



**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE TABOÃO DA SERRA CURSO TÉCNICO EM  
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS**

**JOÃO VICTOR PEDROSA CARVALHO  
LUANA DE JESUS LIMA  
LUCAS SANTANA SILVA  
LUIZA YOSHIDA LOPES  
RENAN AVELINO MATIAS DE OLIVEIRA**

**PLATAFORMA DE MONITORAMENTO DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO COM  
ESP32**

**TABOÃO DA SERRA – SP**

**2024**

JOÃO VICTOR PEDROSA CARVALHO  
LUANA DE JESUS LIMA  
LUCAS SANTANA SILVA  
LUIZA YOSHIDA LOPES  
RENAN AVELINO MATIAS DE OLIVEIRA

## MONITORAMENTO DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO COM ESP32

Projeto de Pesquisa desenvolvido na disciplina Estudos Avançados em Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Estudos Avançados em Matemática e suas Tecnologias, do Curso Técnico em Desenvolvimento de Sistemas (3º ano) da Escola Técnica Estadual de Taboão da Serra.

Professora: Ma. Júlia Naelly Machado Silva  
Professor: Me. Drausio de Castro

TABOÃO DA SERRA-SP

2024

## RESUMO

Durante muito tempo a humanidade esteve sujeita ao uso de recursos naturais ou de tecnologias primitivas, como câmaras subterrâneas e o uso do sal, para a preservação de alimentos. A partir do século XX, houve desenvolvimento significativo no que se refere ao invento de dispositivos de refrigeração como a geladeira e o freezer, e sua subsequente popularização domiciliar. Apesar da existência de tais aparelhos, há ainda uma considerável parcela de subsídio produzida que é desperdiçada. Em meio aos motivos desse desperdício no âmbito da produção alimentícia, pode-se destacar a carência de supervisão automatizada nesses equipamentos promovendo perdas em decorrência da variação de temperatura, quedas e oscilações de energia. O projeto propõe a criação de uma ferramenta de vigilância e controle de ambientes refrigerados por meio do uso de um sensor de temperatura integrado a um *software mobile*, com o objetivo de precaver e avisar o usuário de possíveis variações térmicas nocivas aos seus produtos, mudanças essas que, eventualmente, podem comprometer o caráter sanitário e biológico desses itens. Para legitimar a idealização do aplicativo foi utilizado a pesquisa de natureza bibliográfica fundamentada em artigos. Os dados levantados apontaram que a perda econômica causada por falhas na cadeia de frio são causadores de preocupações para grandes empresas, visto que a porcentagem de redução destas pode ser elevada. Ademais, o protótipo tem potencial de ser incorporado à tecnologia IoT (*Internet of Things*) por meio de um microcontrolador e uma placa ESP32. Portanto, busca-se mitigar essa problemáticas que abrange tanto a esfera financeira quanto a de saúde.

**Palavras-chave:** sistemas de refrigeração; sistemas embarcados, desperdício de alimento; aplicativo mobile; sistema de monitoramento.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>TEMA .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMA DE PESQUISA.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
4.1	Objetivo geral.....	5
4.2	Objetivos específicos.....	6
<b>5</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
5.1	IoT (Internet das Coisas).....	6
5.2	Sistemas de refrigeração.....	7
5.3	Problemas ocasionados pela não refrigeração e pelo não congelamento de determinados alimentos .....	8
5.4	Microcontrolador como dispositivo de detecção de variações de temperatura em sistemas de refrigeração.....	9
5.5	Aplicação mobile para auxílio no monitoramento .....	11
<b>6</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
7.1	Componentes eletrônicos.....	11
7.1.1	ESP32 .....	11
7.1.2	Protoboard .....	12
7.1.3	Resistores .....	13
7.1.4	Sensor de temperatura .....	13
7.1.5	Jumpers.....	14
7.1.6	LEDs .....	15
7.1.7	Recipiente para os componentes .....	16
7.2	Componentes de <i>software</i> do aplicativo .....	16
7.2.1	Arduino IDE.....	16
7.2.2	MIT App Inventor .....	17
7.3	Criação do <i>website</i> informativo.....	18
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>CRONOGRAMA .....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>

## **1 TEMA**

Diversos alimentos precisam ser conservados por meio da diminuição de temperatura, com a utilização de sistemas de refrigeração. A partir de eventuais defeitos em suas funções, acelera-se o processo de putrefação e proliferação de microrganismos em tais insumos alimentícios, acarretando perdas, desperdício e danos à saúde humana. Portanto, vê-se a necessidade da criação de um software que monitore o estado térmico dessas câmaras frias, por intermédio de um sensor de temperatura, o qual fornecerá as informações de funcionamento desses ambientes via aplicativo *mobile* em tempo real.

## **2 PROBLEMA DE PESQUISA**

Com base na delimitação do tema do projeto, mencionam-se as problemáticas subsequentes:

- a) Como um sistema de monitoramento de câmaras frias auxiliaria no processo de conservação de alimentos, preservando sua qualidade?
- b) Como a aplicação deste sistema possibilitaria a diminuição das taxas de desperdício desses alimentos?
- c) A partir da detecção de um defeito térmico em um sistema de refrigeração, quais providências poderiam ser tomadas?

## **3 HIPÓTESES**

Em virtude do problema de pesquisa sobredito, enfatiza-se a seguinte hipótese:

- a) A produção de um sistema de monitoramento de câmaras refrigeradoras, a partir de um sensor de temperatura integrado a um aplicativo *mobile*, poderá reduzir o impacto da quebra de cadeia de frio durante o processo de conservação alimentícia.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo geral**

Criar um sistema de monitoramento de câmaras de refrigeração, por meio do uso de um sensor de temperatura, de modo a alertar os usuários do software acerca de eventuais variações térmicas indesejadas.

## 4.2 Objetivos específicos

- a) Entender e compreender o funcionamento de sistemas de refrigeração.
- b) Verificar variações de temperatura em sistemas de refrigeração provenientes de adversidades externas (como queda de energia e problemas na fiação) e maneiras de diminuir esses impactos.
- c) Construir, com auxílio da placa ESP32, o sistema responsável por fiscalizar câmaras de refrigeração.
- d) Validar o protótipo e explicitar, por meio de gráficos, as diferentes temperaturas observadas durante um determinado período.
- e) Construir um aplicativo *mobile* que se integrará à placa ESP32 e notificará sobre as oscilações do sistema de refrigeração em monitoramento.

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 IoT (Internet das Coisas)

Segundo a CNN (2023), “a Internet das Coisas ou IoT é uma tecnologia que permite conectar dispositivos do cotidiano à Internet e computadores”. Tal conexão concebe a comunicação e o controle entre esses artefatos, que podem ser carros e eletrodomésticos, por exemplo (Ibid., 2023). De modo geral, essa ligação é estabelecida a partir da integração do meio físico com o digital por meio de WI-FI ou Bluetooth, possibilitando a transmissão de dados por intermédio da nuvem, acarretando o monitoramento em tempo real do que está sendo feito (Ibid., 2023). Portanto, o acesso a diversas informações é passível de ser executado com agilidade e até mesmo à distância.

Para estabelecer a integração do meio físico ao virtual, é concebível utilizar algumas ferramentas. Esses instrumentos podem ser *machine learning* (para a automatização de processos e assertividade dos resultados a serem obtidos), computação em nuvem (com o armazenamento e processamento de informações em tempo real) e inteligência artificial, além de *hardwares* que coletam os dados do dispositivo conectado, transformando-os em úteis à situação de sua utilização (Ibid., 2023). Em relação a estes últimos mecanismos citados, menciona-se a placa de prototipagem Arduino. Segundo Banzi (2011), ela consiste em uma plataforma computacional de fonte aberta, com um sistema de portas de entrada/saída (input/output, ou I/O), que podem ser digitais ou analógicas. Ademais, é possível integrar sensores a esse equipamento, a exemplo do DS18B20, que fornece a

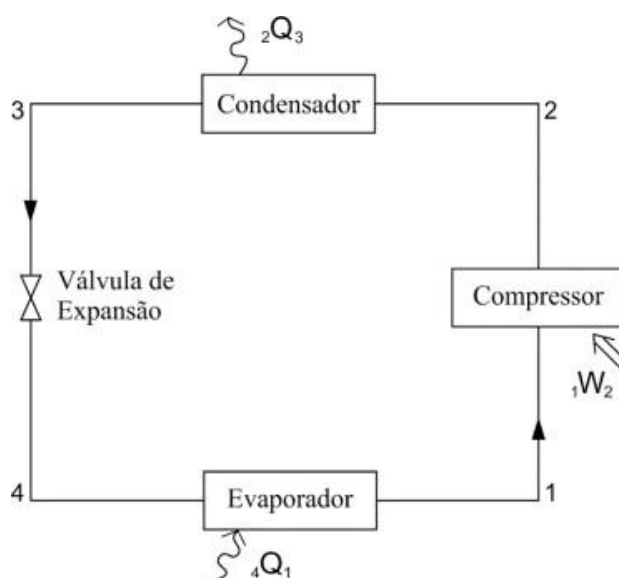
temperatura de um determinado ambiente. Logo, a IoT abrange uma vasta gama de possibilidades de aplicação, usando-se de elementos tecnológicos para tal.

## 5.2 Sistemas de refrigeração

Durante uma parte da história, a sociedade dependeu inteiramente da natureza para conservar seus alimentos, ficando à mercê das mudanças climáticas para a preservação de seus produtos perecíveis (Ronzoni *apud* Gantz, 2020). Com o passar do tempo, inovações foram feitas e sistemas com a função conservativa, que agiam por intermédio da cadeia do frio, foram criados para suprir a necessidade de resguardar produtos sensíveis contra a ação do tempo. Portanto, percebe-se a importância de tal para o cotidiano humano hodiernamente, tendo em vista que o aparelho refrigerador é altamente usado.

Existem alguns tipos de refrigeração notáveis, sendo estes baseados em evaporação natural, refrigeração por gelo, por meio da expansão rápida do ar e utilizando componentes de compressão. O último citado é o mais adotado atualmente, de modo a ser considerado um dos itens mais importantes para a refrigeração, recebendo, durante o processo sistemático, um fluido refrigerante vaporizado a baixa pressão e temperatura e entregando-o, na saída, vaporizado em alta temperatura e pressão (Hugo, 2013), conforme a figura 1.

Figura 1 – Descrição gráfica do funcionamento de um sistema de refrigeração por compressores



Fonte: Hugo *apud* Ashrac (2013).

De acordo com os processos supracitados, nota-se a importância da pressão e

temperatura como variáveis essenciais para o desempenho da função. A medição da última ocorre, normalmente, de maneira indireta, com base na alteração de alguma propriedade física do material, como o “seu comprimento, volume, resistência, entre outras” (Hugo, 2013). Outrossim, as propriedades do fluido refrigerante são essenciais para o funcionamento do aparelho, sendo elas a eficiência de absorção do calor, segurança, índice de destrutividade ambiental, viabilidade econômica, disponibilidade e capacidade termodinâmica (Ibid., 2013), conforme é perceptível no quadro 1.

Quadro 1 - Quadro com as características de alguns refrigerantes

Refrigerante	R22	R134a	R404A	R410A	R717 (NH <sub>3</sub> )	R744 (CO <sub>2</sub> )	R290 (Propano)
Eficiência	😊	😊	😬	😊	😊	😬/😊**	😊
Segurança	😊	😊	😊	😊	😬	😊	😬
Ambiente (ODP, GWP)	😬	😬	😬	😬	😊	😊	😊
Pressão e temperatura	😊	😊	😊	😬	😊	😬	😊
Propriedades químicas	😬	😊	😊	😊	😬	😬	😊
Aspectos econômicos	😊/😬***	😊/😬***	😊/😬***	😊/😬***	😬	😬	😬
Disponibilidade	😊/😬	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Aplicações típicas	Todas	Comercial leve, A/C	Comercial	Comercial, bomba de calor, A/C	Comercial, industrial	Comercial leve, industrial, transportes	Doméstica, comercial leve, comercial, bombas de calor

Fonte: Hugo *apud* Danfoss e Metaphor (2013).

Com isso, compreende-se a importância do conhecimento de tais âmbitos para o entendimento do funcionamento de tal aparato, já que estão diretamente conectados com a eficácia do sistema, bem como com sua sustentabilidade.

### 5.3 Problemas ocasionados pela não refrigeração e pelo não congelamento de determinados alimentos

Já se tornou uma temática recorrente da literatura contemporânea o desperdício de alimentos no mundo. Nesse sentido, nota-se que, de acordo com o PNUMA (2024), “em 2022, 1,05 bilhão de resíduos alimentares foram desperdiçados” no planeta e 60% do desperdício global ocorre nas moradias. Todavia, inversamente, a Embrapa revelou que, no Brasil, 90% do descarte exacerbado vem acontecendo antes dos insumos alimentícios chegarem às prateleiras de comércios, e, posteriormente, às residências (UOL, 2023). Portanto, os dados mostram que tal problemática é de abrangência nacional e internacional.



Outrossim, em entrevista com a Forbes, Isabela Perazza, diretora regional da GCCA (*Global Cold Chain Alliance*), afirma que o desperdício de insumos alimentícios ocorre principalmente em situações como variações de temperatura no transporte desses produtos, avarias em embalagens durante o manuseio e expiração do prazo de validade (Forbes, 2022). A partir disso, tais cenários são, majoritariamente, causados pelo armazenamento inadequado relacionado à atmosférica termométrica das mercadorias do ramo. A nível global, essas perdas representam aproximadamente um terço do alimento produzido, ou, 1,3 bilhão de toneladas todos os anos (EMBRAPA, [entre 2016 e 2024]). Logo, observa-se a dimensão desse problema, que é gerado por fatores que afetam toda a cadeia de produção e de deslocamento.

Ademais, para a Kroger, maior rede de supermercados dos Estados Unidos, o desperdício de alimentos representa por volta de US\$ 5,6 bilhões (R\$ 29,9 bilhões na cotação atual), sendo assim 4% do total de vendas anuais (Forbes, 2022). Outras mercearias possuem um índice de encolhimento de 5% a 7% (Ibid., 2022). Assim, enfatiza-se que essa temática também envolve um fator significativamente relevante à comercialização desses produtos: o econômico.

Além disso, outro ponto a ser levado em consideração é o sanitário. Sob esse viés, O IIR (*International Institute of Refrigeration*) aponta ainda que 12% dos alimentos produzidos globalmente em 2017 foram desperdiçados devido à insuficiência de cadeia de frio, que consiste em uma estrutura física que envolve sistema de armazenamento, transporte e manuseio em condições favoráveis de temperatura dos imunobiológicos. Nesse sentido, sua ausência pode causar a ação de microrganismos em excesso, a exemplo dos mais comuns em carnes, como os termofílicos, mesofílicos, psicotrópicos e psicrofílicos, sendo esses dois últimos os mais resistentes ao frio, tendo sua atividade de reprodução retardada, mas não cessada (Fellows *apud* Souza *et al*, 2013). Consequentemente, a putrefação tarda a ocorrer caso processos de congelamento (para estocagem) e refrigeração (para períodos próximos ao consumo) sejam implementados, dificultando possíveis intoxicações e contrações de doenças.

#### **5.4 Microcontrolador como dispositivo de detecção de variações de temperatura em sistemas de refrigeração**

Um microcontrolador é um pequeno computador em um único chip, projetado

para executar tarefas específicas de controle em dispositivos eletrônicos, integrando processador, memória e periféricos de entrada/saída. Ideal para uma variedade de aplicações, desde eletrodomésticos até sistemas de automação industrial, ele funciona a partir do carregamento do *firmware* na memória de programa. A CPU busca, decodifica e executa as instruções em um ciclo contínuo, interagindo com os periféricos de entrada e saída para processar sinais de sensores e controlar atuadores (Leite *et al*, 2020). Logo, todos seus componentes trabalham em conjunto para realizar o que lhes é exigido na situação em questão.

De maneira geral, os principais componentes de um microcontrolador incluem a CPU (responsável por executar instruções) e diversos tipos de memória, tais quais ROM/Flash (para armazenar o *firmware*), RAM (para dados temporários) e EEPROM (para dados permanentes). Além disso, há os periféricos de entrada/saída, que permitem a comunicação com outros dispositivos e podem incluir portas digitais, ADC, temporizadores, contadores e interfaces seriais. Ademais, menciona-se que esse hardware contempla um oscilador de *clock* (que sincroniza as operações), um controlador de interrupções e um *watchdog timer*, sendo esses dois últimos itens que garantem a resposta a eventos externos e a reinicialização em caso de falhas (Leite *et al*, 2020). Assim, esses componentes permitem a execução eficiente de tarefas específicas com baixo consumo de energia, essenciais para sistemas embarcados.

Após a leitura do documento "Proposta de automação de baixo custo para aviários utilizando o microcontrolador ESP32", percebe-se a eficácia desse hardware para o monitoramento de temperatura. Tal projeto demonstra como a placa ESP32, similar ao arduino, capta informações termométricas do ambiente por meio de sensores e encaminha esses dados diretamente ao aplicativo desenvolvido pelos autores (Leite *et al*, 2020). Portanto, essa experiência pode ser utilizada para outros segmentos, como a verificação de sistemas de refrigeração e congelamento de insumos alimentícios.

Ciente dessa eficácia, esta equipe decidiu utilizar o mesmo hardware para o projeto de monitoramento dos refrigeradores. Em linhas gerais, o sistema funcionará de maneira simples: o microcontrolador, interligado a sensores de temperatura, receberá as informações e as enviará diretamente para o aplicativo desejado, seguindo a mesma abordagem bem-sucedida do projeto supracitado. Desse modo, aplicar-se-á a tecnologia, especificamente a Internet das Coisas (IoT), para mitigar um problema que atinge as esferas sanitária e econômica.

## 5.5 Aplicação mobile para auxílio no monitoramento

Um *framework* é um conjunto de blocos de código ou novas palavras-chaves, que estendem o funcionamento original de uma linguagem (Bittencourt, 2021). O React Native, derivado do JavaScript, “permite criar aplicativos móveis renderizados nativamente para iOS e Android” (Cunha, 2023), permitindo a instalação do *software* a partir da Google Play Store e Apple Store e, conseqüentemente, aumentando o alcance de usuários possíveis. Logo, pretende-se estabelecer uma comunicação entre o *app* e o ESP32 com um servidor agindo como intermediário, e, a partir do envio (microcontrolador) e solicitação (sistema portátil), gerar gráficos que permitam uma melhor análise e observação dos valores coletados pelos sensores.

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

### 6.1 Componentes eletrônicos do protótipo

Para a construção do protótipo físico, foram necessários componentes eletrônicos, responsáveis pela conexão entre os equipamentos, possibilitando a medição da temperatura e o alerta da detecção de certa anormalidade relativa à cadeia de frio. A tabela 1 lista os itens selecionados para o desenvolvimento do sistema material do qual o vigente documento se propõe a tratar.

Tabela 1 - componentes físicos utilizados na construção do projeto

Componentes	Quantidade
ESP32	1
Protoboard	1
Resistores	5
Sensor de temperatura	2
<i>Jumpers</i>	vários
LEDs	2
Recipiente para os componentes	1

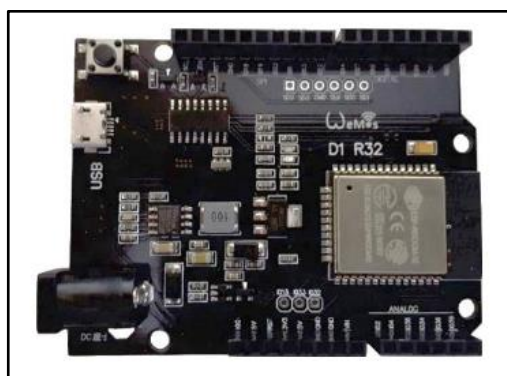
Fonte: Autoria própria (2024).

#### 6.1.1 ESP32

O ESP32 (Figura 1) se trata de um chip com função de microcontrolador (ou seja, aparelho programável com portas de entrada e saída) produzido pela empresa

Espressif e que suporta temperaturas de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $120^{\circ}\text{C}$ , além de, diferentemente do Arduino, possuir a funcionalidade de conexão à distância integrados, como *bluetooth* e *Wi-Fi* (Espressif, 2019 *apud* Martins, 2019). Tal característica torna sua utilização mais vantajosa em comparação à outra plataforma, uma vez que descarta a necessidade da compra de módulos que integrem recursos básicos e necessários para a aplicação da Internet das Coisas (IoT) à placa. Neste contexto, este item foi responsável por, além de guardar as informações lógicas do sistema, conectar-se ao aplicativo *mobile*, disponibilizando, no processo, os dados termométricos encontrados durante o monitoramento.

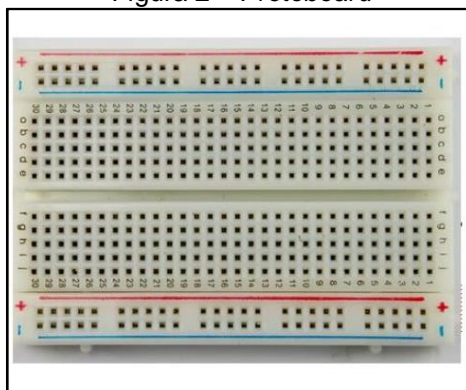
Figura 1 – Placa Wemos D1 R32



Fonte: (Nascimento, 2020)

#### 6.1.2 Protoboard

A *protoboard* (Figura 2) é uma base de prototipagem assaz usada por não necessitar soldagem, tornando-a reutilizável (Rodrigues; Sartori; Gouveia, 2019). Ela é composta por duas matrizes, sendo a primeira (Matriz 2) formada por duas colunas e responsável pela conexão energética, enquanto a segunda (Matriz 5), com cinco, propõe-se a transmitir-la linha a linha. Esta característica foi utilizada para a ligação dos componentes, já que facilita a distribuição elétrica eficazmente.

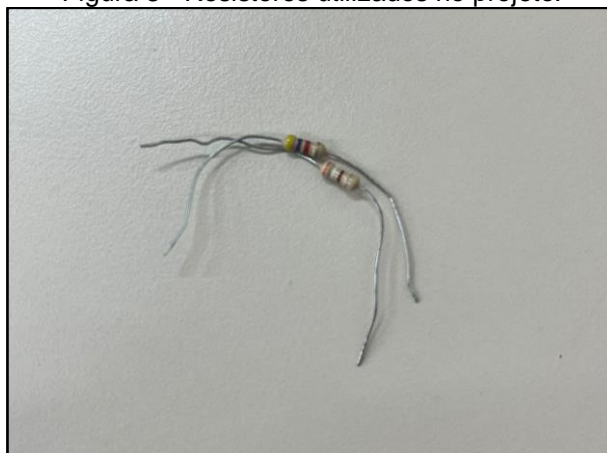
Figura 2 – *Protoboard*

Fonte: adaptado de (Sousa, 2018).

### 6.1.3 Resistores

Os resistores são materiais que, durante a passagem de uma corrente elétrica, apresentam certa barreira a ela, diminuindo-a e controlando-a (). Pode-se descobrir, facilmente, seu valor (este sistematizado pela unidade “Ohm” e representado pelo símbolo  $\Omega$ ) por intermédio da combinação de cores presentes no corpo do material. No circuito, foram utilizados três dos materiais supracitados, sendo um de  $4.7\text{ k}\Omega$  e dois de  $390\ \Omega$  para, respectivamente, ajustarem o fluxo de energia do sensor de temperatura e dos dois LEDs (Figura 3).

Figura 3 - Resistores utilizados no projeto.



Fonte: autoria própria (2024).

### 6.1.4 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura, elemento basilar para o escopo do projeto, possui como principal objetivo captar os índices termométricos do local em monitoramento. Para isso, optou-se por utilizar o modelo DS18B20 (Figura 4), o qual é à prova d'água e contém um pino responsável por analisar as condições, além de um cabo, dividido

em três partes (fio VCC, GND e outro para dados, respectivamente nas cores vermelha, preta e amarela), que serve como passagem para a fonte de alimentação e para a passagem de dados (Lousada, 2022).

Figura 4 – Componente de resfriamento



Fonte: adaptado de (Engineers, 2024).

#### 6.1.5 Jumpers

Os *jumpers* (Figura 5), por definição, são “cabos ou fios elétricos com pontas devidamente preparadas para fazer as conexões elétricas entre os componentes de um circuito [...]” (Lima; Costa, 2019). Tal material possui três tipos de extremidades que podem ser escolhidas a depender da necessidade de conexão: macho-macho, fêmea-fêmea e macho-fêmea. No projeto, os esses itens foram utilizados para integrar a placa ESP32 aos LEDs, ao sensor e à *proto board*.

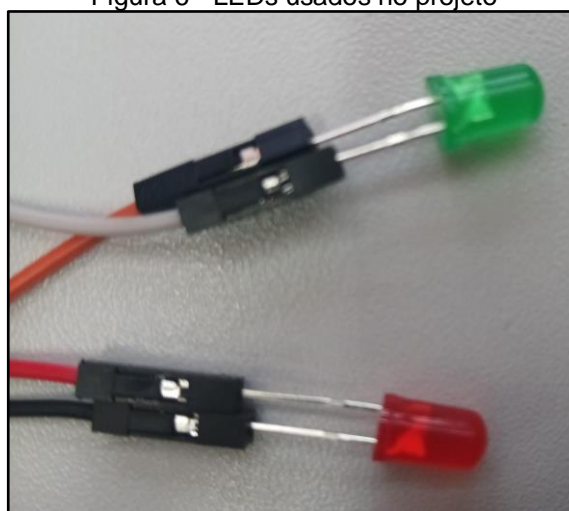
Figura 5 - Exemplo de *jumpers*

Fonte: (Livre, 2024).

#### 5.1.6 LEDs

O LED (Figura 6) é um diodo, componente feito de germânio ou silício cuja corrente elétrica percorre em uma única polarização (Mattede, 2024), capaz de emitir um feixe luminoso. Neste trabalho, esse material foi usado para sinalizar se a temperatura do ambiente está adequada (menor que 0°C para congelamento e entre 0° e 4° para resfriamento, situações representadas pela luz verde) ou inadequada (ilustrada pela luz vermelha, que representa uma temperatura igual ou maior que 0°) para os paradigmas estabelecidos previamente na programação com base em Junior (2021).

Figura 6 - LEDs usados no projeto



Fonte: Autoria própria (2024).

### 5.1.7 Suporte para os componentes

Por intermédio de uma impressora 3D, o grupo projetou e imprimiu, por meio do software “OnShape”, duas peças complementares que juntas abrigam os componentes do trabalho (Figura 7). Possuem entradas e saídas que permitem a visualização dos LEDs e do sensor de temperatura sem expor peças frágeis, como o microprocessador, os *jumpers* e a *protoboard*, evitando danificá-las. Além disso, ambas se encaixam como uma espécie de “gaveta”, possibilitando a fácil manipulação dos elementos internos caso seja necessário.

Figura 7 - Recipiente para abrigar o projeto



Fonte: Autoria própria (2024).

## 6.2 Componentes de *software* do aplicativo

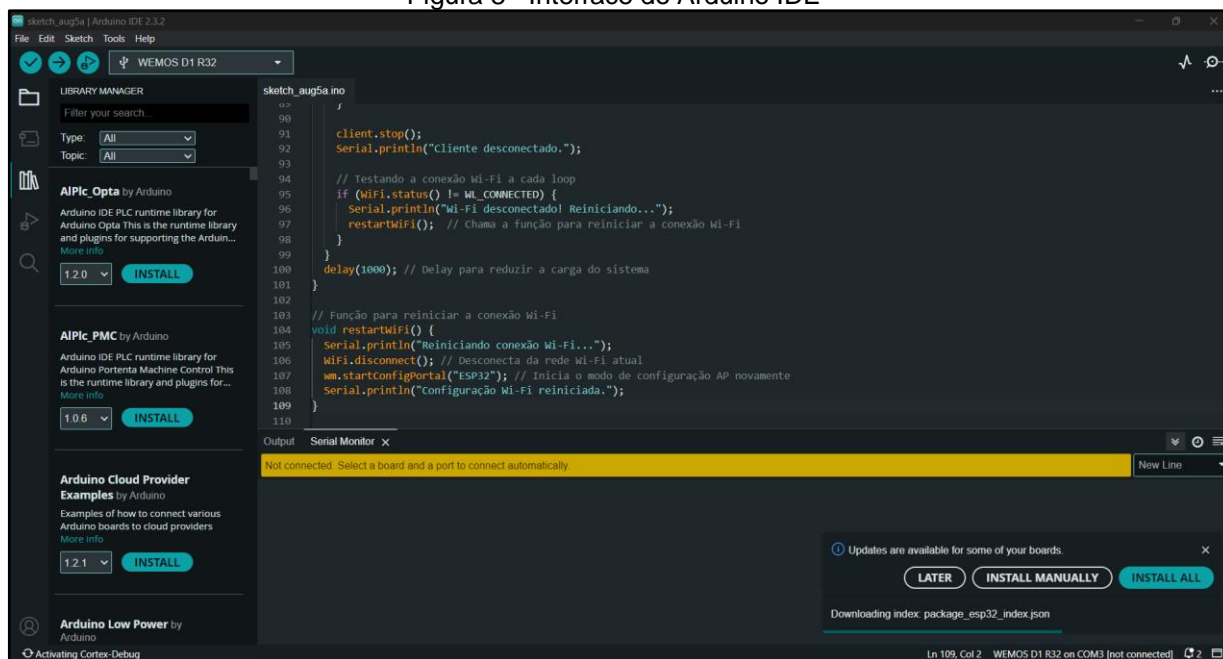
### 6.2.1 Arduino IDE

Embora este projeto não utilize Arduino, o componente Wemos D1 R32 aceita programação advinda do IDE próprio da primeira placa mencionada: *Arduino Integrated Development Enviroment* (Figura 8), que utiliza a linguagem de programação C. Este é instalado no computador, possibilitando a edição e o carregamento de código à plataforma de prototipagem conectada. Essa comunicação é efetuada por intermédio de um cabo com entrada USB de um lado e MicroUSB de outro (no caso de itens do tipo esp32). Para o funcionamento pleno deste sistema,



foram usadas algumas bibliotecas, instaladas diretamente no ambiente de criação: esp32, WiFiManager, OneWire, DallasTemperature e WiFi, de maneira a facilitar a obtenção e a transmissão dos dados termométricos do sensor DS18B20.

Figura 8 - Interface do Arduino IDE

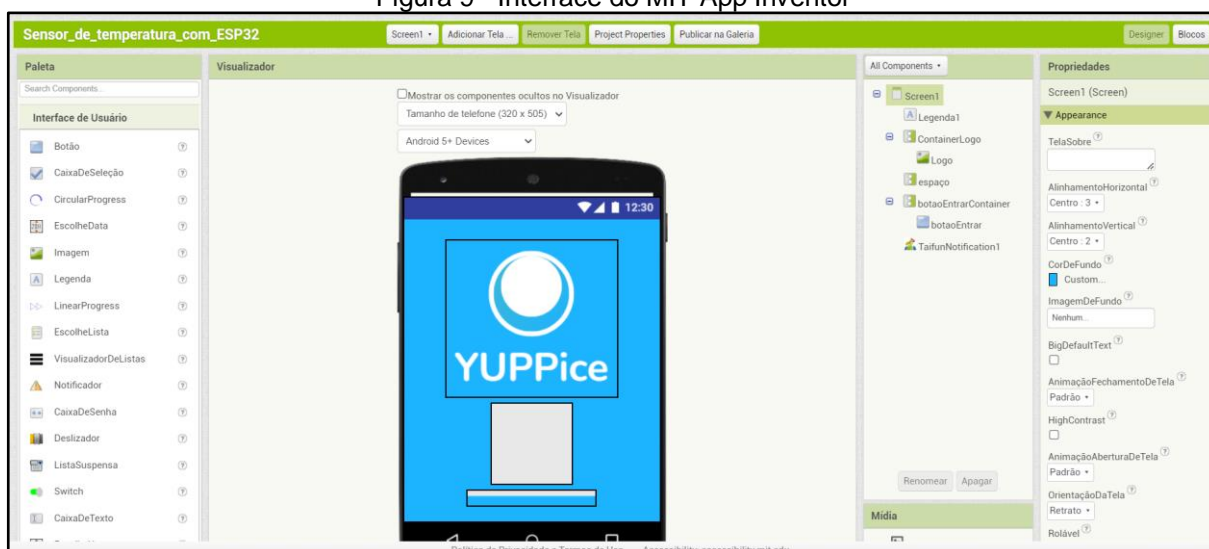


Fonte: autoria própria (2024).

## 7.2.2 MIT App Inventor

Para a demonstração dos dados de temperatura do sensor supracitado, usou-se a plataforma MIT App Inventor (Figura 9), que permite a criação de aplicativos por meio de programação blocada (*low code*). Essa ferramenta contempla diversos componentes de desenvolvimento, a exemplo de servidor *web*, notificadores e temporizadores, os quais foram utilizados neste projeto, a fim de propagar as informações termométricas em tempo real à aplicação *mobile*, apresentando se elas se enquadram nas faixas de congelamento (menor que  $-2^{\circ}\text{C}$ ) e resfriamento (entre  $-1^{\circ}\text{C}$  e  $8^{\circ}\text{C}$ ) ou fora delas. Por fim, o nome do *app* é YuPPice.

Figura 9 - Interface do MIT App Inventor

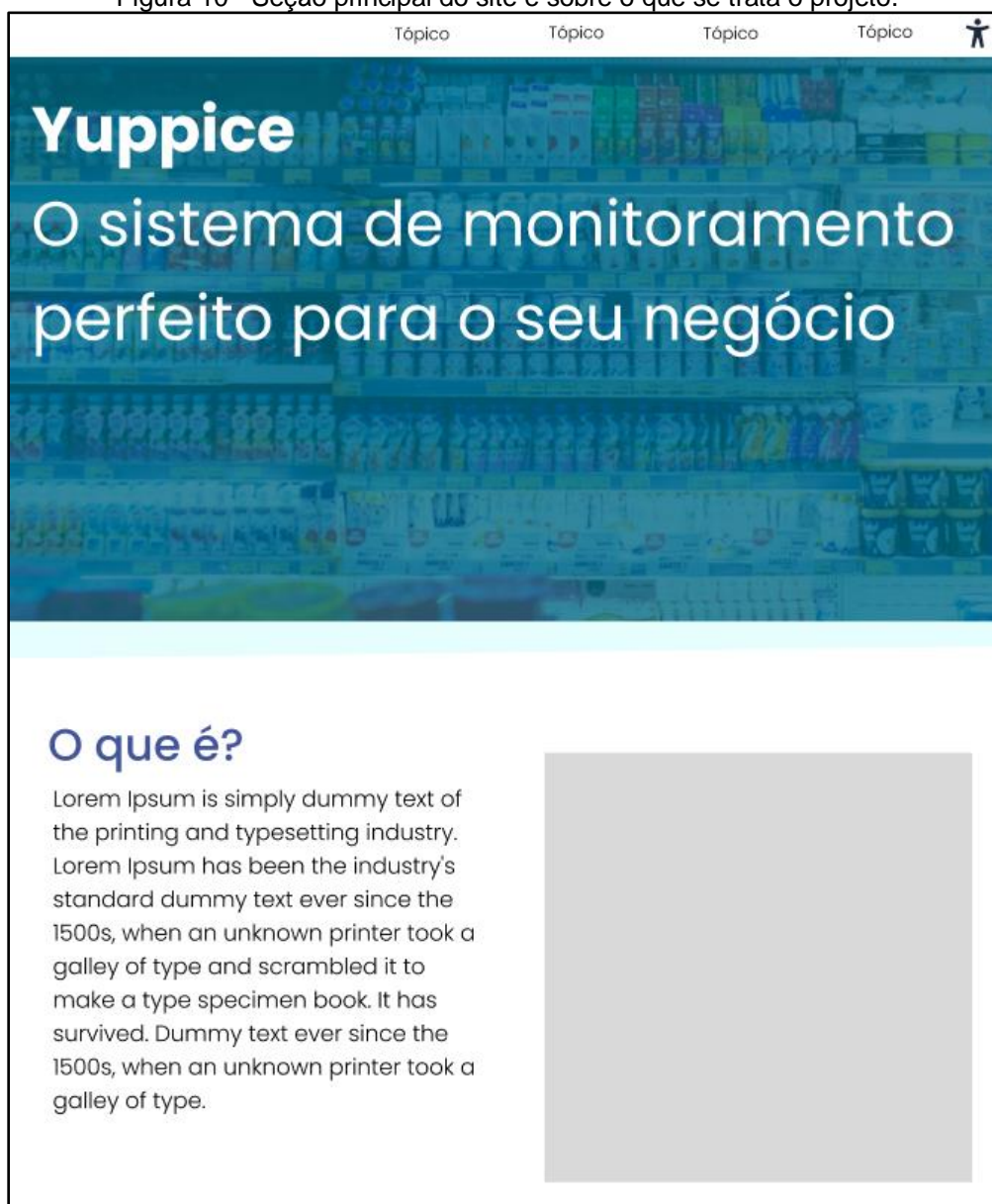


Fonte: autoria própria (2024).

### 7.3 Criação do *website* informativo

O site informativo foi desenvolvido para divulgar os procedimentos realizados na execução do presente trabalho. Para isso, usou-se o Figma para a prototipação, o ambiente de desenvolvimento integrado *online* Replit, que fornece a opção de edição simultânea de projetos entre os integrantes do grupo, o software de versionamento Git, que permite o controle e a visualização dos códigos e suas mudanças pela equipe e, por último, o Vercel, para hospedar o *website*. Ademais, foram utilizadas as linguagens HTML, CSS e Javascript, sendo a primeira de marcação e com o intuito de criar os itens da página, a segunda, de estilização, e a última com função lógica. A figura 10 mostra, no protótipo, a seção principal da página e sobre o que se trata o projeto.

Figura 10 - Seção principal do site e sobre o que se trata o projeto.



Fonte: autoria própria (2024).

A figura 11 mostra as seções de funcionamento e importância do projeto.

Figura 11 - seções “Como funciona” e “Importância” do site



Fonte: autoria própria (2024).

A figura 12 mostra a seção de materiais utilizados e a parte “sobre nós”.

Figura 12 - seções de materiais usados e de quem são os autores.



Fonte: autoria própria (2024).

Por fim, há a parte de fotos do projeto e contato com os autores, conforme a figura 13.

Figura 13 - seção de fotos do projeto e contato

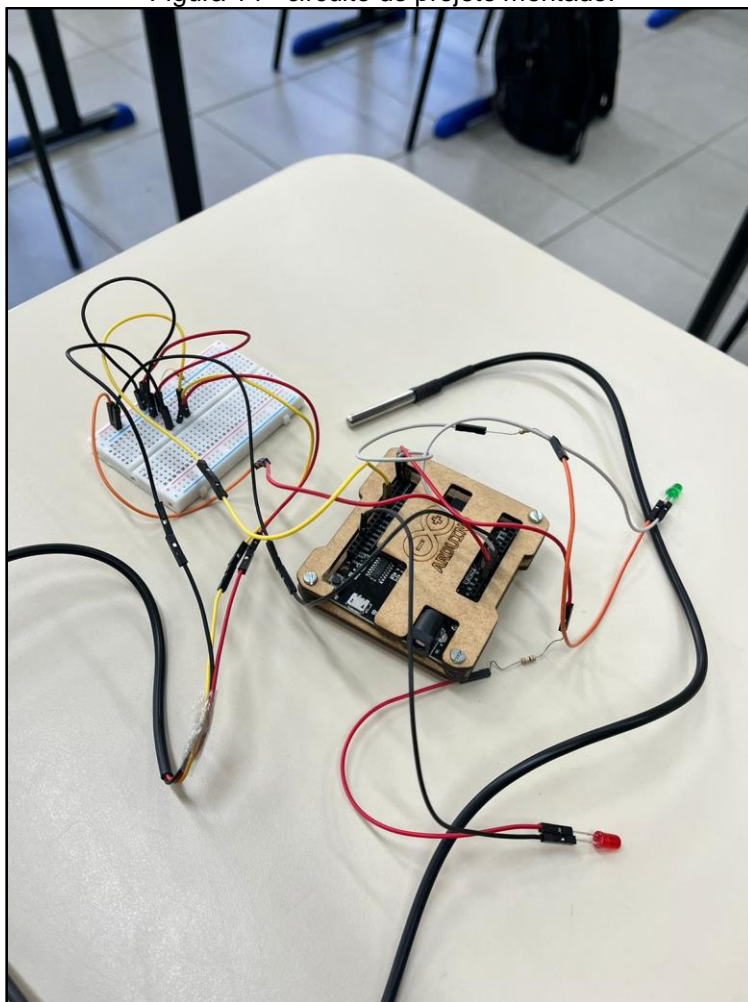


Fonte: autoria própria (2024).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização dos componentes supracitado possibilitou o desenvolvimento do circuito para determinação das condições de refrigeração, conforme mostra a figura 14. Neste sistema, um dos dois LEDs acenderão, de acordo com a temperatura do local, e o sensor obterá os dados relativos ao índice de resfriamento do lugar. A placa ESP32, como já mencionado, guardará os códigos e conectar-se-á com a aplicação *mobile*.

Figura 14 - circuito do projeto montado.

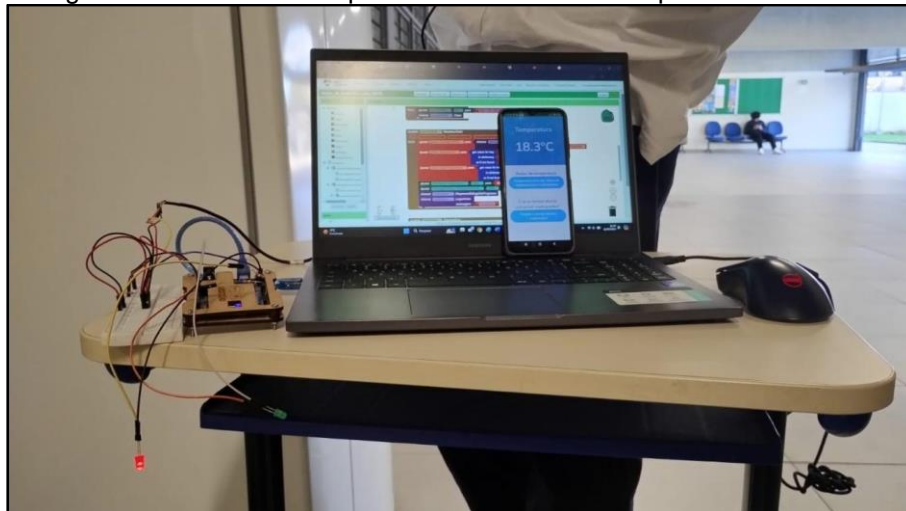


Fonte: autoria própria (2024).

Ao submeter o sensor a uma temperatura ambiente, o aplicativo *mobile*, conforme demonstra a figura 15, captou uma temperatura de 18.3°C, e o LED vermelho acendeu, indicando que o local apresenta condições inadequadas para a conservação de insumos alimentícios, uma vez que o sensor não estava dentro de nenhuma câmara de refrigeração/congelamento.



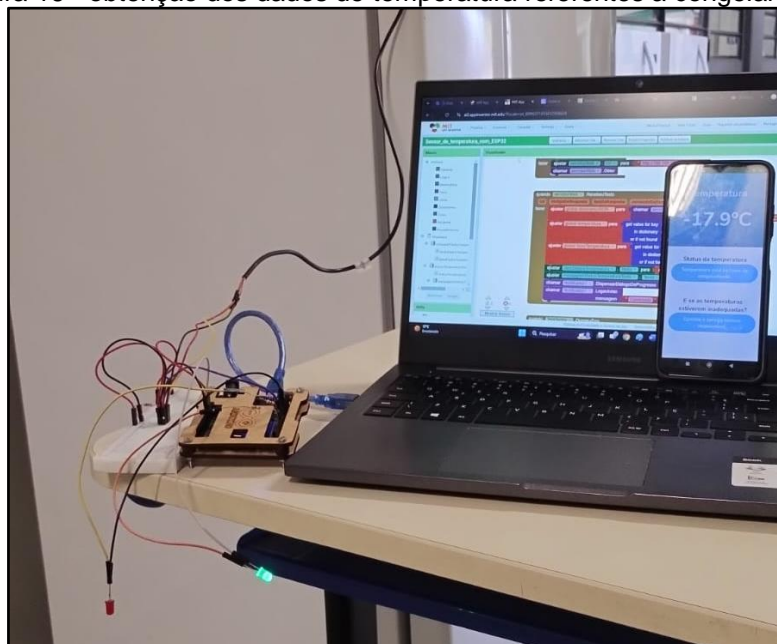
Figura 15 - sensor de temperatura analisando a temperatura ambiente.



Fonte: autoria própria (2024).

Ulteriormente, o sensor de temperatura foi alocado para o *freezer* da geladeira da Etec de Taboão da Serra e, imediatamente, a temperatura diminuiu, alcançando a margem de  $-18^{\circ}\text{C}$ , de modo a acender o LED verde que, como já verificado anteriormente, indica uma condição favorável ao armazenamento de alimentos, neste caso, congelados, conforme a figura 16.

Figura 16 - obtenção dos dados de temperatura referentes a congelamento



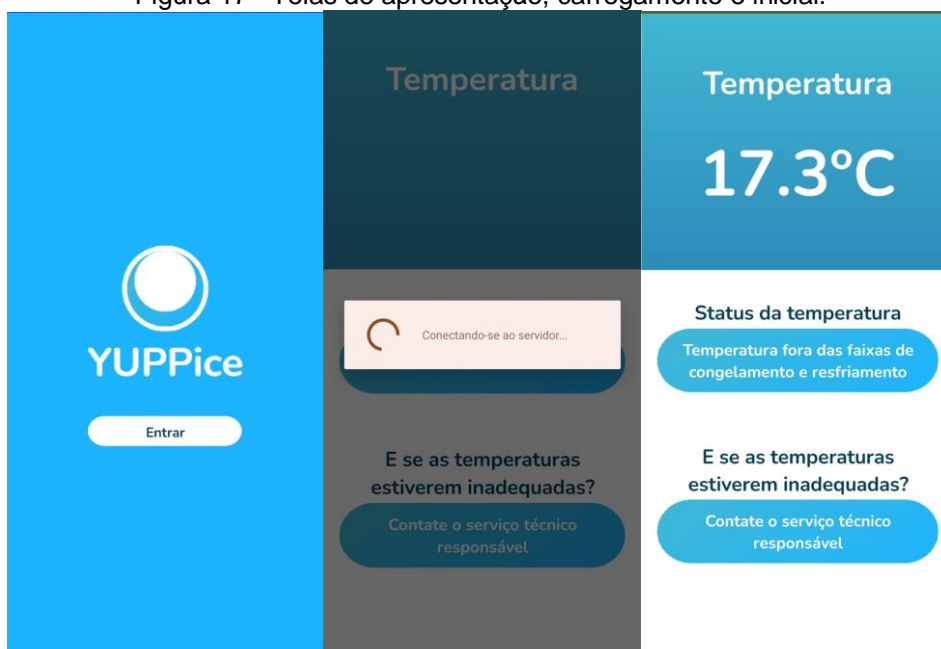
Fonte: autoria própria (2024).

Os resultados mais precisos da condição de temperatura do âmbito



supervisionado são demonstrados em um aplicativo para dispositivos móveis. Ao acessá-lo, uma tela com o nome e logo do projeto será apresentada, e abaixo, haverá a opção “Entrar”. Ao ser pressionada, direcionar-se-á para a aba de informações termométricas, com internet e o servidor que providencia os dados, mostrando-os (Figura 17). Vale ressaltar que antes de entrar na aplicação, o usuário terá que se conectar à rede “ESP32” nas configurações do aparelho usado.

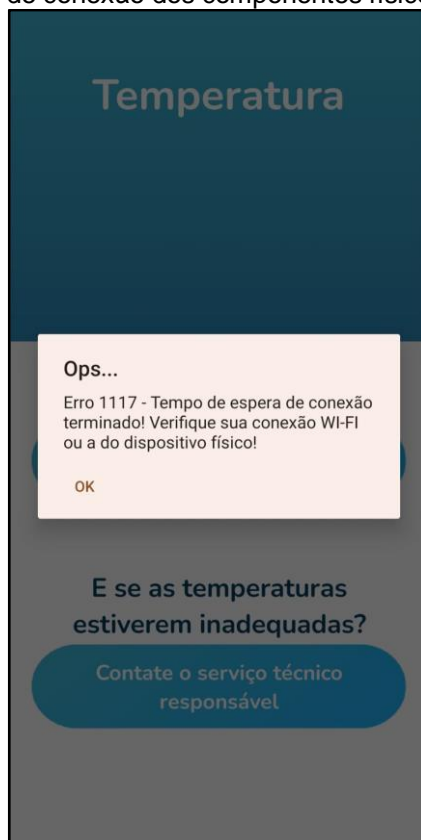
Figura 17 - Telas de apresentação, carregamento e inicial.



Fonte: autoria própria (2024).

Caso haja algum erro de conexão, quer seja dos componentes interligados no circuito, quer seja de rede, o *software* apresentará a seguinte mensagem, conforme explicitado na figura 18.

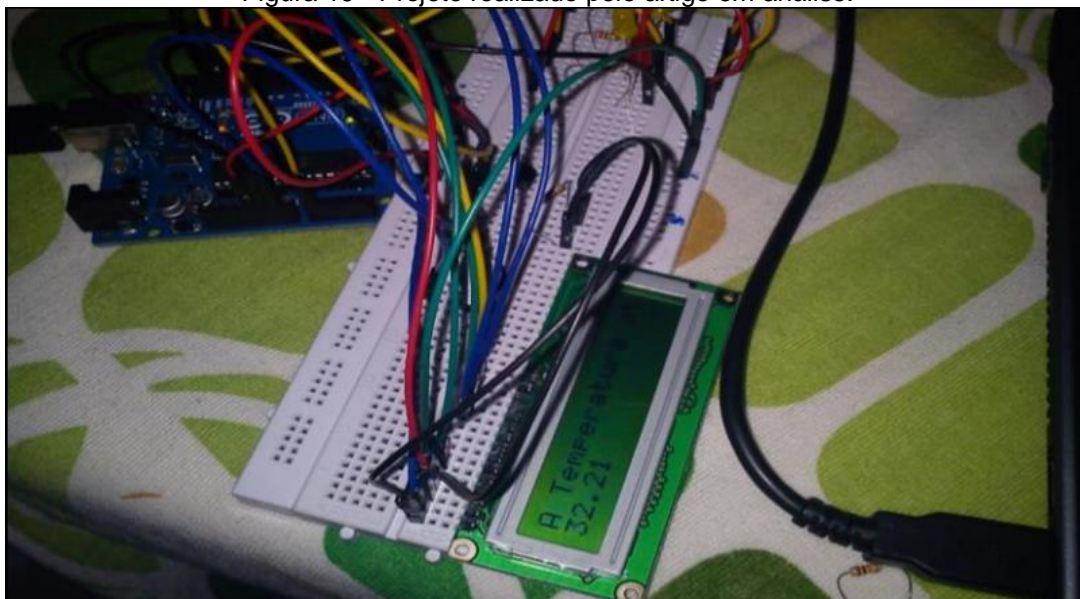
Figura 18 - erro de conexão dos componentes físicos ou da internet.



Fonte: autoria própria (2024).

Comparando com a produção de Silva (*et al*, 2014), é perceptível a ocorrência de diferenças de composição, mecanismos e métodos de ambos os projetos. Primeiramente, seu sistema não possui um aplicativo que possibilite o monitoramento da temperatura de um ambiente a médias distâncias por meio de conexão *wi-fi*, mas, ao contrário disso, disponibiliza um *display* LCD que demonstra os dados presencialmente (Figura 19). Ademais, os autores também usaram um *buzzer* (ou seja, um dispositivo de emite sons, configurado, neste contexto, como um alarme) que é acionado após ultrapassar determinada temperatura, além de um sensor diferente (LM35). Outrossim, ao invés do sistema ESP32, usa-se o Arduino, que, como mencionado anteriormente, não possui funções de *internet* e *bluetooth* integradas (o que é compreensível, já que estas não foram utilizadas no escopo proposto por eles). Com isso, torna-se visível que os dois protótipos apresentem grandes diferenças físicas e funcionais, já que um permite a análise à distância, enquanto o outro exige a presença física com elementos adicionais, como emissores de sons e visores.

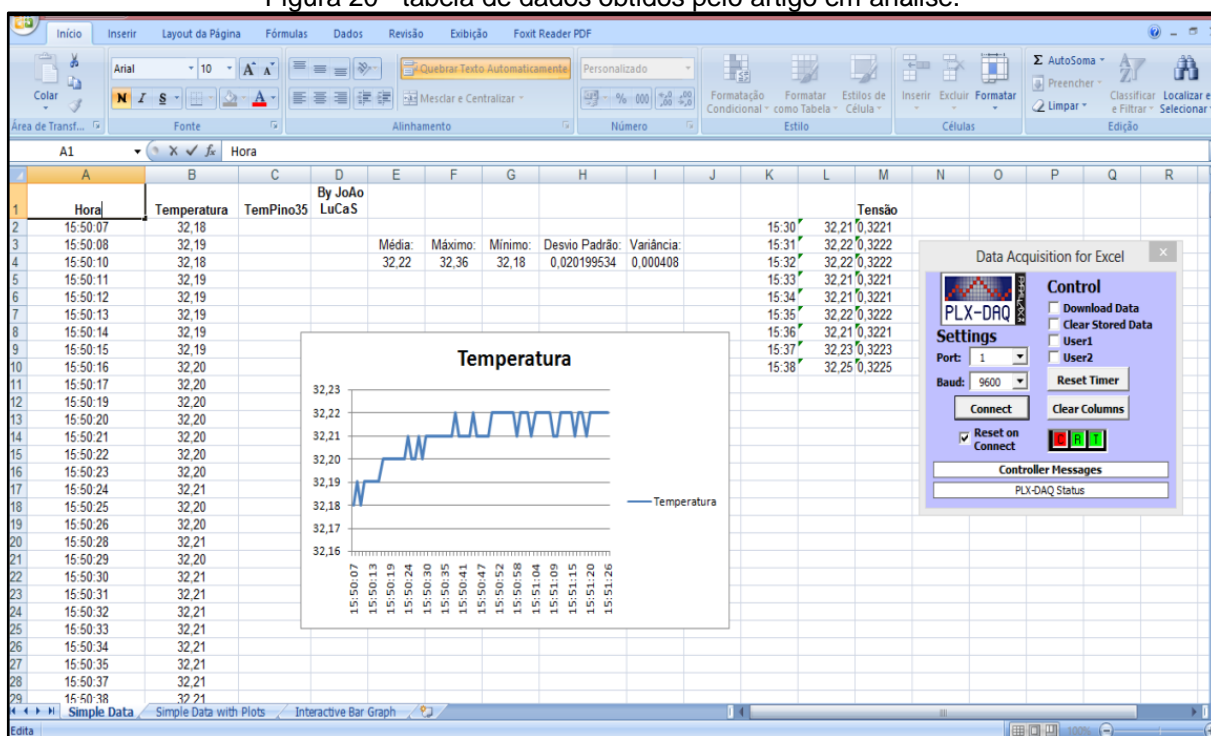
Figura 19 - Projeto realizado pelo artigo em análise.



Fonte: Silva *et al* (2014).

Outro aspecto discrepante é o fim promovido aos dados obtidos por cada dispositivo. As informações conseguidas pelo produto externo em análise são organizadas em tabelas excel (Figura 20), em que são calculados o valor mínimo, máximo, médio, de desvio padrão e a variância, bem como são criados gráficos que possibilitem a interpretação das informações visualmente para prover diferentes cenários que facilitem a análise dos sensores usados pelos autores, cujo intuito é o uso da estatística para a análise de componentes eletrônicos (Silva *et al*, 2014). Enquanto isso, o vigente projeto não trata os dados, tampouco os armazena, pois estes são apenas ilustrados momentaneamente para visualização *in app*.

Figura 20 - tabela de dados obtidos pelo artigo em análise.



Fonte: Silva *et al* (2014).

Com base nos aspectos supracitados, entende-se que os principais aprimoramentos a serem realizados no projeto estão relacionados à obtenção mais profunda de dados referentes às temperaturas fornecidas. Ademais, é necessário tratá-los, de modo que eles sejam apresentados de maneira gráfica e visual, por intermédio de tabelas, por exemplo, como no artigo/empreendimento de Silva (*et al*, 2014). Por fim, pretende-se testar o funcionamento do protótipo em um tempo contínuo, como 30 minutos, a fim de que possam ser verificadas eventuais variações termométricas. Assim, poder-se-á averiguar, de forma mais precisa, a aplicação da proposta do presente trabalho.

## 8 CRONOGRAMA

Para o desenvolvimento deste projeto, foram elencadas as seguintes etapas: revisão bibliográfica, desenvolvimento e testagem do projeto físico (com ESP32), desenvolvimento e testagem do aplicativo para integração, redação do diário de bordo/artigo e apresentação do trabalho final. A tabela 2 representa, de maneira geral, o tempo em que cada fase será realizada.

Tabela 2 - Cronograma de desenvolvimento do projeto

Etapas		2024					
	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
Revisão bibliográfica	x						
Desenvolvimento e testagem do projeto físico (com ESP32)		x	x				
Desenvolvimento e testagem do aplicativo para integração			x	x	x		
Redação do Diário de Bordo/Artigo					x	x	
Apresentação do trabalho final							x

Fonte: os autores.

## REFERÊNCIAS

BANZI, Massimo. Introdução. In: BANZI, Massimo. **Primeiros Passos com o Arduino**. [S. l.]: Novatec Editora Ltda, 2011. cap. 1. Disponível em: <https://s3.novatec.com.br/capitulos/capitulo-9788575222904.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2024.

BAHA, M.; DUPONT, J. L. **Cold storage conditions for fruits and vegetables**: Practical recommendations for the cold storage of over 200 cultivars of fruits, vegetables and herbs (storage temperatures, relative humidity, storage time, controlled atmosphere conditions).. [S. l.]: International Institute of Refrigeration, 16 jan. 2023. Disponível em: <https://iifiir.org/en/encyclopedia-of-refrigeration/cold-storage-conditions-for-fruits-and-vegetables>. Acesso em: 9 jun. 2024.

BITTENCOURT, Jeniffer. **Framework: o que é e pra que serve essa ferramenta?** 2021. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/framework-o-que-e-pra-que-serve-essa-ferramenta>. Acesso em: 12 jun. 2024.

CNN. **Internet das Coisas: o que é, como funciona e exemplos de uso**: Entenda o que é Internet das Coisas, como ela funciona, qual é a sua importância e alguns exemplos de uso no cotidiano de pessoas e empresas. [S. l.], 29 ago. 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/internet-das-coisas/>. Acesso em: 3 jun. 2024.  
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/12175/9016>

CUNHA, André. **React Native: o que é e tudo sobre o Framework**. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/react-native>. Acesso em: 12 jun. 2024.

EMBRAPA (Brasil). **Perdas e desperdício de alimentos**. In: EMBRAPA (Brasil). Perdas e desperdício de alimentos. [S. l.], [entre 2016 e 2024]. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos/sobre-o-tema>. Acesso em: 9 jun. 2024.

FORBES (Brasil). **Desperdício de alimentos custa bilhões de dólares aos contribuintes dos EUA**. In: FORBES (Brasil). Desperdício de alimentos custa bilhões de dólares aos contribuintes dos EUA. [S. l.], 20 jul. 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/07/desperdicio-de-alimentos-custa-bilhoes-de-dolares-aos-contribuintes-dos-eua/>. Acesso em: 9 jun. 2024.

HUGO, Éverton. **DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR**. Caxias do Sul, 8 jul. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1810/TCC%20Everton%20Toigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 jun. 2024.

LEITE, M. A. F.; SILVA, G. H. A.; SANTOS, P. R. C.; SILVA, J. S. Proposta de automação de baixo custo para aviários utilizando o microcontrolador ESP32. In: CONGRESSO DE AGROINFORMÁTICA, 12., 2020, Buenos Aires. **Objeto de conferência**. Cuiabá: Sadio, 2020. p. 386-397. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/115670>. Acesso em: 12 jun. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Rede de Frio**. In: MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Rede de Frio. [S. l.], s.d 20---. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/vacinacao/rede-de-frio>. Acesso em: 9 jun. 2024.

PNUMA. **Mundo joga fora mais de 1 bilhão de refeições por dia, aponta Índice de Desperdício de Alimentos da ONU**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/264451-mundo-joga-fora-mais-de-1-bilh%C3%A3o-de-refei%C3%A7%C3%B5es-por-dia-aponta-%C3%ADndice-de-desperd%C3%ADcio-de>. Acesso em: 07 jun. 2024.

RONZONI, Adriano Francisco. **Como funciona um sistema de refrigeração?**. [S. l.], 21 dez. 2020. Disponível em: <https://revistadofrio.com.br/como-funciona-um-sistema-de-refrigeracao/>. Acesso em: 3 jun. 2024.

UOL PARA MARCAS. **Estudo da Nestlé desafia marcas a atuar contra o desperdício de alimentos**. Disponível em: <https://blog.publicidade.uol.com.br/insights/estudo-da-nestle-desafia-marcas-a-atuar-contra-o-desperdicio-de-alimentos/>. Acesso em: 07 jun. 2024.

SOUZA, M. C.; TEIXEIRA, L. J. Q.; ROCHA, C. T.; FERREIRA, G. A. M.; LIMA FILHO, T. EMPREGO DO FRIO NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS. **Enciclopédia Biosfera**, Alegre, v. 9, n. 16, p. 0-0, jul. 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/EMPREGO%20DO%20FRIO.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2024.

BRAZILIAN Journal of Development. In: BRITO, Perseu Aparecido Teixeira; FIALHO, Amanda; SILVA, Ana Paula Santos da; JESUS, Aurea Messias de. **Partida de motor controlado por Arduíno usando como exemplo de aplicação um**

**protótipo para irrigação de pequena, média e grande plantações de hortaliças.**

5. ed. Curitiba, 2021. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/30537/24004>.

Acesso em: 16 ago. 2024.

ENGINEERS, Last minute. **Interfacing DS18B20 1-Wire Digital Temperature Sensor with Arduino.** [S. l.], 2024. Disponível em:

<https://lastminuteengineers.com/ds18b20-arduino-tutorial/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

JUNIOR, M. F. **Conservação a frio.** [S. l.], 9 dez. 2021. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/conservacao-a-frio>. Acesso em: 26 ago. 2024.

LIMA, Alana Éulem Fonseca; COSTA, Laryanne Monaliza dos Reis. **SISTEMA DE CONTROLE DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO UTILIZANDO PLACA MICROCONTROLADORA PARA SISTEMAS AGRÍCOLAS.** Capitão Poço:

Universidade Federal Rural da Amazônia-Ufra Campus Capitão Poço, 2019.

Disponível em:

<https://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1861/1/Sistema%20de%20controle%20de%20irrigação%20automatizado%20utilizando%20placa%20microcontroladora%20para%20sistemas%20agrícolas.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2024.

LIVRE, Mercado. **Jumper Macho Macho 20cm 40 Unidades.** [S. l.], 2024.

Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/jumper-macho-macho-20cm-40-unidades/p/MLB27731089>. Acesso em: 16 mai. 2024.

LOUSADA, Ricardo. **Guia Completo do Sensor DS18B20 a Prova D'água.** [S. l.]:

Eletrogate, 16 set. 2022. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/guia-completo-sobre-sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

MARTINS, Victor Ferreira. **AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL USANDO PROTOCOLO MQTT, NODERED E MOSQUITTO BROKER COM ESP32 E ESP8266.** Uberlândia:

Universidade Federal de Uberlândia, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28522/1/AutomacaoResidencialProtocolo.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2024.

MATTEDE, Henrique. Conceitos de Eletricidade. *In: O que é um LED?*. [S. l.], 2014-

2024. Disponível em: [https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-led/#google\\_vignette](https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-led/#google_vignette).

Acesso em: 16 ago. 2024.

NASCIMENTO, B. MEDIDOR DE GRANDEZAS ELÉTRICAS COM ACESSO REMOTO. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica.** v.2, n.1, set. 2020.

SILVA, João Lucas de S.; CAVALCANTE, Michelle M.; CAMILO, Romério da S.; GALINDO, Adailton L.; VIANA, Esdrane C.. **Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ: Análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35.** ResearchGate, 2014. Disponível em:

[file://etsaluno-server/arquivos%20de%20usu%C3%A1rio/20222930017/Downloads/125246\\_1.pdf](file://etsaluno-server/arquivos%20de%20usu%C3%A1rio/20222930017/Downloads/125246_1.pdf). Acesso em: 28 fev. 2024.

SOUSA, José Alisson Freitas de. **Abordagem experimental para aulas de circuitos de corrente contínua utilizando placa protoboard em turmas do ensino médio**. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/b38a30cc-6a8c-41b1-a7e6-87d3cf75b9f4/content>. Acesso em: 23 ago. 2024.