

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL BENTO QUIRINO

**Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em
Eletrônica (Período Integral)**

Manoel de Matos Leão

Letícia Silva Fazani

Diêgo Vinícius Silva dos Santos

SISTEMA DE RASTREIO INTELIGENTE DE PERECÍVEIS

Campinas/SP

2024

Manoel de Matos Leão
Letícia Silva Fazani
Diêgo Vinícius Silva dos Santos

SISTEMA DE RASTREIO INTELIGENTE DE PERECÍVEIS

Escola Técnica Estadual Bento Quirino

Localizada à Avenida Orosimbo Maia, 2600, Cambuí – Campinas/SP

Período de Desenvolvimento do Projeto: 02/02/2024 – 13/12/2024

Relatório técnico apresentado à 14^a Feira de Ciência e Tecnologia Bragantec, orientado pela prof.^a Me. Regina Morishigue Kawakami e coorientado pelo prof.^o Me. Marcelus Guirardello, como requisito parcial para a participação na feira.

Campinas/SP
2024

Dedicamos este trabalho a Deus, que nos acompanhou em todo o processo, e as nossas famílias por todo apoio em nossa jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaríamos de agradecer a Deus, que por sua vez nos dispôs forças e perseverança para proporcionar um ótimo empenho no trabalho. Aos nossos pais, familiares, que nos auxiliaram financeiramente e com seu apoio, nunca deixando de acreditar em nossas capacidades. Aos nossos mestres educadores, professores e à toda equipe pedagógica da Escola Técnica Estadual Bento Quirino que colaboraram com nossa formação e capacitação técnica para exercer todo o necessário para construção desse projeto. Em especial, gostaríamos de ressaltar as contribuições dos dois orientadores, Prof.º Me. Marcellus Guirardello e Prof.ª Me Regina Morishigue Kalwakami. Por fim, não deixaríamos de prestar as devidas homenagens a todos que contribuíram financeiramente para realização desse trabalho de conclusão de curso.

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”

(SÃO FRANCISCO DE ASSIS)

RESUMO

A respeito do desperdício de alimentos mundial, é possível afirmar que trata-se de um assunto de extrema importância para a sociedade. As perdas alimentícias ocorridas durante as fases iniciais do processo da cadeia de suprimentos acontecem pela falta de infraestrutura e pela carência do fluxo de informações entre os envolvidos. Por isso, a presente pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo que amenize o desperdício alimentar, mediante o monitoramento do tempo de vida útil do alimento desde a colheita até a chegada ao consumidor. Isso foi feito através da mensuração das condições de temperatura, luminosidade e umidade do ambiente em que o perecível se encontra durante o trajeto. Esses dados são transmitidos via Wi-Fi a um site a todos os envolvidos na cadeia de produção para que haja melhor gerenciamento. Dentre os materiais que foram utilizados estão o microcontrolador ESP 32, sensores de temperatura, luminosidade e umidade e um rastreador de sistema de posicionamento global (GPS). À comunidade científica, pretende-se contribuir com informações qualitativas e quantitativas a respeito do desperdício alimentar nos processos pós-colheita, armazenamento e distribuição. Como resultado, espera-se que haja a redução das perdas alimentícias em razão do funcionamento correto do protótipo, o qual deve aumentar o fluxo de informações entre os envolvidos. Conseqüentemente, diminuindo os impactos negativos do problema abordado sobre a sociedade e a economia.

Palavras-chave: Desperdício de alimentos; mensuração; tempo de vida útil.

ABSTRACT

Concerning the global food waste, it is possible to affirm that is an issue of extreme importance to the society. The food losses occurred along initial phases of the supply chain happen because of the lack of infrastructure and information flow between the involved professionals. For this reason, the present research has as objective the development of a prototype that appeases the food waste, through the monitoring of the food shelf life since harvest to the consumer. That was made from measurement of the environment conditions to perishable during the route, like temperature, luminosity and humidity. These data are transmitted through Wi-Fi to a site then shared to all involved in the supply chain for a better management. Among the materials used are the microcontroller ESP 32, temperature, luminosity and humidity sensors, and a tracker of global positioning system (GPS). To the scientific community, it is intended to contribute with qualitative and quantitative information about the food waste in the processes of post-harvest, storage and distribution. As results, it is expected a reduction of food losses on account of the correct operation of the prototype, which must increase the information flow between the involved. Consequently, let there be a decrease in the negative impacts of this problem in society and in economy.

Key-Words: Food loss; measurement; shelf life.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - ODS relacionadas ao tema da pesquisa | 13 |
| Figura 2 – Fluxograma do funcionamento do protótipo | 15 |
| Figura 3 - Frente do projeto desenvolvido pela equipe no 1ºano do Ensino Médio | 17 |
| Figura 4 - Trás do projeto desenvolvido pela equipe no 1º ano do Ensino Médio .. | 18 |
| Figura 5 – Desenho de um modelo do protótipo acoplado ao caminhão | 19 |
| Figura 6 - Desenho de um modelo do protótipo acoplado ao palete | 19 |
| Figura 7 – Kiwi embalado com QRCode de rastreamento | 20 |
| Figura 8 - Página direcionada pela leitura do QRCode | 21 |
| Figura 9 - Verduras expostas sem embalagem e refrigeração | 21 |
| Figura 10 – Bananas dispostas em um dispositivo que as deixa suspensas no ar | 22 |
| Figura 11 – Verduras embaladas sob refrigeração | 22 |
| Figura 12 - Refrigeração no local | 23 |
| Figura 13 – Frutas e legumes dispostos em pequenas bandejas | 23 |
| Figura 14 - Mamões embalados | 24 |
| Figura 15 – Hortifrutis expostos em um dos estabelecimentos do Mercado Municipal de Campinas | 24 |
| Figura 16 – Sistema de estoque em um dos estabelecimentos do Mercado Municipal de Campinas | 25 |
| Figura 17 – Hortifrutis sob refrigeração | 25 |
| Figura 18 – Verduras embaladas e legumes expostos em atacadista | 26 |
| Figura 19 – Logo do CEASA Campinas | 28 |

| | |
|--|----|
| Figura 20 – Etiqueta de identificação de laranja em caixa contendo tomate com QR Code de rastreamento | 29 |
| Figura 21 – Etiqueta de controle sem QR Code de rastreamento de uma caixa de laranjas identificadas como coco seco | 29 |
| Figura 22 – Equipe em entrevista no CEASA | 30 |
| Figura 23 – Área interna do CEASA Campinas | 30 |
| Figura 24 – Placa do ISA | 31 |
| Figura 25 – Kits separados para doação no ISA | 31 |
| Figura 26 – Peras em condição de consumo no ISA | 32 |
| Figura 27– Frutas no ISA | 32 |
| Figura 28 – Mangas em condição de consumo no ISA | 33 |
| Figura 29– Página inicial do formulário online | 33 |
| Figura 30 – Gráfico da autoidentificação das pessoas que responderam ao formulário | 34 |
| Figura 31 – Cidade de origem das pessoas que responderam ao formulário | 35 |
| Figura 32 - Preferência de compra dos consumidores | 35 |
| Figura 33 – FLV recebidas por comerciantes com data de validade | 36 |
| Figura 34 - Resultado da aplicação da biblioteca Adafruit AHTX0 | 36 |
| Figura 35 - Resultado da aplicação da biblioteca Tiny GPS plus..... | 37 |
| Figura 36 – Dados mensurados em uma hora de funcionamento da memória flash do ESP32 | 38 |
| Figura 37 – Circuito teste com todos os componentes..... | 39 |
| Figura 38 – Vaquinha online | 40 |
| Figura 39 – Frente do circuito em placa universal para teste | 41 |
| Figura 40 – Trás do circuito em placa universal para teste | 41 |
| Figura 41 – Circuito em placa universal para teste com os componentes | 41 |
| Figura 42 – Entradas da placa utilizada | 42 |

| | |
|---|----|
| Figura 43 – Placa com o ESP32 inserido..... | 43 |
| Figura 44 – Placa com o display em funcionamento..... | 43 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEASA (Centrais de Abastecimento)

FAO (Food and Agriculture Organization)

FLV (Frutas, Legumes e Verduras)

GPS (Global Positioning System)

IOT (Internet of Things)

ISA (Instituto de Solidariedade para Programas de Alimentação)

ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável)

ONG (Organização Não Governamental)

ONU (Organização das Nações Unidas)

QR CODE (Quick Response Code)

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso)

UNPD (United Nations Development Programme)

Wi-Fi (Wireless Fidelity)

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 Objetivos | 15 |
| 1.2 Metodologia | 15 |
| 2 DESENVOLVIMENTO | 17 |
| 2.1 Desenvolvimento da pesquisa empírica | 17 |
| 2.1.1 Entrevistas e questionário | 26 |
| 2.2 Desenvolvimento do software | 37 |
| 2.2.1 Adafruit AHTX0 | 37 |
| 2.2.2 Tiny GPS plus | 37 |
| 2.2.3 Sensor de luminosidade | 38 |
| 2.2.4 Reunião dos códigos | 38 |
| 2.2.5 Biblioteca SPIFFS | 38 |
| 2.2.6 MQTT | 39 |
| 2.3 Desenvolvimento do hardware | 39 |
| 3 RESULTADOS | 44 |
| 4 CONCLUSÕES | 45 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | |

1 INTRODUÇÃO

Ao encarar a realidade de desperdício de alimentos em todo o mundo, é inevitável perceber a importância desse assunto à população. Sua abrangência envolve as preocupações com a insegurança alimentar e a sustentabilidade, além de todos os impactos econômicos gerados. Em análise a esse cenário crítico, a tomada de decisões foi para pauta da ONU (Organização das Nações Unidas) em 2015, quando foram formulados os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (UNDP, 2024).

Os ODS, como são chamados, são como uma chamada mundial à tomada de ações para preservar o meio ambiente, extinguir a pobreza e estabelecer paz e prosperidade às pessoas. Sendo assim, cada tópico trata de um assunto e possui metas próprias a serem atingidas até 2030.

Nesta linha, o tópico 12 trata a respeito do Consumo e Produção Responsáveis, que aborda a redução do consumo excessivo e do desperdício, inclusive o alimentar. A urgência da redução do desperdício de alimentos em toda a cadeia de suprimentos está denunciada no subtópico 3: “[...] reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita” (Nações Unidas Brasil, 2024).

Os 17 ODS são conectados e complementares, e é por esse motivo que é inegável associar o tema do desperdício de alimentos à fome. De acordo com a UNDP, 1,3 bilhão de toneladas de alimentos é desperdiçada anualmente, enquanto que 2 bilhões de pessoas enfrentam a fome ou desnutrição. Por conseguinte, a diminuição do desperdício significa aumentar a efetividade da produção agrícola e, naturalmente, da quantidade de alimento disponível para as pessoas que atualmente sofrem com a fome.

O objetivo 2 dessa agenda é responsável pelas metas da erradicação da fome, que visam ao aumento da produtividade e efetividade agrícola (Nações Unidas Brasil, 2024). Portanto, é imprescindível tomar atitudes contra as perdas e desperdícios de alimentos para que toda a produção agrícola seja proveitosa e eficaz.

Dessa forma, este trabalho tem como intenção corroborar com o plano da ONU descrito nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis 12 e 2.

Figura 1 – ODS relacionadas ao tema da pesquisa



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Antes de dar seguimento à discussão do tema, pode-se destacar a definição de perdas e desperdícios de alimentos estabelecida pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, (FAO, sigla em inglês). As perdas correspondem à diminuição involuntária da disponibilidade de comida para consumo humano nas etapas de produção, pós-colheita e processamento. Já o desperdício é caracterizado pelas perdas geradas no fim da cadeia alimentar, causadas geralmente por ações de consumidores e varejistas (CAISAN, 2018).

Assim, segundo a FAO, 1/3 dos alimentos produzidos no mundo são desperdiçados, sendo que 54% deste acontece nas etapas de manuseio no pós-colheita até o armazenamento e 46% no processamento, distribuição e consumo. O que resulta em uma perda estimada de U\$750 bilhões anuais.

Quando se trata do problema no Brasil, o transporte se caracteriza como o principal causador de danos mecânicos à alimentos perecíveis, como consequência de estradas ruins, longas distâncias e caminhões sem refrigeração (JUNIOR; SOARES, 2018). Além disso, o manuseio impróprio, embalagens inadequadas, veículos carregados em excesso e transporte de produtos a granel são outros fatores que agravam as perdas alimentícias nessas etapas do processo (JUNIOR; SOARES, 2018).

É notável que também são necessários esforços para a implementação de tecnologias de gestão e informação na agricultura familiar, para que haja maior

eficiência na cadeia de produção e no empreendimento dos agricultores. (BATALHA; BUAINAIN; FILHO, 2005). Para mais, de acordo com Diretor-Geral da FAO, José Graziliano da Silva, é preciso haver contato entre os envolvidos da cadeia de produção alimentar (indústria de insumos e equipamentos, agricultores, indústria de processamento, distribuidores, representantes do Estado e consumidores) para a redução do desperdício já nas fases iniciais do processo (PEIXOTO; PINTO, 2016).

1.1 Objetivos

O trabalho “Sistema de Rastreo Inteligente de Perecíveis” objetiva amenizar as perdas de alimentos nos processos de armazenamento, transporte e distribuição, mediante o monitoramento e estimativa do tempo de vida útil do produto. Isso, através da mensuração das condições do ambiente em que se encontra o perecível. Posteriormente, a transmissão desses dados a todos os envolvidos na cadeia de produção, por meio da internet, torna o gerenciamento dos processos mais consciente sobre onde estão os riscos do desperdício e direciona a providências mais efetivas e sustentáveis.

1.2 Metodologia

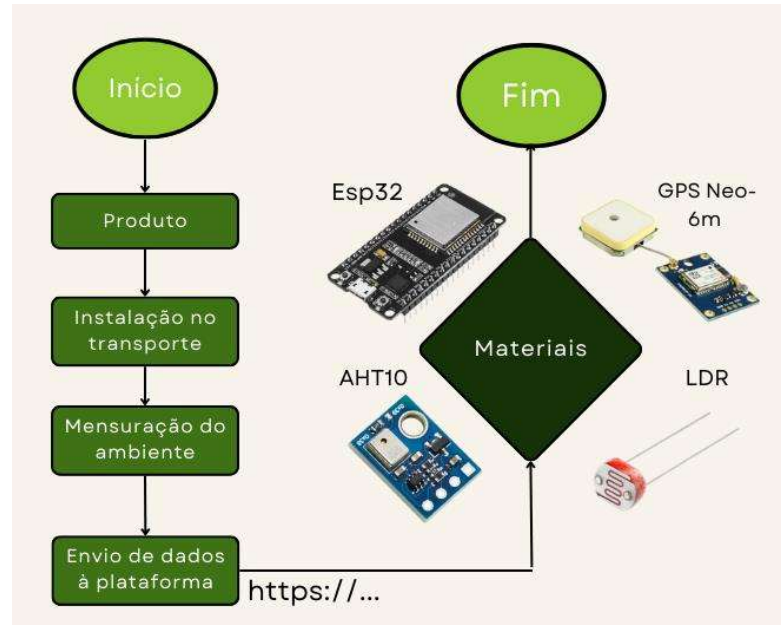
A metodologia adequada para o projeto é a de engenharia, já que foi identificado um problema e busca-se solucioná-lo, ou amenizá-lo, através de um produto final. No caso, consiste em um protótipo desenvolvido a partir de pesquisas bibliográficas e de campo, as quais dão maior base para sua efetividade.

Em vista disso, primeiramente foi feita uma revisão bibliográfica a respeito da questão do desperdício de comida mundial e uma investigação sobre seus índices nos processos de produção, manuseamento e consumo. Com o foco do tema escolhido, foi realizada uma apuração de tecnologias semelhantes e complementares, como a de rastreamento.

Dessa forma, os esforços se voltaram à execução de um questionário para guiar entrevistas presenciais em estabelecimentos que trabalham com hortifruti. Mais tarde, essas perguntas foram disponibilizadas em um Google Forms enviado remotamente para obtenção de mais respostas.

Assim, foi possível delinear o protótipo com mais clareza e detalhar seu funcionamento, bem como iniciar seu desenvolvimento prático.

Figura 2 – Fluxograma do funcionamento do protótipo



Fonte: acervo pessoal, 2024.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Desenvolvimento da pesquisa empírica

A ideia que deu origem ao presente trabalho é fruto de um projeto realizado pela equipe quando cursava o 1º ano do Ensino Médio. Naquela época, a temática já pairava sobre o desperdício de comida, porém com foco nas escolas públicas.

O protótipo consistia em um dispositivo que contabilizava a quantidade de alunos que usufruíam do almoço disponibilizado pela escola diariamente. Isso auxiliava as cozinheiras a fazerem uma quantidade mais precisa de alimento, evitando sobras.

Figura 3 - Frente do projeto desenvolvido pela equipe no 1º ano do Ensino Médio



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Assim, ao dar continuidade ao projeto, a equipe manteu o tema do desperdício alimentar, porém o expandiu para outra área, para que atingisse a comunidade além do ambiente escolar.

Por conseguinte, iniciou-se o processo de reestruturação do tema com pesquisas bibliográficas a respeito. Foi utilizada também a técnica de questionar o problema e suas origens e causas. Nesse período houve muitas discussões com os professores orientadores.

Figura 4 - Trás do projeto desenvolvido pela equipe no 1º ano do Ensino Médio



Fonte: acervo pessoal, 2024.

A partir das pesquisas feitas, foram levantadas algumas ideias, dentre elas estavam: desenvolvimento de um método de quantificação das perdas e desperdícios; representação da vida útil de hortaliças e frutas com IoT; controle de refrigeradores que armazenam peixes e carnes; comunicação e disseminação do tema entre as pessoas envolvidas no processo e o barateamento da tecnologia de drones para utilização na agricultura familiar com o controle de pragas e doenças.

Nesse sentido, ao discutir sobre a escolha do tema com o orientador Marcelus, foi sugerido por ele a aplicação de um sistema de rastreamento no setor logístico de alimentos perecíveis, que monitora temperatura e umidade durante o trajeto, assim como já é aplicado no sistema de transporte de carnes.

Inicialmente, o grupo teve insegurança ao aderir este tema ao trabalho pela existência de tecnologias parecidas, pela dificuldade de implementação de testes, o que fez com que o foco em apenas uma área do desperdício seria mais eficaz.

A equipe levou essas inseguranças ao orientador, que direcionou o foco ao objetivo do trabalho e à reflexão sobre os motivos do desperdício no processo logístico. Além de apresentar que tecnologias similares não são uma ameaça. Assim, o grupo foi encorajado a seguir com o projeto.

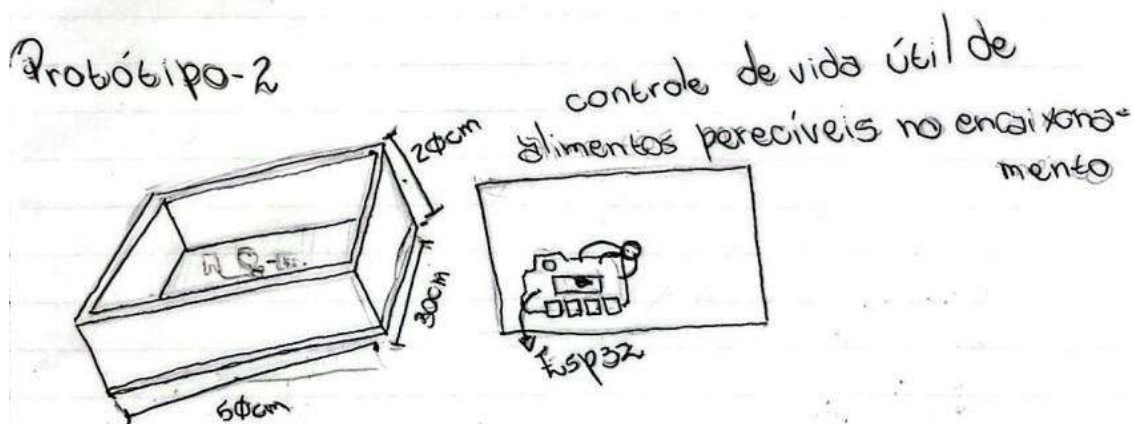
Desse modo, foram feitos desenhos à mão da primeira idealização do protótipo, que inicialmente poderia tomar duas formas: ou ser acoplado ao caminhão em que ocorre o transporte, ou inserido em um dos paletes.

Figura 5 – Desenho de um modelo do protótipo acoplado ao caminhão



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 6 - Desenho de um modelo do protótipo acoplado ao palete



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Um dos objetivos do projeto é criar um protótipo de baixo custo, por isso algumas ideias, como criar um paleta refrigerado, foram refutadas pelo alto custo e então foram discutidos quais materiais manteriam o preço do produto final acessível.

Enfim, o grupo decidiu visitar alguns hortifrutis e mercados para fazer observações. O primeiro destino analisado foi um mercado próximo à escola da

equipe. Alguns aspectos verificados foram a disposição dos hortifrutis aos clientes, a qualidade e a embalagem dos mesmos.

Os alimentos estavam bem lacrados, organizados e em boa aparência. Alguns deles possuíam um QR Code de rastreamento que, quando escaneado, apresentava o trajeto percorrido pelo alimento até a chegada ao mercado.

Figura 7 – Kiwi embalado com QR Code de rastreamento



Fonte: acervo pessoal, 2024.

É importante ressaltar que, ao ler o QR Code, algumas páginas direcionadas não contém informações precisas quanto ao trajeto dos alimentos. Foi possível perceber casos em que o local de origem era citado, mas não o destino final. Então conclui-se que é um sistema com falhas.

Figura 8 - Página direcionada pela leitura do QR Code



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Estendendo a pesquisa para outro estabelecimento, nota-se que foi possível encontrar alguns legumes embalados, verduras expostas sem embalagem ou refrigeração, mamões forrados aparentemente com papel manteiga, um freezer com frutas e verduras e uma disposição de bananas que as faz ficar suspensas no ar.

Figura 9 - Verduras expostas sem embalagem e refrigeração



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 10 – Bananas dispostas em um dispositivo que as deixa suspensas no ar



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Em outro hortifruti, percebeu-se que os legumes e frutas estavam comumente distribuídos em exposição, sem refrigeração ou embalagem, porém havia refrigeração no local. Além disso, as verduras encontravam-se embaladas e sob a refrigeração de um freezer.

Figura 11 – Verduras embaladas sob refrigeração



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 12 - Refrigeração no local



Fonte: acervo pessoal, 2024.

No centro da cidade, em frente a uma avenida, um hortifruti expõe alguns perecíveis em pequenas bandejas, sendo alguns embalados e outros não. Os mamões ficam protegidos com uma embalagem aparentemente de isopor. O estabelecimento não possui refrigeração, apesar de a localização ser mais quente por causa do asfalto da avenida e do sol que o atinge no final da tarde.

Figura 13 – Frutas e legumes dispostos em pequenas bandejas



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 14 - Mamões embalados



Fonte: acervo pessoal, 2024.

No Mercado Municipal de Campinas, estão situados vários vendedores de hortifruti. A maioria dos perecíveis estavam dispostos de maneira semelhante. A refrigeração do local se dá por ventiladores e os alimentos geralmente se encontram embalados em sacos plásticos transparentes.

Figura 15 – Hortifrutis expostos em um dos estabelecimentos do Mercado Municipal de Campinas



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Também notou-se uma rede precária de estoque em um dos estabelecimentos, com caixas empilhadas de modo desorganizado e inadequado, pois pode causar danos mecânicos aos alimentos e aumentar a temperatura entre os mesmos.

Figura 16 – Sistema de estoque em um dos estabelecimentos do Mercado Municipal de Campinas



Fonte: acervo pessoal, 2024.

A equipe também fez observações em um mercado atacadista no centro da cidade. Percebeu-se a maior quantidade de hortifrutis sob refrigeração, apesar da possibilidade de encontrar perecíveis fora do freezer, e a boa aparência deles em ambos os casos. As verduras também apresentavam boa impressão quanto à higiene e exposição.

Figura 17– Hortifrutis sob refrigeração



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 18 – Verduras embaladas e legumes expostos em atacadista



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Dessa forma, pôde-se concluir que a estrutura do estabelecimento, a exposição dos alimentos e a temperatura a que são submetidos fazem diferença em sua impressão e qualidade. A má higiene do local também pode influenciar os consumidores a não comprarem lá, o que pode aumentar o desperdício.

2.1.1 Entrevistas e questionário

Em seguimento à pesquisa empírica, o grupo decidiu realizar entrevistas presenciais com alguns estabelecimentos. Para isso, foi elaborado um questionário no Google Forms com as informações julgadas necessárias. Inicialmente, foi utilizado apenas como base para as perguntas das entrevistas, sendo que as respostas dos entrevistados eram registradas ali. Mais tarde o grupo o adaptou para enviá-lo a outras pessoas de forma virtual, em uma tentativa de obter mais informações.

Na primeira entrevista, a equipe falou com o responsável operacional do estabelecimento, Rogério Pires. Ele disse que alguns produtos chegam ao estoque estragados, por passarem tempo demais na alfândega, sendo submetidos a variação de calor.

Neste estabelecimento, foi revelado que há um QR Code disponível aos consumidores em algumas embalagens, em que se encontra dados de rastreio disponibilizadas pelo fornecedor. Produtos sem embalagem, como laranjas e bananas, têm a informação da data de chegada e do rastreamento no lote. A gerência do mercado utiliza esse conhecimento em situações de atraso na chegada de produtos para negociações com o fornecedor.

Para identificar alimentos que estão estragando, a experiência dos funcionários basta. Dentre os alimentos identificados como aqueles que deterioram mais rapidamente estão abacaxis, uvas e tangerinas, as quais são importadas. Nesse sentido, a empresa doa alimentos em condição de consumo, mas que dificilmente serão vendidos por causa da aparência, para instituições de banco de alimentos.

A respeito do transporte utilizado, alguns caminhões possuem refrigeração e outros não.

Em outro mercado, a equipe entrevistou um funcionário do setor da padaria, já que a gerente não pôde atender. No momento de apresentar o projeto antes da entrevista, houve uma falha de comunicação: não foi esclarecido que o foco da pesquisa está em frutas, legumes e verduras, por isso as respostas obtidas foram abrangentes. Mesmo assim, podemos registrar que os hortifrutis ficavam na entrada da loja, portanto sofreram perdas quando a porta automática quebrou, recebendo diretamente o calor, o que também afetou o funcionamento do ar-condicionado.

Também foram feitas pesquisas no centro da cidade de Campinas, em que alguns estabelecimentos foram entrevistados. No primeiro, houve mais uma confirmação sobre a hipótese do grupo a respeito da origem das perdas: o calor. As respostas obtidas confirmaram o sentido do projeto. A maior dificuldade nesse episódio foi lidar com a simplicidade e informalidade dos funcionários.

No próximo hortifruti, os resultados em geral foram semelhantes ao anteriores. Alguns pontos a se destacar foram: o conselho da dona da quitanda para o grupo visitar o CEASA, de onde vinham os hortifrutis vendidos por ela e pela maioria dos estabelecimentos de Campinas, e sua opinião a respeito da presença da data de validade nos produtos. Para ela, essa informação não seria necessária, porque é possível verificar a maturação do alimento pela experiência e isso depende de cada espécie.

O grupo também visitou o Mercado Municipal de Campinas para obter mais respostas de entrevistas, porém não fomos atendidos por nenhum estabelecimento que se encontra lá. No horário da tentativa, o fluxo de pessoas aumentou gradativamente e os vendedores não quiseram responder nossa pesquisa. A justificativa usada foi a sobrecarga de tarefas e ao oferecer disponibilizar o formulário online como alternativa, eles ainda recusaram.

Por fim, a equipe visitou o CEASA Campinas (Centrais de Abastecimento de Campinas S.A.), onde fez observações e uma entrevista. Percebeu-se que o fluxo de pessoas nas distribuidoras é diferente do presenciado nos hortifrutis, já que o público é diferente: é feito de comerciantes. Os hortifrutis estavam em uma boa disposição, e todos com ótima aparência e conservação.

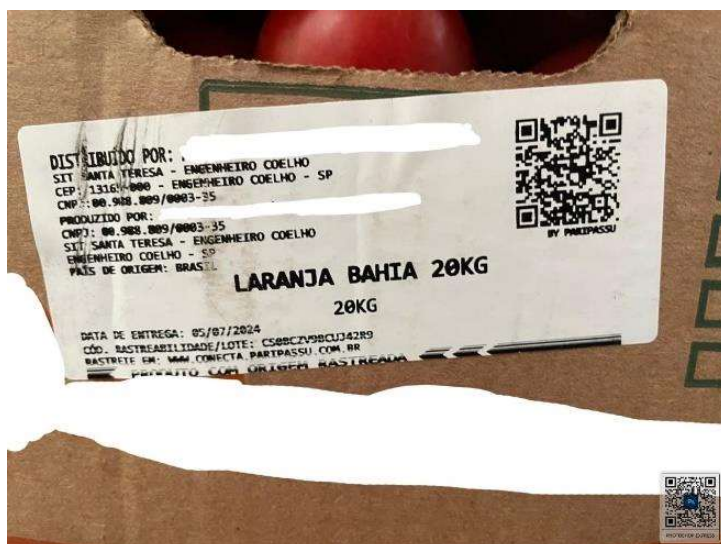
Figura 19 – Logo do CEASA Campinas



Fonte: site oficial do CEASA Campinas

Notou-se que alguns caixotes de armazenamento possuíam etiquetas de identificação e outros apresentavam o QR Code de rastreamento, que por sinal, é da mesma empresa observada nos mercados de Campinas, a Paripassu. No entanto, percebeu-se que algumas etiquetas coladas nas caixas não correspondiam ao hortifruti contido nelas.

Figura 20 – Etiqueta de identificação de laranja em caixa contendo tomate com QR Code de rastreamento



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 21 – Etiqueta de controle sem QR Code de rastreamento de uma caixa de laranjas identificadas como coco seco



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Foi feita uma entrevista com um comerciante de uma distribuidora, em que foi revelado o baixo índice de desperdício no local, já que o fluxo de entrada e saída dos alimentos era rápido. Assim, aqueles que adquiriam manchas ou eram danificados por batidas, sendo dificilmente comercializados, eram enviados para a ONG ISA (Instituto de Solidariedade para Programas de Alimentação).

Figura 22 – Equipe em entrevista no CEASA



Fonte: acervo pessoal, 2024.

A ONG fica dentro do CEASA e funciona todos os dias. Tem seus próprios caminhões que buscam os alimentos excedentes das distribuidoras. Foi explicado que, para os comerciantes doarem, eles faziam um acordo com o ISA e pagavam uma taxa de contribuição. Porém não são todas as distribuidoras que colaboram com o instituto.

Figura 23 – Área interna do CEASA Campinas



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Assim, o grupo foi instigado a visitar o ISA onde a assistente social concedeu uma entrevista. Ela explicou como a ONG funciona e apresentou o local. Basicamente, o instituto distribui o alimento excedente a famílias cadastradas em seu sistema. Os suprimentos recebidos dos estabelecimentos do CEASA Campinas são separados entre os estragados e os bons para o consumo. Após isso são higienizados e organizados em kits para distribuição.

Figura 24 – Placa do ISA



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 25 – Kits separados para doação no ISA



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 26 – Pêras em condição de consumo no ISA



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 27– Frutas no ISA



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 28– Mangas em condição de consumo no ISA



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Após as pesquisas feitas no CEASA Campinas, a equipe teve preocupações a respeito da invalidação das entrevistas pela pouca quantidade de respostas obtidas. Por isso, de acordo com direcionamentos do professor orientador, o formulário online foi modificado para que pudesse ser enviado a mais pessoas e, conseqüentemente, conseguir mais dados. Nessa versão, foi adicionada uma aba para consumidores responderem.

Figura 29 – Página inicial do formulário online

A screenshot of an online survey form titled "Amenização Desperdício de Comida". The form is displayed on a mobile device. At the top, there is a banner image of various fresh vegetables. Below the banner, the title "Amenização Desperdício de Comida" is displayed in a bold font. Underneath the title, there is a short paragraph of text: "Somos alunos do 3º ano de Eletrônica, da ETEC Bento Quirino, e estamos desenvolvendo nosso TCC com o tema em desperdício de alimentos perecíveis e foco em hortifrutis. Ficaremos agradecidos se você puder responder a nossa pesquisa! :)". Below this text, there is a line for the email address "lesfazani@gmail.com" with a "Mudar de conta" link and a share icon. Below the email, there is a "Não compartilhado" label. A red asterisk indicates a mandatory question: "* Indica uma pergunta obrigatória". The first question is "Qual a sua cidade? *", followed by a text input field labeled "Sua resposta". The second question is "Em qual dessas opções você se encaixa? *", with three radio button options: "Sou consumidor", "Sou dono ou trabalhador de hortifruti / mercado", and "Sou dono ou trabalhador de restaurante". At the bottom of the form, there are two buttons: "Próxima" and "Limpar formulário".

Fonte: acervo pessoal, 2024.

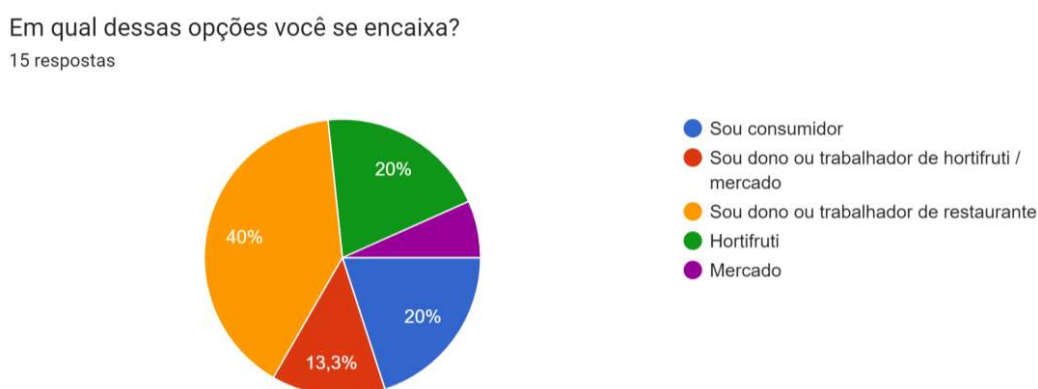
Ainda assim, houve muita dificuldade em alcançar respostas. Inicialmente o grupo selecionou contas de restaurantes e hortifrutis nas redes sociais e elaborou uma mensagem para enviar junto ao link do formulário. Porém a quantidade de respostas registradas não estava crescendo em relação ao envio do link.

Em uma das tentativas, um usuário respondeu que não poderia ajudar e gentilmente foi questionado pelo membro da equipe. Ele justificou que há muitos golpes acontecendo online e que não estava disponível para confiar dados confidenciais da empresa a estranhos. Esse evento fez o grupo mudar a estratégia de abordagem a fim de passar mais confiança às pessoas.

Assim, decidiu-se enviar uma mensagem para pessoas conhecidas dos membros da equipe para pedir informalmente “uma ajuda no TCC”, que podia ser concedida respondendo o formulário ou indicando outros para responder. Somente dessa maneira o Google Forms registrou mais respostas.

Até o mês de outubro foram apontadas 15 respostas, sendo que, pelo menos 3 foram registros da equipe em entrevistas. Dentre elas, 6 pessoas se identificaram como dono ou trabalhador de restaurante, 6 como dono ou trabalhador de hortifruti ou mercado e 3 como consumidores. É importante ressaltar que esse Forms sofreu alterações desde o período que foi elaborado, portanto alguns itens nos gráficos de análise das respostas podem estar duplicados por esse motivo.

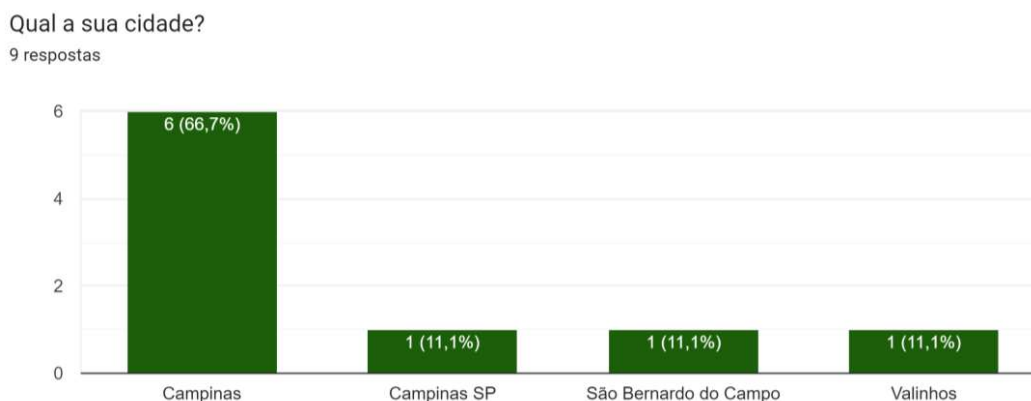
Figura 30 - Gráfico da autoidentificação das pessoas que responderam ao formulário



Fonte: acervo pessoal, 2024.

A maioria das pessoas vêm de Campinas/SP e houve outras 2 cidades diferentes registradas: São Bernardo do Campo/SP e Valinhos/SP. Essa pergunta foi elaborada na segunda versão do Forms, por isso há apenas 9 respostas.

Figura 31 – Cidade de origem das pessoas que responderam ao formulário

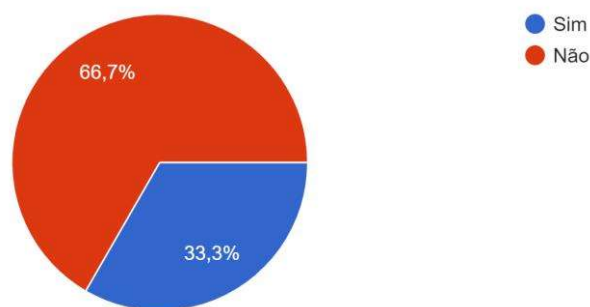


Fonte: acervo pessoal, 2024.

Dentre as respostas de consumidores, a maioria respondeu que não costuma comprar hortifrutis com aparência “machucada”, apesar de estarem bons para consumo. Isso reforça, porém não confirma, por causa do baixo índice de respostas, a tese de que a boa aparência das frutas, legumes e verduras (FLV) influenciam na venda ou não desses perecíveis.

Figura 32 - Preferência de compra dos consumidores

Você costuma comprar hortifrutis com aspecto "machucado", mas em bom estado para consumo?
3 respostas



Fonte: acervo pessoal, 2024.

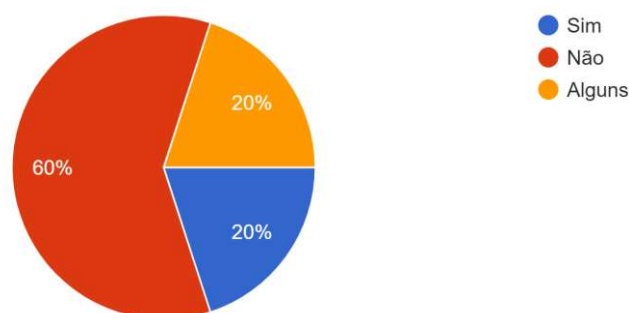
Quanto aos donos e trabalhadores de restaurantes, 60% das pessoas relataram que o calor é uma grande influência nas perdas. Outros relataram que o armazenamento inadequado é uma das causas e ainda houve uma resposta denunciando a má qualidade do alimento como fator determinante.

A respeito de receber alimentos com data de validade, desse público, 60% respondeu que não recebem, 20% relatou que sim e outros 20% registrou que alguns vêm com essa informação.

Figura 33 – FLV recebidas por comerciantes com data de validade

Com relação aos produtos de hortifruti que recebem, eles vêm com algum prazo de validade?

10 respostas



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Dentre as poucas respostas recebidas de donos e trabalhadores de hortifrutis ou mercados, é possível notar que se assemelham àquelas relatadas por trabalhadores de restaurantes.

2.2 Desenvolvimento do software

Após a compra dos componentes, foram efetuados testes com cada um deles para verificar seu funcionamento. Os códigos utilizados foram as bibliotecas correspondentes dos componentes e os circuitos montados em uma matriz de contato.

2.2.1 Adafruit AHTX0

Para o sensor de temperatura e umidade, foi utilizada a biblioteca Adafruit AHT10 no microcontrolador Arduino Uno, sendo totalmente aplicável, porém não foi aceita para a plataforma do ESP32. Nisso, foi feita uma busca para tal limitação e com isso, a biblioteca que se aplicou no projeto foi uma similar, chamada Adafruit AHTX0.

Figura 34 - Resultado da aplicação da biblioteca Adafruit AHTX0

```
Temperature 28.66 deg C
Humidity: 49.41 % rH
Temperature: 28.66 degrees C
Temperature 28.64 deg C
Humidity: 49.39 % rH
Temperature: 28.64 degrees C
Temperature 28.61 deg C
Humidity: 49.47 % rH
Temperature: 28.61 degrees C
Temperature 28.61 deg C
Humidity: 49.51 % rH
Temperature: 28.61 degrees C
Temperature 28.57 deg C
Humidity: 49.52 % rH
Temperature: 28.57 degrees C
```

Fonte: acervo pessoal, 2024.

2.2.2 Tiny GPS plus

Ao entender o módulo GPS NEO 6M, foi feita a busca por qual seria a biblioteca utilizada. Logo, deu-se início aos testes quanto a biblioteca NeoGPS ou a biblioteca Tiny GPS. Porém, nenhuma das anteriores foi assertiva no funcionamento. A adaptação pensada junto ao Orientador foi a pesquisa de um código quase pronto que havia a biblioteca Tiny em seu interior. Depois de muitas buscas e novos testes, foi utilizada uma adaptação com a biblioteca Tiny GPS plus, onde foi direcionado igualmente ao sensor AHT10 a configuração ao ESP32.

Figura 35 - Resultado da aplicação da biblioteca Tiny GPS plus

```
Lat: -22. [REDACTED]
Lng: -47. [REDACTED]
Speed: 0.02
SAT:9
ALT:633
Date: 7/9/2024
Hour: 15:2:34
```

Fonte: acervo pessoal, 2024.

2.2.3 Sensor de luminosidade

Com o fotoresistor em mãos, não foi preciso a implementação de uma biblioteca. Seu uso foi simples, com a criação de uma variável atrelada a leitura de um pino analógico. Sua atuação no código foi um sucesso, não submetendo a qualquer tipo de correção.

2.2.4 Reunião dos códigos

Após todos os testes feitos, reuniu-se todos os códigos no mesmo programa, o qual funcionou perfeitamente.

2.2.5 Biblioteca SPIFFS

Ao ter todas as mensurações em mãos, precisava-se pensar numa maneira de salvar tais dados em algum lugar. Pois, ao passar pelo trajeto, o transporte o qual o perecível se encontra não teria acesso à internet. Pensando nisso, houve a ideia de utilizar a própria memória do ESP32.

Logo, havia dois caminhos, usufruir da biblioteca EEPROM ou a SPIFFS. Por uma questão de facilidade na programação, decidiu-se usar a biblioteca SPIFFS. No entanto, ela também foi submetida a dificuldades, necessitando do auxílio do Orientador. Seu funcionamento gira em torno da criação de um arquivo dentro da memória flash do ESP32, onde se armazenaram os dados mensurados.

Figura 36 – Dados mensurados em uma hora de funcionamento da memória flash do ESP32

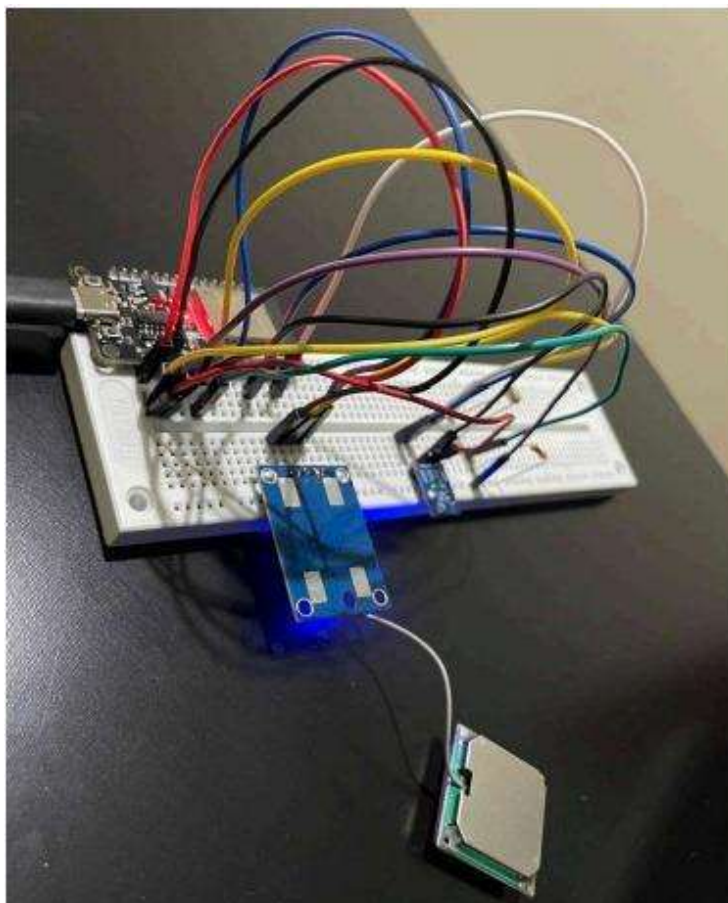
```
{"temperatura":26.85"}, {"umidade":54.65"}, {"luminosidade":4095" }  
{"temperatura":27.00"}, {"umidade":53.87"}, {"luminosidade":4095" }  
{"temperatura":27.04"}, {"umidade":54.79"}, {"luminosidade":4095" }  
{"temperatura":27.03"}, {"umidade":54.11"}, {"luminosidade":4095" }
```

Fonte: acervo pessoal, 2024.

2.2.6 MQTT

Com todas as mensurações coletadas e salvas, necessitou-se de uma maneira a transmitir esses dados a uma plataforma digital. Por isso, foi utilizado a tecnologia MQTT, onde todos os dados salvos são lidos linha por linha e enviado a um tópico criado para cada uma das informações coletadas. Seu uso é exclusivamente conectado a uma rede de banda larga, onde automaticamente quando se encontra com uma conexão à rede os dados serão descarregados nessa plataforma.

Figura 37 – Circuito teste com todos os componentes



Fonte: acervo pessoal, 2024.

2.3 Desenvolvimento do hardware

Para o início da montagem do protótipo, foi feita uma arrecadação de dinheiro online para auxiliar com os gastos, em que se conseguiu R\$ 450.

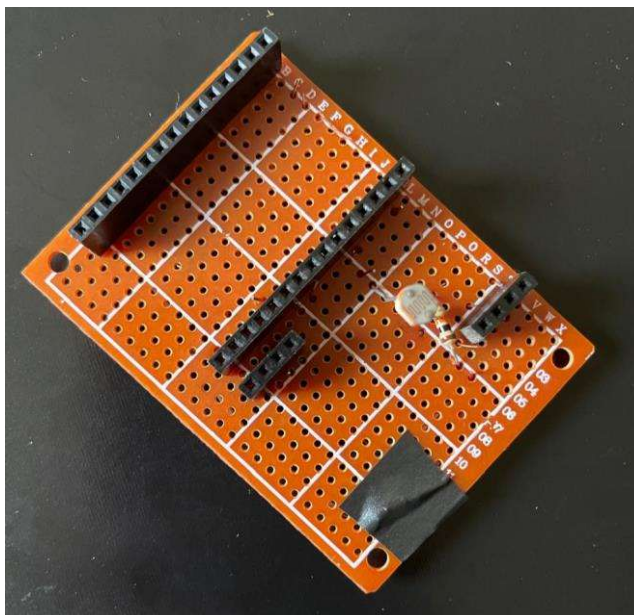
Figura 38 – Vaquinha online



Fonte: acervo pessoal, 2024.

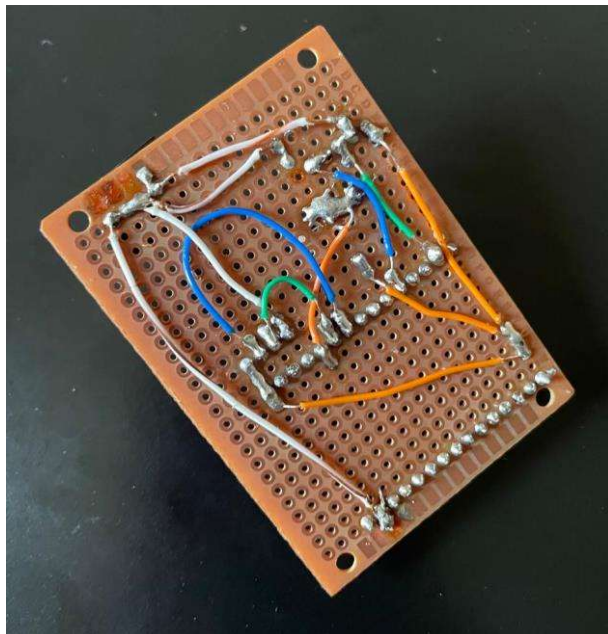
Após a realização dos testes na matriz de contato, foi confeccionado um circuito em placa universal para facilitar os próximos procedimentos. Nele, não foi inserido o display, pois a equipe decidiu implementá-lo no protótipo posteriormente.

Figura 39 – Frente do circuito em placa universal para teste



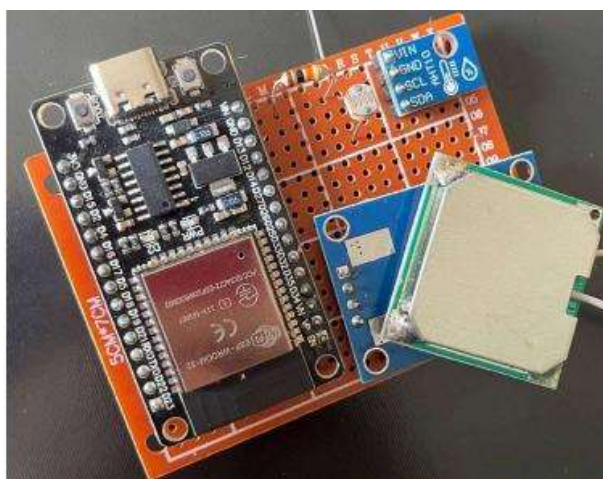
Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 40 – Trás do circuito em placa universal para teste



Fonte: acervo pessoal, 2024.

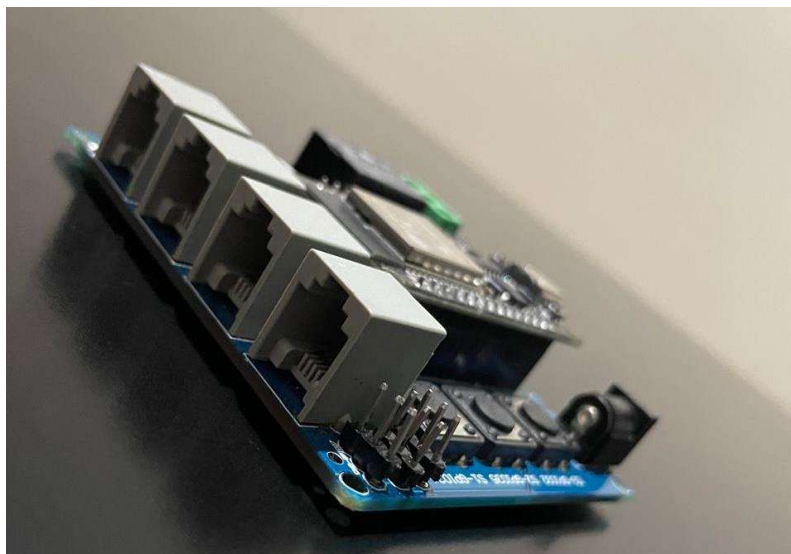
Figura 41 – Circuito em placa universal para teste com os componentes



Fonte: acervo pessoal, 2024

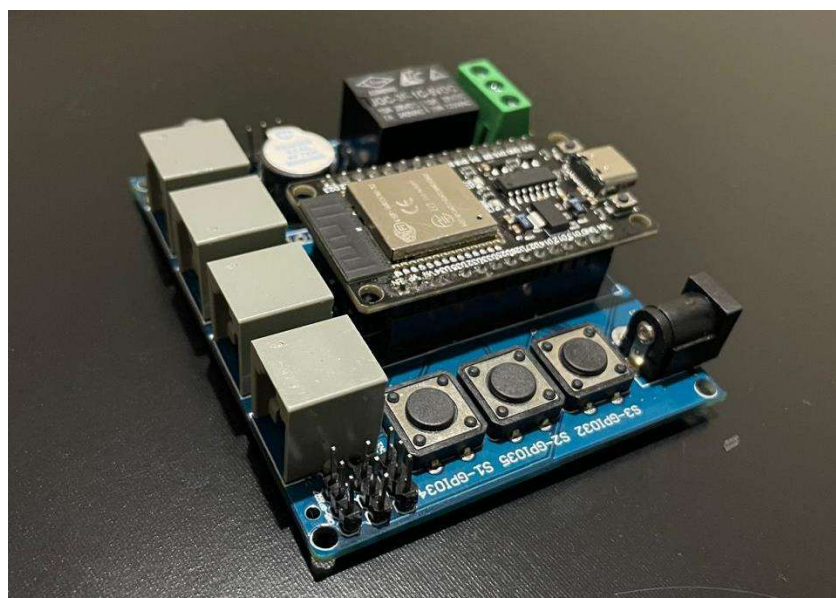
Após isso, foi idealizado pela equipe a projeção de uma placa de circuito impresso para ser a principal do protótipo, porém, seguindo o direcionamento do professor orientador, foi utilizada uma placa substituta em razão do pouco tempo para a apresentação nas feiras de ciências que o grupo participaria. Por isso, foi usada uma placa confeccionada para as aulas do curso técnico em eletrônica. Essa, possui porta de comunicação I2C, entrada analógica e SPI, além de barramento OneWire.

Figura 42 – Entradas da placa utilizada



Fonte: acervo pessoal, 2024.

Figura 43 – Placa com o ESP32 inserido



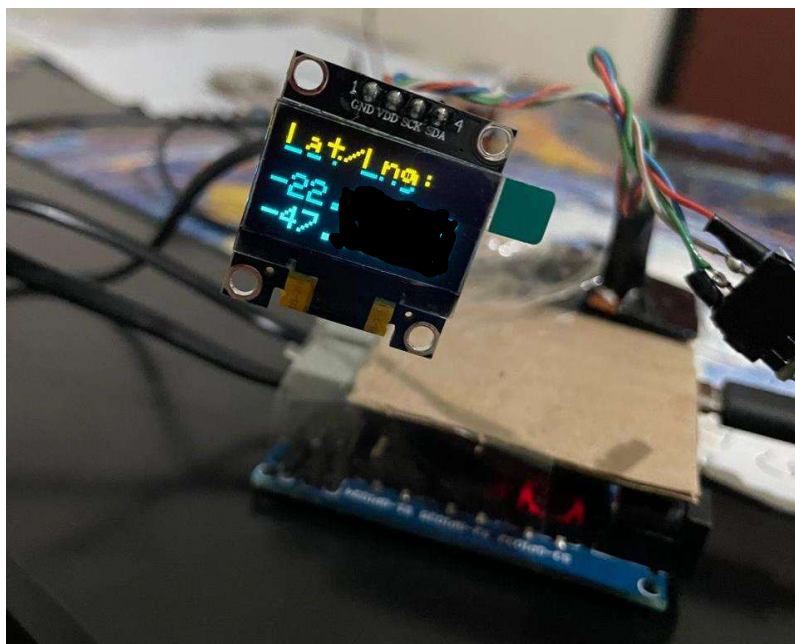
Fonte: acervo pessoal, 2024.

A entrada I2C foi direcionada para os módulos display Oled e o sensor de temperatura e umidade AHT10. Sendo colocados em paralelo com zero de interferência entre os dois.

Já para a entrada Analógica, foi utilizado o GPS nela. Sendo usufruído somente do receptor do módulo. Ademais, foi usada tal porta, pois, a alimentação adequada a ele era de 3.3V, sendo essa a única porta possível de ser utilizada.

Dessa forma, o sensor de Luminosidade foi direcionado para porta OneWire sem modificações para tal funcionamento.

Figura 44 – Placa com o display em funcionamento



Fonte: acervo pessoal, 2024.

3 RESULTADOS

O protótipo final funciona com eficácia e com o melhor custo benefício, tendo seu propósito principal atingido. O monitoramento das condições ambientais contribui para o conhecimento das razões do desperdício durante os processos de armazenamento, transporte e distribuição. E assim, pode guiar o gerenciamento de processos logísticos sustentáveis.

4 CONCLUSÕES

Conclui-se que a pesquisa empírica confirmou as informações obtidas através da pesquisa bibliográfica, especialmente a principal influência do processo de putrefação dos alimentos perecíveis: o calor. Esses dados foram de grande valor para a confirmação da tese que baseava a idealização do protótipo.

Houve falta de tempo em relação à implementação de testes simulando uma situação real, portanto não foi possível verificar a eficácia da existência das informações proporcionadas pelo protótipo. Além disso, criou-se uma hipótese de que para que o funcionamento deste recurso aproveitado plenamente, será preciso um treinamento com a equipe de logística envolvida no processo de distribuição dos perecíveis. Dessa forma, esses procedimentos se adequam a sugestões de trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Batalha, M. O.; Bunainan, A. M.; Filho, H. M. S. “Tecnologia de gestão e agricultura familiar. EdUFSCar.” 2005.v. 1, p. 43-65. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/administracao/agroindustria/artigos/TECNOLOGIA%20DE%20GESTAO%20E%20AGRICULTURA%20FAMILIAR.pdf>

CAISAN – “Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. Estratégia Intersetorial para a Redução de Perdas e Desperdício de Alimentos no Brasil 2018 [resolução na internet]”. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/caisan/Publicacao/Caisan_Nacional/PDA.pdf. Acesso em: 22 fev. 2024.

FAO (2011). “Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention. Rome, Italy: FAO”. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2024.

Nações Unidas Brasil. “Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis no Brasil – Consumo e Produção Sustentáveis.” Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12> . Acesso em: 17 abr. 2024.

Peixoto, M.; Pinto, H. S. “Desperdício de Alimentos: questões socioambientais, econômicas e regulatórias. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, fevereiro/2016 (Boletim Legislativo nº 41, de 2016)”. Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em: 17 abr. 2024.

Soares, A. G.; Júnior, M. F. Perdas de frutas e hortaliças relacionadas às etapas de colheita, transporte e armazenamento. In: Zaro, M. (org.) Desperdício de alimentos

[recurso eletrônico]: velhos hábitos, novos desafios. Caxias do Sul, RS. Educs, 2018. 21-37p. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/e-bookdesperdicio-de-alimentos-velhos-habitos.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2024.

UNDP. “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.” Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel> Acesso em: 06 out. 2024.