7</b>	<b>Sensores DHT22 . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>3.8</b>	<b>Comunicação . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>3.9</b>	<b>Princípio Físico do Sensor . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>3.10</b>	<b>Motor DC 12V . . . . .</b>	<b>33</b>
3.10.1	Comunicação . . . . .	34
3.10.2	Princípio físico de funcionamento . . . . .	34
<b>3.11</b>	<b>Sonda de pH . . . . .</b>	<b>34</b>
3.11.1	Especificações gerais . . . . .	35
3.11.2	Documentação . . . . .	36
3.11.3	Esquema de ligação . . . . .	37
3.11.4	Informações de limpeza e manutenção das sondas de pH . . . . .	37
<b>3.12</b>	<b>Sensor de Temperatura para líquidos . . . . .</b>	<b>38</b>
3.12.1	Especificações gerais . . . . .	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>ORÇAMENTO DO PROJETO . . . . .</b>	<b>43</b>



# 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 enfermidades. Essas causas, inspirou a realização de muito estudo para proteger o plantio dos danos 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 grupo 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 ideais 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 agrônômicos 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 dos 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 do 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

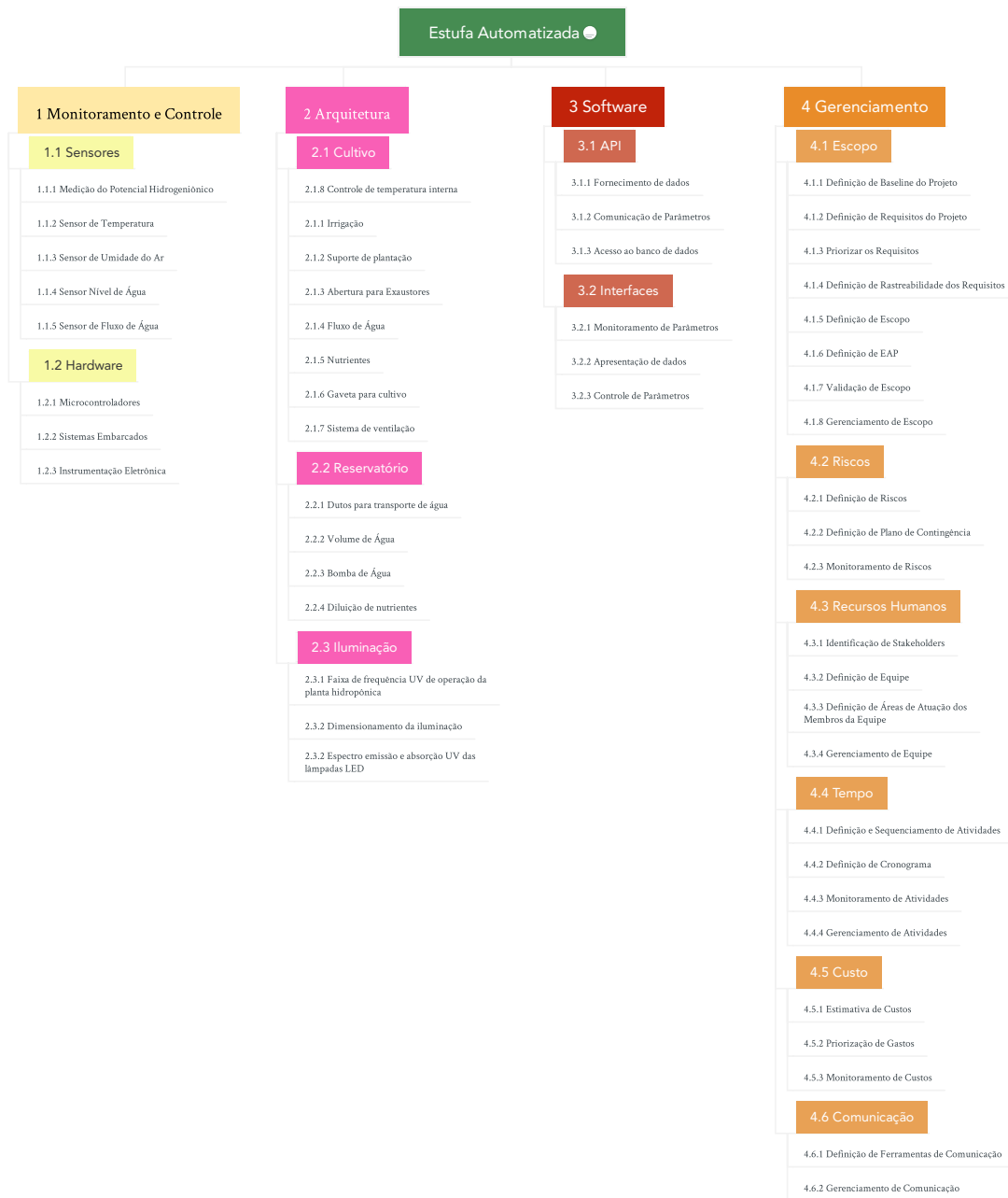


Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto

## 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: Problemática	16/03/18	24/03/18
☐	Identificar escopo do projeto	16/03/18	19/03/18
☐	Produzir 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	16/03/18	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 de 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 hardwares 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 chassi	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 chassi pronto	13/04/18	13/04/18
• Fazer simulações estruturais	11/04/18	18/04/18
▢ • Construir parte externa	19/04/18	11/05/18
• Comprar materiais	19/04/18	26/04/18
• Procurar profissional terceirizado	19/04/18	26/04/18
• Iniciar fabricação	27/04/18	11/05/18
• Fazer teste estrutural	11/05/18	11/05/18
• Entregar toda a estrutura pronta	16/05/18	16/05/18

Figura 3 – Cronograma do projeto

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

Figura 4 – Cronograma do projeto

### 1.6.3 Plano de gerenciamento de comunicação

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

#### 1.6.3.1 Reuniões presenciais

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

#### 1.6.3.2 Ferramentas de comunicação

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

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

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

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

#### 1.6.4 Plano de gerenciamento de riscos

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

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

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 saindo.
- 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.



## 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 daqueles 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 medido-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]



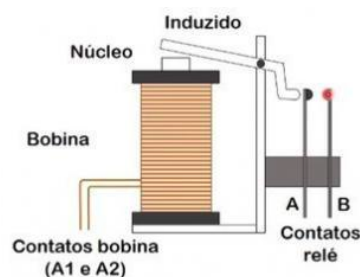


Figura 6 – Relé Internamente

## 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]

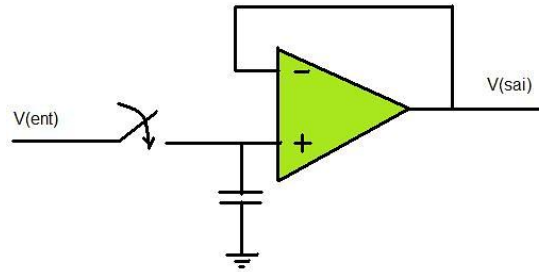


Figura 7 – Circuito Sample & Hold simplificado

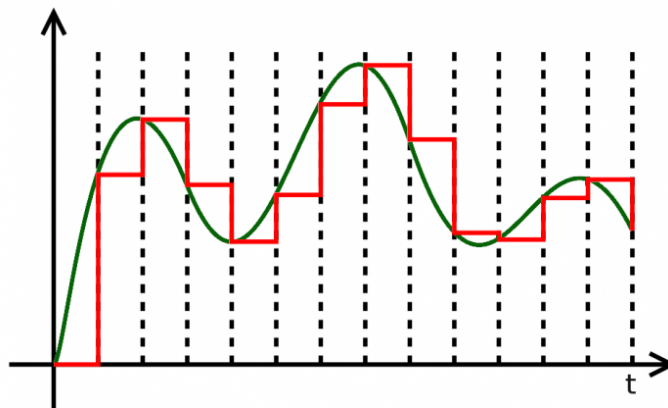


Figura 8 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo

## 3 Solução Proposta

### 3.1 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 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]

## 3.2 Medição do Nível da Água

O tipo de medição escolhida foi a descontínua 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 10K $\Omega$ . E serão utilizadas duas bóias na seguinte disposição da figura abaixo: [2]

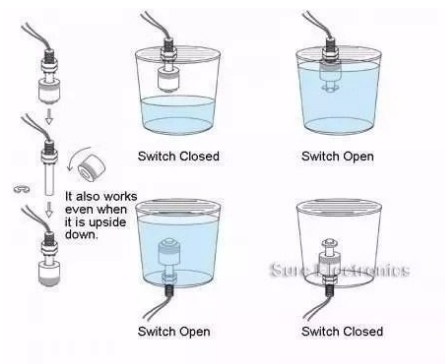


Figura 9 – Disposição das Bóias no Reservatório

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  $\Omega$
- 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

### 3.3 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:

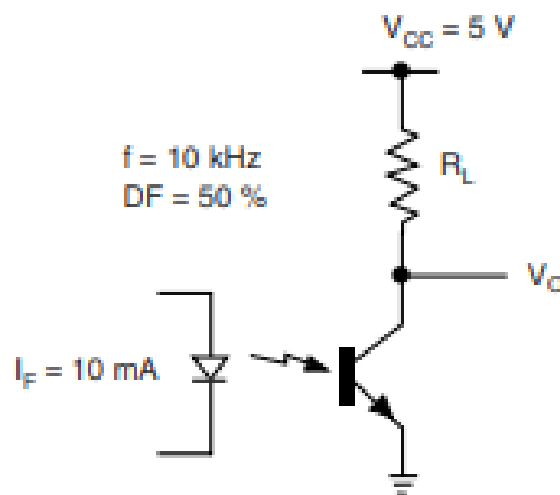


Figura 10 – Funcionamento do optoacoplador

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

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

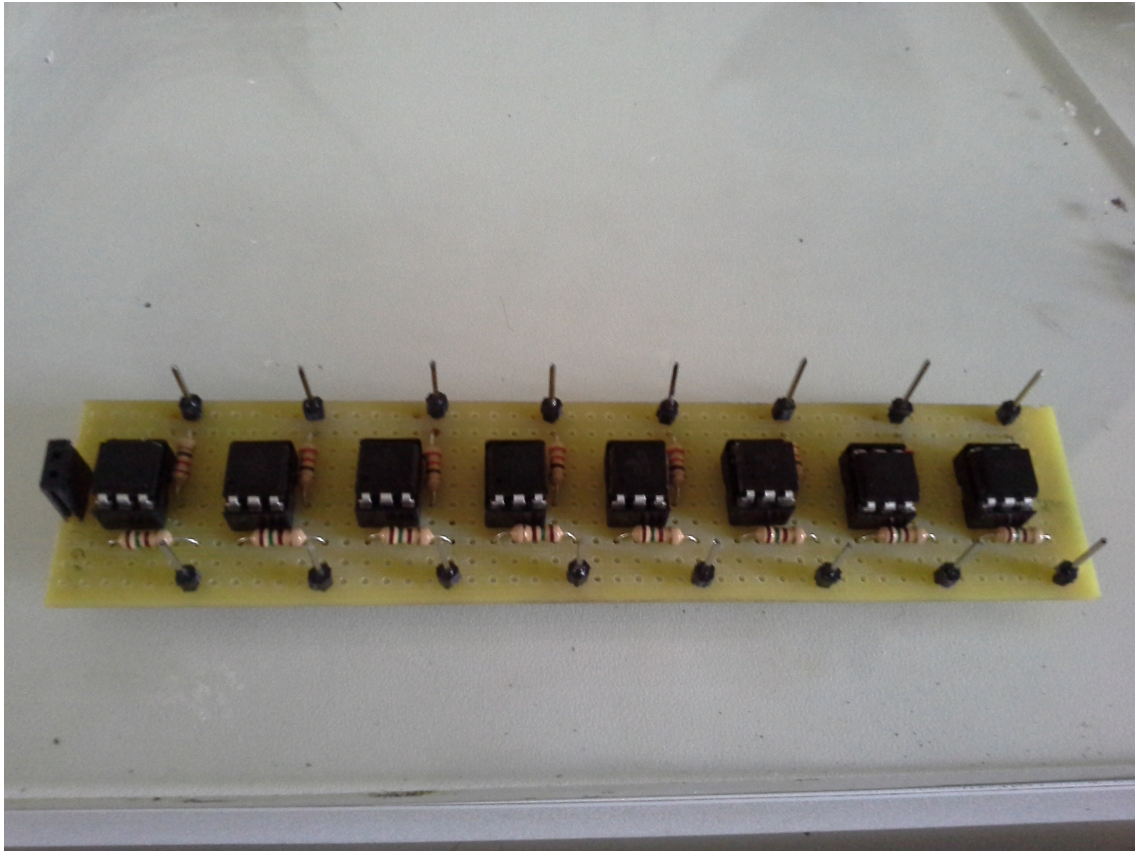


Figura 11 – Funcionamento do optoacoplador

### 3.4 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]

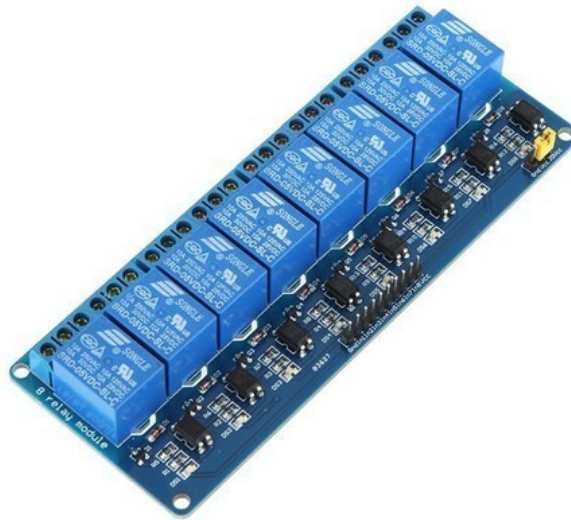


Figura 12 – Módulo Relé de 8 canais

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

### 3.5 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.

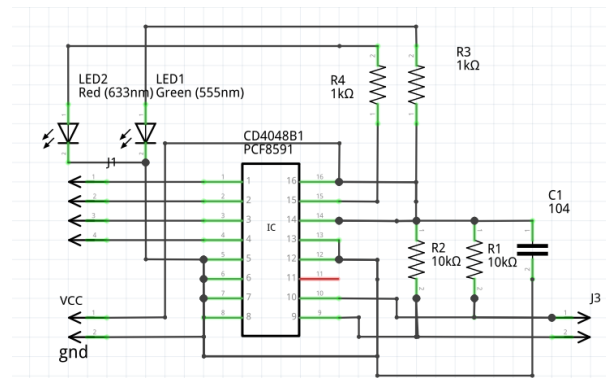


Figura 13 – Módulo Relé de 8 canais

## 3.6 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]

### 3.6.1 Características elétricas

O LDR apresenta em uma temperatura ambiente uma variação de resistência de aproximadamente  $8\Omega$  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  $-30^{\circ}C$  até  $70^{\circ}C$ . [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]

### 3.6.2 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 semiconductor e assim a resistência que antes era alta, passa a cair com o aumento de luminosidade.[Sunroom Technologies,2008]

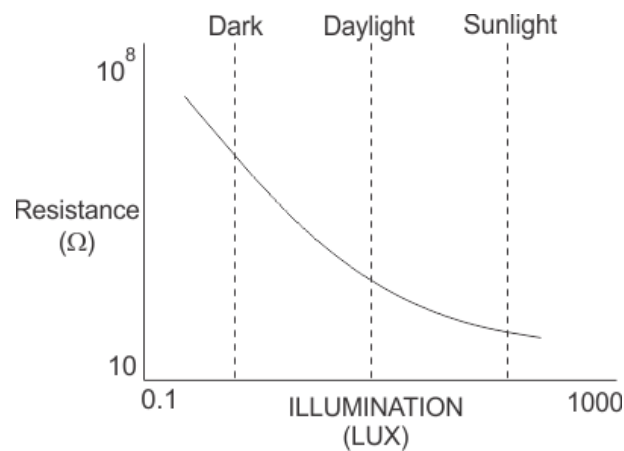


Figura 14 – Curva característica de resposta do LDR

### 3.7 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 2 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 2 – Características elétricas do sensor LDR

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Voltage		3.3	5	5.5	V
Power consumption	Dormancy	10	15		$\mu$ A
	Measuring		500		$\mu$ A
	Average		300		$\mu$ A
Low level output voltage	IoL[5]	0		300	mV
High output voltage	Rp<25 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		$\mu$ A
Sampling period		2			S

### 3.8 Comunicação

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

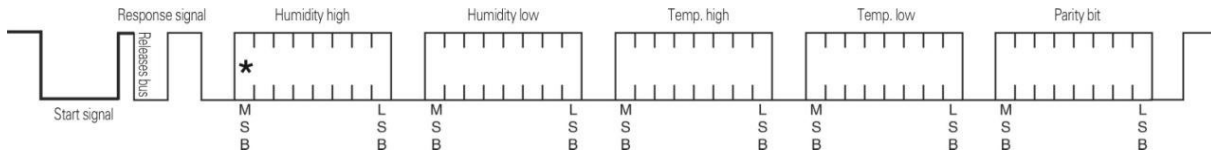


Figura 15 – Protocolo de comunicação

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 3 – My caption

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 (Hexadecimal) =  $6 \times 16 + 5 = 101$

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

$\Rightarrow$  Temp. = -10.1°C

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

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

## 3.9 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]

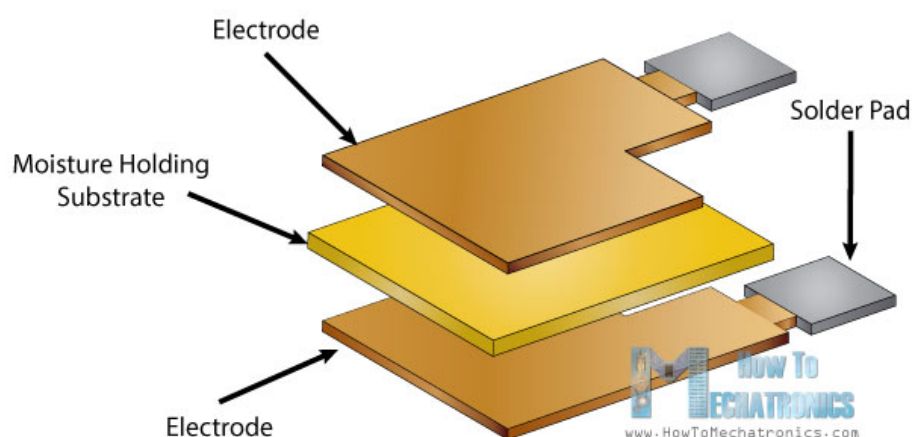


Figura 16 – Esquema com eletrodos e o substrato de retenção de umidade

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.

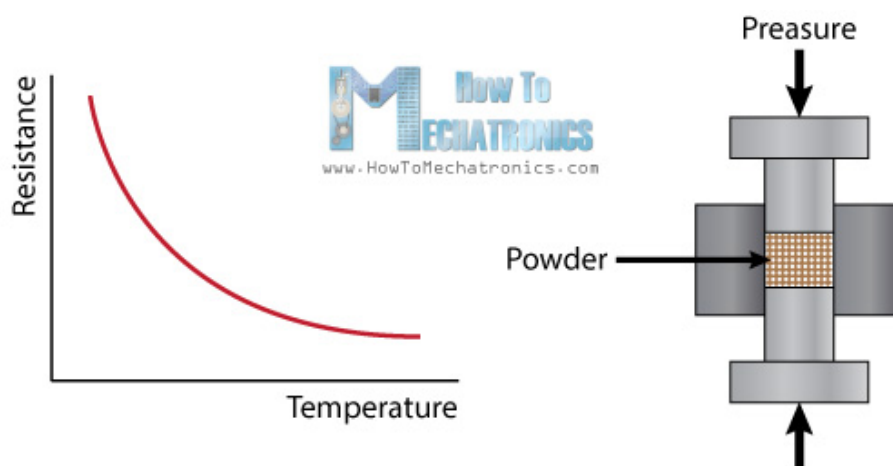


Figura 17 – Relação entre temperatura e a resistência do termistor

## 3.10 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.

### 3.10.1 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.

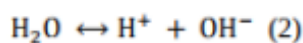
### 3.10.2 Princípio físico de funcionamento

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 ímã permanente para fazer o laço girar. [Page.M, 1999]

## 3.11 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 18 – Equações matemáticas do pH

Desta forma temos que em "água pura"  $\text{pH} = 7,0$ , 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 submergida 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 19 – Valores de medidas estabelecidas pelo fornecedor de pH e DDP

### 3.11.1 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

### 3.11.2 Documentação

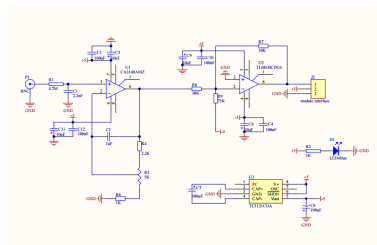


Figura 20 – Sensor de pH

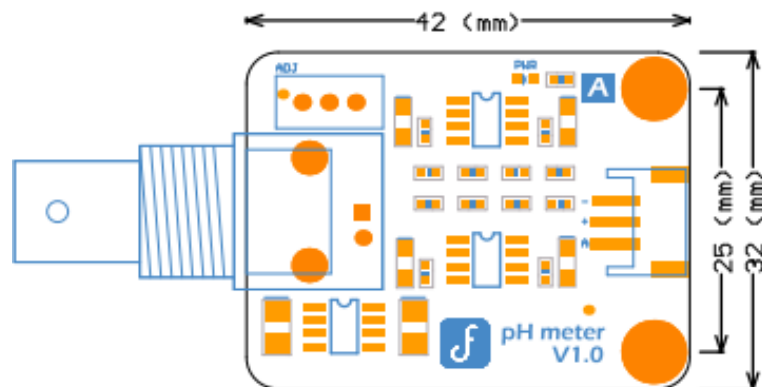


Figura 21 – Amplificador de sinal conexão BNC

Electrode type	range	temperature	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 22 – Parâmetros de medições de acordo com o tipo de sonda

### 3.11.3 Esquema de ligação

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

### 3.11.4 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

## 3.12 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 longa 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.

### 3.12.1 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					
	Derivados de petróleo	5 - 10 min	5 - 20 min					
	Papel, cartão		5 - 20 min	5 - 10 min				5 - 20 min
Tipo de contaminação	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 23 – Soluções especiais



## 4 Resultados



## 5 Orçamento do Projeto