

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANDERSON DE CAMARGO BORTOLUZZI**

**EQUIPAMENTO PARA VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE PRODUTO  
PRESENTE NO SILO DE CAMINHÕES DE TRANSPORTE DE RAÇÃO**

**MEDIANEIRA**

**2022**

**ANDERSON DE CAMARGO BORTOLUZZI**

**EQUIPAMENTO PARA VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE PRODUTO  
PRESENTE NO SILO DE CAMINHÕES DE TRANSPORTE DE RAÇÃO**

**Equipment for verifying presence of product in the silo of animal feed transport  
truck**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Alex Lemes Guedes.

**MEDIANEIRA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ANDERSON DE CAMARGO BORTOLUZZI**

**EQUIPAMENTO PARA VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE PRODUTO  
PRESENTE NO SILO DE CAMINHÕES DE TRANSPORTE DE RAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 09/junho/2022

---

Alex Lemes Guedes  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Alberto Noboru Miyadaira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Diogo Marujo  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**MEDIANEIRA**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais Cleonilse e Luis pelo seu esforço, sacrifício e apoio em todos estes anos de estudo, por tudo que fizeram para que eu tivesse uma educação de qualidade e uma boa formação, pelos seus incentivos e compreensão nesses tempos de ausência, sem eles nada disso seria possível.

Aos meus professores pelos ensinamentos, a minha namorada Bruna por todo carinho e apoio nestes anos.

Agradeço ao meu amigo e orientador Prof. Me. Alex Lemes Guedes, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória e o conhecimento agregado, não somente no TCC, mas em todos estes anos de curso e o tempo em que participei do Laboratório de Automação e Desenvolvimento (LAD), estendo meus agradecimentos ao Bruno, Jailson, Peron, Matheus e Nuiquer e demais colegas de laboratório pelo companheirismo e ensinamentos, aos risos e correrias na entrega de trabalhos e projetos.

Agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente em minha graduação. A todos meu muitíssimo obrigado!

## RESUMO

Com o crescimento da pecuária no Brasil e sua importância para a economia, o transporte de ração animal tem cada vez mais relevância. Para o processo de descarga da ração, exige-se o cumprimento de normas de segurança e medidas preventivas a fim de evitar acidentes, além de práticas que garantem o cumprimento correto da entrega. Como a aplicação e o controle destas medidas não são triviais no dia a dia dos trabalhadores envolvidos no processo, surge a necessidade de buscar formas que facilitem o trabalho, e que podem também facilitar os treinamentos e a burocracia envolvida. Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um equipamento capaz de servir como ferramenta para o motorista do caminhão de transporte de ração, de forma a evitar que o mesmo se exponha a situações perigosas e servindo como histórico e comprovante da entrega do produto ao destinatário correto. O projeto desenvolvido permite, via comunicação bluetooth realizada a partir do celular com o dispositivo instalado no compartimento de interesse, que o motorista fotografe a parte interna do silo do caminhão via aplicação Android e sua integração com o sistema embarcado instalado no compartimento. As fotos, ao serem tiradas, podem ser salvas na memória do celular e utilizadas para comprovar a entrega do produto e compor relatórios da empresa responsável. Para que a comunicação possa ser realizada, o dispositivo conta com uma antena que pode ser instalada externa ao compartimento, tendo em vista que este não permite enviar ou receber sinais dado a blindagem eletrostática existente. Como não foi possível realizar testes no caminhão foram realizados testes de bancada em ambiente controlado e condições similares que o equipamento deve ser instalado, o uso de bancada possibilitou estabelecer uma média padrão de cores desejadas para o tratamento de imagem com objetivo de padronizar o brilho e contraste, com base em uma imagem de referência que apresentou condições visuais relevantes e o reconhecimento dos detalhes presentes na fotografia utilizada para validação. As fotos tiradas são compostas em escala de cinza devido ao uso de leds infravermelhos, com qualidade garantida independente de variações no silo pelo ganho automático em função da razão entre a média padrão desejada e a média (R,G,B) de cada foto capturada. Devido à baixa presença de luz visível ou a ausência desta o ganho dado implica em melhorias voltadas ao contraste e brilho das fotografias e também no menor tempo do processo em questão de transmissão de dados que poderia ser realizado a partir da soma de duas fotografias para se obter resultado semelhante ao tratamento aplicado.

**Palavras-chave:** microcontroladores; bluetooth; ração; normas.

## ABSTRACT

With the growth of livestock in Brazil and its importance to the economy, the transport of animal feed is increasingly relevant. For the feed unloading process, it is required a compliance with safety standards and preventive measures in order to avoid accidents in addition to practices that ensure correct delivery compliance. As the application and control of these measures are not trivial in the daily lives of the workers involved in the process, emerges a need to look for ways to make the work easier, and which can also facilitate training and the bureaucracy involved. In this context, this work presents the development of a equipment capable of serving as a tool for the feed transport truck driver, in order to prevent him from being exposed to dangerous situations and serving as a history and proof of delivery of the product to the right recipient. The project developed allows the truck driver via bluetooth communication to capture the inside of the silo via Android application and its integration with the embedded system installed in the compartment. The photos, when taken, can be saved in the cell phone memory and used to prove the delivery of the product and compose reports of the responsible company. In order for communication, the device has an antenna that can be install outside the compartment, given that it does not allow sending or receiving signals due to the existing electrostatic shielding. As it was not possible to carry out tests on the truck, bench tests were carried out in a controlled environment and similar conditions in which the equipment must be installed, the use of a bench made it possible to establish a standard average of desired colors for the image treatment in order to standardize the brightness and contrast, based on a reference image that presented relevant visual conditions and the recognition of the details present in the photograph used for validation. The photos taken are composed in grayscale due to the use of infrared LEDs, with guaranteed quality regardless of variations in the silo by the automatic gain as a function of the ratio between the desired standard average and the average (R,G,B) of each captured photo . Due to the low presence of visible light or the absence of it, the given gain implies improvements aimed at the contrast and brightness of the photographs and also in the shorter time of the process in question of data transmission that could be carried out from the sum of two photographs to obtain a result similar to the applied treatment.

**Keywords:** microcontrollers; bluetooth; feed; norm.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Caminhão para transporte de ração.....	15
Figura 2 - Vista interna de um compartimento do silo. ....	16
Figura 3 - Segurança trabalho em altura.....	17
Figura 4 - Espectro de resposta da câmera OV2640. ....	19
Figura 5 - Estrutura do perfil Bluetooth SPP .....	22
Figura 6 - Protocolos Bluetooth SPP .....	22
Figura 7 - Disposição do Equipamento .....	24
Figura 8 - Diagrama de blocos do sistema a ser desenvolvido .....	25
Figura 9 - CHIP ESP32-S.....	25
Figura 10 - Diagrama de Blocos Funcional ESP32 .....	26
Figura 11 - Câmera OV2640 .....	27
Figura 12 - ESP32-CAM.....	27
Figura 13 - Servo Tower Pro .....	28
Figura 14 - Resposta do espectro da câmera .....	29
Figura 15 - Led Infravermelho .....	29
Figura 16 - Conversor <i>Step-Down</i> .....	30
Figura 17 - Caixa Multibox.....	30
Figura 18 - Esquema 3D caixa para montagem .....	31
Figura 19 - Layout do aplicativo .....	33
Figura 20 - Fluxograma Aplicativo.....	34
Figura 21 - Fluxograma tratamento da imagem .....	35
Figura 22 - Funcionamento Biblioteca Bluetooth.....	37
Figura 23 - Fluxogramas da biblioteca câmera e da função principal (Main) .....	39
Figura 24 - PCI.....	40
Figura 25 - Sistema Embarcado.....	40
Figura 26 - Proteção do Sistema Ótico .....	41
Figura 27 - Aplicativo Android .....	42
Figura 28 - Ângulo de abertura câmera OV2640.....	42
Figura 29 - Possíveis formas de instalação do projeto dentro do silo do caminhão de ração .....	43
Figura 30 - Disposição Equipamentos Bancada de Testes.....	44
Figura 31 - Rotina de Testes.....	44
Figura 32 - Bancada de testes .....	45
Figura 33 - Fotografias sem tratamento de imagem.....	46
Figura 34 - Tratamento da imagem Caso 01.....	48
Figura 35 - Fotografias após tratamento de imagem com multiplicador coletivo.....	49
Figura 36 - Teste 03 .....	50
Figura 37 - Comparação dos 3 testes .....	51

Quadro 1 - Especificações ESP32 .....	26
Quadro 2 - Comando e informações .....	32



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ângulo de abertura da câmera .....	43
Tabela 2 - Teste 01 .....	45
Tabela 3 - Teste 02 .....	47
Tabela 4 - Teste 03 .....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS GERAIS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Transporte, carga e descarga de razão.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Gaiola de Faraday.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Câmera infravermelho.....</b>	<b>17</b>
3.3.1	Formação de imagem.....	18
3.3.2	Tempo de exposição .....	20
<b>3.4</b>	<b>Bluetooth.....</b>	<b>20</b>
3.4.1	Bluetooth Serial Port Profile .....	21
<b>3.5</b>	<b>Microcontroladores e sistemas embarcados.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Componentes Eletrônicos .....</b>	<b>25</b>
4.1.1	Microcontrolador ESP32.....	25
4.1.2	ESP32 Cam.....	27
4.1.3	Servo Motor.....	27
4.1.4	Iluminação ambiente .....	28
4.1.5	Alimentação do sistema .....	29
<b>4.2</b>	<b>Alocação dos componentes .....</b>	<b>30</b>
4.2.1	Proteção do sistema.....	31
<b>4.3</b>	<b>Conexão e comunicação Bluetooth.....</b>	<b>31</b>
<b>4.4</b>	<b>Captura da imagem .....</b>	<b>32</b>
4.4.1	Aplicativo .....	32
<u>4.4.1.1</u>	<u>Funcionamento do Aplicativo .....</u>	<u>33</u>
<u>4.4.1.2</u>	<u>Tratamento da imagem .....</u>	<u>34</u>
<b>4.5</b>	<b>Programação ESP32 .....</b>	<b>36</b>
4.5.1	Biblioteca Bluetooth.....	36
4.5.2	Biblioteca Câmera .....	38
4.5.3	Programação principal.....	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Testes em bancada .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>

REFERÊNCIAS.....	54
------------------	----

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os últimos 32 anos, no ano de 2020 houve o maior valor da produção agropecuária no país, com maiores contribuições da soja, carne bovina e suína (GOVERNO FEDERAL, 2021). Em relação à quantidade de ração produzida no país, no primeiro semestre de 2021 houve aumento de 5,2% em relação ao previsto pelo Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (Sindirações) (SINDIRAÇÕES, 2021).

O Brasil é o terceiro maior produtor de ração animal no mundo, produzindo 77,6 toneladas métricas no ano de 2020 (AIITECH, 2021). De maneira simplificada, este produto é produzido em fábricas espalhadas em todo o território nacional e é distribuído aos produtores de forma direta, ou indiretamente, através de lojas. No primeiro caso, normalmente os criadores de animais e frigoríficos possuem acordos, onde a ração é fornecida pelo frigorífico e os criadores são os responsáveis pelas instalações de criação e pelo cuidado animal no dia a dia. Fazendo a ligação entre estes dois entes há empresas transportadoras de ração, que alugam o seu serviço aos frigoríficos.

É necessária uma grande frota de caminhões do tipo silo a granel transportando rações para sustentar a demanda do produto. Esses caminhões apresentam mais de um compartimento interno, de forma que a entrega pode ser feita a mais de um criador pelo mesmo caminhão. As mesmas normas de fabricação devem ser obedecidas no transporte, como limpeza, impedimento de contaminação, e, principalmente, a segurança humana. Como o trabalho de transporte é um serviço prestado para os frigoríficos e para os criadores, a empresa de transporte também deve assegurar que o serviço foi prestado de forma correta, atestando a entrega de toda a carga no criador adequado dentro prazo contratado.

Atualmente, a entrega do produto depende de forma exclusiva do motorista do caminhão de transporte. Na entrega do produto, o mesmo faz as conexões de tubos necessárias e despeja a ração no silo do destinatário. Normalmente é preciso que o motorista suba sobre o caminhão para olhar se todo o produto foi transferido, e então, após o preenchimento e assinatura de alguns documentos, o motorista prossegue a rota para a próxima entrega.

Um ponto de perigo no processo é a necessidade comum do motorista subir sobre o caminhão. Por se tratar de uma altura superior a 2,0 metros, a NR 35

estabelece que devem ser tomadas medidas de segurança, como fornecimento de equipamento de proteção individual (EPI) e treinamento para o profissional. Ocorre que não há como saber se as medidas de segurança estão sendo seguidas, podendo acarretar problemas para empresa e para o profissional. Outro ponto que pode ser melhorado no processo é a geração de documentação automática sobre a entrega.

Tal sua importância na cadeia produtiva de alimento, e dessa na econômica do país, propõe-se o desenvolvimento de um equipamento capaz de capturar imagens do interior dos compartimentos do caminhão para verificar a descarga do produto, eliminando, desta forma, a necessidade de o motorista subir sobre o veículo durante as entregas de ração, e servindo ainda, como prova de execução do serviço pela empresa transportadora.

O dispositivo tem função de capturar as fotos dentro de ambiente metálico, com pouca ou sem presença de luz, proteger o sistema da poeira e gordura proveniente do alimento, suportar vibrações e enviar a informação via Bluetooth para o operador (motorista) quando este solicitar via aplicativo, que deverá ser comunicar com o sistema embarcado.

## **2 OBJETIVOS GERAIS**

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um equipamento eletrônico capaz de fotografar o interior de ambientes metálicos fechados, com pouca ou nenhuma luminosidade, com distância de aproximadamente 2,5m entre a câmera e o obstáculo mais distante. O sistema deve suportar vibrações de transporte de caminhões em estradas não pavimentadas, além de permitir o funcionamento por longo período sem intervenção humana direta, em ambiente que eventualmente possuam nuvem de poeira e gordura. A imagem capturada deve ser transmitida por protocolo de comunicação sem fio para um celular para tratamento da imagem e visualização por um usuário do sistema.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- a) Confecção do dispositivo eletrônico capaz de realizar, enviar e receber dados via comunicação bluetooth, comandado por meio de aplicação Android;
- b) Desenvolvimento de aplicação Android para interface usuário-hardware a fim de permitir o funcionamento do sistema sem intervenção humana direta;
- c) Aplicar metodologia para tratamento e padronização da imagem relacionadas ao brilho e contraste da imagem para visualização de detalhes que a compõem;
- d) Realização de testes e validação do dispositivo em ambiente controlado e bancada de testes montada de forma a simular condições próximas e semelhantes ao local de instalação.

### 3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A pecuária foi responsável em 2013 por já representar 30,45% do produto interno bruto (PIB) do agronegócio e 6,87% em relação ao PIB de todo o Brasil, (EMBRAPA, 2015). Com a incrementação de novas tecnologias e modernização dos setores do país. A produção da pecuária brasileira teve grande aumento nos últimos anos. A produção da carne de aves e suínos aumentaram em 22 e 4 vezes, respectivamente, além disso se estabeleceu um padrão para o rebanho de suínos no território nacional (EMBRAPA, 2021).

A alimentação animal desempenha papel fundamental para que toda essa produção seja atendida, de forma que a produção de ração deve acompanhar o crescimento da pecuária de forma a garantir seu desenvolvimento. No primeiro semestre de 2021, o setor de rações do Brasil cresceu 5,2% além da estimativa de 39 milhões de toneladas no 1º semestre (SINDIRAÇÕES, 2021).

A exportação de carnes, principalmente de aves para países como China, influência diretamente na produção e crescimento do setor de alimentação animal. Por conta do déficit chinês em 2021, a produção de carne de aves teve crescente estímulo, acarretando um acréscimo de 5,8% na produção de ração para frangos de corte em comparação ao ano anterior (SINDIRAÇÕES, 2021).

Toda essa ração produzida, deve ser carregada, transportada e entregue aos locais de consumo, como chiqueiros e aviários. A Sindirações, para realização do transporte, estabelece um manual de recomendações para seguir um padrão de qualidade e segurança no transporte de ração (SINDIRAÇÕES, 2021).

#### 3.1 Transporte, carga e descarga de ração

Para o transporte de ração até o destino, os silos graneleiros fixados em caminhões são utilizados para realizar o deslocamento sem que ocorra prejuízos ao alimento animal. Segundo a fabricante de silos AGPR (2021), o silo conta com sistema de roscas de transporte que passam pelo tubo de transporte posicionado para a descarga da ração, sendo que o sistema é acionado pela própria força do caminhão.

A Figura 1 demonstra um caminhão de transporte de ração. A carroceria, em formato de silo em V ou U, é fixada sobre o chassi. Na parte inferior da carroceria há

uma rosca helicoidal que leva a ração até a parte traseira do caminhão. Na parte traseira encontram-se várias tubulações móveis manobradas pelo motorista de forma manual ou eletricamente através de controle, que encaminham o produto até a parte superior do silo de destino. A carroceria, em formato de silo, pode ser dividida através de divisórias verticais, criando compartimentos que podem ser utilizados para carregar diferentes produtos ou para melhorar o controle da quantidade entregue por produtor. A descarga de produto normalmente é feita a partir do compartimento da traseira. De forma geral as carrocerias possuem escadas, corrimões e plataformas para acesso à parte superior, por onde o carregamento do caminhão é feito através de alçapões, e por onde os motoristas podem verificar se todo o produto foi descarregado (AGPR5, 2021).

**Figura 1 - Caminhão para transporte de ração**



**Fonte: AGPR5 (2021)**

A Figura 2 mostra a vista superior interna de um compartimento da carroceria de um caminhão, com silo em formato V, ou seja, é equivalente à vista que o motorista do caminhão tem ao olhar o interior do silo através do alçapão na parte superior do caminhão. Destaca-se na imagem a proteção da rosca de transporte, que impede que a ração trave a mesma, assim como resquícios de ração na parte esquerda da foto.



**Figura 2 – Vista interna de um compartimento do silo.**



**Fonte: Grupo TRIEL HT (2017)**

Para que a entrega seja feita sem riscos de contaminação ou demais eventuais danos, os caminhões devem ser adequados ao transporte e devem atender a requisitos de conservação (SINDIRAÇÕES, 2021).

Para que ocorra nova carga de produtos, deve ser verificado se houve sobra de cargas anteriores, deve ser feita a limpeza e manutenção se assim for necessário, ainda deve ser realizado o apontamento das cargas e descargas realizadas (SINDIRAÇÕES, 2021).

Relacionado apenas ao transporte de materiais, no Brasil existem diversas normas e regulamentações que devem ser seguidas. A NR11 estabelece regras de segurança quanto ao transporte, armazenagem e manuseio de materiais, enquanto cargas perigosas são tratadas pela NBR 19 e 16. Para trabalhos acima de 2,0 metros de altura, a NR35 exige que haja proteção para evitar o risco de queda, onde a maior parte dos processos de carregamento e descarregamento de mercadorias em caminhões se enquadra (A&M, 2021).

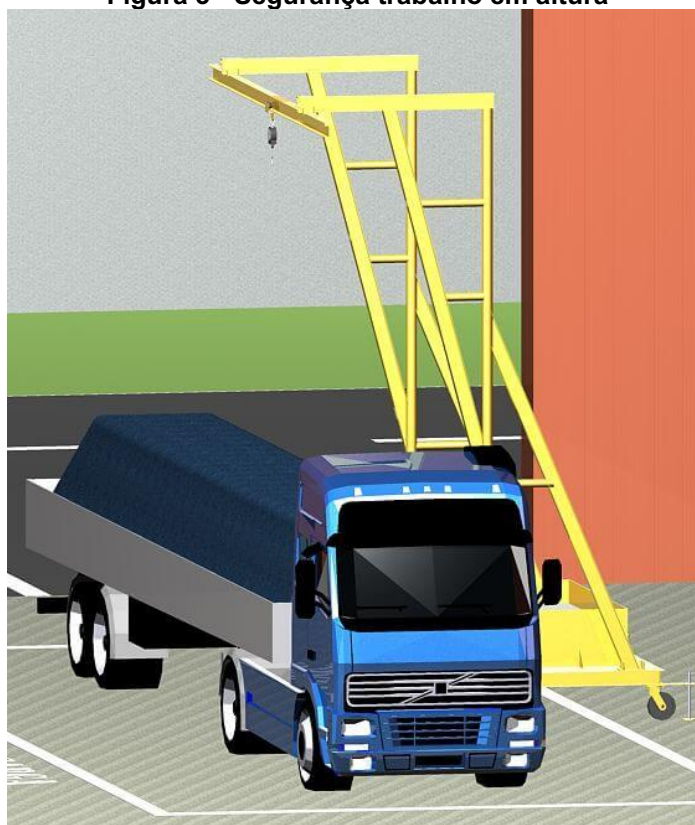
Um exemplo de estrutura de segurança para trabalho em altura em caminhões, é dado pela Figura 3.

### **3.2 Gaiola de Faraday**

Por se tratar de um ambiente metálico a estrutura do caminhão não permite enviar ou receber sinais de natureza eletromagnética devido a blindagem eletrostática, Gaiola de Faraday.

Condutores carregados se eletrizam apenas em seu exterior, de forma que o campo elétrico no interior destes é nulo. Tal descoberta se deu por Michael Faraday que comprovou sua teoria ao entrar em uma gaiola metálica energizada. A este fenômeno se dá o nome de blindagem eletrostática, ou gaiola de Faraday (SILVA, 2011).

**Figura 3 - Segurança trabalho em altura**



Fonte: A&M do Brasil (2021)

Por se tratar de ondas eletromagnéticas, sinais de comunicação sem fio, como Bluetooth, não passam por ambientes com blindagem eletrostática, sendo assim, se for inserido um rádio ou celular em um ambiente metálico, este não poderá enviar ou receber sinais (PATRICIO, 2012).

### 3.3 Câmera infravermelho

Para entender como as imagens são formadas e capturadas por câmeras fotográficas presentes em diversos aparelhos eletrônicos, como celulares, laptops, microprocessadores e microcontroladores, devemos compreender um fenômeno muito importante, a luz. Expostos desde os primeiros momentos de nossas vidas, a

luz tem grande papel no estímulo sensorial dos seres humanos, ou seja, na visão. Através dela nos orientamos e detectamos objetos na nossa frente e ao nosso redor, mas o que é a luz e como essa pode ser descrita? (BARTHEM, 2005).

Formada pela propagação magnética e elétrica, a luz é definida como uma onda eletromagnética (oscilações formadas por campos elétricos e magnéticos) (SERWAY, 2018). Sua postulação se dá em 1863 com o trabalho de Maxwell, que definiu a luz como uma onda eletromagnética de alta frequência. A luz visível, é produzida por corpos quentes e pode ser captada pelo olho humano, com comprimentos de 400 a 700nm, do violeta ao vermelho, respectivamente (SERWAY, 2014).

Quando a frequência de oscilação da onda eletromagnética é menor do que o olho humano consegue captar, passa a ser chamada de ondas infravermelhas. Conforme cita Serway, Princípios da física, (2014), tais ondas são produzidas por corpos em temperatura ambiente e tem grande uso nos dias contemporâneos, aplicadas em espectroscopia, controles remotos, fotografias e outras serventias diversas.

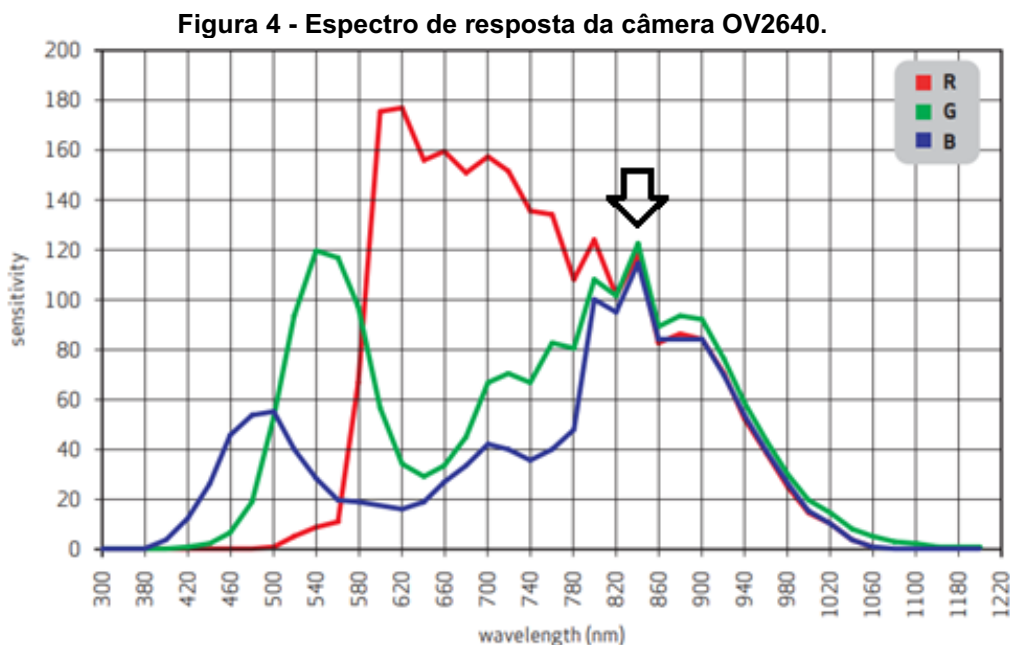
Por apresentar frequência menor que da luz vermelha, o infravermelho não se encontra dentro do espectro eletromagnético visível. A radiação infravermelho tem comprimento de onda entre 730 e 1.000.000 nm, não sendo visível ao olho humano (DE OLIVEIRA LEITE e JUNQUEIRA PRADO, 2012).

### 3.3.1 Formação de imagem

Uma imagem é uma matriz formada pelo conjunto de milhares de pontos, chamados de *pixels*. Cada *pixel* é formado por 3 valores, que descrevem intensidades luminosas em 3 cores básicas, normalmente vermelho, verde e azul (RGB). Cada uma dessas componentes de um *pixel* tem sua intensidade descrita, normalmente, em valores entre 0 e 255 (range de um *byte*). (QUEIROZ e GOMES, 2006)

As imagens normalmente são capturas por câmeras digitais e mostradas em monitores ou displays. No caso das câmeras, as imagens são capturadas por milhares de sensores de luminosidade posicionados de forma equidistante, de forma que ao receberem luz a transforma em uma tensão elétrica. Normalmente as câmeras possuem 3 tipos de receptores, sendo cada um otimizado para uma região do espectro

eletromagnético correspondente a uma das cores primárias. Cada conjunto de três sensores formarão um *pixel* da imagem de uma fotografia. Isso pode ser verificado através do espectro de resposta da câmera modelo OV2640, mostrada na Figura 4.



Fonte: Adaptado de Datasheet Omnivision (2007)

A sensibilidade diferente para cada sensor luminoso que compõe um *pixel* normalmente já é balanceada na própria câmera, de forma a não distorcer as cores da imagem em relação ao olho humano. Na representação da imagem coletada em um *display*, se um *pixel* apresenta os valores 125-0-0 num modelo RGB, significa que o mesmo é visto como puramente vermelho, com intensidade luminosa mediana (QUEIROZ e GOMES, 2006). Os valores 0-0-0 é visto como preto e 255-255-255 como branco. Os valores 125-125-125 representam cinza, porém, como cada pixel está em sua intensidade média, o resultante acaba sendo perceptivelmente mais claro que as cores puras (QUEIROZ e GOMES, 2006).

Na Figura 4 percebe-se que na região próxima de 850nm a câmera exemplificada possui a maior sensibilidade para os 3 sensores ao mesmo tempo, ou seja, nesta região do infravermelho esta câmera potencialmente poderia apresentar as melhores fotografias em ambientes com baixa luminosidade.

Isso exemplifica uma razão para utilização de luz infravermelha para captação de imagens em ambientes com pouca ou nenhuma luz. Como quase todo objeto reflete radiação infravermelha, são utilizados leds para emissão de raios neste comprimento de onda, que quando refletidos pelos objetos retornam para a câmera e

a imagem pode ser formada da mesma forma que uma câmera comum (EMBRASIL, 2020).

Outro motivo para a utilização de infravermelho em vez de luz visível para monitoramento de ambientes escuros é a não perturbação da visão humana neste ambiente. Como desvantagem disso, porém, destaca-se a perda da noção de cores, ou seja, a geração de imagens em tons de cinza.

### 3.3.2 Tempo de exposição

Câmeras tradicionais são a prova de luz e o obturador (dispositivo que controla a entrada de luz) permite que a luz entre por determinado período de tempo através de um conjunto de lentes e incidam sobre o filme que possui substâncias químicas as quais ao reagir com a luz gravam a imagem (IN BRITANNICA, 2021). Atualmente, porém, como dito anteriormente, as imagens são captadas por um sensor que converte a luz em sinais elétricos, não possuindo filme de gravação.

Os captadores de imagem são formatos por sensores onde uma determinada intensidade luminosa gera uma tensão elétrica específica, e esta tensão é então aplicada a um circuito integrador (acumulador) e posteriormente a um conversor analógico digital (conversor A/D). Desta forma, uma intensidade luminosa constante em um *pixel* gera uma tensão elétrica constante na saída do sensor e uma rampa de subida com angulação constante na saída do integrador, onde o ângulo é proporcional à intensidade luminosa.

O tempo de exposição é o período em que essa integração é feita antes da amostragem do conversor A/D. Percebe-se então que para ambientes com pouca intensidade luminosa o tempo de exposição deve ser maior que para ambientes com mais luz. No primeiro caso deseja-se evitar que os *pixels* possuam valores próximos de 0-0-0 (preto), enquanto no segundo caso evita-se a saturação do *pixel* em 255-255-255 (COSTA, 2010).

## 3.4 Bluetooth

No âmbito da tecnologia sem fio, o Bluetooth é uma das principais e mais utilizadas no meio atual. O Bluetooth é definido como uma tecnologia de comunicação

*wireless* por meio de ondas de rádio UHF com frequência de 2.4GHZ, permitindo troca de dados e informações em pequenas distâncias (MARQUES, 2014).

Tal tecnologia é dividida em três classes, conforme listado a seguir:

- Classe 3: alcance máximo de 1 metro;
- Classe 2: alcance máximo de 10 metros;
- Classe 1: alcance máximo de 100 metros.

Para estabelecer a conexão Bluetooth, comunicação e troca de dados, alguns processos devem ser seguidos. Para que dois dispositivos possam estabelecer conexão é necessária a Descoberta de Dispositivos, controlada pela arquitetura Gap (*Generic Access Profile*) (BLUETOOTH, 2021).

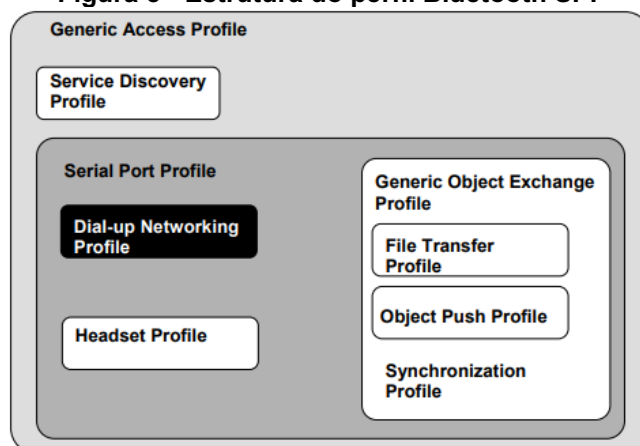
Na arquitetura GAP, um dos dispositivos realiza o chamado *advertising*, emitindo pacotes periódicos de dados com informações sobre o dispositivo, já o processo de *scanning* se dá pelo outro dispositivo receber os pacotes daquele que realizou *advertising* (BLUETOOTH, 2021). Ao dispositivo que emite os pacotes de dados com informações se dá o nome de Periférico, enquanto ao que realiza varredura se nomeia Central.

#### 3.4.1 Bluetooth Serial Port Profile

Dentro das aplicações Bluetooth existem especificações de interface para a comunicação de dispositivos, chamadas de perfil, que definem as características da visão deste para outros e o que pode ser feito a partir desta.

*Serial Port Profile* (SPP) é o perfil que define os protocolos e procedimentos para comunicações emuladas de RS232 ou similares entre dispositivos Bluetooth. A Figura 5 retrata a estrutura deste perfil.

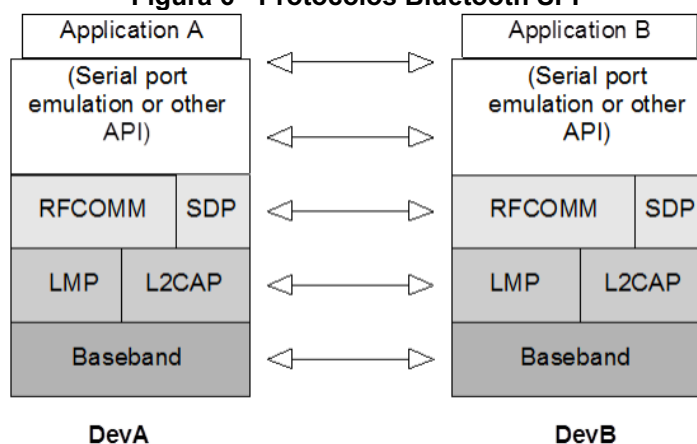
**Figura 5 - Estrutura do perfil Bluetooth SPP**



Fonte: BLUETOOTH DOC (2012)

Os protocolos e entidades usadas pelo perfil, são demonstradas na Figura 6

**Figura 6 - Protocolos Bluetooth SPP**



Fonte: BLUETOOTH DOC (2012)

### 3.5 Microcontroladores e sistemas embarcados

Conjunto de processador, memória, e controle de periféricos de entrada e saída (DE OLIVEIRA RODRIGUES, 2013), os microcontroladores são um tipo de microprocessador que podem ser usados nos mais diversos fins, como automação residencial e industrial.

Computadores de um único *chip*, os microcontroladores diferem dos sistemas microprocessados tradicionais por terem a disposição de seus periféricos dentro do próprio componente, diminuindo o custo do produto e aumentando sua versatilidade devido que o código de funcionamento pode ser gravado quase que inúmeras vezes,

permitindo atualizações no projeto e aplicações em diversas áreas (KERSCHBAUMER, 2018).

Presentes em quase todos os equipamentos eletrônicos, os microcontroladores são utilizados em centrais de alarme, teclados de computador, micro-ondas, calculadoras, veículos e tudo que precise que sua execução seja controlada a partir de determinados comandos ou leitura de entradas e saídas (KERSCHBAUMER, 2018).

Ao falar de microcontroladores é muito difícil não envolver o tema sistemas embarcados, tal que a aplicação desses está quase que intrínseca. Sistema embarcado pode ser definido como um sistema dedicado a uma única tarefa que interage com o meio através de sensores e atuadores, seu processamento é continuamente processado via *software* no interior da unidade (CHASE, 2007).

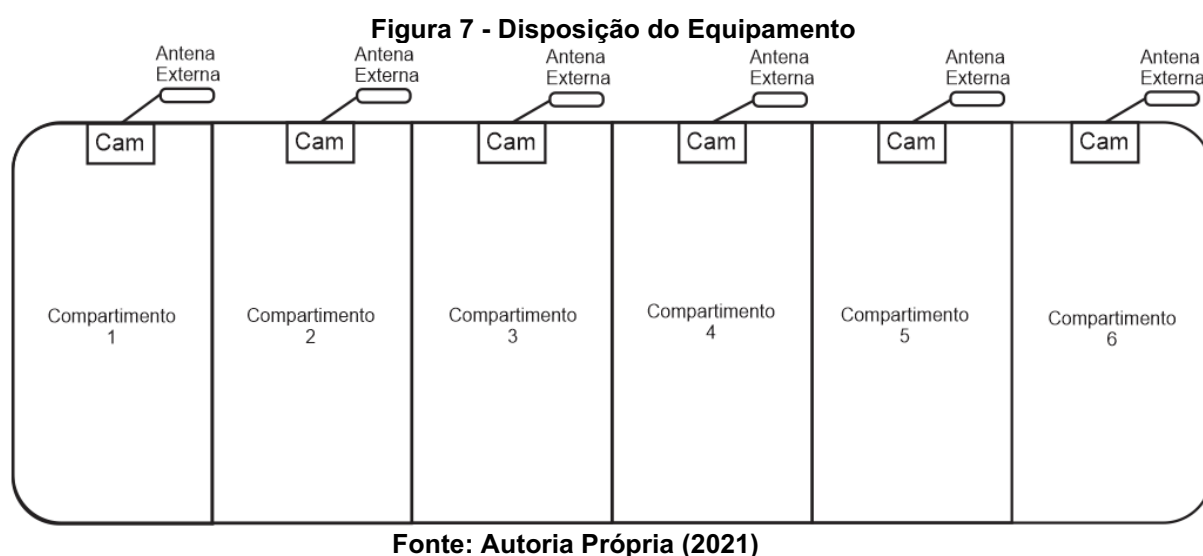
Existem diversos fabricantes de microcontroladores, assim como diversos módulos com propriedades e especificações variadas, permitindo a escolha do melhor modelo de acordo com o projeto que se pretende desenvolver. Como exemplo pode-se citar o microcontrolador ESP32, que segundo sua fabricante é rico em recursos e possui conexão Wifi e Bluetooth integrada (ESPRESSIF, 2021).



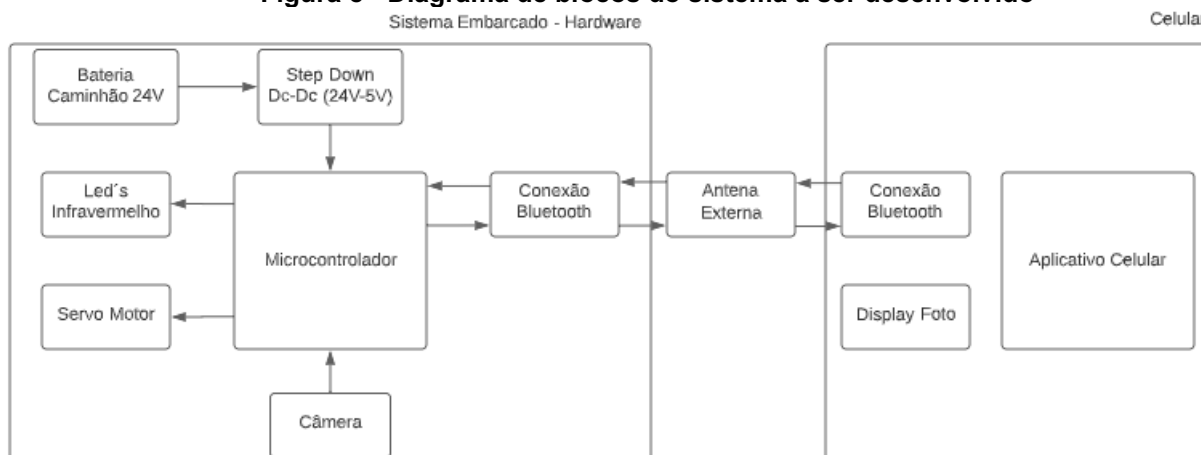
## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta é desenvolver um equipamento para verificar a presença de produto sólido presente no silo do caminhão de transporte, visando facilitar protocolos de segurança e diminuir riscos para o motorista responsável pelo caminhão.

Fisicamente o projeto é composto por um sistema embarcado instalado dentro do silo do caminhão capaz de capturar as imagens do interior do mesmo. As imagens são então enviadas através de comunicação sem fio para o celular de um usuário presente nos arredores do veículo. A Figura 7 exemplifica a disposição do equipamento no caminhão a partir da vista lateral deste. Pelo fato de o silo ser uma gaiola de Faraday e não permitir passagem de sinais de qualquer natureza, a antena precisa ser disposta externamente.



A Figura 8 apresenta um diagrama de blocos simplificado do sistema. À esquerda, o sistema microcontrolado, ao meio a antena externa encarregada de receber e enviar sinais e a direita o celular que deverá solicitar e receber as informações vindas do dispositivo. As partes do projeto, assim como os requisitos a serem atendidos, serão descritos nas próximas seções com detalhes sobre seu funcionamento e aplicação.

**Figura 8 - Diagrama de blocos do sistema a ser desenvolvido**

Fonte: Autoria Própria (2021)

## 4.1 Componentes Eletrônicos

Nas próximas seções são descritos os componentes eletrônicos utilizados na composição e confecção do projeto desenvolvido.

### 4.1.1 Microcontrolador ESP32

O componente principal do sistema, responsável pela lógica de funcionamento e pelas comunicações, é o microcontrolador ESP32-S da empresa Expressif Systems CO, Ltd, mostrado na Figura 9. Seu módulo de desenvolvimento básico já conta com antena *wifi* e bluetooth

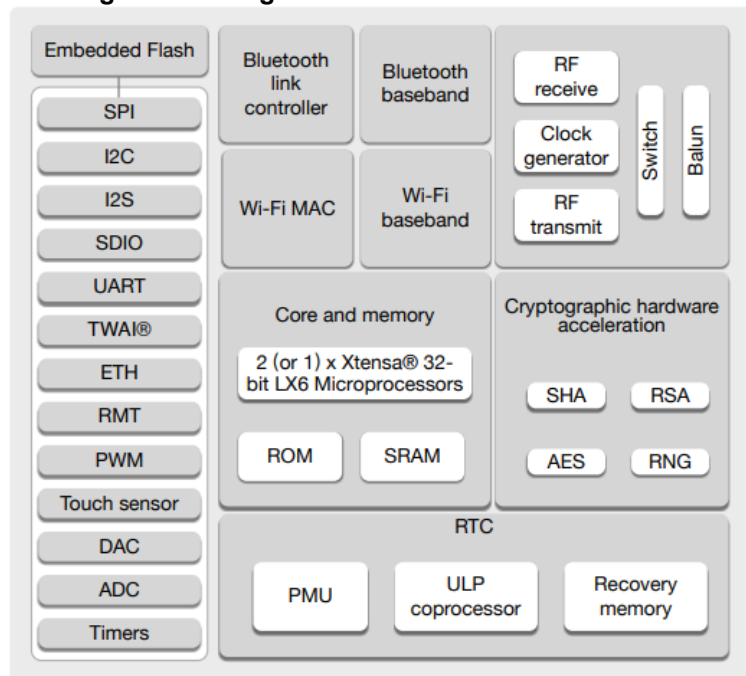
**Figura 9 - CHIP ESP32-S**

Fonte: WJ Componentes Eletrônicos (2021)

Para a criação da lógica de funcionamento são utilizados códigos em linguagem C, compilados através do *software* oficial da empresa, ESP-IDF, que possui

vários exemplos e bibliotecas já desenvolvidas para facilitar o processo em diversos aspectos. O diagrama funcional de blocos do chip é apresentado pela Figura 10.

**Figura 10 - Diagrama de Blocos Funcional ESP32**



Fonte: Datasheet Expressif

O Quadro 1 apresenta algumas das especificações do microcontrolador e do seu módulo de desenvolvimento.

**Quadro 1 - Especificações ESP32**

Especificações do microcontrolador			
Microcontrolador ES32 S		Módulo ESP32-CAM	
Alimentação	3V A 3,6V	Dimensões	64 x 27,5 x 5,5 [mm]
CPU	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6	Alimentação	3,3 V A 5V
ROM	448 KBytes	Suporte para câmera	OV2640 e OV7670
RAM	520 Kbytes	Suporte para cartão	micro SD
FLAHS	4MB	Pinos GPIO	16 Pinos
CLOCK MÁXIMO	240GHZ	-	-
PERIFÉRICOS	PWM, I2C, SPI, ADC, GPIO, UART, SDIO	-	-
TAXA TRANSFERÊNCIA	110-460800 bps	-	-

Fonte: Autoria própria (2021)

### 4.1.2 ESP32 Cam

Diversos módulos podem ser ligados ao microcontrolador, onde cada um apresenta características para as mais variadas aplicações. Um módulo relevante para este projeto é o ESP32-CAM, mostrado na Figura 12. Trata-se de um módulo câmera modelo OV2640 (Figura 11), que possui 2MP de resolução e conexão direta com o microcontrolador.

**Figura 11 - Câmera OV2640**



Fonte: FILIPEFLPR (2021)

**Figura 12 - ESP32-CAM**



Fonte: WJ Componentes Eletrônicos (2021)

### 4.1.3 Servo Motor

Um dispositivo eletromecânico com precisão para girar em ângulos ou distâncias específicas, o servo motor é composto por um motor elétrico rotativo acoplado a um sensor que passa a condição de seu posicionamento controlado por PWM. Possui alta capacidade de torque e ausência de vibrações.

Para o projeto em questão é utilizado o servo motor Tower Pro MG995, mostrado na Figura 13, pela sua robustez e capacidade de suportar vibrações. Seu

acionamento é feito por três fios: marrom conectado ao GND, vermelho ao VCC e laranja, onde recebe o sinal de pulso modulado que determina o ângulo de giro.

**Figura 13-Servo Tower Pro**



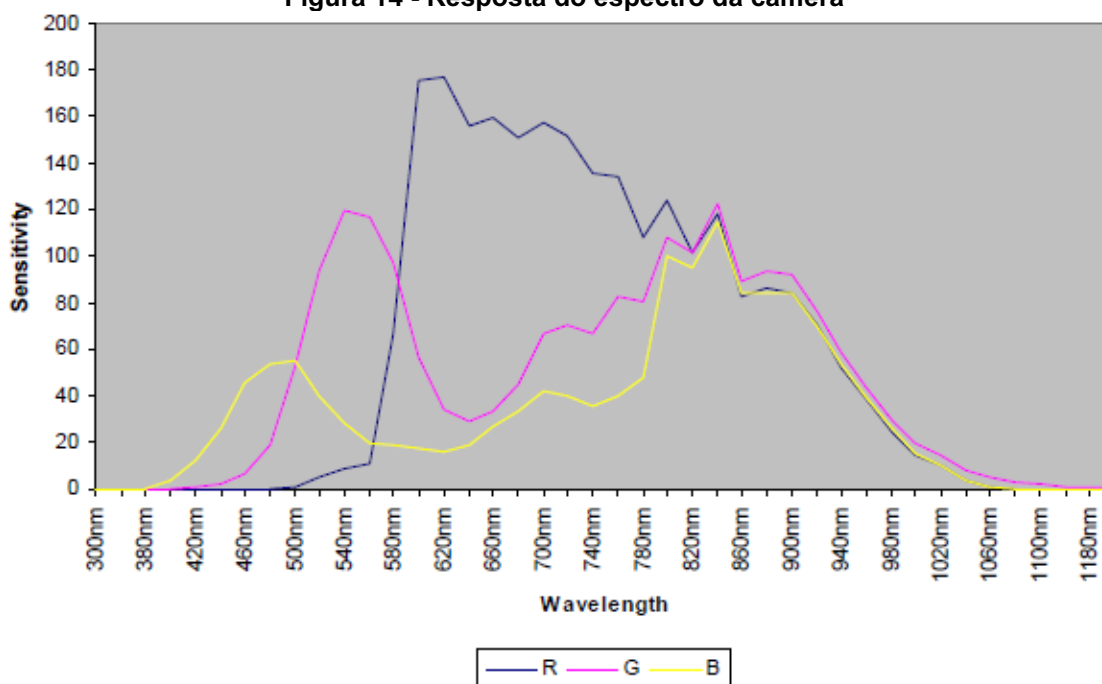
**Fonte: FILIPEFLOP (2021)**

#### 4.1.4 Iluminação ambiente

A qualidade das imagens provenientes de câmeras como o módulo OV2640 é relacionada com a intensidade luminosa do ambiente fotografado. Como o ambiente de interesse deste projeto é praticamente ausente de luz, se faz necessário um sistema de iluminação próprio. Como mostra a Figura 14, que mostra a resposta da sensibilidade da câmera ao longo do espectro eletromagnético, percebe-se picos de detecção em 850nm, ou seja, para ambientes com pouca luz, o melhor ponto de detecção para os três tipos de sensores que compõem a câmera (RGB) se localiza na região infravermelha.

Desta forma, a iluminação ambiente é realizada por LEDs infravermelhos na região 850nm. Os LEDs infravermelhos emitem raios que em contato com outros objetos são refletidos e captados pela câmera da mesma forma que em fotos comuns. Como os comprimentos de onda não compreendem a região visível, a foto gerada se forma em escalas de cinza. Para melhorar o foco luminoso, é utilizado lentes convergentes. A Figura 15 mostra o módulo utilizado: um led infravermelho de alto-brilho, 5 W, enclausurado por um farol para dissipação dos raios de forma focada.

**Figura 14 - Resposta do espectro da câmera**



Fonte: Datasheet Omnivision (2007)

**Figura 15 - Led Infravermelho**



Fonte: FILIPEFLOP(2021)

#### 4.1.5 Alimentação do sistema

O sistema é alimentado pela própria bateria do caminhão. Há modelos de 24 e 12V, com variações de até 3V quando o caminhão está em funcionamento. Conforme o Quadro 1, a alimentação dos módulos eletrônicos deve ser realizada de 3.3 a 5V. Para fazer essa adequação, e tendo em vista o range de tensão de entrada, é utilizado um conversor DC-DC chaveado, *Step Down*, baseado no componente LM2596, capaz de reduzir para o valor adequado uma ampla faixa de tensão de entrada (Figura 16).

**Figura 16 - Conversor Step-Down**

Fonte: FILIPEFLOP (2021)

O módulo ESP e o servo motor são alimentados com 5V. O módulo possui regulador linear interno para 3,3V, de onde são alimentados os LEDs infravermelhos, os circuitos lógicos e a câmera.

#### 4.2 Alocação dos componentes

Como os componentes eletrônicos devem estar protegidos de poeira e gordura e ainda resistir a vibrações no caminhão, o sistema embarcado responsável por tirar as fotos é alocado em uma caixa, conforme mostrado na Figura 17

**Figura 17 - Caixa Multibox**

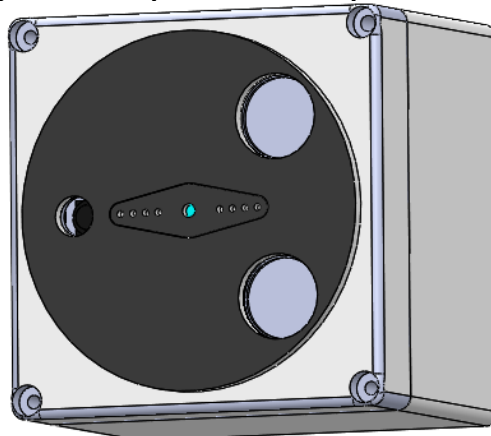
Fonte: Schumacher (2021)

A escolha pela compra de uma caixa ao invés de sua fabricação se dá justamente pela robustez e facilidade da sua utilização no projeto. Na tampa desta caixa são feitos 3 furos para alocação dos LEDs e da câmera, conforme mostra a Figura 18. Uma estrutura interna irá segurar o sistema eletrônico na posição adequada, e duas conexões serão feitas através da caixa: entrada de alimentação e saída da antena.

#### 4.2.1 Proteção do sistema

O silo do caminhão, dependendo do produto a ser transportado, está sujeito a condições ambientais degradantes. No caso do transporte de ração animal, dentro do silo poderá haver nuvem de partículas compostas principalmente por pó de milho, trigo ou soja, e gordura. Desta forma é necessário proteger a câmera para que não ocorra acúmulo de sujeira sobre as partes óticas durante o período de deslocamento do caminhão, onde devido ao balanço do caminhão deve ocorrer maior movimentação da carga transportada e em consequência maior volume de partículas em movimento que possam obstruir o conjunto ótico. Com este objetivo, foi desenvolvido um sistema de exposição das partes óticas (Figura 18) a ser acionado apenas no momento necessário quando já descarregado a ração e o caminhão não se encontra mais em movimento, e a fotografia é solicitada pelo motorista do caminhão. Trata-se de um sistema rotativo com furos alocados de forma a ocultar ou expor a câmera e os leds infravermelhos.

**Figura 18 - Esquema 3D caixa para montagem**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

#### 4.3 Conexão e comunicação Bluetooth

Para que a comunicação entre o sistema embarcado e o celular seja realizada, assim como a troca de informações e dados, optou-se por utilizar a comunicação Bluetooth com potência definida como padrão pelo microcontrolador de 3dBm, caracterizando classe 2, juntamente com a antena externa que pode ser facilmente acoplada ao módulo escolhido. A conexão e solicitação de informações deve ser



realizada a partir do celular, a execução da tarefa se dará com o envio de comandos específicos que serão lidos pelo microcontrolador para então executar suas funções demandadas. O Quadro 2 apresenta alguns dos comandos a serem transmitidos e a resposta que deve ser obtida a partir dessa.

**Quadro 2 - Comando e informações**

<b>Direção</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Comando</b>	<b>Resposta</b>
Celular para ESP	“ESP Capture\r\n”	Tirar foto	Foto capturada

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Ao receber o comando, o microcontrolador deverá rotacionar o sistema de proteção da câmera, tirar a fotografia, fechar novamente a proteção do sistema e enviar os *bytes* da foto para o celular em formato JPEG. Mais detalhes de como se dará o processo são abordados nas próximas seções, definindo como se darão as bibliotecas para a ESP e configurações do aplicativo.

#### **4.4 Captura da imagem**

O processo a partir da requisição da imagem até o recebimento e sua exibição é dividido em várias etapas. Tais etapas serão tratadas separadamente para sua melhor compreensão.

##### **4.4.1 Aplicativo**

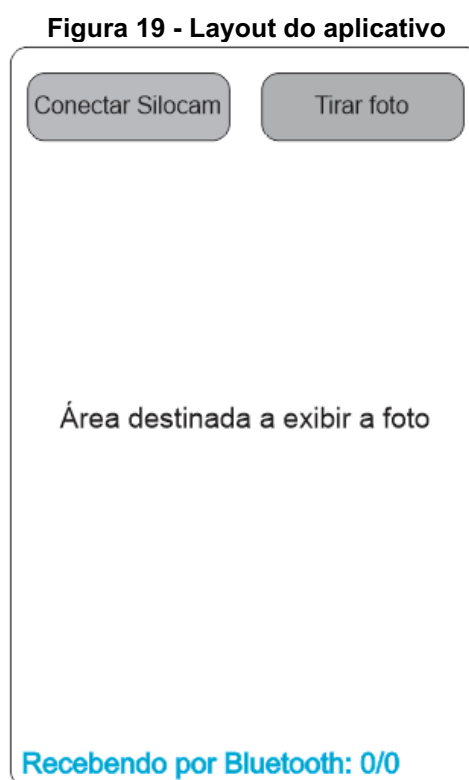
Para o desenvolvimento do aplicativo é utilizado a plataforma Processing que tem como base de programação a linguagem Java Script, contudo, a plataforma utiliza algumas adaptações da linguagem e se enquadra como uma linguagem de programação de código aberto e ambiente de desenvolvimento integrado. Para criação de aplicativos é disponibilizado uma extensão ao modo Android que permite criar aplicações para o sistema operacional da Google.

Conforme a Figura 8, o aplicativo deve ser capaz de realizar a comunicação Bluetooth com o sistema embarcado, tratar a imagem e mostrá-la na tela do celular, com dados sobre a foto e opção de salvamento. Mais detalhes sobre esses serão abordados nas seções seguintes

#### 4.4.1.1 Funcionamento do Aplicativo

Para o funcionamento correto do aplicativo, que é responsável pela interface usuário-*hardware*, o Bluetooth deve ser pareado nas configurações de cada celular utilizado. O App fica responsável, a pedido do usuário, de solicitar as informações ao ESP32, assim como de receber estas após execução das tarefas microcontroladas.

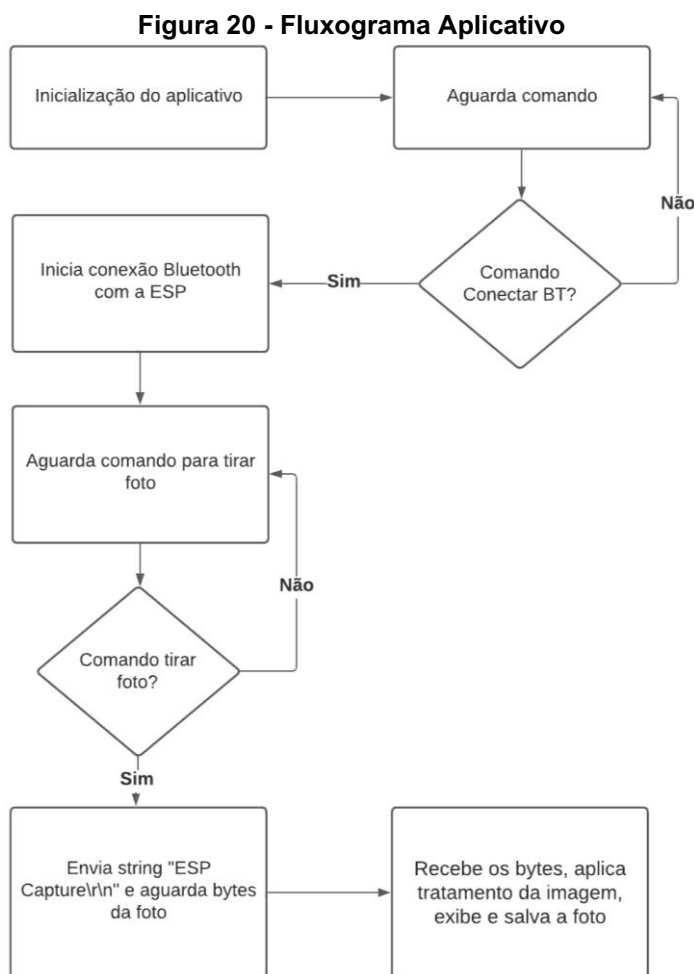
Para solicitar os dados estão disponíveis dois botões virtuais, um para conexão Bluetooth pedindo para se conectar ao nome do dispositivo pareado nas configurações e outro para realizar a tomada da fotografia (Figura 19).



Fonte: Autoria própria (2021)

O funcionamento do app, conforme descrito no fluxograma da Figura 20, se dá pela sua inicialização e aguardo de comandos. Ao clicar no botão virtual para conexão, o celular se conecta ao dispositivo e aguarda o comando para tirar a foto também por outro botão. Quando executado, é enviada uma determinada *string* ao microcontrolador, que irá identificá-la e verificar qual tarefa deve executar. O sistema instalado no caminhão então faz a fotografia do interior do silo e envia os *bytes* da foto, que são recebidos pelo celular. Antes da sua exibição será aplicado um tratamento na imagem para deixá-la mais clara e visível tendo em vista a pouca

iluminação em que o dispositivo se encontra presente. Após exibir a imagem, o app a salva na galeria do celular.



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.4.1.2 Tratamento da imagem

A qualidade de uma imagem capturada por uma câmera pode estar sujeita a diversos fatores, como a intensidade luminosa do ambiente. Na atual aplicação, onde a foto a ser capturada é do interior de um silo, as fotografias podem apresentar baixa visibilidade e legibilidade, ou seja, não seria possível distinguir os componentes que fazem parte da fotografia pelo baixo contraste, ou pela baixa claridade da foto.

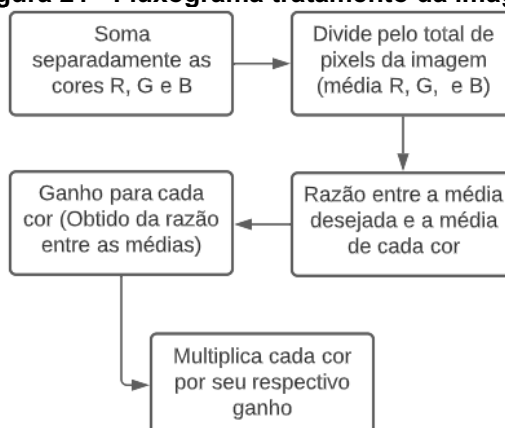
Há algumas formas de melhorar esta característica. A primeira seria aumentar a quantidade de LEDs para iluminação ambiente. Essa solução, porém, aumenta o custo do equipamento proposto, além de adicionar pontos óticos a serem protegidos da poeira, aumento do tamanho físico do sistema, aumento da possibilidade de falhas

devido à vibração, ou seja, se multiplicam as possibilidades de problemas de *hardware*. Uma segunda solução possível é o aumento do tempo de exposição da foto. Essa solução pode ser executada através das configurações da câmera, ou ainda através da interposição de diversas fotografias (soma de fotografias *pixel a pixel*).

Como o objeto fotografado e a câmera estão fixas, considera-se que duas fotografias realizadas em intervalos muito curtos de tempo possuem semelhanças muito próximas, e a soma *pixel a pixel* dessas fotos pode ser usada para um ganho nas características citadas relacionadas ao contraste e claridade de ambientes com pouca luminosidade, como é o caso abordado. A soma de duas fotografias diferentes, porém, permite a redução de ruídos que podem ocorrer nas áreas da fotografia, seja no momento de captura da foto ou no envio e recepção de dados, em contrapartida, duas fotografias implica no dobro de tempo para transmissão dos dados que a compõem. Assim, neste trabalho optou-se por realizar o tratamento no próprio aplicativo, com apenas uma foto, multiplicando cada *pixel* da imagem pelo valor desejado referente ao número de imagens que se deseja somar, procedimento o qual permite a padronização das imagens, porém pode aumentar ruídos devido ao ganho que estes também recebem.

Como pode haver diferenças nos ambientes em que os equipamentos serão inseridos sugere-se realizar um procedimento para calibração da foto. Será então realizada uma média no valor de todos os pixels (R, G e B) que compõem a foto e comparada com uma média padrão desejada. Através da razão entre as duas médias é definido um valor multiplicativo que será aplicado para todos os *pixels*, de forma que as fotografias exibidas possuam sempre um valor médio para o (R,G,B), calculado *pixel por pixel*, e, portanto, uma visibilidade padrão independente do ambiente.

**Figura 21 - Fluxograma tratamento da imagem**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

## 4.5 Programação ESP32

A execução das tarefas pelo microcontrolador ficará a cargo de comandos enviados via Bluetooth pelo dispositivo pareado. Para execução correta do programa são necessárias algumas bibliotecas geridas pela função “*main*” principal. Dentre essas bibliotecas, encontram-se a do Bluetooth para estabelecer a conexão, verificar comandos e enviar dados de volta ao usuário, assim como a da câmera com função de controlar, realizar a foto e salvá-la na memória do microcontrolador.

Mais detalhes sobre o funcionamento das bibliotecas, assim como da função principal serão descritos nas próximas seções com mais detalhes.

### 4.5.1 Biblioteca Bluetooth

Com a função de realizar a conexão com o celular (interface usuário - *hardware*), receber e enviar informações, a biblioteca Bluetooth é uma das mais importantes no escopo deste projeto, tendo seu funcionamento descrito pela Figura 22. A biblioteca foi criada a partir das funções disponíveis e com base na documentação fornecida pela empresa Espressif (ESPRESSIF, 2021), sendo que fica a cargo do projetista utilizar as funções adequadas a cada momento, de acordo com as especificações de cada projeto.

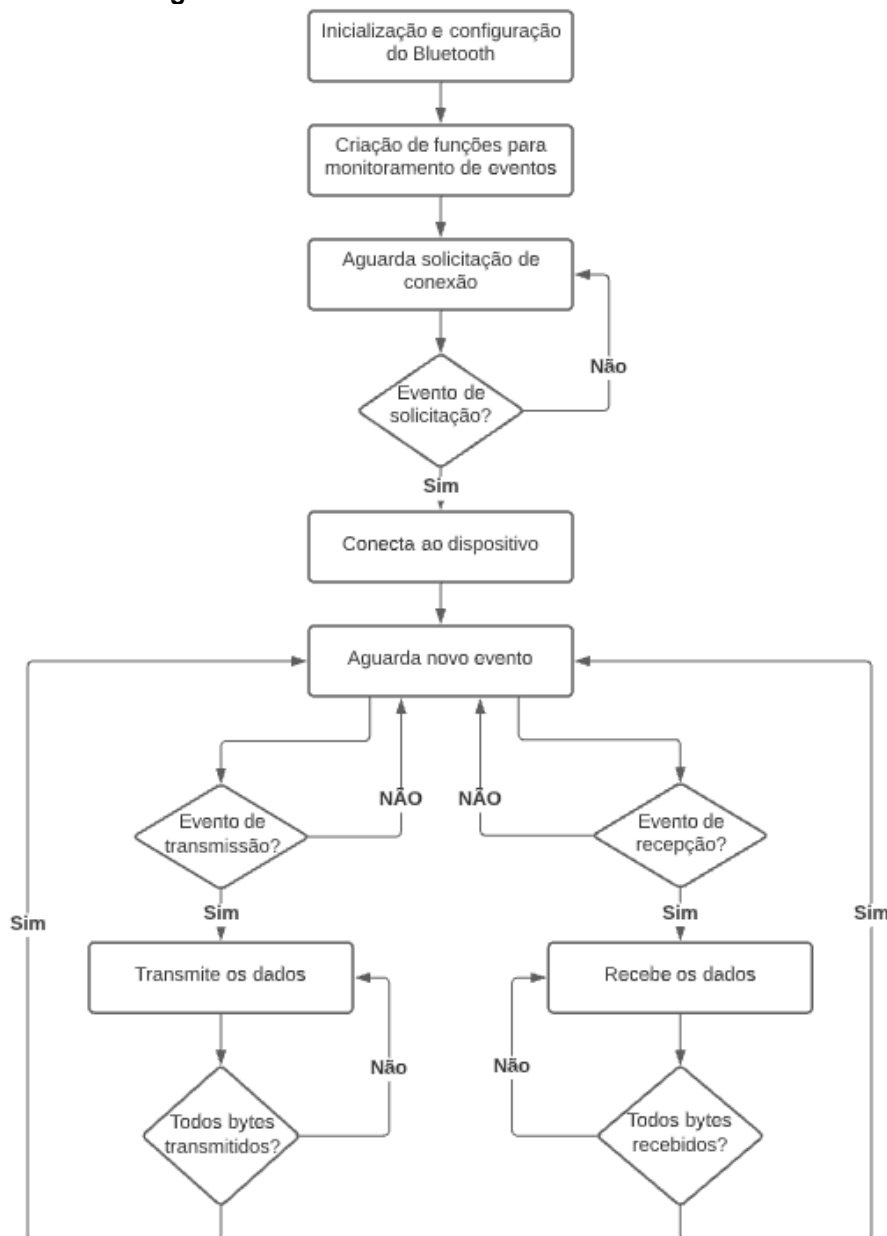
Após a energização do sistema ou um *reset* na alimentação, o periférico Bluetooth deve ser inicializado e as definições relacionadas com o tipo de utilização (áudio, comunicação de dados, etc) devem ser realizadas. Neste caso será abordado e utilizado o Bluetooth *Serial Port Profile* (SPP) que define os requisitos necessários para dispositivos realizarem comunicação serial sem fio.

A ocorrência de eventos é monitorada por funções pré-estabelecidas, onde o programa identifica o tipo de evento ocorrido e o usuário pode tomar uma série de comandos a partir daí. O primeiro evento que deve ocorrer é o de conexão, portanto quando solicitado pelo dispositivo para parear com o microcontrolador, este detectará o evento ocorrido e será realizada a conexão com o celular.

Realizada conexão, os próximos eventos de interesse são os de recepção e envio de dados/informações. Quando ocorrer um evento de recepção de dados, como o comando de tirar foto que o celular envia para o sistema embarcado, o

microcontrolador irá receber todos os *bytes* e verificar o comando recebido, sinalizando a *Flag* respectiva. Para envio dos dados, este sistema é responsável pela transmissão de todos os bytes de dados da fotografia até que não reste nenhum. Com o fim dos dois eventos em questão o sistema irá esperar pelo novo evento de transmissão ou recepção de dados.

**Figura 22 - Funcionamento Biblioteca Bluetooth**



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.5.2 Biblioteca Câmera

O módulo ESP32-CAM possui suporte integrado para câmera. Apesar de estar sendo utilizado o módulo câmera OV2640 de 2MP, pode-se utilizar outros modelos compatíveis. O módulo possui bibliotecas prontas, com funções fornecidas pelo *framework* da ESP-IDF que podem ser utilizadas de acordo com cada projeto específico. Algumas bibliotecas, como da câmera podem ser encontradas no GitHub da empresa (ESPRESSIF, 2021) (atualizado periodicamente), disponíveis para *download* e uso. Entre funções disponíveis e úteis ao projeto está a de tirar a foto e armazená-la na memória do microcontrolador para seu devido uso.

A Figura 23.a exemplifica um fluxograma detalhando o funcionamento da biblioteca utilizando as funções básicas disponíveis. A captura da foto se dará no formato .jpeg, padrão estabelecido pelo datasheet do modelo OV2640. Como o formato .jpeg é compactado a transferência via protocolo Bluetooth serial é mais rápida, portanto, modificações no formato da imagem ficam a encargo do aplicativo. Após tirar a foto os dados são armazenados em um *buffer* e podem ser acessados e enviados para a interface usuário-*hardware*.

#### 4.5.3 Programação principal

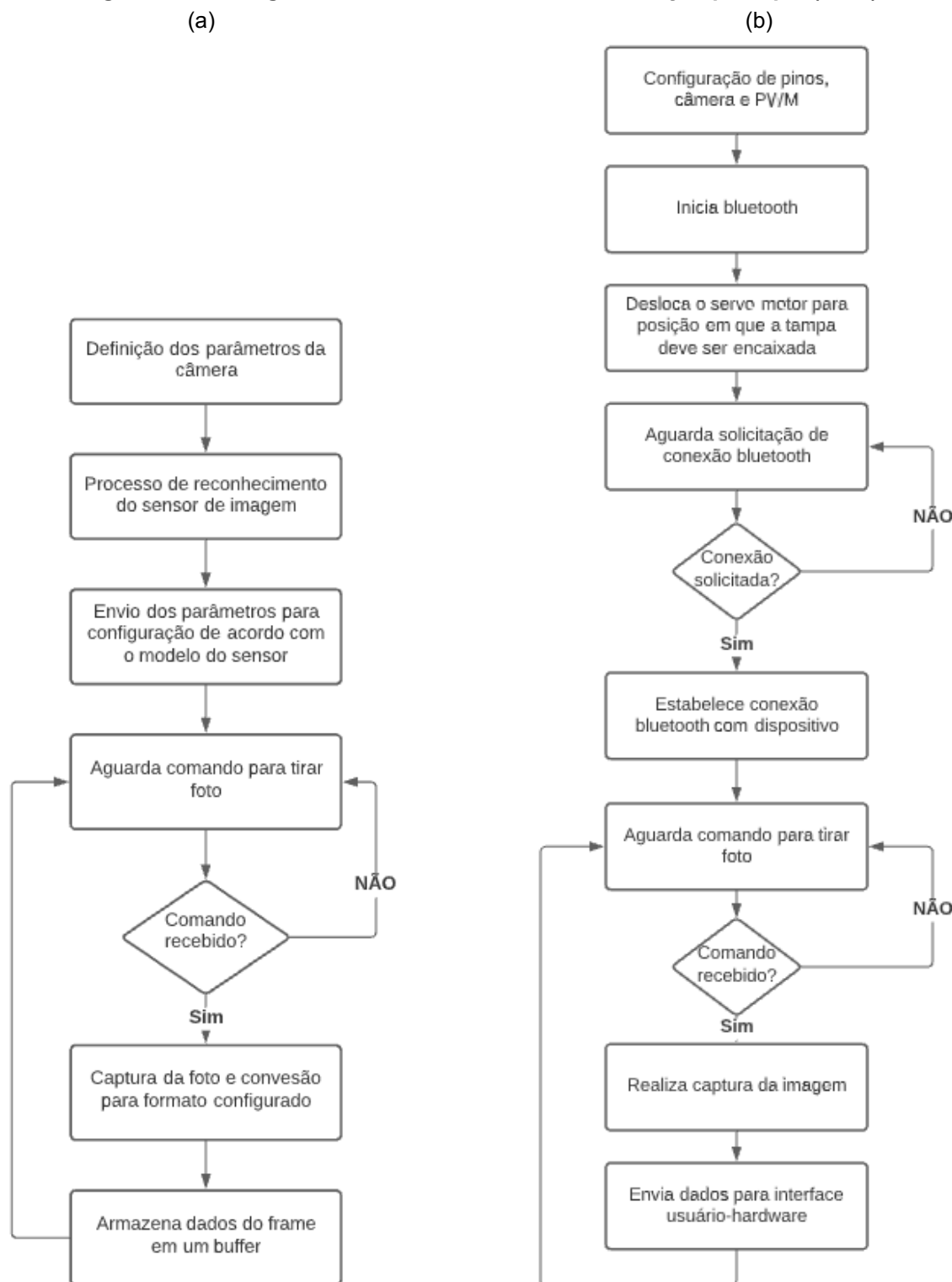
A função principal é a responsável por definir o funcionamento e a ordem das tarefas a serem executadas. A Figura 23.b demonstra o funcionamento desta.

No momento que o sistema é inicializado algumas funções e tarefas são executadas automaticamente, como a configuração dos pinos, câmera e PWM, em seguida a rotina do programa segue normalmente. Para posicionar a tampa da caixa de forma correta, o servo motor irá girar até a posição específica que está deve ser encaixada, esperar um tempo e voltar a sua posição original protegendo os componentes do sistema.

Quando solicitado o comando para realizar a foto, a biblioteca Bluetooth irá levantar a *flag* sinalizando a ordem. Quando esta ordem for realizada a *flag* retorna para seu valor original e o programa espera está ser levantada novamente para tomar outra foto. Para realizar a captura da imagem os leds infravermelhos são acionados e expostos, assim como a câmera para a tomada da foto, através do sistema rotativo

conforme Figura 18. Assim que feita a foto os leds são desligados e a porta fechada novamente. Por fim, são enviados os dados e as informações sobre o tamanho do *buffer*.

**Figura 23 – Fluxogramas da biblioteca câmera e da função principal (Main)**



Fonte: Autoria própria (2021)



## 5 RESULTADOS

Para execução do trabalho proposto foi realizada a confecção da placa eletrônica permitindo a execução das tarefas microcontroladas, a Figura 24 demonstra a versão final da Placa de Circuito Impresso (PCI) construída.

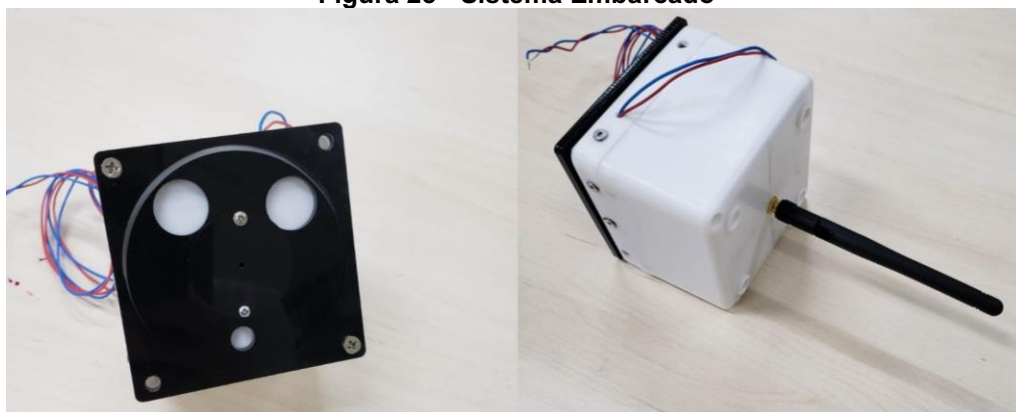
**Figura 24 - PCI**



**Fonte: Autoria Própria (2022).**

Com o uso de bibliotecas criadas e outras fornecidas pela empresa Expressif, as rotinas de execução podem ser realizadas, compondo o sistema embarcado demonstrado pela Figura 25 em sua versão final.

**Figura 25 - Sistema Embarcado**

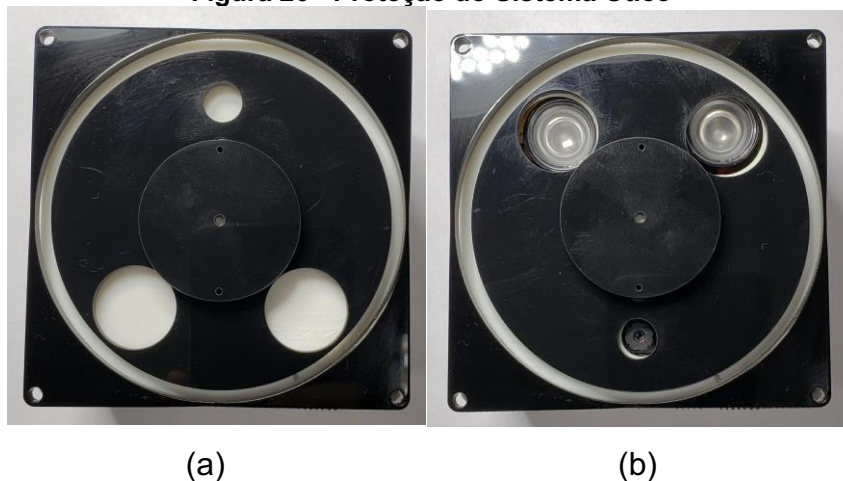


**Fonte: Autoria Própria (2022).**

Todo o sistema é alocado dentro de uma caixa com dimensões de 89x89x69mm que permite a instalação com a antena alocada externa ao compartimento do caminhão, não privando o envio e recepção de sinais. O conjunto

de proteção ótica ao ser posicionado nas respectivas posições da Figura 26 (a) e (b) permite a proteção contra poeira e gordura provenientes do produto carregado e a tomada dos dados quando solicitado.

**Figura 26 - Proteção do Sistema Ótico**



Fonte: Autoria Própria (2022).

Para a interface usuário-*hardware*, como visto na Figura 27, é dada ao usuário a escolha do dispositivo ao qual deseja operar, em decorrência o compartimento do silo a ser tomada a fotografia sobre a qual é aplicada o procedimento descrito pela Figura 21, visando aumentar sua visibilidade e legibilidade. O ganho na imagem pode ser incrementado ou decrementado por meio dos botões “UP” e “DOWN”, à escolha do usuário para o ajuste que este considerar adequado a sua visão. Por fim a foto pode ser salva na galeria do celular por meio do botão “SALVAR”, usada para compor relatórios e documentos que comprovem a entrega do produto transportado.

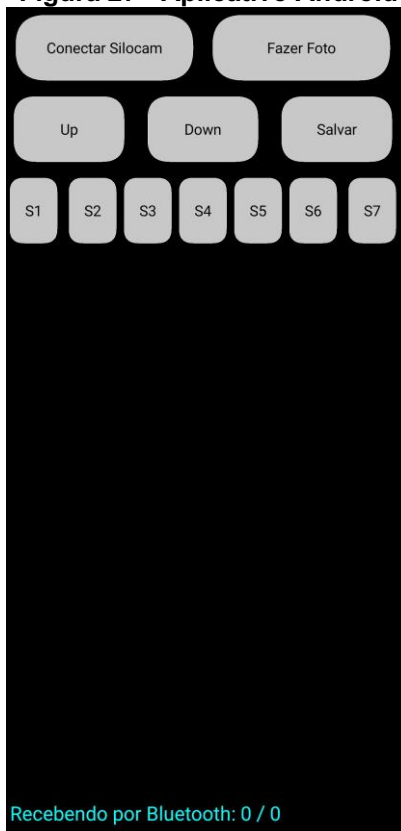
### 5.1 Testes em bancada

Para testar as tarefas e objetivos almeçados com base nas condições em que o produto deve se encontrar e tendo em vista que não foi possível realizar testes no caminhão, foram feitos testes em bancada validando os dados e corrigindo eventuais problemas na rotina e qualidade do conjunto.

As fotos devem ser capturadas a uma distância de aproximadamente 2,5m do alvo (altura do silo), com ângulo de abertura que possibilite captar todas as informações necessárias a compor a verificação da presença do produto. A Figura 28 exemplifica o experimento realizado para determinar o ângulo de abertura por meio

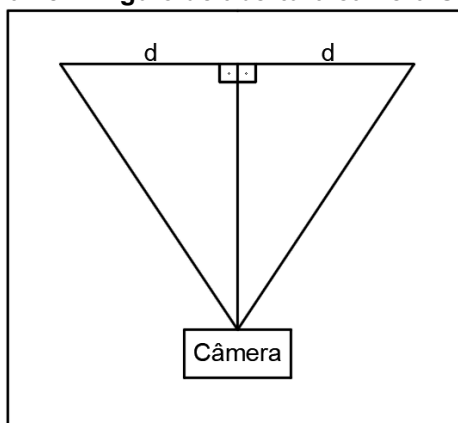
da relação de triângulos da câmera OV2640 utilizada neste projeto, sendo feitos 3 testes com resultados apresentados na Tabela 1

**Figura 27 - Aplicativo Android**



Fonte: Autoria Própria (2022)

**Figura 28 - Ângulo de abertura câmera OV2640**



Fonte: Autoria Própria (2022).

A Tabela 1 demonstra a distância em que a câmera estava do objeto, assim como o ângulo de abertura obtido experimentalmente.

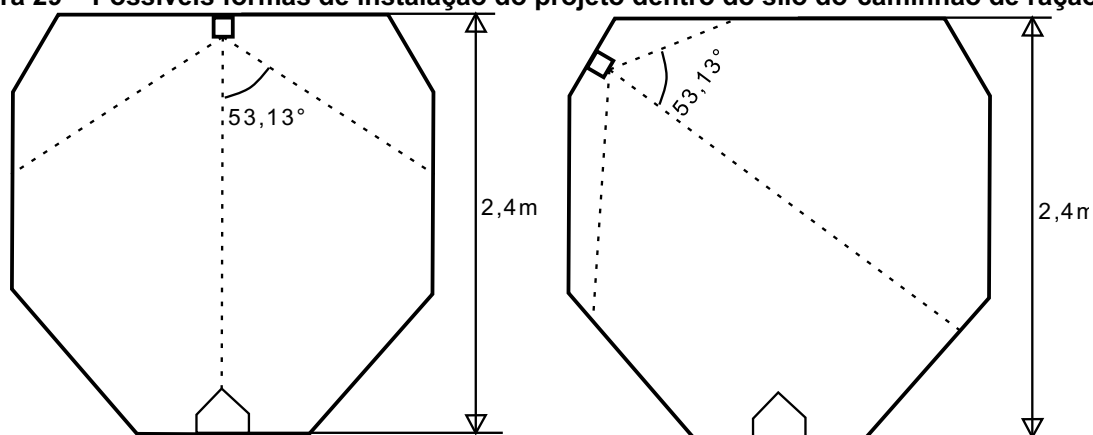
Tabela 1 - Ângulo de abertura da câmera

Distância câmera e objeto (m)	Distância do centro (m)	Ângulo de abertura calculado (°)
1	1	53,130
0,48	0,5	55,024
0,3	0,3	53,130

Fonte: Autoria própria (2022)

Conclui-se então que a câmera possui entre 53 e 55 graus de abertura. A Figura 29 exemplifica como o dispositivo desenvolvido pode ser disposto dentro do compartimento do silo do caminhão, com medidas aproximadas deste e a uma altura de 2.4m. Devido ao ângulo de abertura, o usuário pode capturar retratos do fundo do silo e das laterais deste até certa altura, possibilitando verificar se todo o produto transportado foi ou não descarregado.

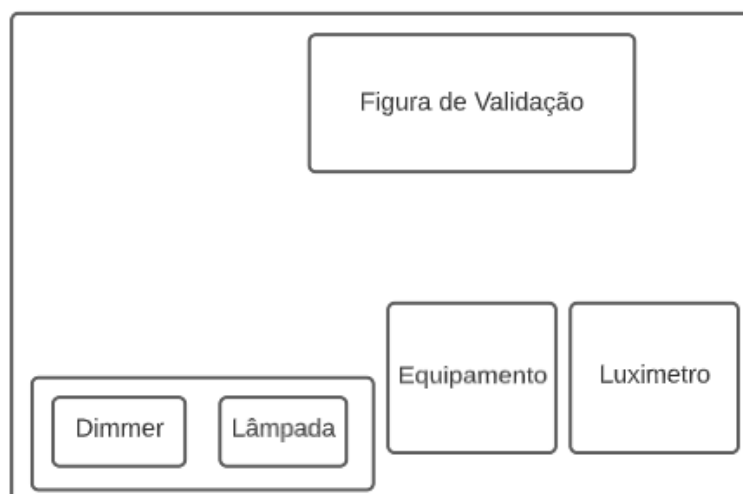
Figura 29 – Possíveis formas de instalação do projeto dentro do silo do caminhão de ração



Fonte: Autoria Própria(2022)

Composta pelo produto desenvolvido, lâmpada incandescente ajustável com dimmer, luxímetro e figura de validação, os equipamentos utilizados no teste são descritos pela Figura 30, com os dispositivos dispostos lado a lado e a fonte luminosa posicionada pouco atrás de forma que as medidas sobre a intensidade da fonte luminosa possam ser tomadas indiretamente a partir do local onde deve estar disposto o aparelho responsável pela captura das imagens.

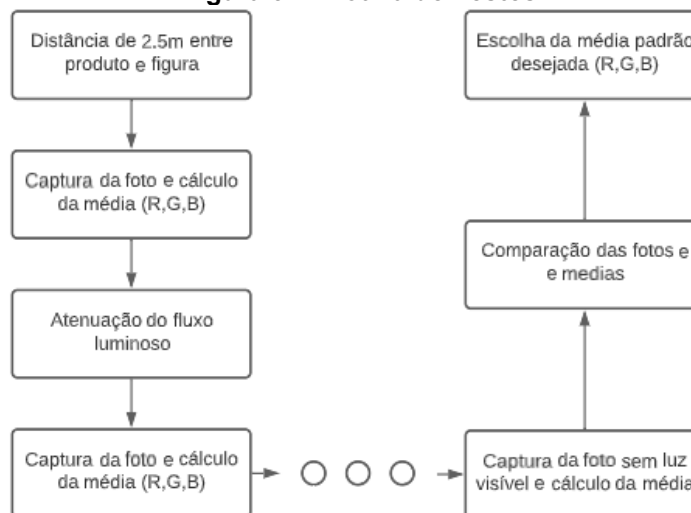
**Figura 30 - Disposição Equipamentos Bancada de Testes**



Fonte: Autoria Própria (2022)

A rotina de testes descrita pela Figura 31, permite desde a busca pela média de referência dos pixels a validação dos resultados a partir da bancada vista na Figura 32.

**Figura 31 - Rotina de Testes**



Fonte: Autoria Própria(2022)

Tais testes foram realizados por conta das condições variáveis de luminosidade que o produto pode se encontrar devido a pequenas avarias nos caminhões que permitam a passagem de luz ou a total vedação em caminhões mais novos ou revisados.

Ao variar a luminosidade do ambiente de 31 LUX até zero e feito a tomada dos dados com intervalos de 3,5 LUX, a Tabela 2 compõem a média de cores para o primeiro teste realizado sem tratamento nas imagens, a fim de definir os valores de referência para as características almejadas.

Figura 32 - Bancada de testes



Fonte: Autoria Própria (2022)

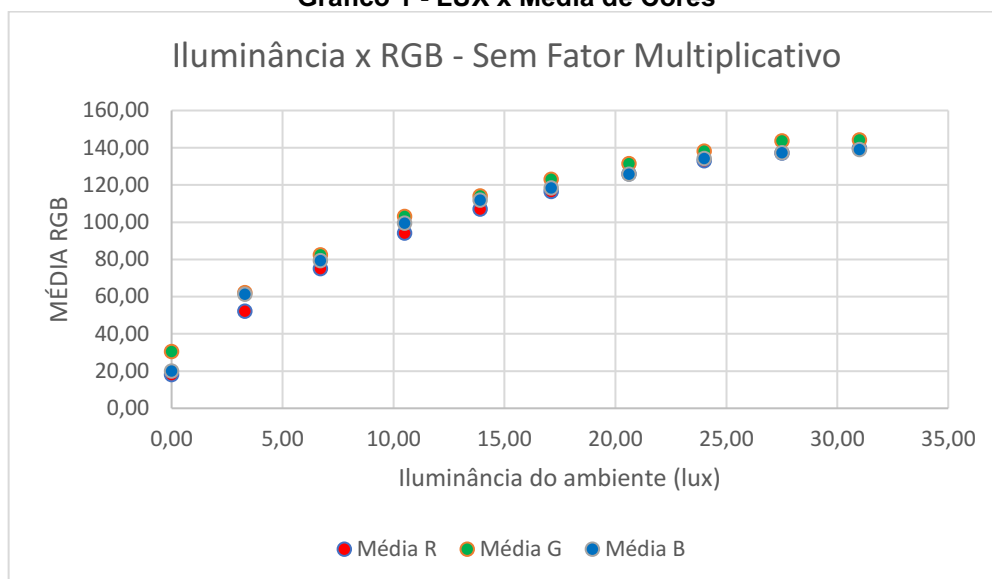
Tabela 2 - Teste 01

Relação iluminância do ambiente e média das cores					
N° Foto	Distância (m)	Iluminância do ambiente (lux)	Média R	Média G	Média B
			1	2,52	31,00
2	2,52	27,50	137,15	143,54	137,28
3	2,52	24,00	132,95	138,08	134,14
4	2,52	20,60	125,96	131,38	125,77
5	2,52	17,10	116,40	122,99	118,37
6	2,52	13,90	106,93	113,96	111,80
7	2,52	10,50	94,11	102,97	99,47
8	2,52	6,70	74,92	82,35	79,33
9	2,52	3,30	52,04	62,05	61,24
10	2,52	0,00	18,10	30,36	19,98

Fonte: Autoria Própria (2022)

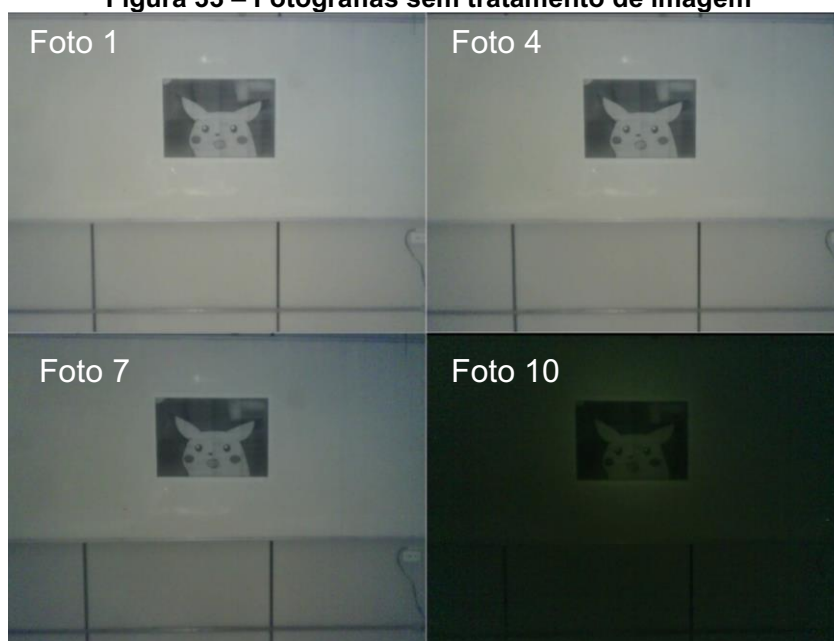
Por se tratar de retratos em escala de cinza devido às imagens serem tomadas no espectro infravermelho, as cores apresentam padrões de tonalidade e contraste muito próximos, havendo pouca diminuição na qualidade visual mesmo com a média das cores diminuindo conforme a diminuição da iluminância do ambiente. As fotografias apresentam uma média bem próxima para o R, G e B, havendo maior discrepância quando a falta ou pouca luz visível. Conforme Gráfico 1, é de difícil distinção os pontos referentes as respectivas cores para valores de iluminância mais altos, ficando perceptível a imagem de cada ponto pelo gráfico apenas nos valores próximos a zero.

Gráfico 1 - LUX x Média de Cores



Os resultados das fotos 1, 4, 7, 10 podem ser vistos na Figura 33, da direita para esquerda respectivamente. A sétima imagem ainda apresenta boa qualidade e contraste, o que não ocorre quando a foto é tomada apenas com o auxílio dos LEDs infravermelhos (caso da última imagem), onde a média de suas cores se aproxima do (0,0,0) no padrão RGB, caracterizado como a cor preta ou ausência de cor, em decorrência um retrato mais escuro e com menos detalhes visíveis.

Figura 33 – Fotografias sem tratamento de imagem



Fonte: Autoria Própria (2022)

A foto de número 7 apresentou condições visuais relevantes tal qual o nível de intensidade luminosa a qual o objeto capturado estava exposto, sendo escolhida como referência para composição da média padrão desejada. Os fatores que levam a tal escolha se dão pelos aspectos visuais serem considerados suficiente para visualização e compreensão de detalhes e sua média RGB se encontrar em um entremeio dos valores mais altos e baixos.

Com a referência da média de cores a ser alcançada, adotou-se o fluxograma da Figura 34 para determinar o ganho das imagens no segundo teste realizado nas mesmas condições do primeiro, sendo os resultados alcançados expostos na Tabela 3.

**Tabela 3 - Teste 02**

**Relação iluminância do ambiente e média das cores (FM) após tratamento da imagem**

N° Foto	Distância (m)	Iluminância				
		do ambiente (lux)	Média R	Média G	Média B	Var Multi
1	2,52	31,00	79,10	81,33	79,53	0,57
2	2,52	27,50	78,97	81,57	80,00	0,60
3	2,52	24,00	78,76	82,13	79,01	0,63
4	2,52	20,60	79,34	82,23	79,53	0,68
5	2,52	17,10	78,41	83,14	78,73	0,73
6	2,52	13,90	77,26	83,30	76,66	0,81
7	2,52	10,50	77,69	81,97	80,50	0,91
8	2,52	6,70	75,10	81,93	83,56	1,10
9	2,52	3,30	72,34	85,96	83,10	1,52
10	2,52	0,00	64,41	117,88	74,10	4,09

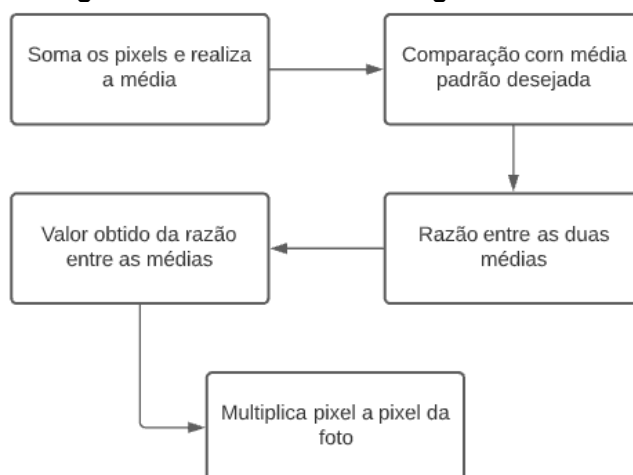
**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Em condições que a composição da foto não se dá apenas com o auxílio do infravermelho, mas com alguma iluminação no ambiente, a média final de todas os pixels (R,G,B) se encontram próximas de 80, entretanto na ausência de luz visível ocorre o aumento significativo da cor verde sobre as demais, situação esperada ao se atentar aos valores finais da Tabela 2 e o algoritmo adotado para o ganho na imagem.

A curva representativa da média de cores com o ganho dado por um fator multiplicativo coletivo pode ser considerada uma constante, como visto no Gráfico 2, com exceção onde ocorre o aperto da luz no ambiente fotografado, havendo maior discrepância na ausência de luz visível.

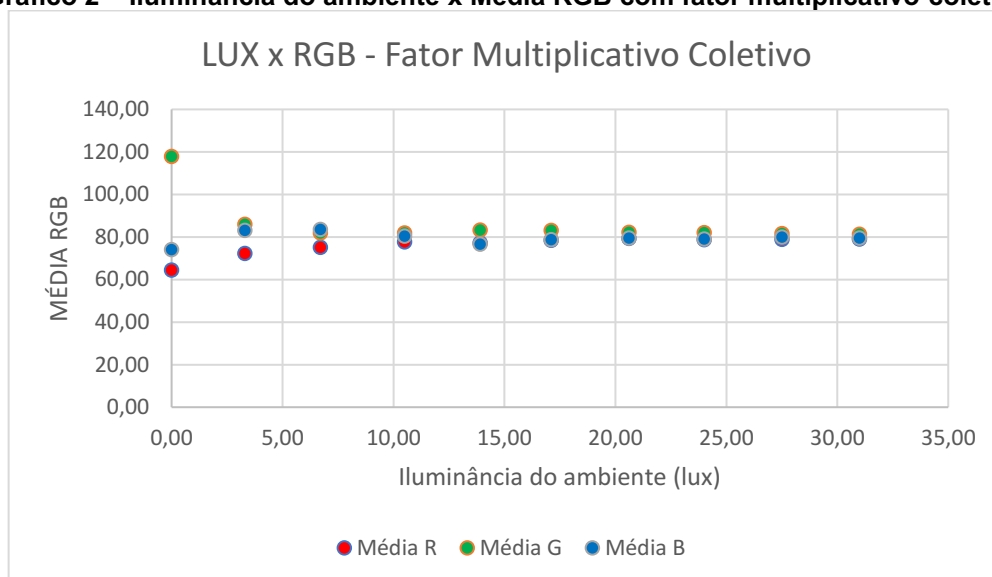


**Figura 34 - Tratamento da imagem Caso 01**



Fonte: Autoria Própria (2022)

**Gráfico 2 – Iluminância do ambiente x Média RGB com fator multiplicativo coletivo**



Fonte: Autoria Própria (2022)

Por conta da diferença no ganho dado nas cores R,G e B que compõem o pixel nas condições acima citadas, a última imagem apresenta coloração esverdeada devido ao valor sobressalente da cor verde sobre o vermelho e azul, conforme apresenta a Figura 35.

**Figura 35 – Fotografias após tratamento de imagem com multiplicador coletivo**



Fonte: Autoria Própria (2022)

Para que todas as fotos tenham as mesmas características, sem o ressaltado de uma cor sobre a outra, mas sim o balanço em escala de cinza, cada cor passou a ter sua própria variável multiplicadora de forma a garantir um ganho com resultados próximos ou iguais, conforme fluxograma exemplificado pela Figura 21. Os resultados obtidos deste teste são expressos conforme Tabela 4, onde os primeiros valores multiplicadores estão bem próximos, como esperado a partir do teste 02, tal a proximidade das médias RGB.

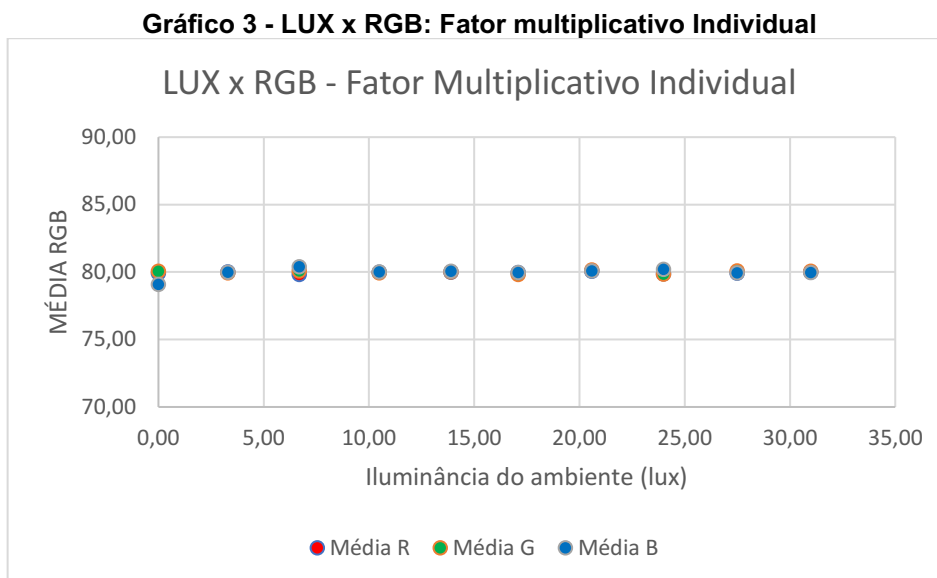
**Tabela 4 - Teste 03**

**Relação Intensidade luminosa e média das cores (FM individual)**

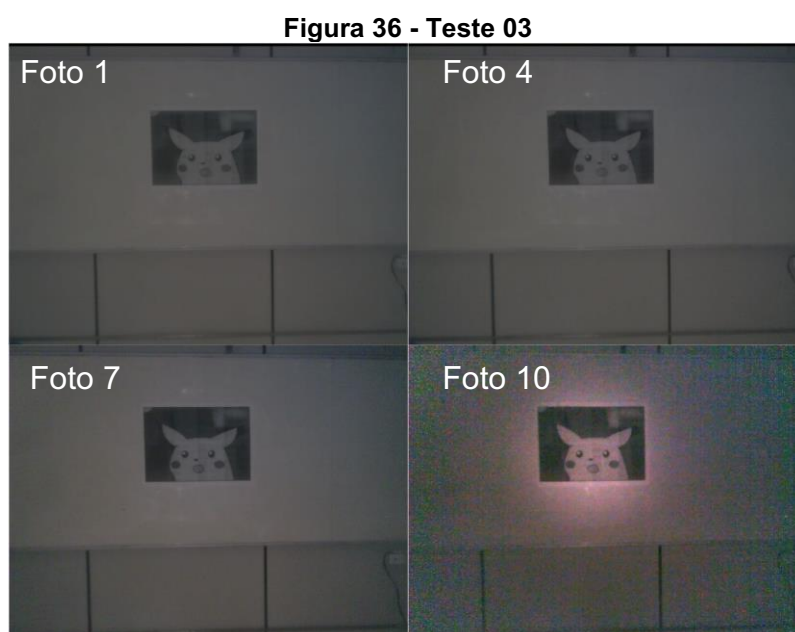
N° Foto	Distância (m)	Lux	Média R	Média G	Média B	Var Multi R	Var Multi G	Var Multi B
1	2,52	31,00	79,98	80,05	79,96	0,57	0,56	0,58
2	2,52	27,50	79,92	80,08	79,94	0,58	0,56	0,58
3	2,52	24,00	79,88	79,85	80,19	0,60	0,58	0,60
4	2,52	20,60	80,06	80,15	80,08	0,64	0,61	0,64
5	2,52	17,10	79,96	79,83	79,97	0,69	0,65	0,68
6	2,52	13,90	79,98	80,00	80,06	0,75	0,70	0,72
7	2,52	10,50	79,98	79,93	80,01	0,85	0,78	0,80
8	2,52	6,70	79,82	80,08	80,39	1,07	0,97	1,01
9	2,52	3,30	80,00	79,94	79,98	1,54	1,29	1,31
10	2,52	0,00	79,92	80,06	79,09	4,42	2,64	3,96

Fonte: Autoria Própria (2022)

Como a cada cor é atribuído um ganho com objetivo de atingir o valor 80, o resultado de suas médias é bem próximo do desejado, garantindo conforme mostra o Gráfico 3 pontos bem próximos representados por uma constante.



A Figura 36 apresenta as fotografias relacionadas ao terceiro teste, com multiplicador individual, não sendo possível caracterizar de forma visual a diferença nas três primeiras. A última imagem apresenta riqueza de detalhes e características bem próximas as demais, não ocorrendo sobressalência da cor verde na área de interesse.



**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Por fim, a Figura 37 exibe a comparação dos 3 testes realizados em sua pior condição (sem luz visível no ambiente). Sem aplicação de ganho nas imagens capturadas, no primeiro caso a foto ficou escura, gerando dificuldades para reconhecer maiores detalhes. A segunda foto, devido a maior média da cor verde e o mesmo ganho aplicado ocorre a sobressalência de uma cor sobre as outras.

Nas regiões onde o infravermelho é direcionado pelas lentes convergentes não há perda de detalhes ou no balanço da escala de cinza, com um ganho que torna a imagem bem próxima da adotada como referência, no caso da última imagem.

**Figura 37 - Comparação dos 3 testes**



**Fonte: Autoria Própria (2022)**

## 6 CONCLUSÃO

A tecnologia cada vez mais se faz presente no meio cotidiano, seja em atividades de lazer ou tarefas mais específicas voltadas ao trabalho, contudo diversos setores e processos possuem baixo desenvolvimento tecnológico, como o caso das operações de transporte, carga e descarga de ração, a qual dependem de normas de segurança que não podem ser vistoriadas quanto ao seu cumprimento e podem acometer o bem-estar do trabalhador. A falta de provas e informações também é um fator crucial nos processos de carga e descarga no que diz respeito a comprovar a total entrega do produto ao consumidor final, o qual recebe porções específicas durante o período de criação animal. Ainda há a necessidade do preenchimento de relatórios por conta da empresa fretada e fretadora para o controle de tais processos.

O desenvolvimento de novas tecnologias preenche o espaço em áreas pouco automatizadas e procedimentos pouco desenvolvidos. Este projeto é responsável por verificar a presença de produto no silo de caminhões de transporte de ração através de fotografias do compartimento do silo por meio de dispositivo microcontrolado instalado nas mediações da partição, via comunicação bluetooth por meio de aplicativo Android onde o usuário pode selecionar a partição, solicitar e exibir a imagem.

Devido à grande produção agropecuária na região sul do Brasil, o produto pode ser utilizado por várias empresas que trabalham direta ou indiretamente com a produção de suínos, bovinos e aves, com a aplicação Android podendo ser incorporada ao próprio sistema ou aplicativo da companhia se essa assim possuir. Elimina, ainda, a necessidade de treinamentos exigidos pelas normas regulamentadoras e a preocupação da empresa em relação ao controle do uso de EPI uma vez que o trabalho realizado não possui vistoria e acontece fora das intermediações da companhia.

Por se tratar de ambientes fechados e sem luz ambiente foi necessário o uso de LEDs infravermelhos, permitindo fotografar o interior do silo e visualizar os detalhes quanto a presença ou ausência de ração. Como o tamanho dos silos podem variar conforme fabricantes é necessário que todas as imagens possuam padrões que não alterem qualidade e características da fotografia para garantir os detalhes visuais a quem operar o sistema. Tal qual foram realizados testes em bancada para

desenvolver, verificar e validar o tratamento sobre as imagens tiradas para atender as exigências e garantir a semelhança nos diferentes silos dos caminhões.

Com base em um valor de referência e o uso de algoritmos todas as imagens recebem um determinado ganho calculado a partir da média de seus pixels para se adequar de forma automática a diferentes condições, garantindo sempre a mesma média (R,G,B) e o balanço adequado da escala de cinza.

A composição dos relatórios que atestam a entrega da ração deve ser feita ainda a partir da coleta das fotos no dispositivo de quem operou o sistema, para trabalhos futuros sugere-se a conexão com ambientes virtuais e o uso de algoritmos para composição automática de relatórios compondo um banco de dados, de forma a facilitar o processo de análise e diminuir as chances de erro humano. Também não foram realizados testes extensivos do equipamento no local de trabalho deste, com objetivo de verificação da robustez, verificação de isolamento das partes óticas em relação às partículas do ambiente e usabilidade pelos motoristas de caminhão.

## REFERÊNCIAS

- A&M. COMO DEVE SER O CARREGAMENTO E A DESCARGA EM CAMINHÃO? **A&M**, 2021. Disponível em: <<https://aemdobrasil.com.br/como-deve-ser-o-carregamento-e-a-descarga-em-caminhao/>>. Acesso em: 18 Novembro 2021.
- AGPR5. Silo Graneleiro para Transporte de Rações. **AGPR5**, 2021. Disponível em: <<https://www.agpr5.com/produtos/silo-graneleiro-transporte-de-racoes/>>. Acesso em: 18 Novembro 2021.
- BARTHEM, R. **A LUZ**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- BLUETOOTH. A developer's Guide To Bluetooth. **Bluetooth**, 2021. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/blog/a-developers-guide-to-bluetooth/>>. Acesso em: 17 Novembro 2021.
- CHASE, O. Sistemas Embarcados. **SBA**, 2007. Disponível em: <<http://www.lyfreitas.com.br/ant/pdf/Embarcados.pdf>>. Acesso em: 15 Novembro 2021.
- COSTA, A. M. **Simulação de Dados para validação da metodologia de redução de espectros echelle aplicada ao espectrógrafo STELES**, Rio de Janeiro, 04 Outubro 2010. 127.
- DE OLIVEIRA LEITE, D.; JUNQUEIRA PRADO, R. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino da Física**, Cuiabá, MT, v. 34, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/QbZCxNqrV3B7nYTHzwtrmFm/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 17 Novembro 2021.
- DE OLIVEIRA RODRIGUES, K. Microcontroladores e Webservices. **SIC UFRGS**, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <[https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/92267/Resumo\\_31114.pdf?sequence=1](https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/92267/Resumo_31114.pdf?sequence=1)>. Acesso em: Novembro 2021.
- EMBRAPA. **Produção animal no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Editoração Eletrônica, 2015.
- EMBRAPA. EMBRAPA. **Ciência que transforma**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/pecuaria>>. Acesso em: 17 Novembro 2021.
- EMBRASIL. EMBRASIL. **EMBRASIL**, 2020. Disponível em: <<https://www.embrasilseguranca.com.br/como-funciona-camera-de-infravermelho/>>. Acesso em: 17 Novembro 2021.
- ESPRESSIF. ESP-IDF Programming Guide. **ESPRESSIF**, 2021. Disponível em: <<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/>>. Acesso em: 23 Novembro 2021.
- ESPRESSIF. ESPRESSIF. **ESPRESSIF**, 2021. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en>>. Acesso em: 15 Novembro 2021.

ESPRESSIF. espressif / esp32-camera. **GitHub**, 2021. Disponível em: <<https://github.com/espressif/esp32-camera>>. Acesso em: 22 Novembro 2021.

GOVERNO FEDERAL. Valor da produção agropecuária de 2020 é o maior dos últimos 32 anos. **gov.br**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/01/valor-da-producao-agropecuaria-de-2020-e-o-maior-dos-ultimos-32-anos>>. Acesso em: 19 Novembro 2021.

IN BRITANNICA, E. Câmera, 2021. Disponível em: <<https://escola.britannica.com.br/artigo/câmera/480888>>. Acesso em: 17 Novembro 2021.

KERSCHBAUMER, R. Microcontroladores. **Instituto Federal**, Luzerna, 2018. Disponível em: <<https://professor.luzerna.ifc.edu.br/ricardo-kerschbaumer/wp-content/uploads/sites/43/2018/02/Apostila-Microcontroladores.pdf>>. Acesso em: 15 Novembro 2021.

MARQUES, R. F. D. C. **Desenvolvimento de um sistema de comando wireless baseado em Android**. USP. São Paulo. 2014.

PATRICIO, P. B. E. A. FICHA PARA CATÁLOGO PRODUÇÃO DIDÁTICO PEDAGÓGICA. **PDE**, Maringa, v. 2, 2012. Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2012/2012\\_uem\\_fis\\_pdp\\_pedro\\_benedito\\_patricio.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2012/2012_uem_fis_pdp_pedro_benedito_patricio.pdf)>. Acesso em: Novembro 2021.

QUEIROZ, J. E. R. D. Q.; GOMES, H. M. Introdução ao Processamento Digital de Imagens, Janeiro 2006.

SERWAY, R. A. **Princípios da física**. 5 ed norte-americana. ed. São Paulo: Cengage, v. 4, 2014.

SERWAY, R. A. **Física para cientistas e engenheiros**. 2. ed. São Paulo: Cengage, v. 4, 2018.

SILVA, J. N. UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL DA ELETROSTÁTICA. **UNIFAP**, v. 1, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/view/126>>. Acesso em: 2021.

SINDIRAÇÕES. Alimentação animal avançou no primeiro semestre. **Sindirações**, 2021. Disponível em: <<https://sindiracoes.org.br/alimentacao-animal-avancou-no-primeiro-semester/>>. Acesso em: 18 Novembro 2021.

SINDIRAÇÕES. Gestão do alimento seguro. **Sindirações**, 2021. Disponível em: <[https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2012/03/manual\\_pffsgas\\_versao4\\_0.pdf](https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2012/03/manual_pffsgas_versao4_0.pdf)>. Acesso em: 18 Novembro 2021.

SINDIRAÇÕES. Setor de rações no Brasil cresceu 5,2% no 1º semestre, “além das expectativas”, diz Sindirações. **Sindirações**, 2021. Disponível em: <<https://sindiracoes.org.br/setor-de-racoes-no-brasil-cresceu-52-no-1o-semester-alem-das-expectativas-diz-sindiracoes/>>. Acesso em: 18 Novembro 2021.



SIQUEIRA, T. S. D. Bluetooth - Características, protocolos e funcionamento, Campinas, 2006. Disponível em:  
<<https://ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2006/T2/057642-T.pdf>>. Acesso em: 17 Novembro 2021.