



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ALEX LEONEL CAÑAR RIVAS

DESENVOLVIMENTO E VIABILIDADE DE DISPOSITIVO PARA
MONITORAMENTO DE PROXIMIDADE DE OBJETOS EM OPERAÇÕES
AGRÍCOLAS MECANIZADAS

FORTALEZA

2023

ALEX LEONEL CAÑAR RIVAS

DESENVOLVIMENTO E VIABILIDADE DE DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO
DE PROXIMIDADE DE OBJETOS EM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS MECANIZADAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Coorientador: Prof. Dra. Viviane Castro dos Santos.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C11d Rivas, Alex Leonel Cañar.
Desenvolvimento e viabilidade de dispositivo para monitoramento de proximidade de objetos em operações agrícolas mecanizadas / Alex Leonel Cañar Rivas. – 2023.
88 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.
Coorientação: Profa. Dra. Viviane Castro dos Santos.
1. Sensor discreto. 2. Máquinas agrícolas. 3. Ultrassônico. 4. Esp-now. I. Título.

CDD 630

ALEX LEONEL CAÑAR RIVAS

DESENVOLVIMENTO E VIABILIDADE DE DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO
DE PROXIMIDADE DE OBJETOS EM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS MECANIZADAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 25/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Viviane Castro dos Santos

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Tiago Rodrigo Francetto

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti

Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Edgar Cañar Ordoñez e Florita Marta Lucia, por ser o apoio psicológico e econômico nesse processo longe de casa, com a inspiração e o objetivo de ser melhor a cada dia. Aos meus irmãos Edgar Patrício, Jhordan e Lili Daniela por serem esse motor de motivação. A todos eles, pelo amor expresso através da distância.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus, à Santíssima Virgem, pela oportunidade de permanecer vivo apesar das doenças apresentadas durante esse processo, aos meus pais, irmãos e família pelo apoio incondicional. Também aos meus amigos que, com suas mensagens de incentivo, fazem de cada dia um dia maravilhoso. Como não agradecer à Carmita Elizabeth Acaro Neira, que sempre esteve presente com seu apoio moral, emocional e afetivo que traçou o caminho para o sucesso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio, bem como ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de cursar o mestrado em uma universidade de tanto prestígio.

Ao Prof. Dra. Viviane Castro dos Santos, pela amizade, atenção, confiança e excelente orientação assim como ao Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monterio.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Rouverson Pereira da Silva, Dr. Tiago Rodrigo Franceitto e Dr. Carlos Alberto Viliotti pela amizade, apoio técnico, tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões neste processo.

Também gostaria de agradecer ao Professor Dr. Danilo Loureiro pelo conhecimento que compartilhou durante o curso desta pesquisa.

Além disso, sou profundamente grato a Juvenaldo Canja, Gilbenes Bezerra, Fabio Oliveira, Gleisiane e Nicolas por terem sido parte incondicional desde o primeiro dia em que cheguei a Fortaleza, fornecendo acomodação, alimentação e contribuindo para os processos de legalização do cidadão-estudante.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas, em especial a: Simone Mendes, Wilson Nascimento de Souza, Walisson Marques, Lilian de Souza, Liah Donato, João José Mesquita, Isabela Oliveira, Luiza Diniz y Mayara Rodrigues.

Aos grandes amigos fora da parte acadêmica que tornaram cada dia muito especial na experiência cultural brasileira: João Paulo Cunha, Rennan, Felipe, Sharon Ribeiro y Guillermo.

Por fim, como não agradecer aos operadores e ao laboratório de investigação de acidentes com máquinas agrícolas (LIMA), que possibilitaram a conclusão bem-sucedida deste projeto, como o Sr. Sandoval, Antônio e Thiago.

“Se, a princípio, a ideia não é absurda, então não há esperança para ela” (Albert Einstein)

RESUMO

Na agricultura moderna, as máquinas e os equipamentos agrícolas estão entrando na era da agricultura digital, exigindo um alto grau de conhecimento na seleção, operação e manutenção de máquinas agrícolas, tecnologia que afeita diretamente ou em parte no aumento do índice de acidentes. Com a disponibilidade de máquinas e equipamentos de alta tecnologia, o risco de colocar em perigo a vida de seres humanos envolvidos em atividades agrícolas é mais alta. Assim, na presente pesquisa, objetivamos desenvolver um dispositivo para monitoramento de proximidade de objetos em operações agrícolas mecanizadas e contribuir com o Laboratório de Pesquisa de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA) e com os pequenos produtores na prevenção de acidentes com equipamentos agrícolas. Esse dispositivo baseia-se na emissão de sinais a partir da medição da distância dos obstáculos em relação ao sensor, para isso foi montado um circuito elétrico com o ESP32 Wroom e programado no ambiente de desenvolvimento Arduino IDE. Depois a case foi projetada no Fusion 360 e impressa em uma impressora 3D. Para a avaliação da precisão e a sensibilidade do dispositivo, foram realizados testes de bancada com uma fita métrica de 5 m, além para definir o ângulo e a distância de detecção se utilizou um graduador de 360°. Em seguida, foi realizada a avaliação de campo do dispositivo com 10 obstáculos de papelão a serem detectados em três velocidades e três distâncias, e também foram realizados testes para determinar o efeito da temperatura e da velocidade do vento nas detecções. Finalmente um projeto fatorial 3^k com três replicações foi usado para a análise estatística. No estudo foi determinado que o dispositivo na bancada é capaz de detectar de 50 cm a 400 cm com uma precisão geral de 0,63 desvio padrão, com uma sensibilidade aceitável por meio de um controle estatístico. Estatisticamente, o dispositivo em velocidades de 3 km h⁻¹; 5 km h⁻¹; 7 km h⁻¹ e distâncias de detecção de objetos de 1,5 m; 2,5 m; 3,5 m apresentou diferença na distância ($p=0,000$) e um limite de detecção de 2,10 m no diagrama de Pareto. No que diz respeito ao efeito da temperatura e da velocidade do vento, eles não tiveram efeito significativo. Dessa forma, o protótipo é funcional e preciso na emissão de alertas para que o operador tome as melhores decisões a fim de evitar lesões ou acidentes em tarefas agrícolas. Além disso, o protótipo pode ser ajustado para obter informações em tempo real e ser incorporado à Internet das Coisas (IoT).

Palavras-chave: sensor discreto; máquinas agrícolas; ultrassônico; esp-now.

ABSTRACT

In modern agriculture, agricultural machinery and equipment are entering the era of digital agriculture, requiring a high degree of expertise in the selection, operation and maintenance of agricultural machinery, technology that directly or partly affects the increase in the accident rate. With the availability of high-tech machinery and equipment, the risk of endangering the lives of human beings involved in agricultural activities is increasing. The aim of this research is to develop a device for monitoring the proximity of objects in mechanized agricultural operations and to contribute to the Laboratory for Research into Accidents involving Agricultural Machinery (LIMA) and to small farmers in preventing accidents at work with agricultural equipment. This device is based on emitting signals by measuring the distance of obstacles from the sensor. To do this, an electrical circuit was assembled using the ESP32 Wroom and programmed in the Arduino IDE development environment. The case was then designed in Fusion 360 and printed on a 3D printer. In order to assess the device's accuracy and sensitivity in terms of distance, bench tests were carried out using a 5 m tape measure, and to define the angle and distance of detection, a 360° grader was used. Next, the device was evaluated in the field with 10 cardboard obstacles to be detected at three speeds and three distances, and tests were also carried out to determine the effect of temperature and wind speed on detections. Finally, a 3^k factorial design with three replications was used for statistical analysis. In the study it was determined that the sensor on the bench is capable of detecting from 50 cm to 400 cm with an overall accuracy of 0.63 standard deviation, with an acceptable sensitivity by means of a statistical control. Statistically, the device at speeds of 3 km h^{-1} ; 5 km h^{-1} ; 7 km h^{-1} and object detection distances of 1.5 m; 2.5 m; 3.5 m showed a difference in distance ($p=0.000$) and a detection limit of 2.10 m in the Pareto diagram. As for the effect of temperature and wind speed, they had no significant effect. In this way, the prototype is functional and accurate in issuing alerts so that the operator can make the best decisions to avoid injuries or accidents in agricultural tasks. In addition, the prototype can be adjusted to obtain real-time information and be incorporated into the Internet of Things (IoT).

Keywords: discrete sensor; agricultural machinery; ultrasonic; esp-now.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alinhamento do sensor com objetos em superfícies A) planas e lisas, B) irregular, C) temperatura	21
Figura 2 - Efeito de inclinação de objetos antes do sensor ultrassônico	22
Figura 3 - Aplicação de sensor ultrassônico.....	23
Figura 4 - Dispositivos On-The-Go em máquinas agrícolas	23
Figura 5 - Microcontrolador Arduino Uno.....	25
Figura 6 - Características técnicas	25
Figura 7 - Microcontrolador Esp-Wroom-32	26
Figura 8 - Sensor Hc-sr04.....	27
Figura 9 - Parâmetros elétricos.....	27
Figura 10 - Osciloscópio	28
Figura 11 - Frequencímetro	29
Figura 12 - Escala de segurança	29
Figura 13 - Carta de controle.....	31
Figura 14 - Visão Geral das inter-relações no processo de elaboração do projeto.....	33
Figura 15 - Mapa de localização	37
Figura 16 - Fluxograma de funcionamento do protótipo	42
Figura 17 - Montagem do circuito.....	44
Figura 18 - Coleta de dados em bancada.....	45
Figura 19 - Transferidor	45
Figura 20 - Diagrama da montagem final do emissor	47
Figura 21 - Diagrama de montagem final do receptor	47
Figura 22 - Soldagem e impressão 3D	48
Figura 23 - Adequação da área experimental	49
Figura 24 - Marcação da trajetória de deslocamento.....	49
Figura 25 - Teste no pulverizador	50
Figura 26 - Gráfico de controle estatístico de processos.....	56
Figura 27 - Protótipo de alerta para a prevenção de acidentes	57
Figura 28 - Sinal do sensor interferido por solo mobilizado.....	58
Figura 29 - Gráfico de Pareto	61
Figura 30 - Relação velocidade – distância.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Custos de investimento	68
Gráfico 2 - Ponto de Equilíbrio	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos equipamentos	38
Tabela 2 - Características do pulverizador de barras	39
Tabela 3- Materiais para o protótipo.....	40
Tabela 4 - Esquema de desenho fatorial	51
Tabela 5 - Formato para cálculo de custos de produção	52
Tabela 6 - Precisão do sensor HC-SR04 montado em bancada.....	54
Tabela 7 - Dados de coleta.....	58
Tabela 8 - Dados de coleta em arado de disco fixo	59
Tabela 9 - Dados de coleta em grade	60
Tabela 10 - Análise de variância	61
Tabela 11 - Análise de significância da temperatura.....	63
Tabela 12 - Análise de significância da velocidade do vento.....	64
Tabela 13 - Custos de produção	65
Tabela 14 - Critérios de viabilidade financeira	69
Tabela 15 - PAYBACK.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEOE	Confederação Espanhola de Organizações Empresariais
CEP	Controle Estatístico de Processo
CPU	Unidade central de processamento
ECKO	Eddy Current Killed Oscillator
IoT	Internet das Coisas
LED	Diodo emissor de luz
LIMA	Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OIT	Organização Internacional do Trabalho
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

LISTA DE SÍMBOLOS

R\$	Reais
%	Porcentagem
Ω	Ohms

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Mecanização agrícola e seus impactos	17
2.2	Sistemas de detecção – sensores discretos e transdutores	19
2.3	Sensor de proximidade ultrassônico	20
2.4	Sensores aplicados na segurança do operador	22
2.5	Eletrônica	24
2.5.1	<i>Microcontrolador</i>	24
2.5.1.1	<i>Arduino</i>	24
2.5.1.2	<i>Esp32</i>	25
2.6	Sensor	26
2.6.1	<i>Sensor Ultrassônico HC-SR04</i>	26
2.7	Avaliações de bancada	28
2.7.1	<i>Osciloscópio</i>	28
2.7.2	<i>Frequencímetro</i>	28
2.8	Escala de segurança	29
2.9	Controle estatístico de processo (CEP)	30
2.9.1	<i>Cartas de controle</i>	30
2.10	Comunicação em microcontroladores ESP-NOW	31
2.11	Análise e viabilidade de projetos	32
2.11.1	<i>Custos de produção</i>	33
2.11.2	<i>Viabilidade econômica</i>	34
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	Método	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1	Esboço (Sketch) de programação	54
4.2	Teste de bancada	54

4.3	Montagem e impressão.....	56
4.4	Validação de campo.....	57
4.5	Viabilidade econômica.....	65
4.6	Vantagens e desvantagens do protótipo.....	70
4.6.1	<i>Vantagens</i>	70
4.6.2	<i>Desvantagens</i>	70
4.7	Descrição de uso.....	70
5	CONCLUSÃO.....	71
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICE A – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO RECEPTOR.....	77
	APÊNDICE B – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO EMISSOR.....	80
	APÊNDICE C – CASES DE IMPRESSÃO 3D.....	82
	APÊNDICE D – ITENS PARA DETERMINAR A VIABILIDADE ECONÔMICA.....	84
	APÊNDICE E – PROJEÇÃO DE RECEITA.....	86
	APÊNDICE F – PLANOS DETALHADOS.....	87

1 INTRODUÇÃO

A convergência da tecnologia e da agricultura promete revolucionar a produção de alimentos em um mundo mais interconectado, onde as máquinas agrícolas estão se tornando uma ferramenta fundamental para a eficiência do setor. Atualmente, os tratores agrícolas e seus equipamentos são projetados, montados e construídos com tecnologia de ponta, aumentando a eficiência da cadeia produtiva em diferentes condições ambientais, agroclimáticas e sociais.

Além disso, as máquinas e os equipamentos agrícolas propõem uma comunicação moderna, integrando software e hardware para obter dados de controle, detecção, atuação e plataformas de armazenamento denominadas big data. Esses elementos são parte fundamental da automação de processos, tornando-se o meio essencial para o desenvolvimento sustentável; no entanto, para alcançar essa inteligência nas máquinas agrícolas, é necessário um grande número de sensores intercomunicados para completar o trabalho e a eficiência no campo.

Nesse sentido, a agricultura moderna exige um alto grau de conhecimento em mecanização. De acordo com Monteiro e Albeiro (2013) os acidentes envolvendo máquinas agrícolas se tornaram mais frequentes com a modernização da agricultura. Assim Schlosser (2002) concorda que uma das principais consequências da modernização da agricultura brasileira foi o alto índice de acidentes de trabalho no setor rural. Na prática, a maioria desses acidentes se deve a erros humanos, tais como: desrespeito a sinais, regras de segurança, falta de conhecimento de manuais e tecnologias.

Nessa linha, Lima *et al.* (2019) realizam um estudo dos acidentes com tratores agrícolas ocorridos em todo o Brasil no período de janeiro de 2013 a maio de 2016, totalizando 890 acidentes. De acordo com Flores *et al.* (2015) seu estudo destaca a ocorrência de acidentes com tratores agrícolas ocorridos no interior da propriedade durante o transporte de cargas (16,7%) e a realização de trabalhos de preparo do solo (83,3%). Paralelamente, em outras partes do mundo (Áustria), de acordo com Kogler, Quendler e Boxberger (2016) a maioria dos acidentes ocorreu durante a lavoura, a colheita agrícola e as operações florestais, seguidas de manutenção, reparo e limpeza.

Embora esse tipo de tecnologia e comunicação esteja sendo mais desenvolvido e pesquisado atualmente, o trabalho nesse tipo de tecnologia está em andamento há muitos anos. Scorcioni *et al.* (2011) apresentam um sistema autônomo sem fio para identificação automática de implementos agrícolas no controle de estabilidade e segurança de máquinas agrícolas.

No mundo atual da automação e da inteligência, há vários meios de comunicação entre as placas de desenvolvimento para os quais, de acordo com Pasic, Kuzmanov e

Atanasovski (2021) propõem a comunicação sem fio ESP-NOW entre placas ESP32, enquanto Urazayev *et al.* (2023) acrescentam que o ESP-NOW propõe uma solução de baixo custo e baixo consumo de energia para dispositivos de IoT (Internet das Coisas).

Diante desse problema, Corrêa e Ramos (2002) juntamente com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR e outras organizações, fazem sugestões para enfatizar os requisitos/dispositivos de segurança existentes ou desejáveis nas máquinas agrícolas. Edwards *et al.* (2017) reconhecem que os sensores e dispositivos eletrônicos melhoram a segurança do operador e o desempenho da máquina, mas precisam ser racionalizados e convergidos em sistemas mais inteligentes que autoavaliam os parâmetros ambientais e operacionais. Além disso, Santos *et al.* (2022) destacam que muitos acidentes podem ser evitados em máquinas com dispositivos de segurança integrados. A grande maioria das alterações que são feitas na máquina são proteções, com o objetivo de impedir o acesso imediato do operador Spiess *et al.* (2021). No caso de Baesso *et al.* (2018) destaca-se que 97 operadores (95,09%) creditaram que o acidente poderia ser evitado com um mínimo de medidas, por meio de treinamento e investimento em pesquisa de equipamentos (máquinas) ergonômicos.

Nesse contexto e dadas as circunstâncias econômicas para a aquisição de dispositivos que alertem o operador para a prevenção de acidentes em equipamentos e máquinas agrícolas, o presente estudo propõe o desenvolvimento de um dispositivo para monitorar a proximidade de objetos em operações agrícolas mecanizadas e contribuir com o Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA) e pequenos produtores na prevenção de acidentes no uso de equipamentos agrícolas. Esse objetivo é complementado em termos específicos com a validação da precisão e sensibilidade do sensor em bancada, desenvolvimento de uma programação simples, eficiente e de fácil acesso, validação do protótipo em condições de trabalho e viabilidade econômica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Pozo (2018) a agricultura está baseada em um conjunto de ações humanas, sociais, técnicas, ambientais, econômicas e tecnológicas que transformam o ambiente natural em um ambiente adequado à vida. Além disso destaca que países em desenvolvimento, especificamente no Brasil, introduziram equipamentos de alto nível tecnológico aplicados à agricultura, tais como: semeadoras, pulverizadores, colhedoras e transporte, aos quais se soma uma nova linha de evolução de treinamentos visando atender às necessidades de aprendizado e prevenção de acidentes.

2.1 Mecanização agrícola e seus impactos

Segundo Garcia (2010) a introdução de maquinaria agrícola levou a uma redução na demanda por mão de obra agrícola. Embora isso tenha aumentado a eficiência e a produtividade, também levou à migração de trabalhadores agrícolas para outros setores, contribuindo para a urbanização, isso também levou à necessidade de treinamento e desenvolvimento de habilidades na força de trabalho agrícola, proporcionando novas oportunidades de emprego no setor de serviços. A mecanização agrícola liberou tempo para que os agricultores e suas famílias se envolvessem em atividades não agrícolas, como a educação.

Além disso, Garcia (2010) destaca que a maior parte do maquinário agrícola depende de combustíveis fósseis, como o diesel. Isso contribui para as emissões de gases de efeito estufa e para a poluição do ar. A transição para tecnologias mais sustentáveis, como tratores elétricos ou híbridos, poderia atenuar esse impacto. Perda de biodiversidade: a simplificação das paisagens agrícolas devido ao maquinário agrícola e à intensificação pode contribuir para a perda de habitats naturais e da biodiversidade.

Para Monteiro e Albeiro (2013) os acidentes envolvendo máquinas agrícolas tornaram-se mais frequentes com a modernização da agricultura onde houve aumento de tratores agrícolas, resultando no aumento do número de acidentes, durante movimentação em estradas, áreas de cultivo para realização de atividades agrícolas, existindo uma grande preocupação com a segurança do operador da máquina agrícola.

Da mesma forma, o progresso tecnológico no setor agrícola tornou as máquinas cada vez mais complexas, induzindo novos perigos e um grande número de acidentes causados por falhas humanas, ignorando avisos, regras de segurança, omitindo instruções e, principalmente, economizando tempo no trabalho (Erkol, *et al.*, 2013; Irwin; Poots, 2018).

Segundo López *et al.* (2014) os acidentes com tratores agrícolas são comuns em todo o país e pesquisadores do Laboratório de Investigação de Acidentes de Máquinas Agrícolas LIMA - UFC, têm se dedicado a coletar informações para divulgação à sociedade a fim de conscientizar sobre esse assunto pouco conhecido pela população. Nesse sentido e com o objetivo de reduzir o número de acidentes os autores ressaltam que são necessárias campanhas educativas para reduzir a morte de pessoas envolvidas em acidentes com tratores agrícolas. Nesse sentido, eles destacam que na macrorregião do Ceará, a maior ocorrência de acidentes com máquinas agrícolas foi Baturité, principalmente na rodovia estadual CE 060 com 30,76% dos acidentes, de um total de 13 acidentes ocorridos no período de coleta de dado, houve 4 mortes. A colisão foi o tipo de acidente mais observado na pesquisa, com 76,92% das ocorrências.

Paralelamente de acordo com Lima *et al.* (2019), as notícias (acidentes) registradas de janeiro de 2013 a maio de 2016 foram 890, das quais 369 foram no Sul, 220 no Sudeste, 132 no Centro-Oeste, 126 no Nordeste e 43 no Norte. Entretanto, a origem e o local de ocorrência são desconhecidos.

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2018) o Brasil é líder em acidentes graves com máquinas agrícolas. Diante dos números expressivos de acidentes com esses equipamentos, acredita-se que seja possível contabilizar o número de acidentes com máquinas agrícolas no Brasil e traçar o panorama atual desses eventos, avaliando as principais características e causas que intervêm nessas ocorrências.

Apesar disso, para Baesso *et al.* (2018) este mesmo desenvolvimento tecnológico promove mudanças efetivas nos processos de produção agrícola, sendo o principal objetivo da mecanização agrícola aumentar a produtividade no campo, melhorar a qualidade das operações e o bem-estar do operador.

De acordo com Monteiro e Albeiro (2013) o operador deve estar familiarizado com todos os comandos e controles da máquina antes de iniciar sua operação. É necessário que o operador leia atentamente todo o conteúdo do manual de instruções do trator, este manual contém informações necessárias para todas as operações a realizar, o mesmo vale para os equipamentos utilizados, pois muitos requerem cuidados e manuseios específicos.

Segundo Aragón (2015) os riscos mais comuns em equipamentos agrícolas durante o manuseio e operação no arado de discos fixos são: ausência de um dispositivo que permita o desengate automático ao encontrar forte resistência no solo, ficar preso no acoplamento do arado ao trator, passar por baixo do arado suspenso pelo sistema hidráulico para fazer ajustes.

Enquanto no pulverizador os riscos são considerados o entupimento dos bicos, emissão de vapores tóxicos, projeção líquida e evitar o uso de equipamentos de proteção individual.

2.2 Sistemas de detecção – sensores discretos e transdutores

Vilas *et al.* (2006), destacam que os sensores permitem a interação entre a máquina e o ambiente de forma flexível com um nível mais alto de percepção do ambiente, além de fornecer informações básicas sobre o solo, são aqueles que incorporam variáveis de controle ou quantidades de referência em um sistema a ser monitorado e/ou relatado durante seu estado operacional.

Os sensores devem ter características específicas de acordo com o objetivo, como afirma Thomazini e Albuquerque (2012) assim como a situação, ambiente e local de instalação, dentre elas: o tipo de saída, sensibilidade, exatidão, precisão, linearidade, alcance, estabilidade e velocidade de resposta.

Nesse sentido, Fernandes e Cardoso (2017) destacam a importância do sensoriamento na construção, desenvolvimento e aplicação de robôs agrícolas, sem o qual é impossível criar qualidade, velocidade e eficiência econômica efetivas.

Conforme Sanchez (2020) um sensor de proximidade tem as seguintes características: detecta objetos próximos sem tocá-los, possui alcance de detecção que vai desde milímetros até metros sendo os sinais analógicos e digitais.

Para Huijsing (2002) um sensor inteligente é um conjunto de um ou mais elementos sensores e algum instrumento de condicionamento de sinal em uma única unidade física, ou seja, a combinação de um sensor analógico ou digital, condicionamento de sinal, memória e comunicação em um único circuito integrado. De acordo com Arkansas. *et al.* (2023) um sensor discreto essencialmente, é a confiabilidade e a precisão dos dados fornecidos pelos sensores que determinam a utilidade e a eficácia desses sistemas, nos quais um elemento sensor é combinado com um sistema integrado de pré-processamento de dados, que geralmente é um computador cujas funções são implementadas por um processador localizado próximo ao elemento sensor sensível. Esses sensores digitais são geralmente chamados de sensores inteligentes, pois, devido à presença de um computador, esse sensor se torna um link dinâmico discreto e é caracterizado por um atraso de tempo. Os principais problemas associados à criação de sensores inteligentes e sistemas de medição estão no desenvolvimento de um sistema eficaz, em termos de precisão.

De acordo com Ramirez, Jimenez e Carreno (2014) um transdutor é definido como um dispositivo capaz de converter uma variável física em outra que tenha um domínio diferente. De acordo com essa definição, é possível dizer que um transdutor faz parte de um sensor ou de um atuador. A diferença entre um sensor e um transdutor é que o transdutor simplesmente altera o domínio da variável, enquanto o sensor fornece uma saída útil para ser usada como variável de entrada em um sistema de processamento de informações. Para realizar sua operação, o transdutor faz uso de um princípio físico de transformação de energia conhecido como princípio de transdução.

2.3 Sensor de proximidade ultrassônico

Sanchez (2020) destaca que o sensor de proximidade é um dispositivo eletrônico capaz de detectar a variação de uma grandeza física, objetos ou obstáculos, que não podem ser percebidos diretamente pelos sentidos do ser humano; ou seja, o sensor sem ter contato, capta, percebe ou grava um sinal do ambiente e o converte em um sinal de natureza transdutível; ou seja, é a variação de uma grandeza elétrica ou magnética.

Segundo Barbera (2018) o sensor de proximidade ultrassônico pode ser dividido em três módulos principais, o transdutor, a unidade de avaliação e o estágio de saída. Um pulso curto aciona brevemente o transmissor ultrassônico. O transmissor ultrassônico emite ondas na faixa inaudível normalmente entre 30 e 300 KHz, os filtros dentro do sensor verificam se o som recebido é realmente o eco das ondas sonoras emitidas.

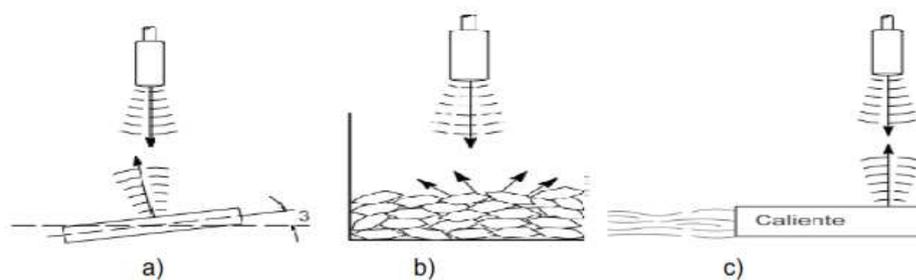
O princípio de funcionamento de um sensor de proximidade ultrassônico, que se baseia na emissão e na reflexão de ondas acústicas emitidas pelo emissor, que ricocheteiam no objeto e atingem o receptor, é medido e o tempo necessário para a propagação do som é avaliado (Barbera, 2018). Pozo (2018) também observa que os sensores usam frequências sonoras de 40 kHz, mais altas do que o som audível para o ouvido humano (16 Hz a 20 kHz) para detectar objetos, nessa detecção de tempo de voo, o sensor mede a diferença de tempo entre a emissão do ultrassom e a recepção do eco, com a seguinte expressão:

$$d = \frac{1}{2}tc \quad (1)$$

Onde d é a distância de detecção (m), t é o tempo entre emissão e recepção (s) c é a velocidade do som ($m\ s^{-1}$). Deve-se considerar que a velocidade do som sempre varia de acordo com o meio em que ele se propaga (condições atmosféricas), por exemplo, se o ar estiver a 20°C, o som se propaga a uma velocidade de 343,2 $m\ s^{-1}$, sem considerar a pressão atmosférica e a umidade.

Para Barbera (2018) a distância mínima é a borda extrema da zona cega, na qual um objeto pode estar em relação à face do sensor sem retornar ecos que são ignorados ou detectados erroneamente pelo sensor, a distância máxima é determinada pelo tamanho e material do sensor, quanto mais difícil for detectar um objeto, menor será a distância máxima. Além disso, indica que os objetos a serem detectados devem ter superfícies planas e lisas; para objetos com superfícies irregulares, o sensor deve estar em um ângulo não inferior a 3° para ser detectado conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Alinhamento do sensor com objetos em superfícies A) planas e lisas, B) irregular, C) temperatura

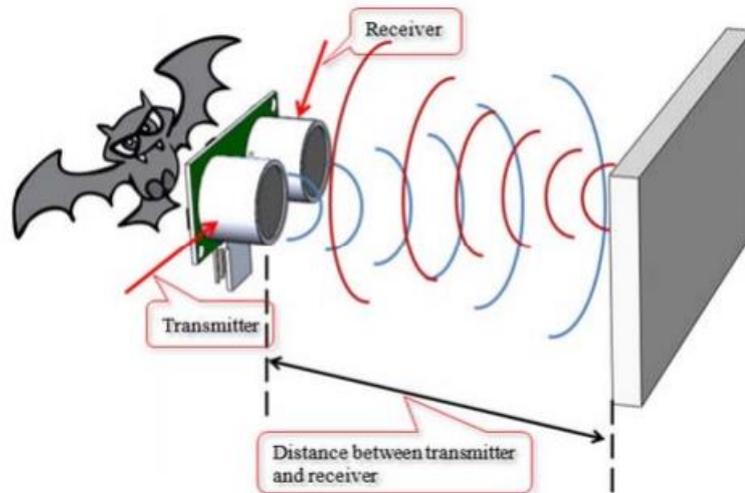


Fonte: Bradley (2000).

A interferência, por outro lado, desempenha um papel crucial na maioria dos sensores, especialmente se dois sensores ultrassônicos forem colocados próximos um do outro, eles podem interferir um no outro. Além disso, o som ambiente geralmente não afeta esses sensores devido à faixa de frequência que eles usam, mas pequenas alterações na medição podem ocorrer devido a mudanças aleatórias de temperatura e umidade. Com relação à inclinação do objeto (Figura 2), o sensor ultrassônico não receberá o eco do sinal. Os objetos com superfícies lisas e uniformes não serão detectados se os desvios forem de $\pm 5^\circ$ em relação à inclinação do sensor de proximidade; com objetos de superfícies ásperas e irregulares, é possível um intervalo maior. (Barbera, 2018).

Como a maioria dos sensores, deve-se tomar cuidado se colocarmos dois sensores ultrassônicos próximos um do outro, pois podem interferir um no outro. O som ambiente geralmente não afeta esse tipo de sensor devido à faixa de frequências que eles utilizam. Pequenas mudanças na medição podem ocorrer devido a mudanças aleatórias na temperatura e umidade. Este sensor a priori não possui sensores que possam se desgastar com o tempo, portanto, espera-se que sua vida útil seja muito longa (Barbera, 2018).

Figura 2 - Efeito de inclinação de objetos antes do sensor ultrassônico



Fonte: Datasheet (2023).

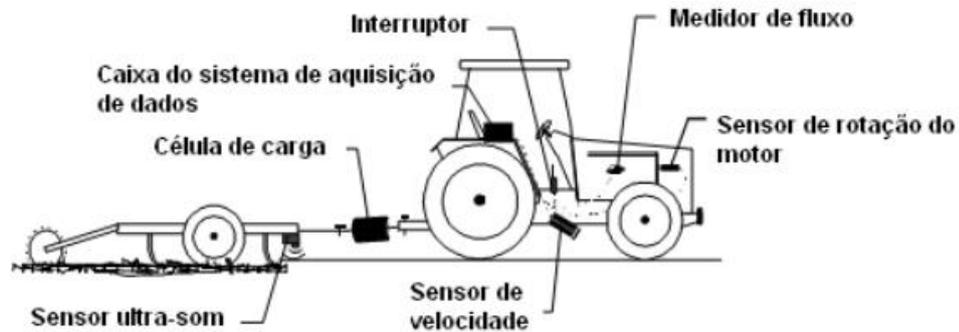
2.4 Sensores aplicados na segurança do operador

De acordo com Guimarães, A. (2007) os sensores, conhecidos em inglês como sensors, são dispositivos que monitoram as várias grandezas físicas e químicas no veículo, fornecendo dados aos módulos eletrônicos responsáveis pelo controle de cada sistema embarcado. Entre os principais sensores de um veículo para segurança do operador são: sensor de nível do óleo (oil level sensor), sensor de rotação do motor (Revolutions per Minute - RPM), sensor de pressão do ar do coletor (Manifold Air Pressure - MAP), sensor de temperatura do ar do coletor (Manifold Air Temperature - MAT), sensor de velocidade do veículo (Vehicle Speed Sensor - VSS).

A agricultura moderna também faz uso da eletrônica e da automação. Tratores grandes e pequenos são equipados com tecnologia de ponta, resultando equipamentos agrícolas inteligentes.

Schlosser *et al.* (2001) a fim de estudar os fenômenos de vibração resultantes da interferência do eixo em um trator com tração dianteira auxiliar, foi desenvolvida uma instrumentação eletrônica para aquisição de dados com sensores para medir a velocidade da roda, a velocidade do veículo por radar, uma célula de carga, conexões, cabos e um condicionador de sinal.

Figura 3 - Aplicação de sensor ultrassônico



Fonte: Schlosser *et al.* (2001), adaptado de Montovani *et al.* (1999).

Além disso, de acordo com Sousa *et al.* (2014) muitos sensores On-The-Go foram investigados com ênfase em sensores ópticos, que são usados com fontes de luz LED (diodo emissor de luz), conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Dispositivos On-The-Go em máquinas agrícolas



Fonte: Sousa *et al.* (2014).

Costa *et al.* (2015) também explicam que os sensores agrícolas podem ser usados para coletar informações sobre tratores e implementos dentro da agricultura de precisão. Esses sensores informam ao agricultor as características da máquina, tais como: temperatura, tacômetro, virabrequim do motor, came do motor, presença de água e nível de combustível. Além disso, existem sensores específicos para alguns implementos agrícolas, como detecção de altura da barra no pulverizador, sensores de ervas daninhas para semeadoras, presença de sementes e vácuo.

2.5 Eletrônica

2.5.1 Microcontrolador

De acordo com Camargo (2014), um microcontrolador é um sistema de computador quase completo encapsulado em um único componente. Geralmente, contém uma unidade central de processamento (CPU), memória, interfaces de entrada e saída binárias e/ou analógicas e uma ou mais portas de comunicação padrão UART, SPI ou I2C.

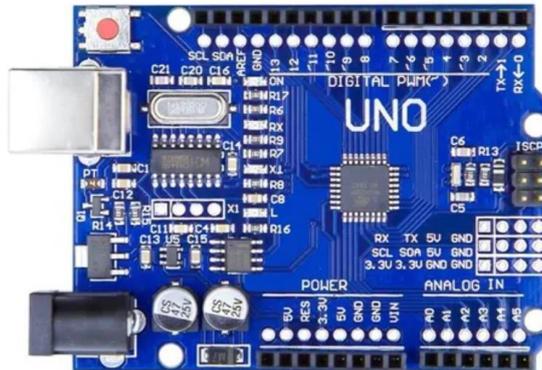
Eles são ideais para automatizar dispositivos portáteis porque consomem pouca energia e são compactos. Os microcontroladores também diferem dos microprocessadores em sua capacidade de processamento, enquanto um microprocessador pode operar em frequências de alguns giga-hertz, os microcontroladores são limitados a dezenas de mega-hertz.

2.5.1.1 Arduino

O Arduino foi lançado em 2005 e foi concebido como uma plataforma de programação de baixo custo e fácil acesso. O hardware é de código aberto, portanto, está sempre sendo aprimorado pelos usuários, que diversificam o uso da plataforma dentro dos limites da programação feita no software. Além disso, a maior vantagem do Arduino em relação a outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é sua facilidade de uso, permitindo que pessoas não técnicas aprendam conceitos básicos e criem seus próprios projetos em um período de tempo relativamente curto (Mcroberts, 2015).

De acordo com Oliveira e Zanetti (2016), o arduino Uno é um dos microcontroladores mais vendidos, tem 14 pinos (Figura 5) que podem ser usados para gerar um conjunto de valores inteiros entre 0 e 1023 usando a técnica de modulação por largura de pulso (PWM), com um conversor analógico digital de 10 bits. A plataforma Arduino é programada com sua própria linguagem baseada na linguagem de programação de alto nível Processing, o que significa que é semelhante ao C++.

Figura 5 - Microcontrolador Arduino Uno



Fonte: Google (2023).

2.5.1.2 Esp32

Esp 32 refere-se ao chip microcontrolador produzido pela Espressif para trabalhar com dispositivos móveis e aplicativos de Internet das Coisas (IoT). O Esp 32 é capaz de operar em temperaturas ambientes que variam de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ele também contém Wi-Fi, Bluetooth e ESP-NOW integrados que podem funcionar de forma autônoma e interligados de maneira mestre e escrava entre os dispositivos Esp 32 (ESPRESSIF, 2019).

A Figura 6 mostra um resumo dos recursos e especificações da placa ESP32 DEVKIT V1 DOIT:

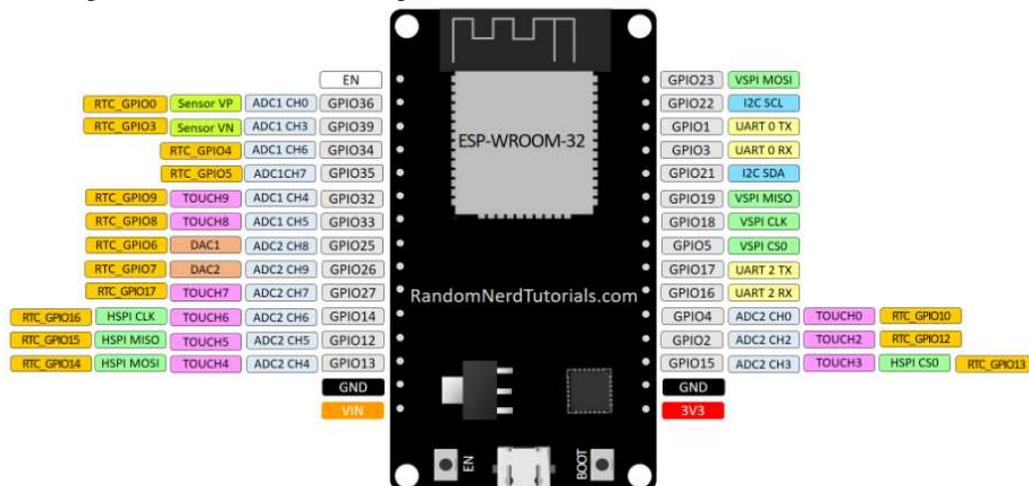
Figura 6 - Características técnicas

Número de núcleos	2 (núcleo duplo)
Wi-fi	2,4 GHz até 150 Mbit/s
Bluetooth	BLE (Bluetooth Low Energy) e Bluetooth herdado
Arquitetura	32 bits
Frequência do relógio	Até 240MHz
BATER	512 KB
alfinetes	30, 36 ou 38 (dependendo do modelo)
Periféricos	Toque capacitivo, ADC (conversor analógico para digital), DAC (conversor digital para analógico), I2C (Circuito Inter-Integrado), UART (receptor/transmissor assíncrono universal), CAN 2.0 (Controller Area Network), SPI (Serial Peripheral Interface), I2S (Integrated Inter-IC Sound), RMII (Reduced Media-Independent Interface), PWM (pulse width modulation) e muito mais.
Botões embutidos	Botões RESET e BOOT
LEDs embutidos	LED azul embutido conectado ao GPIO2; LED vermelho embutido que mostra que a placa está sendo alimentada
Ponte USB para UART	CP2102

Fonte: ESPRESSIF (2019).

Esta placa ESP32 em particular vem com 30 pinos, 15 de cada lado. O número de GPIOs disponíveis depende do modelo da sua placa. Também vem com um botão RESET (pode ser rotulado como EN) para reiniciar a placa e um botão BOOT para colocar a placa no modo intermitente (disponível para receber o código). Observe que algumas placas podem não ter um botão BOOT. O LED azul integrado conectado internamente ao GPIO 2. Esse LED é útil para depuração para fornecer algum tipo de saída física visual. Há também um LED vermelho que acende quando você fornece energia à placa.

Figura 7 - Microcontrolador Esp-Wroom-32



Fonte: Google (2023).

2.6 Sensor

De acordo com Camargo (2014) um sensor é um dispositivo eletrônico capaz de traduzir sinais, provenientes de fenômenos físicos em informações compreensíveis para o controlador do processo, ou seja, eles são essenciais para o funcionamento adequado de qualquer sistema de controle.

2.6.1 Sensor Ultrassônico HC-SR04

Para Oliveira e Zanetti (2016) o sensor ultrassônico HC-SR04 (Figura 8) pode detectar objetos a uma distância de 1 a 200 cm. Ele tem quatro pinos: VCC é a fonte de alimentação de 5 V (polo positivo), pino de disparo do gatilho TRIG, pino ECHO e GND (polo negativo).

Figura 8 - Sensor HC-SR04



Fonte: Google (2023).

Além disso, de acordo com o datasheet na Figura 9 os parâmetros elétricos do sensor são mostrados.

Figura 9 - Parâmetros elétricos

Electrical Parameters	Value
Operating Voltage	3.3Vdc ~ 5Vdc
Quiescent Current	<2mA
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Operating Range & Accuracy	2cm ~ 400cm (1in ~ 13ft) ± 3mm
Sensitivity	-65dB min
Sound Pressure	112dB
Effective Angle	15°
Connector	4-pins header with 2.54mm pitch
Dimension	45mm x 20mm x 15mm
Weight	9g

Fonte: Datasheet (2023).

Em termos de operação, o sensor emite um sinal ultrassônico que reflete em um objeto e retorna ao sensor, permitindo que a distância do objeto ao sensor seja calculada em função do tempo de percurso do sinal. A velocidade do sinal no ar é de aproximadamente 340 m/s (velocidade do som). O pino conectado ao acionador (TRIG) normalmente deve estar baixo. Para iniciar uma leitura de distância, o pino deve ser colocado em um nível alto por 10 microssegundos e depois voltar ao nível baixo. Durante esse tempo, 8 pulsos de 40 kHz são emitidos e um sinal de nível alto proporcional à distância do sensor até o objeto será gerado no pino de eco (ECHO). Finalmente, a distância calculada em cm será determinada pela expressão:

$$D = d \times 0.0343/2$$

(1)

Sendo:

D = distancia em cm;

d = duração do pulso;

Constante: 0.0343;

Constante: 2.

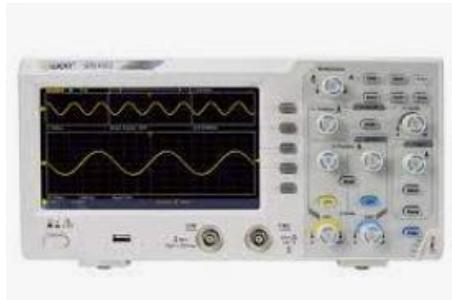
2.7 Avaliações de bancada

Conhecer as características dos sensores, microcontroladores e atuadores de um ambiente controlado é essencial para descartar qualquer tipo de variável que possa interferir na operação dos dispositivos, além de obter dados de calibração e eliminar problemas de hardware e software. Nesse sentido, é essencial ter equipamentos e ferramentas eletrônicas para desenvolver trabalhos e pesquisas. Como afirmam Cruz e Junior (2014) em um teste de bancada é essencial ter um osciloscópio e um medidor de freqüencímetro para medir sinais nos circuitos.

2.7.1 Osciloscópio

Equipamento (Figura 10) que permite medir as formas de onda das tensões diretamente, bem como a tensão pico a pico e o período e indiretamente as tensões de pico e eficaz, freqüência e defasagem entre duas tensões.

Figura 10 - Osciloscópio



Fonte: Google (2023).

2.7.2 Freqüencímetro

O freqüencímetro é um instrumento usado para medir a freqüência de um sinal periódico. Os freqüencímetros digitais possuem um mostrador que indica a freqüência (desde Hz a GHz) ou período (desde nanossegundos a segundos) do sinal amostrado e utilizam uma base de tempo precisa obtida a partir de um cristal de quartzo.

Figura 11 - Frequencímetro



Fonte: Google (2023).

2.8 Escala de segurança

A palavra acidente, originária do latim *accidens* (acaso), significa qualquer fato inesperado e indesejado que interrompe o andamento normal de um acontecimento e causa naquele que sofre essa ação um determinado dano, seja à sua integridade física, ao seu patrimônio ou a ambos. Em geral, é originado por fatores ambientais, sociais, instrumentais, humanos etc. (Barsano, 2011). Acidente do trabalho é o evento indesejado, inesperado, que provoca no trabalhador lesão corporal ou perturbação funcional que causa a morte, perda ou redução permanente ou temporária da capacidade para o trabalho. Quando esse evento não gera dano nem ao ser humano nem ao patrimônio, estamos diante de um incidente (quase acidente).

Figura 12 - Escala de segurança



Fonte: Monteiro e Albiero (2013).

2.9 Controle estatístico de processo (CEP)

Segundo Lozada (2017) o Controle Estatístico de Processo (CEP) consiste em um sistema de inspeção por amostragem, que é aplicado ao longo do processo, após sua execução, com o intuito de detectar a presença de variações que possam interferir ou comprometer o bom andamento do processo e seus resultados. Para isso, uma das representações gráficas mais conhecidas do CEP são as cartas ou gráficos de controle.

2.9.1 Cartas de controle

A carta de controle é uma ferramenta que permite visualizar o comportamento do processo em relação ao padrão preestabelecido e seus limites de controle, considerando como variável toda características da qualidade que seja numérica. O objetivo fundamental da ferramenta é verificar se o processo está sob controle, verificando suas possíveis variações (Figura 13).

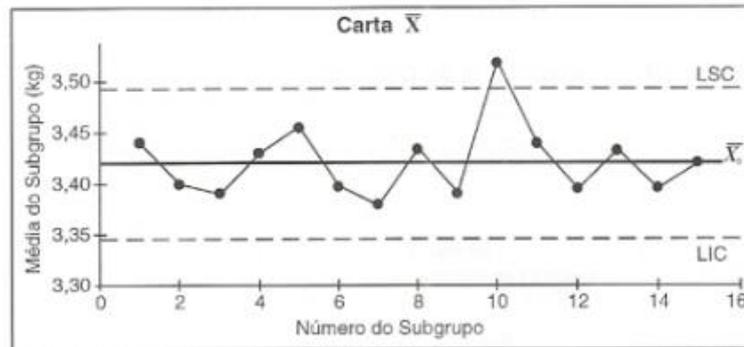
Entre as causas que um processo está fora de controle são:

- Causas comuns: naturais e inerentes ao processo, que decorrem de pequenas fontes de variabilidade, ocorrendo de forma aleatória e contínua;
- Causas especiais: de comportamento não aleatório, fazem que o processo saia das condições normais de operação.

Para Machado (2010) existem vários tipos de carta de controle, divididos em duas categorias: carta de controle para dados contínuos e para dados discretos, como por exemplo altura, peso, temperatura e número de defeitos, número de erros respectivamente. Em este sentido, para definir isso, se precisa conhecer a variável ou atributo e a quantidade amostral. Toda carta de controle possui três componentes básicos:

- Uma linha central, geralmente a média aritmética das amostras;
- Limites de controle, superior e inferior;
- Linha de resultados das amostras.

Figura 13 - Carta de controle



Fonte: Lazada (2017, com adaptações).

Um processo ou sistema está fora de controle quando os pontos dispostos estão fora dos limites de controle, em quanto os pontos estão dentro dos limites e dispostos de forma aleatória considere-se que o processo está em controle.

Além, de acordo com Ramos (2000) o processo estará sob controle quando não houver padrões estranhos do tipo, tendências crescentes ou decrescentes, ciclos, estratificações ou misturas, ou ainda pontos fora dos limites de controle.

2.10 Comunicação em microcontroladores ESP-NOW

O ESP-NOW é um protocolo de comunicação sem conexão desenvolvido pela Espressif que se caracteriza pela transmissão de pacotes curtos. Esse protocolo permite que vários dispositivos se comuniquem entre si de forma simples. O protocolo é semelhante à conectividade sem fio de 2,4 GHz de baixa potência. Em um primeiro momento, é necessário emparelhar os dispositivos antes que eles se comuniquem. Após o emparelhamento, a conexão é segura e persistente.

Urazayev *et al.* (2023) analisam o paradigma da IoT aplicado em várias áreas de ação da atividade antrópica, incluindo saúde, monitoramento de construções, casas inteligentes e agricultura inteligente. Nesse sentido, e devido à sensibilidade aprimorada, um sinal pode percorrer distâncias maiores em comparação com outras soluções de curto e médio alcance. O modo de longo alcance do protocolo só pode ser executado no ESP32 e no ESP8266. O ESP32 é uma unidade de microcontrolador (MCU) dual-core fabricada pela Espressif Systems que integra transceptores Bluetooth e WiFi.

A comunicação sem fio oferece possibilidades quase ilimitadas para coletar dados medidos, porém, para Pasic, Kuzmanov e Atanasovski (2021) o problema característico de

todas elas é o armazenamento dos dados medidos, especialmente quando há necessidade de medições em tempo real e visualização.

Para a transmissão de informação conforme Eridani, Rochim e Cesara (2021), o tamanho do pacote de dados é diretamente proporcional ao tempo que leva para transmitir os dados; esse tamanho de carga útil não tem muito efeito sobre a latência do WiFi; no entanto, no ESP-NOW e no Bluetooth, a latência aumenta à medida que o tamanho do pacote aumenta. Se for necessária uma transmissão de baixa latência, o ESP-NOW pode ser a melhor opção.

Para a Espressif (2019) o ESP-NOW oferece suporte às seguintes funções:

- Comunicação unicast codificada e não codificada;
- Mistura de dispositivos pares codificados e não codificados;
- Carga útil de até 250 bytes;
- Função de retorno de chamada de envio que pode ser configurada para informar a camada de aplicativo sobre o sucesso ou a falha da transmissão.

Entretanto, a tecnologia ESP-NOW também tem as seguintes limitações:

- Pares codificados limitados. Um máximo de 10 pares codificados é suportado no modo Station; um máximo de 6 no modo SoftAP ou SoftAP + Station;
- Vários pares não codificados são suportados, mas seu número total deve ser inferior a 20, incluindo pares codificados;
- A carga útil é limitada a 250 bytes.
- O ESP-NOW é muito versátil e pode ter comunicação unidirecional ou bidirecional em diferentes configurações.

Ao final o ESPNOW foi proposto como uma solução de baixo custo e baixo consumo de energia para dispositivos de IoT que operam no espectro industrial, científico e médico (ISM) de 2,4 GHz.

2.11 Análise e viabilidade de projetos

Os mercados atuais estão cada vez mais dinâmicos, com consumidores mais bem informados e mais exigentes. Essa dinâmica traz consigo uma variabilidade de escolhas de bens e serviços por parte dos consumidores devido à globalização, bem como o aumento da concorrência e a necessidade de inovação por parte das empresas. Ao mesmo tempo, as pressões exigem respostas mais rápidas e adequadas ao ambiente organizacional, exigindo maior

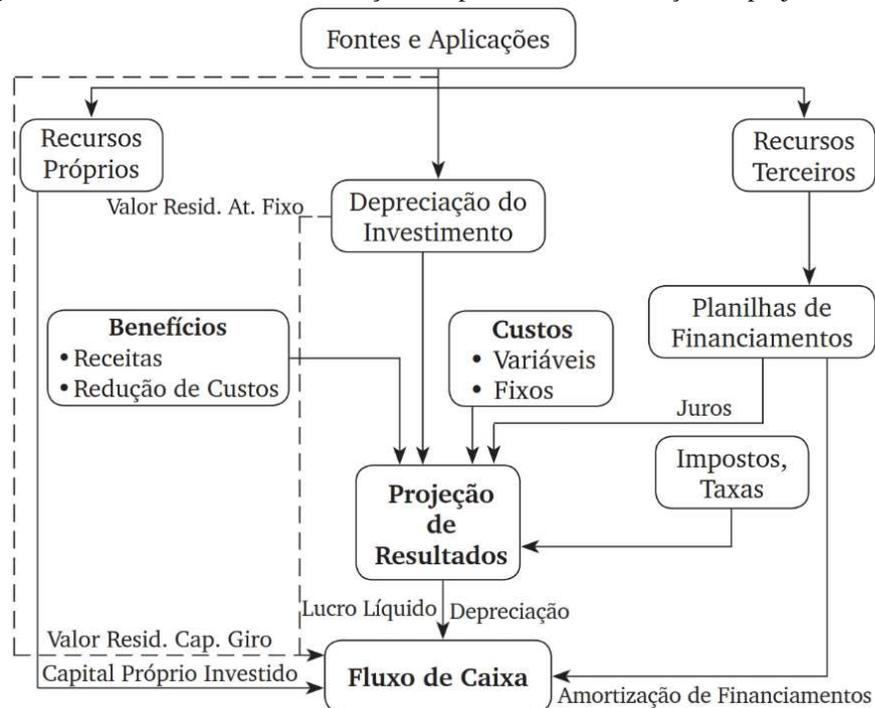
eficiência no processo decisório. Entretanto, uma resposta rápida, mas mal estruturada, pode comprometer toda a estratégia da organização, afetando sua sustentabilidade financeira. Nesse cenário, um projeto para sua gestão, avaliação e execução ganha muita importância no processo de tomada de decisão, por meio de uma análise econômica e avaliação financeira.

2.11.1 Custos de produção

Rodríguez *et al.* (2007) consideram que o custo de produção é o conjunto de custos composto pela aquisição de materiais e peças e pelo esforço incorrido na execução dos processos e atividades para obter um bem tangível ou intangível. Além disso, nos sistemas de custos de produção, é indispensável conhecer seus elementos. De acordo com Charlita (2009), esses são os custos necessários para fabricar um produto ou prestar um serviço e são divididos em três categorias: matérias-primas diretas, mão de obra direta e custos indiretos, sendo esses os custos que determinam o valor do bem ou serviço no final da produção.

A elaboração e a avaliação de um projeto têm um sequenciamento lógico que garante uma visão geral do projeto. A Figura 14 mostra um fluxograma que facilita a visualização das interações entre os diferentes aspectos e variáveis.

Figura 14 - Visão Geral das inter-relações no processo de elaboração do projeto



Fonte: Gomes (2013).

2.11.2 Viabilidade econômica

O estudo econômico-financeiro de um projeto é um processo que busca obter a melhor alternativa usando critérios universais, ou seja, avaliar a atribuição de um determinado valor a um projeto. Em outras palavras, trata-se de comparar os fluxos positivos (receitas) com os fluxos negativos (despesas) gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil, com o objetivo de destinar os recursos financeiros de forma otimizada, além do estudo ou das avaliações realizadas, é possível saber se os investimentos são rentáveis ou improdutivos (Blogspot, 2010).

Para a Confederação Espanhola de Organizações Empresariais (CEOE, 2012), todas as decisões tomadas no curso da fabricação, montagem ou construção de serviços ou produtos têm uma grande quantidade de dados econômicos sobre a mesa que, ordenados com antecedência, permitirão conhecer as experiências econômicas do projeto.

Assim, para Miranda (2012) essa etapa é dedicada a apresentar critérios de avaliação financeira baseados em investimentos, fornecendo indicadores que sirvam de base estável, firme e confiável para a tomada de decisões.

De acordo com Urbina (2011) os métodos de avaliação atuais levam em conta o valor do dinheiro no tempo, a taxa interna de retorno e o valor presente líquido, bem como os índices de avaliação, que permitem decidir sobre a execução do projeto. Entre os principais critérios, temos: valor presente, taxa de retorno e período de recuperação do capital.

Para Gomes (2013) os critérios de avaliação e seleção de projetos se determinam da seguinte forma:

- Valor presente, o valor presente líquido ou simplesmente valor presente de um projeto é o resultado do cálculo na data zero dos fluxos de caixa do projeto. A taxa de juros de desconto é o custo de oportunidade (custo de capital) da empresa ou é a taxa de atratividade mínima adotada pela empresa para projetos com riscos iguais aos oferecidos pelo projeto. O valor é dado por:

$$VP(i) = \sum_{j=0}^n \frac{(fcx)}{(1+i)^j} \quad (2)$$

Onde:

VP(i) = valor presente do fluxo de caixa à taxa de juros i na data zero;

n = número de fluxos de caixa;

(fcx) = fluxo de caixa do período j ;

$j = 0, 1, 2, \dots, n$;

i = taxa de juros ou de desconto por período.

Lembrando que $(1+i)^0 = 1$, então a equação fica:

$$VP(i) = fcx_0 + \frac{fcx_1}{(1+i)^1} + \frac{fcx_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(fcx)_{n-1}}{(1+i)^{n-1}} + \frac{(fcx)_n}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Em este sentido, se o valor presente for maior que zero, o projeto é aceito e quanto maior for o valor presente, mais desejável é o projeto, pois agrega mais valor à empresa. O fato de ser maior que zero significa que o valor presente dos benefícios supera o valor presente dos custos.

- Taxa de retorno, também chamada de Taxa Interna de Retorno (TIR), é a taxa de juros que torna o valor presente do projeto igual a zero. Em outras palavras, é a taxa de juros que torna o valor presente dos benefícios igual ao valor presente dos custos.

$$0 = fcx_0 + \frac{fcx_1}{(1+i)^1} + \frac{fcx_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(fcx)_{n-1}}{(1+i)^{n-1}} + \frac{(fcx)_n}{(1+i)^n} \quad (4)$$

Um projeto será aceito se a TIR for maior que seu custo de oportunidade. Se for igual ao seu custo de oportunidade, para a empresa o projeto é indiferente, pois essa taxa ela pode ganhar em outras aplicações. Além disso, comparando-se dois ou mais projetos, a melhor alternativa é que apresenta a maior taxa de retorno.

- Período de recuperação do capital: também conhecido por seu termo em inglês *payback period*, é o número de períodos necessários para que seja recuperado o capital investido, pois quanto mais rápido o capital investido retornar, menor é o risco.
- Índice Benefício-Custo (IBC): para Camloffski (2014) o IBC é obtido através da divisão do valor presente das entradas de caixa pelo seu investimento inicial, ou seja, ela calcula quanto as entradas de caixa esperadas, após a eliminação do efeito da taxa mínima de atratividade (TMA), representam em termos percentuais em relação ao que foi investido.

$$IBC = \frac{PV}{IN}$$

(5)

Onde:

IBC = Índice benefício – custo;

PV = valor presente;

IN = investimento inicial.

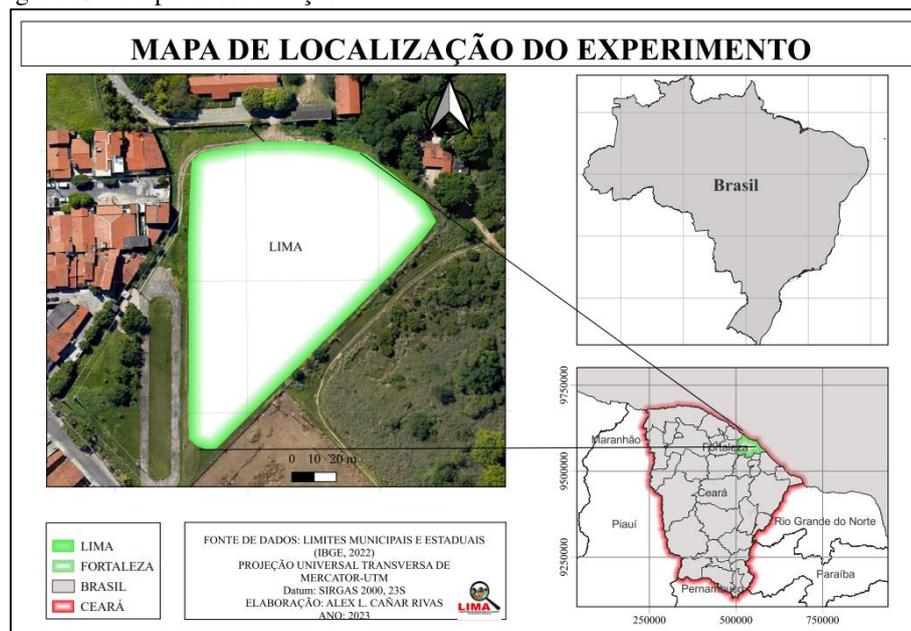
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Método

Para construir o protótipo e cumprir os objetivos da pesquisa, o trabalho foi realizado em cinco fases: conceptualização do projeto, desenvolvimento do sketch da programação, teste de bancada, validação de campo e viabilidade econômica.

A pesquisa foi realizada na área experimental (Figura 15) do Laboratório de Investigação de Acidentes de Máquinas Agrícolas (LIMA) da Universidade Federal do Ceará, localizado nas coordenadas planas UTM, Norte: 9585961,08; Leste: 546526,25; Altura: 20 m.s.n.m.

Figura 15 - Mapa de localização



Fonte: elaborado pelo autor.

Para os testes de campo, foram usados os seguintes equipamentos:

- Arado de disco fixo:

Tabela 1 - Características dos equipamentos

Equipamento	Arado de disco fixo
Nº discos	3
Comprimento	185 cm
Altura	85 cm
Ø do disco	60 cm

Fonte: Elaborado pelo autor.



- Grade de 28 discos

Equipamento	Grade
Nº discos	28
Série	0590-4653
Comprimento	260 cm
Largura	200 cm
Altura	80 cm
Ø do disco	48 cm

Fonte: elaborado pelo autor.



Fonte: elaborado pelo autor.

O trator utilizado foi o Valtra A 950 em velocidades teóricas de 3 km h^{-1} , 5 km h^{-1} e 7 km h^{-1} a distâncias entre o dispositivo e o obstáculo de 1,5 m, 2,5 m e 3,5 m; distâncias definidas de acordo com o objetivo e os testes de bancada.

- Pulverizador Jacto:

Tabela 2 - Características do pulverizador de barras

Equipamento	Pulverizador Jacto
Série	272104
Máquina	CONDOR
Modelo	AM-14
Capacidade	800 L
Peso	450 kg

Fonte: elaborado pelo autor



Fonte: elaborado pelo autor.

Os materiais utilizados estão detalhados na Tabela 3.

Tabela 3- Materiais para o protótipo

Conceito	Unidade	Quantidade
Sensor HC-SR04	Peça	3
Esp32 Wroom 32	Peça	4
Fio de cobre (espessura 0.5 mm ²)	Metros	0.5
Barra de 40 pinos fêmea 1x40 180 mm	Unidade	3
Solda cobix 22g 1mm 63x37	Unidade	1
Regulador de tensão 7805 5v - 1.5A	Unidade	3
Capacitor Eletrolítico 10uF 16V	Unidade	6
Placa Perfurada Face Simples 5x7cm	Unidade	3
Dissipador de Calor TO-220	Unidade	3
Parafuso 3mm	Unidade	3
Conector bateria 9v	Unidade	3
Bateria recarregável 9v	Unidade	3
Placa Perfurada Face Simples 10x10cm	Unidade	1
Chave Gangorra ON/OFF 2 Terminais	Unidade	4
Módulo Regulador de Tensão Step Down XL7015	Peça	1
Cabos dupont Jumper MxM, pacote com 20pcs	Kit	1
Cabos dupont Jumper MxF, pacote com 20pcs	Kit	1
Sinaleiro Olho de boi XD 10-7 12V Vermelho	Unidade	1
Sinaleiro Olho de boi XD 10-7 12V Amarelo	Unidade	1
Sinaleiro Olho de boi XD 10-7 12V Azul	Unidade	1
Buzzer 5v 12mm	Peça	1
Bateria 18650 3.7v x 1200mAh	Unidade	2
Suporte para duas baterias 18650 com chave	Unidade	1
Display LCD 16 X 2	Peça	1
Módulo I2C para Display LCD 16X2	Unidade	1
Case	Peça	4

Fonte: elaborada pelo autor.

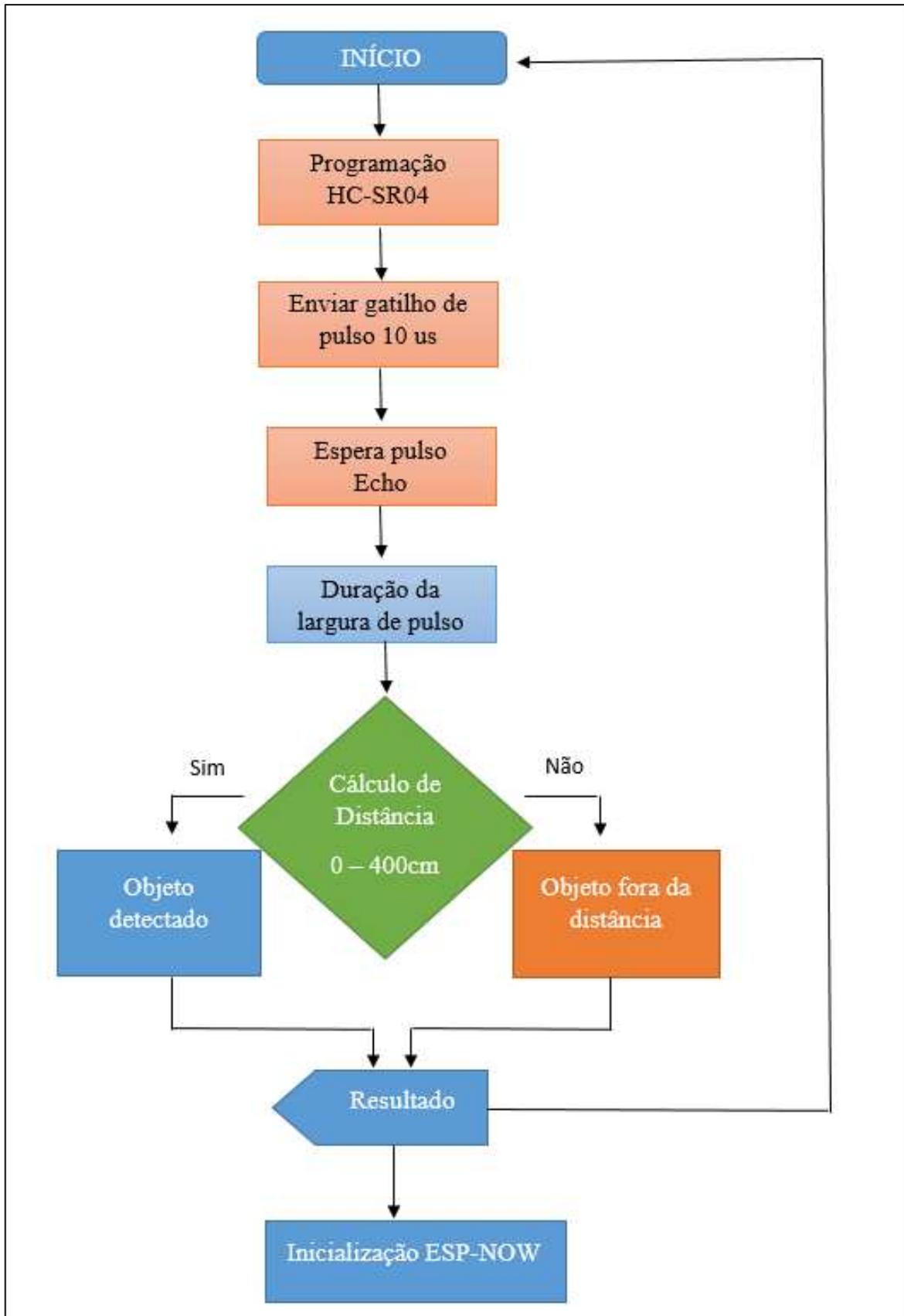
- **Conceptualização do projeto**

O dispositivo foi projetado com três sensores ultrassônicos HC-SR04 conectados a um microcontrolador ESP32 de forma independente, a transmissão de informações seria sem fio para um receptor via comunicação ESP-NOW, este último (receptor) seria usado como um atuador para entregar em tempo real ao operador a informação de alerta para a tomada de decisão durante as tarefas agrícolas desenvolvidas. O atuador envolveria um som com três luzes LED que atuariam de acordo com a proximidade ou detecção de obstáculos a uma distância de 1,5 m; 2,5 m; 3,5 m; distâncias definidas de acordo com o teste de bancada do sensor e sua precisão, bem como o tempo de resposta do operador para reagir e desviar do obstáculo. Sendo as cores vermelha, amarela e verde respectivamente, além disso, quando o sensor detectar um obstáculo ou a aproximação de uma pessoa a menos de 1,5 m, o sinal sonoro buzzer é acionado automaticamente.

- **Sketch de programação (ambiente de desenvolvimento)**

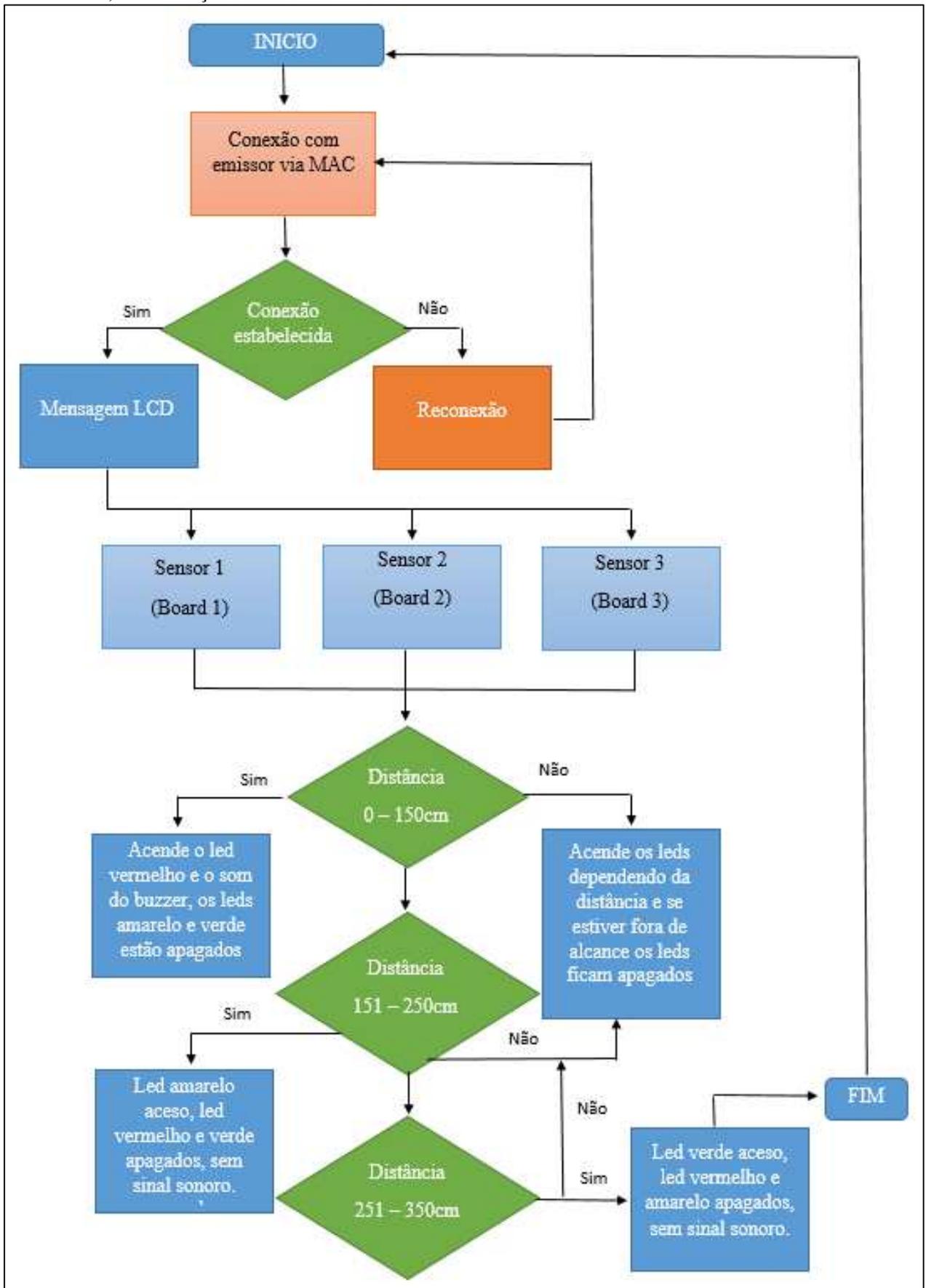
Para programar o dispositivo (protótipo) de forma fácil e tornar o processo mais produtivo, foi usado o ambiente de programação integrado Arduino, comumente chamado *Integrated Development Environment* (IDE), obtendo o programa sketch do transmissor e sketch do receptor seguindo o fluxograma de operação de acordo com a Figura 16, seção a e b, respectivamente.

Figura 16 - Fluxograma de funcionamento do protótipo
a) Fluxograma de operação do sensor HC-SR04



Fonte: elaborado pelo autor.

b) Comunicação e atuador ESP-NOW

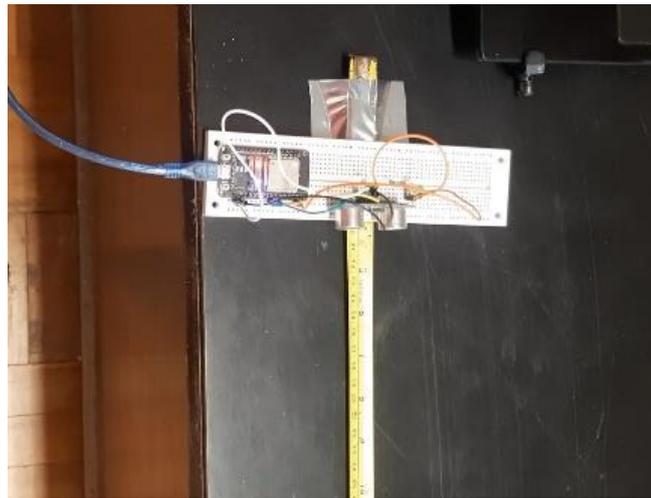


Fonte: elaborado pelo autor.

- **Teste de bancada**

Depois que o sketch de programação é obtido, foi feita a montagem do circuito na placa de ensaio usando: Esp32 Wroom, sensor ultrassônico hc-sr04, jumpers, regulador de tensão 7805 5 V - 1,5 A, capacitores eletrolíticos de 10 uF-16 V, três sinalizadores LED vermelho, amarelo e verde, circuito alimentado pela porta USB do computador.

Figura 17 – Montagem do circuito



Fonte: elaborado pelo autor.

No primeiro teste de bancada, a precisão do sensor, a estabilidade e os erros de hardware e software foram determinados por meio de leituras em um ambiente controlado. Para isso, foi utilizada uma mesa de 400 cm de comprimento e 350 cm de largura, onde uma fita métrica foi colocada sobre ela para controlar a distância real e a leitura do sensor em medições repetidas, conforme indicado por (Alfonso e Banguera, 2015; Yudha e Sani, 2017), além disso, as condições de validação foram: variação de medição a cada 50 cm, temperatura ambiente de 30 °C e vento de 0 m s⁻¹, o objeto a ser detectado pelo sensor foi de cartão com dimensões 24.5 cm x 8,5 cm x 8 cm, a leitura dos resultados foi observada através do monitor serial IDE e transmitidos para uma planilha eletrônica via conexão WiFi.

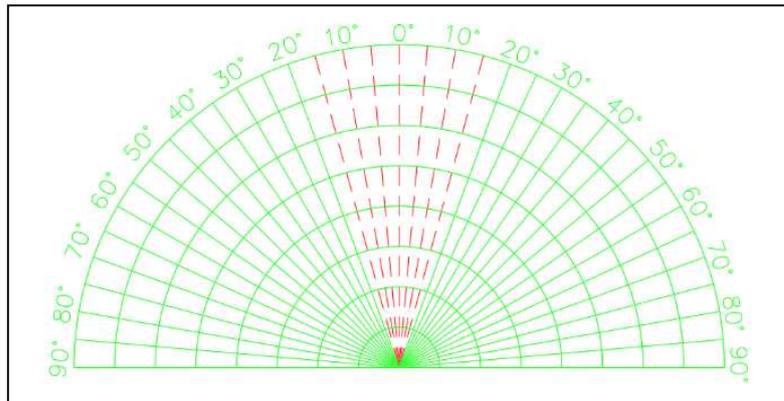
Figura 18 - Coleta de dados em bancada



Fonte: elaborado pelo autor.

No segundo teste, o raio de ação do sensor foi analisado usando um transferidor de 360°, fita adesiva e o mesmo objeto a ser detectado.

Figura 19 - Transferidor



Fonte: elaborado pelo autor.

Após a obtenção dos resultados, a precisão do sensor foi calculada por meio do desvio padrão amostral, que é responsável por medir o grau de dispersão dos dados, equação 6, e o erro relativo para determinar a acurácia, equação 7.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

(6)

Onde:

S= desvio padrão

X_i = dados lidos

\bar{X} = valor médio dos valores

n= número de valores

$$E_r = \frac{X_l - X_t}{X_t} \times 100$$

(7)

Onde:

E_r = erro relativo

X_i = valor médio

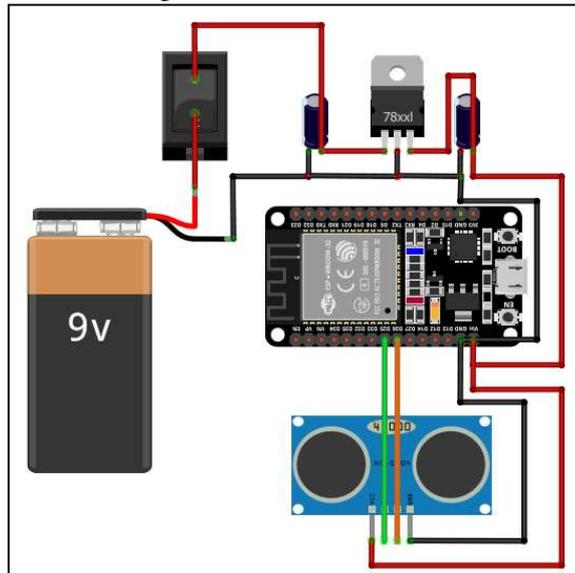
X_t = valor de referência

Com relação à análise da estabilidade e do comportamento do sensor para cada distância (50 cm), foi utilizada a ferramenta estatística conhecida como gráfico de controle. Para isso, foram realizadas 120 leituras de distância, subdivididas em dez subgrupos, totalizando 12 dados por subgrupo. Devido ao grande número de dados para cada distância, decidiu-se definir os gráficos de controle por subgrupos com amplitude móvel, processo que foi realizado no software Minitab 18 versão Student.

- **Validação de campo**

Depois de obter as informações do protótipo em um ambiente controlado, todos os componentes eletrônicos do emissor foram soldados em uma placa perfurada de 10 cm x 10 cm, as conexões são mostradas na Figura 20.

Figura 20 - Diagrama da montagem final do emissor

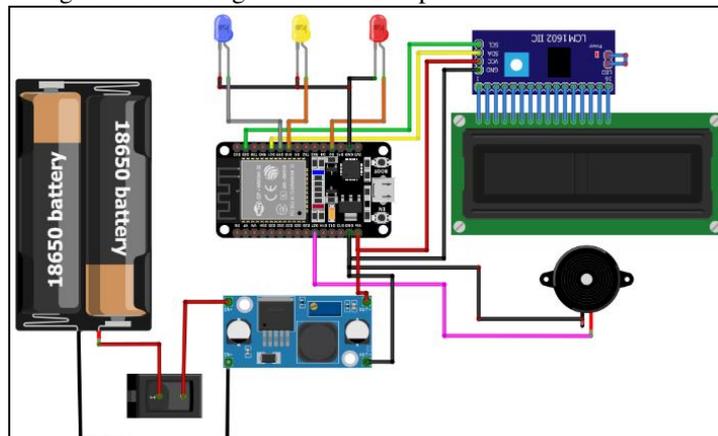


Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme mostrado na Figura 20, o dispositivo foi alimentado por uma bateria de 9 V, cuja tensão foi regulada para 5 V por meio de um regulador de tensão 7805, tensão que permite que o microcontrolador funcione de forma correta. A conexão dos pinos de disparo e eco do sensor foi conectada aos pinos 25 e 26 da placa.

A montagem final do receptor foi realizada da mesma forma, para a alimentação, foram utilizadas duas baterias de lítio 18560 - 3,7 V x 1200 mAh a fim de prolongar o tempo de alimentação do circuito, apesar de ter uma tensão relativamente estável foi instalado um módulo regulador de tensão de 5 V. Por outro lado, os Leds vermelho, amarelo, verde e o buzzer utilizaram os pinos 2; 18; 19; e 27 do microcontrolador respectivamente, assim como o display LCD 16 x 2 com I2C utilizou os pinos 21 para o serial data (SDA) e 22 para o serial clock line (SCL), conforme mostrado na Figura 21.

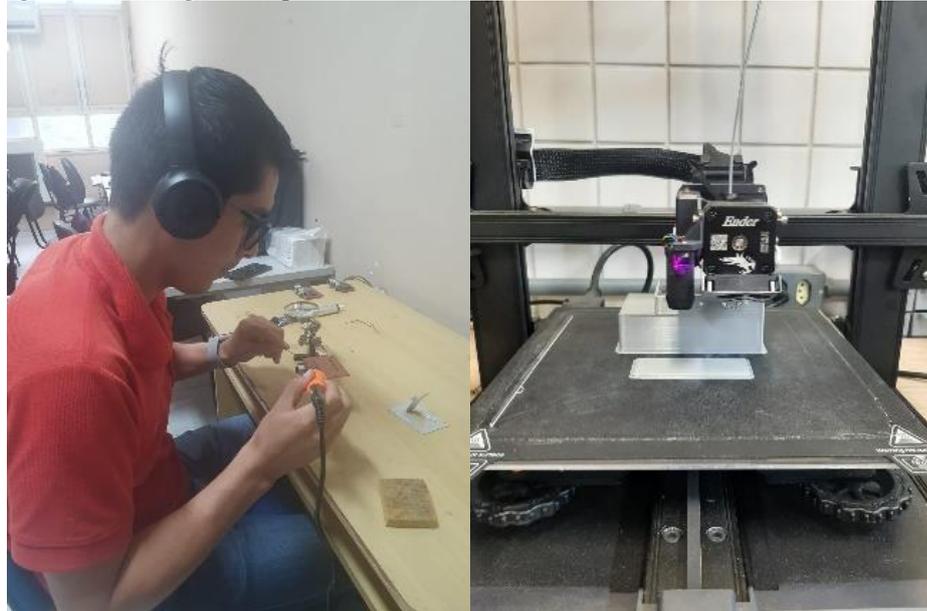
Figura 21 - Diagrama de montagem final do receptor



Fonte: elaborado pelo autor.

Depois que os circuitos do transmissor e do receptor foram soldados, as cases foram projetadas no software Fusion 360 da versão Student do AutoDesk e impressas na impressora 3D. Nesse sentido, a qualidade da impressão dependeu das configurações da máquina, definindo uma altura de leito de impressão de 0,2 mm e o material termoplástico biodegradável e biocompatível ácido polilático (PLA).

Figura 22 - Soldagem e impressão 3D



Fonte: elaborado pelo autor.

Posteriormente, o dispositivo foi validado em campo, foram considerados dois tipos de validações: 1) determinar a precisão e o ângulo de localização do sensor e 2) para analisar a incidência da velocidade do trator em relação à distância de detecção do dispositivo.

- **Determinação da precisão**

Para obter dados para a primeira validação, foram construídos 10 obstáculos de papelão na forma de retângulo com dimensões de 25 cm de largura e 135 cm de altura, considerando a altura média do arado e da grade. Posteriormente, o posicionamento na área experimental foi alinhado usando o método topográfico 3-4-5 e, com a ajuda de uma fita métrica o espaço entre os obstáculos foi determinado a 5 m, um espaço definido para a visualização clara e precisa das alertas que emanam do receptor.

Figura 23 - Adequação da área experimental



Fonte: elaborado pelo autor.

Para verificar o desempenho do dispositivo foi testado nos equipamentos agrícolas acima descritos, para o arado de disco se utilizou a velocidade de 3 km h^{-1} e para a grade de 3 km h^{-1} ; 5 km h^{-1} e 7 km h^{-1} ; para isso e para que o trator pudesse se deslocar dentro das distâncias descritas, a trajetória foi marcada com cal agrícola.

Figura 24 - Marcação da trajetória de deslocamento



Fonte: elaborado pelo autor.

No final, o dispositivo acendia os LEDs vermelho, amarelo, verde e a buzina se o objeto fosse identificado de acordo com a programação descrita acima; caso contrário, os LEDs permaneciam apagados.

Por outro lado, um dos problemas do pulverizador é que as barras ao abrir e fechar ficam presas nos fios de energia elétrica, de modo que a avaliação do dispositivo foi realizada de acordo com o ângulo de ação tanto na barra quanto na ponta.

O teste consistiu em abrir e fechar o pulverizador com o trator estático em frente a um poste de energia, variando as localizações do dispositivo na barra e na ponta até encontrar a posição adequada em graus em relação ao eixo horizontal.

Figura 25 - Teste no pulverizador



Fonte: elaborado pelo autor.

Após a obtenção dos dados, eles foram processados e analisados na planilha do Excel.

- **Análise estatística**

A segunda validação foi analisar a incidência da velocidade do trator e a distância de detecção do dispositivo por meio de um desenho fatorial 3^k com três repetições. Esse projeto consiste em ter 3 níveis em k fatores; para este estudo, foram 3 níveis com duas fatores, conforme mostrado na Tabela 4. Para esse fim, a grade de 28 discos foi usada em condições de trabalho em sua capacidade máxima.

Tabela 4 - Esquema de desenho fatorial

Desenho fatorial 3 ^k			
Distância (m)	Velocidade (km/h)		
	3 (v1)	5 (v2)	7 (v3)
1.5 (D1)	D1v1	D1v2	D1v3
	D1v1	D1v2	D1v3
	D1v1	D1v2	D1v3
2.5 (D2)	D2v1	D2v2	D2v3
	D2v1	D2v2	D2v3
	D2v1	D2v2	D2v3
3.5 (D3)	D3v1	D3v2	D3v3
	D3v1	D3v2	D3v1
	D3v1	D3v2	D3v1

Fonte: elaborado pelo autor.

O processamento dos dados foi realizado no software Minitab 18 versão Student.

Além disso, foram feitas leituras em horários diferentes para determinar a incidência da temperatura ambiente e velocidade do vento. Essas informações sobre as condições climáticas foram obtidas na estação meteorológica da Universidade Federal do Ceará, campus PICI.

- **Viabilidade econômica**

Para a determinação dos custos de produção do protótipo e da validação, foram considerados os custos fixos e os custos variáveis de acordo com o formato da Tabela 5. Nos respectivos custos, foram considerados os rendimentos, as depreciações e os consumos, conforme demonstrado no apêndice D.

Tabela 5 - Formato para cálculo de custos de produção

Custos de produção				
Conceito	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Total
Custos fixos				
Custos variáveis				
Imprevistos				
Custo Total				

Fonte: elaborado pelo autor.

Além disso, para a avaliação financeira do projeto, foi realizada uma análise de fluxo de caixa, aplicando os critérios de avaliação financeira: valor agregado líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e relação benefício/custo (B/C).

Os parâmetros (critérios) para a avaliação financeira foram:

- De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Censo Agropecuário de 2017, o Ceará possui 6043 tratores agrícolas registrados;
- O preço de venda de cada dispositivo foi considerado como 15% de lucro de seu preço unitário;
- Para a projeção da receita, considerou-se 2% ao ano como a porcentagem mínima, de acordo com a literatura (Camloffski, R. 2014);
- O capital próprio e o capital de crédito foram considerados de acordo com o investimento inicial, distribuídos de acordo com a literatura em 20% e 80%, respectivamente;
- A avaliação do projeto foi de 10 anos.

Esses parâmetros podem ser vistos no apêndice D e E.

Depois de obter todas as informações com base nos parâmetros mencionados acima, o fluxo de caixa e os critérios de avaliação foram determinados:

Para estimar o VPL, foi aplicada a expressão:

$$VPL = -I_0 + \sum_{t=1}^n x \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \frac{F_3}{(1+k)^3} \dots \dots \dots \frac{F_n}{(1+k)^n} \quad (8)$$

Onde:

I_0 : é o valor inicial para realizar o investimento;

F_t : representa a diferença entre receitas e despesas que podem ser obtidas com a implementação de um projeto de investimento durante sua vida útil;

k : é a taxa de retorno exigida em um investimento;

n : número de períodos de duração do projeto.

A equação a seguir também foi usada para a TIR:

$$VPL = 0 = -I_0 \frac{F_1}{(1+TIR)^1} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \frac{F_3}{(1+TIR)^3} \dots \dots \dots \frac{F_n}{(1+TIR)^n} \quad (9)$$

Onde:

I_0 : investimento;

F_1 : número de fluxos por ano;

TIR: taxa interna de retorno (valor assumido até o VPL, de zero a positivo e negativo).

Por fim, foi determinada a relação benefício/custo calculada com a expressão:

$$B/C = \frac{\text{Benefícios}}{\text{Custos}} \quad (10)$$

No final, a metodologia descrita permitiu a análise de dados, a rentabilidade econômica e a tomada de decisões para o uso múltiplo do protótipo na prevenção, informação, ação e comunicação sem fio de atividades que levam a decisões rápidas e concretas no setor rural.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Esboço (Sketch) de programação

O fluxograma da idealização e da operação do receptor e do transmissor pode ser visto na apêndice A e B caracterizado por uma lógica de programação facilmente compreensível e acessível. As linhas de código são comentadas para uma explicação documentada mais rápida, levando a um registro atualizado do código ao longo do tempo.

No final, um código limpo, organizado e depurado esta disponível, cumprindo os objetivos definidos para sua operação.

4.2 Teste de bancada

De acordo com o datasheet do sensor ultrassônico HC-SR04, ele tem um alcance de 2 a 400 cm com uma precisão de até 3 mm; no entanto, no presente estudo, na Tabela 6 são apresentados os dados de precisão do sensor em ambiente controlado.

Tabela 6 - Precisão do sensor HC-SR04 montado em bancada

Distância (cm)	Média	Desvio padrão (precisão)	Erro relativo (exatidão)
50	50,29	0,46	0,58
100	99,23	0,48	-0,77
150	147,55	0,65	-1,63
200	197,28	0,51	-1,36
250	246,68	0,64	-1,33
300	296,19	0,78	-1,27
350	346,05	0,79	-1,13
400	395,78	0,76	-1,06
Média	222,38	0,63	-0,99

Fonte: elaborado pelo autor.

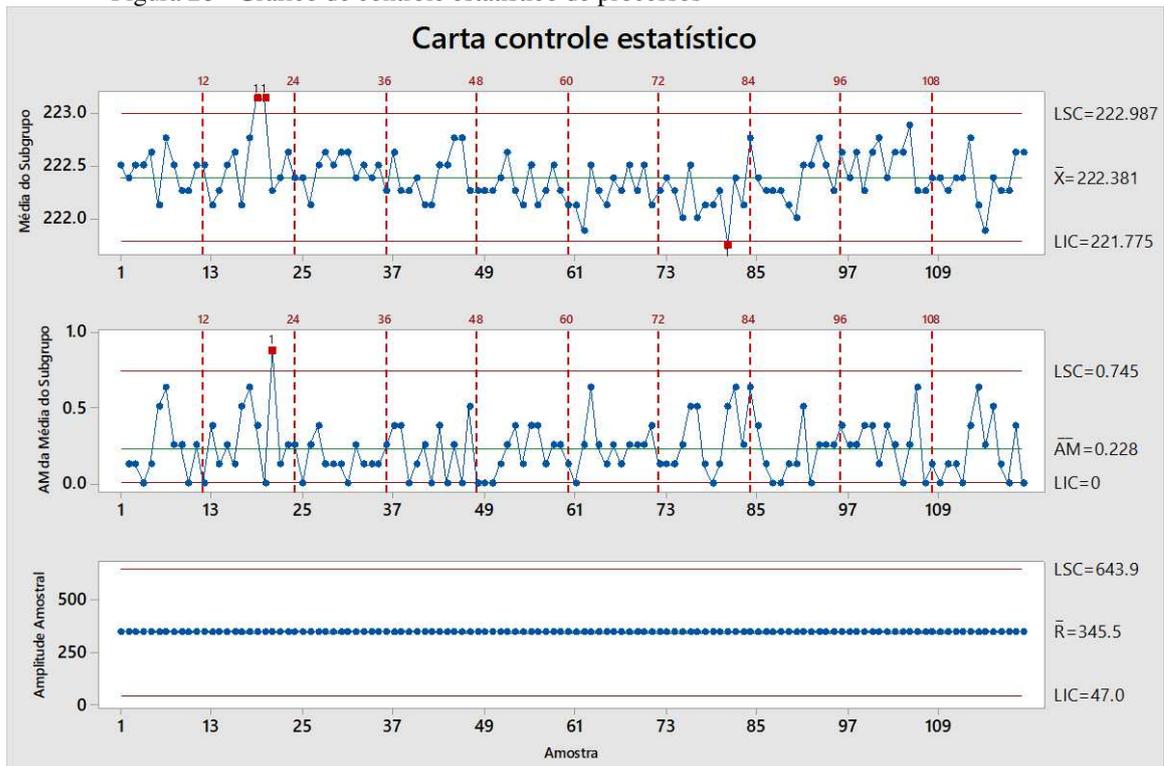
A Tabela 6 corrobora que o sensor é capaz de detectar até 400 cm. A precisão a uma distância de 50 cm é dada por um desvio-padrão de 0,46, o que significa que o valor lido está mais próximo de zero (0) e, portanto, há menor grau de dispersão em relação à média,

enquanto a uma distância de 400 cm o desvio-padrão está próximo de um (1), razão pela qual o grau de dispersão é maior, tornando-se menos preciso: ou seja, quanto mais distante o sensor estiver do objeto, maior será o erro para se ter uma leitura precisa. Estes valores estão próximos aos encontrados por Szlachetko e Lower (2014) ao analisar os dados de leitura do sensor HC-SR04, eles apresentaram um desvio padrão para curto alcance de +- 2 mm, enquanto para o alcance máximo (4 m) foi inferior a +- 1 cm. Da mesma forma, Santoso e Irawan (2022) ao realizarem uma análise comparativa entre o sensor HC-SR04 e o GP2YA21YK em uma faixa de distância de 10 cm a 60 cm, constataram que o HC-SR04 tem um desempenho melhor, apresentando um erro médio de leitura de 0,82 cm. Alfonso e Banguera (2015) validaram um medidor de distância digital e descobriram que o sensor pode medir distâncias de 10 cm a 400 cm com um erro médio de 2,24%. Em geral, um emissor pode ler uma média de 222,38 cm com uma precisão de 0,63 cm e uma exatidão de -0,99.

Em relação ao ângulo de detecção, o sensor é capaz de detectar até 15° , o que representa 80 cm na corda da semi-circunferência do sensor em sua capacidade máxima de detecção (4 m), informação fundamental para a posição de um sensor em relação a outro. Resultados semelhantes foram obtidos por Szlachetko e Lower (2014) que obtiveram valores em que uma medição de longo alcance pode ser afetada por mais de um alvo a $\pm 15^\circ$ da perpendicular do sensor; ou seja, quanto maior o alcance médio, maior a largura medida, razão pela qual a maioria dos sensores ultrassônicos é usada em aplicações de curto alcance.

Por outro lado, a técnica de controle estatístico contou com 960 pontos divididos em 10 subgrupos de 12 dados de pontos. Na Figura 26 cada segmento representa um subgrupo em uma faixa de detecção de 50 cm a 400 cm. Conforme a mesma Figura anterior, a uma distância de 100 cm, os pontos 19 e 20 estão fora do limite superior de controle, assim como o ponto 81 em uma distância de 350 cm. Por fim, o protótipo apresenta bom desempenho em todos os outros pontos, estando dentro dos limites de controle superior e inferior.

Figura 26 - Gráfico de controle estatístico de processos



De acordo com Sinha e Vatsa (2022) um processo está sob controle estatístico quando todos os pontos (estatísticas) estão dentro dos limites superior e inferior; se um ponto estiver fora dos limites, ele é analisado ou removido do conjunto de dados e novos limites são calculados com as respectivas observações. Isto geralmente ocorre quando os pontos fora dos limites sofrem influência de fatores externos ao processo, e são denominados outliers; nesse caso, o processo é instável, ou seja, fora de controle. Isto indica a ocorrência de causas especiais como a medição, mão de obra e sensor. Além disso, a Figura 26 mostra que a AM da média do subgrupo em todas as distâncias tem pontos no limite de controle inferior devido às causas mencionadas acima. Por fim, a amplitude amostral mostra uma boa tendência em relação à linha padrão do gráfico de controle.

4.3 Montagem e impressão

Durante a montagem do circuito eletrônico, constatou-se que um dos principais problemas é a deterioração do regulador de tensão 7805, devido à não utilização de um dissipador de calor e capacitores para reduzir o ruído, pois os mesmos proporcionaram maior estabilidade na tensão de saída, teoria que foi corroborada por Wendling (2009) onde ele aponta

que, se a dissipação de potência for maior que 1 W, deve-se utilizar um dissipador de calor no circuito integrado, bem como um capacitor para filtrar a tensão pulsante e torná-la mais próxima de uma tensão contínua.

A impressão das cases 3D teve problemas principalmente no acabamento de designs complexos; no entanto, no presente projeto, foram encontradas soluções viáveis configurando a impressora 3D para imprimir com suportes, o tempo de impressão foi de 5 horas para cada emissor e 3,5 horas para o receptor, totalizando um tempo de impressão para o protótipo de três emissores e um receptor de 18,5 horas, designs que podem ser observados na apêndice C. Além disso, no Apêndice F pode-se ver os detalhes de cada design.

Uma vez que o dispositivo tenha sido construído e montado, na Figura 27 o protótipo materializado pode ser visto em sua totalidade.

Figura 27 - Protótipo de alerta para a prevenção de acidentes



Fonte: elaborado pelo autor.

4.4 Validação de campo

As condições climáticas onde os dados de campo foram coletados estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados de coleta

Dados Climáticos		
Hora coleta início e fim:	9h30	11h30
Temperatura:	29	°C
Umidade relativa do ar:	67	%
Velocidade do vento:	6	m\s
Direção do vento:	S.E.	
Profundidade de arado	25	cm

Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados coletados foram com o arado de disco fixo apresentaram erros na leitura, devido à forma como é cortado, levantado e invertido o solo como se fosse um obstáculo o que fazia o buzzer accionar, gerando um som que era prejudicial ao operador. Diante desse problema, passamos a coletar dados com o equipamento suspenso, decisão tomada devido às características físicas do arado. Para no futuro pensar na maneira de usar o protótipo no arado de discos usando um suporte especial que se adapte às condições da estrutura do equipamento.

Figura 28 - Sinal do sensor interferido por solo mobilizado



Fonte: elaborado pelo autor.

A Tabela 8 mostra a eficiência do dispositivo em função da velocidade teórica do trator e da distância do sensor em relação ao obstáculo no arado de disco fixo suspenso.

Tabela 8 - Dados de coleta em arado de disco fixo

Equipamento	Simbologia	Detectou	Porcentagem (%)
Arado de disco	v1d1	10	100
	v2d1	10	100
	v3d1	10	100
	v1d2	10	100
	v2d2	10	100
	v3d2	8	80
	v1d3	7	70
	v2d3	7	70
	v3d3	5	50
Média			86

Fonte: elaborado pelo autor.

A Tabela 8 mostra que o dispositivo no arado de disco fixo à velocidade de 3 km h⁻¹ e à distância de 1,5 m do sensor em relação ao obstáculo tem uma eficácia de detecção de 100%, atingindo essa eficácia até 5 km h⁻¹ e distância de 2,5 m; no entanto, estima-se que, à medida que o objeto se afasta do sensor e a velocidade aumenta, o dispositivo diminui sua eficácia.

Por outro lado, na grade de 24 discos, a Tabela 9 mostra os resultados obtidos em condições de trabalho.

Tabela 9 - Dados de coleta em grade

Equipamento	Simbologia	Detectou	Porcentagem (%)
Grade	v1d1	10	100
	v2d1	10	100
	v3d1	8	80
	v1d2	10	100
	v2d2	7	70
	v3d2	8	80
	v1d3	7	70
	v2d3	5	50
	v3d3	5	50
Média			78

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados mostram que, em velocidades de 3 km h^{-1} a distâncias de 1,5 m; 2,5 m, o dispositivo tem uma eficiência de 100%, enquanto em velocidades de 7 km h^{-1} a distâncias de 2,5 m; 3,5 m, sua eficiência é de 80% e 50%, respectivamente, assumindo que a velocidade de deslocamento do trator e a resposta do dispositivo em relação à distância

Paralelamente, de acordo com Yudha e Sani (2017), ao caracterizar um sensor hc-sr04 em uma faixa de 10 cm a 200 cm para a criação de um protótipo para assistência de estacionamento em condições de campo, o protótipo apresentou precisão que variou de 97% a 99%. Conseqüentemente, os resultados podem ser afetados pela velocidade de deslocamento do trator.

Analisando a incidência de uma dos fatores por meio de um desenho fatorial 3^k o protótipo apresentou uma variável estatisticamente significativa, ou seja, a distância do obstáculo em relação ao sensor, como pode ser visto na análise de variância (Tabela 10), em que p foi de 0,000, ou seja, em um nível de significância de 0,05, há evidência estatística suficiente para afirmar que uma das distâncias produz efeitos diferentes no efeito de detecção, porém a velocidade não tem diferença estatisticamente significativa porque as operações agrícolas são realizadas em baixas velocidades.

Tabela 10 - Análise de variância

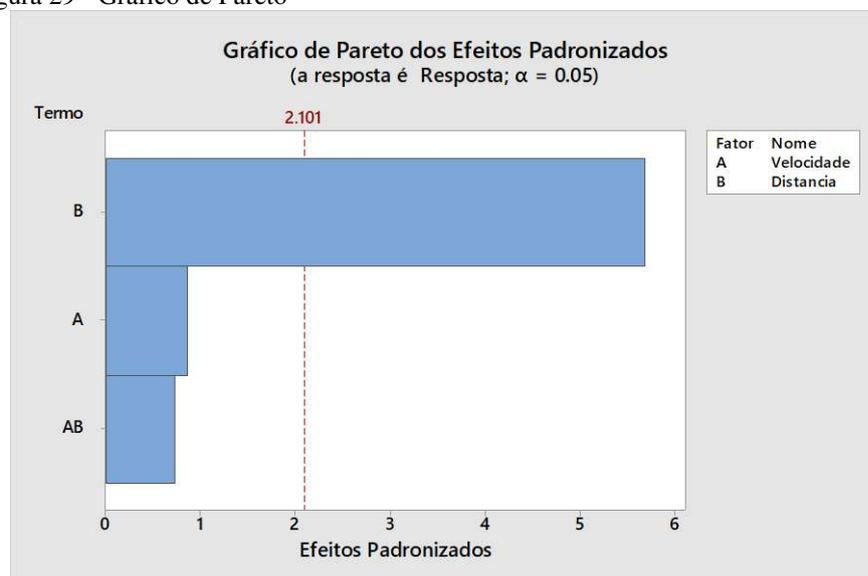
Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Modelo	8	55.630	6.954	5.87	0.001
Linear	4	51.259	12.815	10.81	0.000
Velocidade do trator	2	2.296	1.148	0.97	0.398
Distância do obstáculo	2	48.963	24.481	20.66	0.000
Interações de 2 fatores	4	4.370	1.093	0.92	0.473
Velocidade*Distância	4	4.370	1.093	0.92	0.473
Erro	18	21.333	1.185		
Total	26	76.963			

Fonte: elaborado pelo autor.

Ao contrário, de acordo com Khalil *et al.* (2018) ao analisar o sensor hc-sr04 na simulação de detecção de carros, a velocidade pode afetar a distância que foi medida por um sensor ultrassônico.

Por outro lado, analisando o diagrama de Pareto (Figura 29), podemos observar o grau significativo que a distância do sensor em relação ao obstáculo apresenta, devido ao fato de que ultrapassa os 210 cm que o protótipo poderia detectar estatisticamente falando, um valor que está relacionado à detecção média do sensor na bancada, que foi de 222 cm.

Figura 29 - Gráfico de Pareto

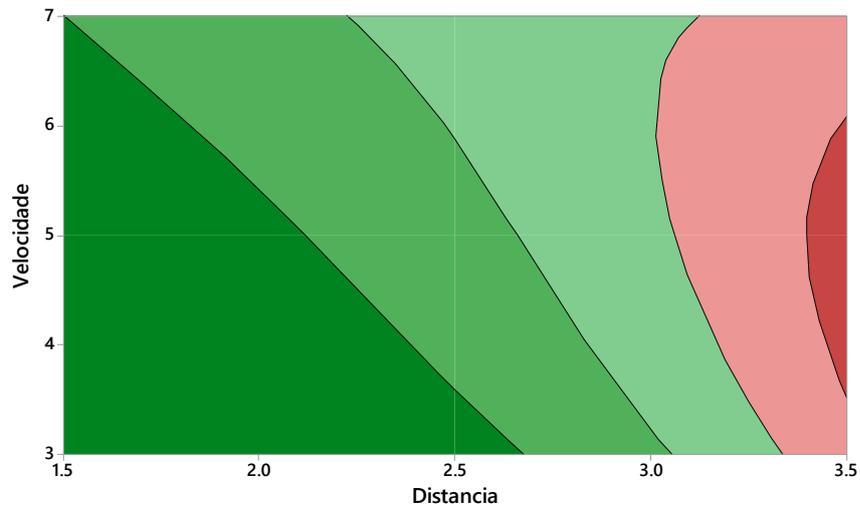


Fonte: elaborado pelo autor.

Esses dados são semelhantes aos obtidos por Yudha e Sani (2017), onde, a uma distância de 200 cm, o sensor mostra boa precisão.

A Figura 30 mostra claramente, por meio de sombras, como a distância afeta diretamente a leitura do sensor sem omitir o efeito da velocidade, que não é estatisticamente significativo, ou seja, à medida que a distância do objeto aumenta, a probabilidade de ser detectado é menor.

Figura 30 - Relação velocidade – distância



Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando o efeito da temperatura (29°C; 31.8°C e 27.6 °C) na detecção do dispositivo no presente estudo, não há significância, com um valor de $p= 0,772$ no modelo linear, bem como nas interações das variáveis, como pode ser visto na Tabela 11 da análise de variância.

Tabela 11 - Análise de significância da temperatura

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Modelo	26	144.333	5.5513	6.52	0.000
Linear	6	128.889	21.4815	25.22	0.000
Distância do obstáculo	2	119.111	59.5556	69.91	0.000
Velocidade do trator	2	9.333	4.6667	5.48	0.010
Temperatura ambiente	2	0.444	0.2222	0.26	0.772
Interações de 2 fatores	12	8.556	0.7130	0.84	0.614
Distância*Velocidade	4	3.556	0.8889	1.04	0.403
Distância*Temperatura	4	1.111	0.2778	0.33	0.858
Velocidade*Temperatura	4	3.889	0.9722	1.14	0.358
Interações de 3 fatores	8	6.889	0.8611	1.01	0.451
Distância*Velocidade*Temperatura	8	6.889	0.8611	1.01	0.451
Erro	27	23.000	0.8519		
Total	53	167.333			

Fonte: elaborado pelo autor.

No entanto, Khalil, *et al.* (2018) trabalhando com o sensor ultrassônico HC-SR04 em simulação (MATLAB) para detecção automática de acidentes de trânsito, determinaram que os principais fatores de influência são a velocidade do carro e a temperatura, sendo que esta última afeta a velocidade das ondas sonoras, erro refletido na medição da distância.

Da mesma forma, o efeito do vento (6 m s^{-1} , 4 m s^{-1} , 3 m s^{-1}) foi analisado por meio da análise de variância descrita na Tabela 12 não houve significância, com um p-valor de 0,601, e as interações dos fatores não mostraram essa diferença.

Tabela 12 - Análise de significância da velocidade do vento

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Modelo	26	144.704	5.5655	5.57	0.000
Linear	6	131.111	21.8519	21.85	0.000
Distância do obstáculo	2	121.037	60.5185	60.52	0.000
Velocidade do trator	2	9.037	4.5185	4.52	0.020
Vento	2	1.037	0.5185	0.52	0.601
Interações de 2 fatores	12	7.889	0.6574	0.66	0.775
Distância*Velocidade	4	2.963	0.7407	0.74	0.573
Distância*Vento	4	1.630	0.4074	0.41	0.802
Velocidade*Vento	4	3.296	0.8241	0.82	0.521
Interações de 3 fatores	8	5.704	0.7130	0.71	0.678
Distância*Velocidade*Vento	8	5.704	0.7130	0.71	0.678
Erro	27	27.000	1.0000		
Total	53	171.704			

Fonte: elaborado pelo autor.

Porém, tanto na análise da temperatura quanto na análise de vento, a velocidade do trator tem um impacto significativo devido à complexa interação do método estatístico. Assim, para Gamboa (2010) um desenho estatístico 3^k pode ser calculado da maneira usual e, se os fatores forem quantitativos, os efeitos podem ser divididos em um componente linear e um componente quadrático, cada um com um grau de liberdade que influenciaria diretamente as combinações de tratamentos e suas respostas.

Com relação à posição do protótipo no pulverizador, foi determinado o ângulo de posição do sensor na barra e na ponta, considerando a abertura e o fechamento das barras. O ângulo na barra foi de $38^\circ 39' 35,31''$ em relação à horizontal e $26^\circ 33' 54,18''$ da ponta em relação à horizontal. Nesse sentido, Alfonso e Banguera (2015) dizem que é importante colocar o sensor em uma superfície estável, caso contrário, a medição da distância em relação a um

objeto pode estar errada. Por fim, Khalil *et al.* (2018) afirmam que a posição do módulo do sensor é fundamental para a obtenção de bons resultados.

A comunicação ESP-NOW em campo aberto no presente estudo teve um alcance de 50 m entre os transmissores e o receptor, uma distância considerada significativa para a finalidade do projeto. Resultados semelhantes ou dentro dos limites de comunicação foram obtidos por Pasic, Kuzmanov e Atanasovski (2021) em uma comunicação unidirecional entre o transmissor e o receptor em condições estáveis foram de 190 m em campo aberto, informação corroborada por Urazayev *et al.* (2023) onde seu estudo mostra que um espaço aberto na forma de um tubo de 400 m sem obstáculos e com um pacote de 1000 dados transmitidos obteve um alcance máximo de 330 m com comunicação estável. Esses resultados são significativamente influenciados pela presença de obstáculos no alcance máximo da comunicação.

É importante mencionar que não foram realizados testes de umidade, poeira, lama e vegetação no presente estudo.

4.5 Viabilidade econômica

Conhecer o preço real dos produtos desenvolvidos para serem oferecidos ao mercado em condições acessíveis ao consumidor torna os projetos um fator fundamental na tomada de decisões, sendo o conhecimento o primeiro insumo de maior valor dentro dos itens, ou seja, se não houver conhecimento não há criação. Nesse sentido, a Tabela 13 mostra os itens utilizados para a criação e a fabricação do protótipo.

Tabela 13 - Custos de produção

Conceito	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo total
Sensor HC-SR04	Peça	3	R\$ 14.90	R\$ 44.70
Esp32 Wroom 32	Peça	4	R\$ 69.90	R\$ 279.60
Fio de cobre 0.5 mm2	Metros	0.5	R\$ 0.90	R\$ 0.45
Barra de 40 pinos fêmea 1x40 180`mm	Unidade	3	R\$ 2.00	R\$ 6.00
Solda cobix 22g 1mm 63x37	Unidade	1	R\$ 12.90	R\$ 12.90

Regulador de tensão 7805 5v - 1.5A	Unidade	3	R\$ 2.90	R\$ 8.70
Capacitor Eletrolítico 10uF 16V	Unidade	6	R\$ 0.15	R\$ 0.90
Placa Perfurada Face Simples 5x7cm	Unidade	3	R\$ 2.50	R\$ 7.50
Dissipador de Calor TO-220	Unidade	3	R\$ 3.50	R\$ 10.50
Parafuso 3mm	Unidade	3	R\$ 0.20	R\$ 0.60
Conector bateria 9v	Unidade	3	R\$ 5.90	R\$ 17.70
Bateria recarregável 9v	Unidade	3	R\$ 30.00	R\$ 90.00
Placa Perfurada Face Simples 10x10cm	Unidade	1	R\$ 12.90	R\$ 12.90
Chave Gangorra ON/OFF 2 Terminais	Unidade	4	R\$ 1.60	R\$ 6.40
Módulo Regulador de Tensão Step Down XL7015	Peça	1	R\$ 17.90	R\$ 17.90
Cabos dupont Jumper MxM, pacote com 20pcs	Kit	1	R\$ 6.90	R\$ 6.90
Cabos dupont Jumper MxF, pacote com 20pcs	Kit	1	R\$ 6.90	R\$ 6.90
Sinaleiro Olho de boi XD 10-7 12V Vermelho	Unidade	1	R\$ 4.90	R\$ 4.90
Sinaleiro Olho de boi XD 10-7 12V Amarelo	Unidade	1	R\$ 4.90	R\$ 4.90

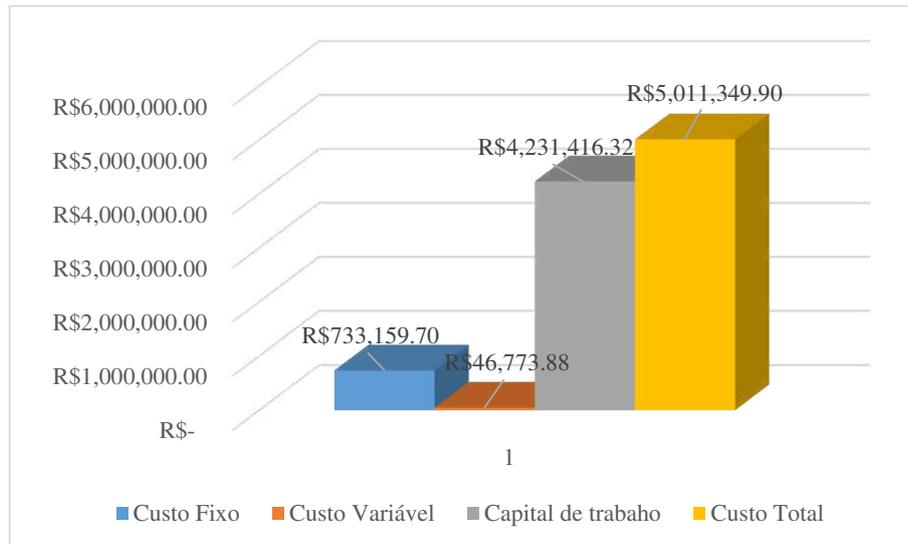
Sinaleiro Olho de boi	Unidade	1	R\$	R\$
XD 10-7 12V Azul			4.90	4.90
Buzzer 5v 12mm	Peça	1	R\$	R\$
			2.90	2.90
Bateria 18650 3.7v x	Unidade	2	R\$	R\$
1200mAh			18.90	37.80
Suporte para dois	Unidade	1	R\$	R\$
baterias 18650 com			11.90	11.90
chave				
Display LCD 16 X 2	Peça	1	R\$	R\$
			29.90	29.90
Módulo I2C para	Unidade	1	R\$	R\$
Display LCD 16X2			11.90	11.90
Case	Peça	4	R\$	R\$
			15.00	60.00
Total				R\$
				699.65
Mão de obra direta				
Proprietário	Plaza	1	R\$ 2, 100.00	R\$ 2, 100.00
Assistente	Plaza	1	R\$	R\$
			330.00	330.00
Total				R\$ 2, 430.00
Custo Indireto de				
Fabricação				
Energia	KW-h/dia	10	R\$	R\$
			0.56	5.60
Água	M ³	1	R\$	R\$
			5.77	5.77
Total				R\$
				11.37
Total	R\$ 3, 141.02			

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 13, 22,27% do custo total representam a matéria-prima, ou seja, os elementos eletrônicos para soldagem e montagem nas caixas, seguidos de 77,36% em mão de obra qualificada e não qualificada e 0,37% em custos indiretos de fabricação, perfazendo um custo total do equipamento em termos monetários de R\$ 3.141,02.

Fazendo a estimativa e projeção de custos para cobrir as necessidades de um equipamento por trator registrado no Ceará de acordo com o IBGE 2017, é necessário ter um capital total de investimento de R\$ 5011349,90 como mostra o Gráfico 1.

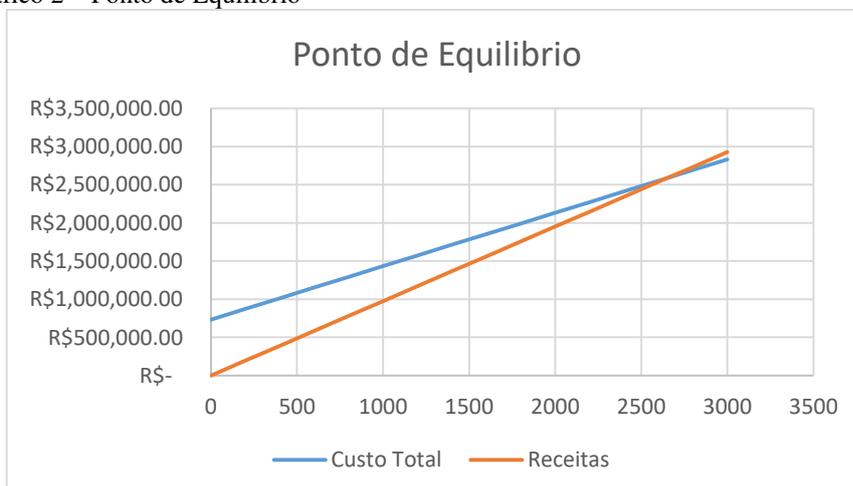
Gráfico 1 - Custos de investimento



Fonte: elaborado pelo autor.

Em qualquer projeto de investimento, o custo inicial é forte e fundamental para abrir uma empresa; no entanto, no projeto, foi estimado um ponto de equilíbrio de unidades vendidas de aproximadamente 2.657 unidades, conforme mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Ponto de Equilíbrio



Fonte: elaborado pelo autor.

Esse ponto de equilíbrio refere-se ao nível de vendas ou produção no qual as receitas totais são iguais aos custos totais, resultando em um lucro líquido de zero. Em outras palavras, é o ponto em que a empresa não ganhará nem perderá dinheiro.

Ao analisar os critérios de viabilidade econômica, o projeto apresenta bons resultados com um valor presente líquido significativo, uma excelente taxa interna de retorno e uma relação custo-benefício maior que 1, ou seja, o projeto é economicamente viável.

Tabela 14 - Critérios de viabilidade financeira

Conceito	Valor
VAN	R\$20,563, 534.36
TIR	78%
B/C	1.05

Fonte: elaborado pelo autor.

Além disso, o investimento estimado na presente avaliação deverá ser recuperado nos dois primeiros anos, de acordo com o PAYBACK mostrado na Tabela 15.

Tabela 15 - PAYBACK

Ano	Análise	PAYBACK
0	-R\$ 5,011, 349.90	
1	R\$ 3,419, 334.38	-R\$ 1,592, 015.52
2	R\$ 3,186, 445.54	R\$ 1,594, 430.02
3	R\$ 2,969, 058.62	R\$ 4,563, 488.65
4	R\$ 2,766, 176.70	R\$ 7,329, 665.34
5	R\$ 2,772, 925.53	R\$10,102, 590.87
6	R\$ 2,400, 240.04	R\$ 12,502, 830.91
7	R\$ 2,235, 481.50	R\$14,738, 312.41
8	R\$ 2,081, 814.08	R\$16,820, 126.49
9	R\$ 1,938, 512.21	R\$18,758, 638.70
10	R\$ 1,804, 895.66	R\$20,563, 534.36

Fonte: elaborado pelo autor.

No final, o PAYBACK representou o tempo necessário para recuperar o capital inicialmente investido por meio dos fluxos de caixa gerados pelo projeto.

4.6 Vantagens e desvantagens do protótipo

4.6.1 Vantagens

- Uso do protótipo sem fio;
- Dispositivo adaptável às necessidades de alerta e prevenção agrícolas;
- Equipamento portátil para facilitar o transporte e a localização;
- Maior eficiência na transmissão de dados;
- Adaptabilidade para a Internet das Coisas (IoT).

4.6.2 Desvantagens

- Fonte de alimentação com baixa durabilidade;
- Carga útil de transmissão limitada a 250 bytes.

4.7 Descrição de uso

Antes de colocar o dispositivo em operação, certifique-se de que as baterias estejam bem carregadas e, em seguida, coloque os emissores nos espaços ou locais estratégicos para os fins desejados; o receptor deve estar em um local visível e de fácil acesso para o funcionário. Depois, ligue os emissores, assegurando-se de que estejam funcionando por meio da luz azul do microcontrolador. Por fim, ligue o receptor e os emissores serão conectados automaticamente, e a tela mostrará os três emissores prontos para operação.

5 CONCLUSÃO

1. Dispositivo desenvolvido, operacional e funcional para o monitoramento da proximidade de objetos em operações agrícolas mecanizadas.
2. A localização do dispositivo em relação ao alvo é fundamental para seu funcionamento.
3. Estatisticamente, a distância máxima de detecção (raio de ação) do dispositivo é de 210 cm.
4. Fatores ambientais, como temperatura e velocidade do vento, não têm impacto significativo na detecção de alvos.
5. O custo máximo do projeto e da construção do protótipo a partir do zero é de R\$ 3141,02.
6. O projeto é economicamente viável.
7. O dispositivo pode ser adaptado à coleta de dados em tempo real como: estado do trator, patinagem, colheita, pulverização, fertilização e outros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Projetar e construir um circuito de alimentação autônoma com energia fotovoltaica.
2. Desenvolver um suporte adaptável e portátil para posicionar o dispositivo em máquinas e equipamentos agrícolas com superfícies irregulares.
3. Adaptar o protótipo à visão computacional para uso como um atuador para ativar e desativar a tomada de potência.
4. Avaliar o dispositivo em condições de umidade, poeira, lama e vegetação.

REFERÊNCIAS

ALFONSO, P. A.; BANGUERA, G. L. **Medidor digital de distancia**. Director: Lely Adriana Luengas Contreras. Tesis de grado (Facultad Tecnología y Electrónica), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, 2015.

ARAGÓN, C. **Seguridad en el uso de maquinaria en el sector agrario**. Departamento de Economía, industria y empleo, 2015. Disponible em: http://www.cepymearagon.es/wpcontent/uploads/20161017_GuiaMaquinariaSectorAgrario.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

ARTAGAVEYTIA, F.; GUTIÉRREZ, J. **Sensores capacitivos**. Monografía Curso de Medidas Eléctricas. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, 2013.

ARKANSAS, H.; PROKOPENKO, N.; BUGAKOVA, A.V. Compensación por error causado por retardo de sensores digitales. **Informática y automatización**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 826-852. 2023.

BAESSO, M. M. *et al.* Segurança no uso de máquinas agrícolas: Avaliação de riscos de acidentes no trabalho. **Brasilian Journal of Biosystems Engineering**, Pirassununga, v.12, n. 1, p. 101-109, 2018.

BARBERA, J. **Estudio de los sensores para la detección de obstáculos aplicables a robots móviles**. Disertación master. Universitat Oberta de Catalunya, 2018.

BARSANO, P. **Segurança do trabalho: guia prático e didático**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.

BLOGSPOT. **Planificación y Evaluación de Proyectos**. Disponible em: <http://planificacion-de-proyectos.blogspot.com/2010/02/estudio-economico-y-financiero-de-un.html>. Acesso em: 20 ago. 2023.

CAMARGO, V. L. A. **Elementos de automação**. São Paulo: Érica, 2014.

CAMLOFFSKI, R. **Análise de Investimentos e Viabilidade Financeira das Empresas**. São Paulo: Atlas, 2014.

CHARLITA, P. **Gestión de costos en salud: Teoría, cálculo y uso**. Ecoe Ediciones, 2009.

CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ORGANIZACIONES EMPRESARIALES CEOE. **Plan de viabilidad económica-financiera del negocio (PVEF)**. Gobierno de Canarias, 2012. Disponible em: [https://ceoe-tenerife.com/CEOE/Libros/MODULO%20II.%20PLAN%20DE%20VIABILIDAD%20ECONOMICO-FINANCIERA%20DEL%20NEGOCIO%20\(PVEF\).html](https://ceoe-tenerife.com/CEOE/Libros/MODULO%20II.%20PLAN%20DE%20VIABILIDAD%20ECONOMICO-FINANCIERA%20DEL%20NEGOCIO%20(PVEF).html). Acesso em: 20 ago. 2023.

COSTA, F. T. *et al.* **Uma visão geral da aplicação de sensores em máquinas agrícolas**. X Congresso Brasileiro de Agroinfomática, 21 out. 2015.

CORRÊA, I. M.; RAMOS, H. H. **Acidentes Rurais**. Centro de Engenharia e Automação, IAC, 2002.

CRUZ, E. C.; JUNIOR, S. C. **Eletrônica analógica básica**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2014.

DUARTE, M. A. **Eletrônica analógica básica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2017.

EDWARDS, D. J. *et al.* **Safety devices and machinery accident prevention: an enigmatic conundrum**. Conference Proceedings of the 6th International Conference on Infrastructure Development in África ICIDA, 2017.

ESPRESSIF. **Useful Wi-Fi Library Functions Arduino IDE**. Disponível em: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-useful-wi-fi-functions-arduino/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ERIDANI, D.; ROCHIM, A. F.; CESARA F. N. **Comparative Performance Study of ESP-NPW, WiFi, Bluetooth Protocols based on Range, Transmission Speed, Latency, Energy Usage and Barrier Resistance**. International Seminar on Application for Technology of Information and Communication, 2021.

ERKOL, Z. *et al.* Analysis of tractor-related deaths. **Journal of Agromedicine**, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 87–97, 2013.

FERNANDES, H. C.; CARDOSO, M. **Utilização de sensores em máquinas florestais**. Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313704390_UTILIZACAO_DE_SENSORES_EM_MAQUINAS_FLORESTAIS/link/58a36db8a6fdcc05f1651e83/download. Acesso em: 28 jul. 2023.

FLORES, F. J. *et al.* Acidentes com tratores agrícolas em Rio Pomba, zona alta da Mata de Mina Gerais. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 6, n. 1, p. 102-115, 2015.

GAMBOA, J. **Diseño 3^k**. Disponível: https://issuu.com/jesuseduardog/docs/disenho_factorial_3k. Acesso em: 10 sep. 2023.

GARCIA, M. **El impacto de la mecanización agrícola**. 2010.

GUIMARÃES, A.; **Eletrônica Embarcada Automotiva**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2017.

GOMES, J. M. **Elaboração Análise de Viabilidade Econômica de Projetos: Tópico de Finanças para Gestores não Financeiros**. São Paulo: Atlas, 2013.

HUIJSING, J.; RIEDIJK, F.; HORN, G. **Development in integrated smart sensor**. Sensor and actuators, No.43, pp.276-288.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário**, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/24/27745>. Acesso em: 20 ago. 2023.

- IRWIN, A.; POOTS, J. Investigation of UK farmer go/no-go decisions in response to tractor-based risk scenarios. **Journal of Agromedicine**, [s.l.], v. 23, n. 2, p. 154–165, 2018.
- JIANG, R. *et al.* Development of Intelligent Agricultural Machinery Control Device. **Journal of Physics Conference Series**, v. 1617, n. 012087 p. 1-8, 2020.
- KHALIL, U. *et al.* **Automatic Road Accident Detection Using Ultrasonic Sensor**. Proceedings of the 2018 IEEE 21st International Multi-Topic Conference (INMIC); Karachi, Pakistan. 1–2 nov. 2018.
- KOGLER, R.; QUENDLER, E.; BOXBERGER, J. Occupational Accidents with Agricultural Machinery in Austria. **Journal of Agromedicine**, Austria, v. 21, n. 1, p. 61-70, 2016.
- LIMA, I. O. *et al.* Acidentes com tratores nas Regiões Brasileiras. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 34, n. 1, p. 1-9, 2019.
- LIN, J.; CHEN, X. Application of digital design technology in the design of intelligent agricultural machinery and equipment. **Journal Applied Mathematics and Nonlinear Sciences**, Kaifeng, v. n. p. 1-13, 2023.
- LOPEZ, J. *et al.* **Caracterização e distribuição geográfica dos acidentes com máquinas agrícolas nas macrorregiões do estado do Ceará**. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2014.
- LOZADA, G. **Controle Estatístico de Processos**. São Paulo: Sagah Educação, 2017.
- MACHADO, J. F. **Método estatístico: Gestão da qualidade para melhoria contínua**. Saraiva- São Paulo. p. 42, 2010.
- MCROBERTS, M. **Arduino Básico: Tudo sobre o popular microcontrolador Arduino**. 2. ed. Novatec, 2015.
- MIRANDA, M. J. **Gestión de proyectos**. Bogotá: MM Editores, 2012. Disponível em: https://www.academia.edu/16217931/Gesti%C3%B3n_de_Proyectos_Juan_Jos%C3%A9_Miranda_4ta_edici. Acesso em: 20 ago. 2022.
- MONTEIRO, L.; ALBIERO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Fortaleza: Imprensa Universitária da UFC, 2013.
- OLIVEIRA, C. L.; ZANETTI, H. A. **Arduino Descomplicado**. Como elaborar projetos de eletrônica. 1. ed. São Paulo: Érica, 2016.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. OIT: **Centro de Informações**. 2018. Disponível em: <https://www.ilo.org/brasil/centro-de-informacoes/lang--pt/index.htm>. Acesso em: 6 abr. 2022.
- PASIC, R.; KUZMANOV, I.; ATANASOVSKI, K. ESP-NOW communication protocol with ESP32. **Journal of Universal Excellence**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 53-60, 2021.
- POZO, V. **Aplicación de sensores de proximidad para automatización de tareas en entornos hospitalarios**. Universidad Carlos III de Madrid, 2018.

RAMOS, A. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2000.

RODRIGUEZ, G. *et al.* Gestión de costos de producción en el sector metalmeccánico de la región zuliana. **Revista de Ciencias Sociales**, Maracaibo, v. 13, n. 3, p. 455-467, 2007.

SANCHEZ, J. **Diseño de módulos para la adquisición de datos y Caracterización de sensores de proximidad con PLC y HMI**. Universidad Antonio Nariño facultad de ingeniería mecánica, electrónica y biomédica. Bogotá, 2020.

SANTOSO, I. H.; IRAWAN, A. I. Analisis Perbandingan Kinerja Sensor Jarak HC-SR04 dan GP2Y0A21YK Menggunakan Thingspeak dan Wireshark. **Jurnal Rekayasa Elektrika**, Terakreditasi, v. 18, n. 1, p. 43-52, 2022.

SANTOS, M. D. *et al.* The use of Arduino as a safe alternative in the handling of machines in the rural environment, especially the forage shredder. **International Journal of Geoscience, Engineering and Technology**, Teófilo, v. 5, n. 1, p. 40-44, 2022.

SCHLOSSER, J.; MARQUEZ, L.; LINARES, P. Desenvolvimento de metodologia para previsão do fenômeno de vibrações decorrentes da interferência entre eixos de um trator com tração dianteira auxiliar (TDA). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 985-989, 2001.

SCHLOSSER, J. F. *et al.* Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 977-981, 2002.

SCORCIONI, S. *et al.* **A vibration-powered wireless system to enhance safety in agricultural machinery**, 37., 2011, Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society (IECON), Melbourne, Australia, 2011.

SINHA, A. K.; VATSA, R. Control Charts and Capability Analysis for Statistical Process Control. In: **Promoting Statistical Practice and Collaboration in Developing Countries**. 1. ed. p. 301-320, 2022.

SOUSA, R. V.; LOPES, W. C.; INAMASU, R. Y. **Automação de máquinas e implementos agrícolas: eletrônica embarcada, robótica e sistema de gestão de informação**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SPIESS, A. *et al.* Adaptações em Maquinas Agrícolas para atender a NR12. **Pesquisa e Inovação Revista Científica das Engenharias**, Campo Real, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2021.

SZLACHETKO, B.; LOWER, M. **A surrounding world knowledge acquiring by using a low-cost ultrasound sensors**. 18., 2014. International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Poland, 2014.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.

URAZAYEV, D. *et al.* **Indoor Performance Evaluation of ESP-NOW**, in 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies, pp. 1–5, IEEE, 2023.

URBINA, G. **Evaluación de proyectos**. 4. ed. México: Mc Graw Hill, 2011. Disponível em: <https://econforesyproyec.files.wordpress.com/2014/11/evaluacion-de-proyectos-gabriel-baca-urbina-corregido.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.

VILAS, J. M. *et al.* **Sistema multimedia para la enseñanza de los sensores de proximidad**, Departamento de Tecnología Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad de Vigo. España. 2006. Disponível em: <http://taee.etsist.upm.es/actas/2006/papers/2006SD103.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2023

WENDLING, M. **CI Reguladores de Tensão**. Universidad Estadual Paulista: Campus de Guaratinguetá, 2009.

YUDHA, P. S.; SANI, R. A. Implementasi sensor ultrasonik HC-SR04 Sebagai sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino. **Jurnal Einsten Hasil Penelitian Brindang Fisika**, Indonesia, v. 5, n. 3, p. 19-26, 2017.

APÊNDICE A – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO RECEPTOR

```

RECEPTOR_leds_campo.ino
1 // MAESTRO (RECEPTOR)
2
3 #include <esp_now.h>
4 #include <WiFi.h>
5 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
6
7 #define ledv 2
8 #define leda 18
9 #define ledvr 19
10 #define buzzer 27
11
12 //// Leds
13 //int ledv = 2;
14 //int leda = 18;
15 //int ledvr = 19;
16 //int buzzer = 14;
17
18 // Criar uma estrutura para receber os dados.
19 // Essa estrutura deve ser a mesma definida no esboço do escravo.
20 typedef struct struct_message {
21     int id;
22     int Distancia;
23 } struct_message;
24
25 // Criar un struct_message chamado myData
26 struct_message myData;
27
28 // Criar uma estrutura para conter as leituras de cada placa.
29 // Se você tiver mais ou menos placas escravas, precisará criar mais estruturas.
30 struct_message board1;
31 struct_message board2;
32 struct_message board3;
33
34 // Criar uma matriz com todas as estruturas.
35 // Se você tiver mais ou menos placas escravas, precisará criar mais estruturas.
36 struct_message boardsStruct[3] = {board1, board2, board3};
37
38 int lcdColumns = 16;
39 int lcdRows = 2;
40 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);
41
42 // Função de retorno de chamada a ser executada quando os dados são recebidos.
43 void OnDataRecv(const uint8_t * mac_addr, const uint8_t *incomingData, int len) {
44 // Obter o endereço MAC da placa
45 // Aumentar ou diminuir mac_addr dependendo das placas
46     char macStr[18];
47     Serial.print("Packet received from: ");
48     snprintf(macStr, sizeof(macStr), "%02x:%02x:%02x:%02x:%02x:%02x",
49             mac_addr[1], mac_addr[2], mac_addr[3]);
50     Serial.println(macStr);
51 // Copiar o conteúdo da variável de dados de entrada para a minha variável de dados
52     memcpy(&myData, incomingData, sizeof(myData));
53     Serial.printf("Board ID %u: %u bytes\n", myData.id, len);
54 // Atualizar estruturas com novos dados de entrada
55     boardsStruct[myData.id - 1].Distancia = myData.Distancia;
56
57     Serial.printf("x value: %d \n", boardsStruct[myData.id - 1].Distancia);
58
59     Serial.println();
60 }

```

```

61
62 void setup() {
63     //Iniciar o monitor serial
64     Serial.begin(115200);
65     pinMode(leda, OUTPUT);
66     pinMode(ledv, OUTPUT);
67     pinMode(ledvr, OUTPUT);
68     pinMode(buzzer, OUTPUT);
69
70     lcd.init();
71     lcd.backlight();
72     // lcd.createChar(0, notOk);
73     // lcd.createChar(1, ok);
74
75
76     //Definir o dispositivo como uma estação Wi-Fi
77     WiFi.mode(WIFI_STA);
78
79     //Iniciar ESP-NOW
80     if (esp_now_init() != ESP_OK) {
81         Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
82         return;
83     }
84
85     // Quando o ESPNow for iniciado com sucesso, faremos login no recv CB para
86     // obter informações do empacotador receptor.
87     esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
88 }
89
90
91 //executar a rotina de código
92 void loop() {
93     if (myData.Distancia >= 0 && myData.Distancia <= 150)
94     {
95         digitalWrite(ledv, HIGH);
96         digitalWrite(buzzer, HIGH);
97         digitalWrite(leda, LOW);
98         digitalWrite(ledvr, LOW);
99     }
100     if (myData.Distancia >= 151 && myData.Distancia <= 300)
101     {
102         digitalWrite(leda, HIGH);
103         digitalWrite(ledv, LOW);
104         digitalWrite(ledvr, LOW);
105         digitalWrite(buzzer, LOW);
106     }
107     if (myData.Distancia >= 301 && myData.Distancia <= 380)
108     {
109         digitalWrite(ledvr, HIGH);
110         digitalWrite(ledv, LOW);
111         digitalWrite(leda, LOW);
112         digitalWrite(buzzer, LOW);
113     }
114
115     //Escreva a primeira linha
116     lcd.setCursor(0, 0);
117     lcd.print("Sensor: ");
118     lcd.print(myData.id);
119
120

```

```
121 //Escreva na segunda linha
122 lcd.setCursor(0, 1);
123 if (myData.Distancia <= 380) {
124     lcd.print(myData.Distancia);
125     lcd.print(" cm");
126 } if (myData.Distancia >= 381) {
127     digitalWrite(ledvr, LOW);
128     digitalWrite(ledv, LOW);
129     digitalWrite(leda, LOW);
130     digitalWrite(buzzer, LOW);
131     lcd.print("muito longe");
132 }
133
134 //Define o tempo de atualização
135 delay(100);
136
137
138 //limpa o lcd
139 lcd.setCursor(0, 1);
140 lcd.print(" ");
141 }
```

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO EMISSOR

```

2
3
4 #include <esp_now.h>
5 #include <WiFi.h>
6
7 int trigger = 25;
8 int echo = 26;
9 int Duracion = 0;
10 int Distancia = 0;
11 int led = 2;
12
13 int idEmisor = 1;
14
15 long duration;
16 int distance;
17
18
19
20 // Insira o endereço MAC do receptor
21 uint8_t broadcastAddress[] = {0xc0, 0x49, 0xEF, 0x65, 0x33, 0x84};
22
23 // criar uma estrutura que contenha os dados que queremos enviar
24 // não se esqueça de alterar isso também no lado do receptor
25 typedef struct struct_message {
26     int id; // deve ser exclusivo para cada placa remetente
27     int Distancia;
28 } struct_message;
29
30 // Criar uma nova variável, que armazenará os valores das variáveis.
31 struct_message myData;
32
33 // Criar uma variável para armazenar informações sobre o par.
34 esp_now_peer_info_t peerInfo;
35
36 // Essa função imprime se a mensagem foi entregue com sucesso ou não.
37 void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
38     Serial.print("\r\nLast Packet Send Status:\t");
39     Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Delivery Success" : "Delivery Fail");
40 }
41
42 void setup() {
43     // Iniciar o Monitor Serial
44     Serial.begin(115200);
45
46     pinMode(trigger, OUTPUT);
47     pinMode(echo, INPUT);
48     pinMode(led, OUTPUT);
49
50     digitalWrite(led, HIGH);
51     // Configure o dispositivo como uma estação Wi-Fi
52     WiFi.mode(WIFI_STA);
53
54     // Iniciar ESP-NOW
55     if (esp_now_init() != ESP_OK) {
56         Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
57         return;
58     }
59
60     // Quando o ESP Now for iniciado com sucesso, registraremos para enviar CB
61     // obter o status do pacote transmitido
62     esp_now_register_send_cb(OnDataSent);

```

```

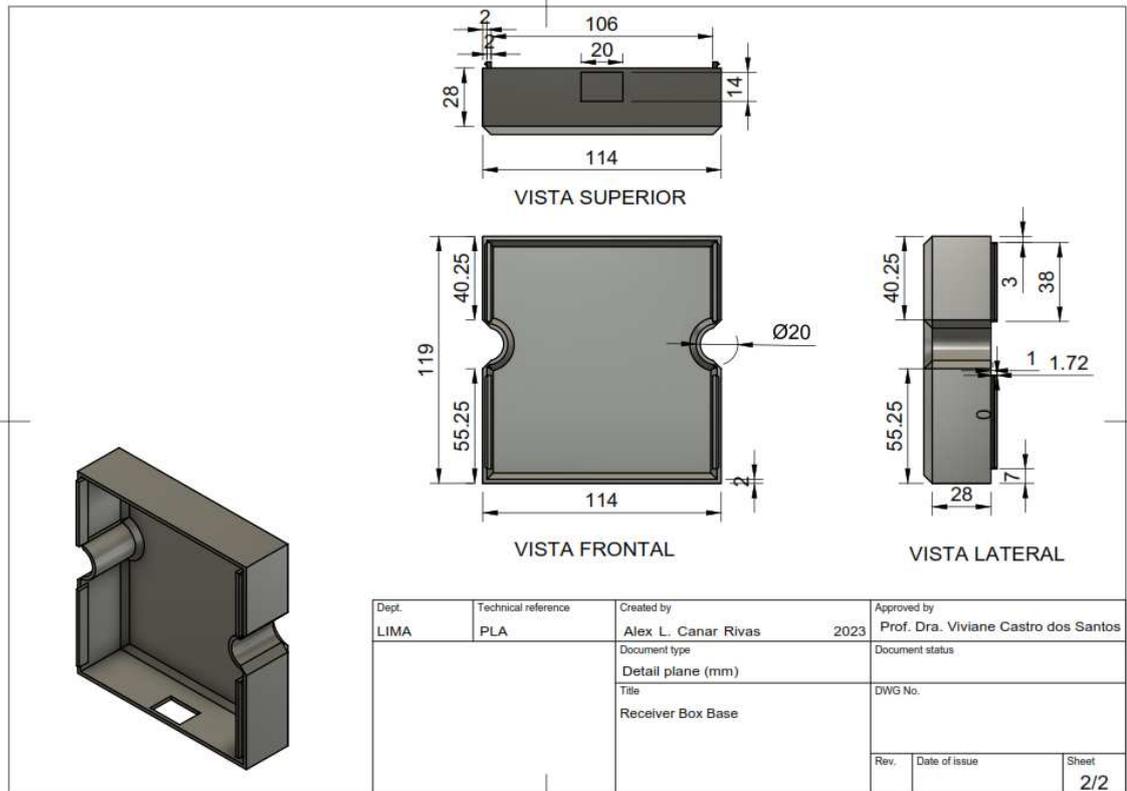
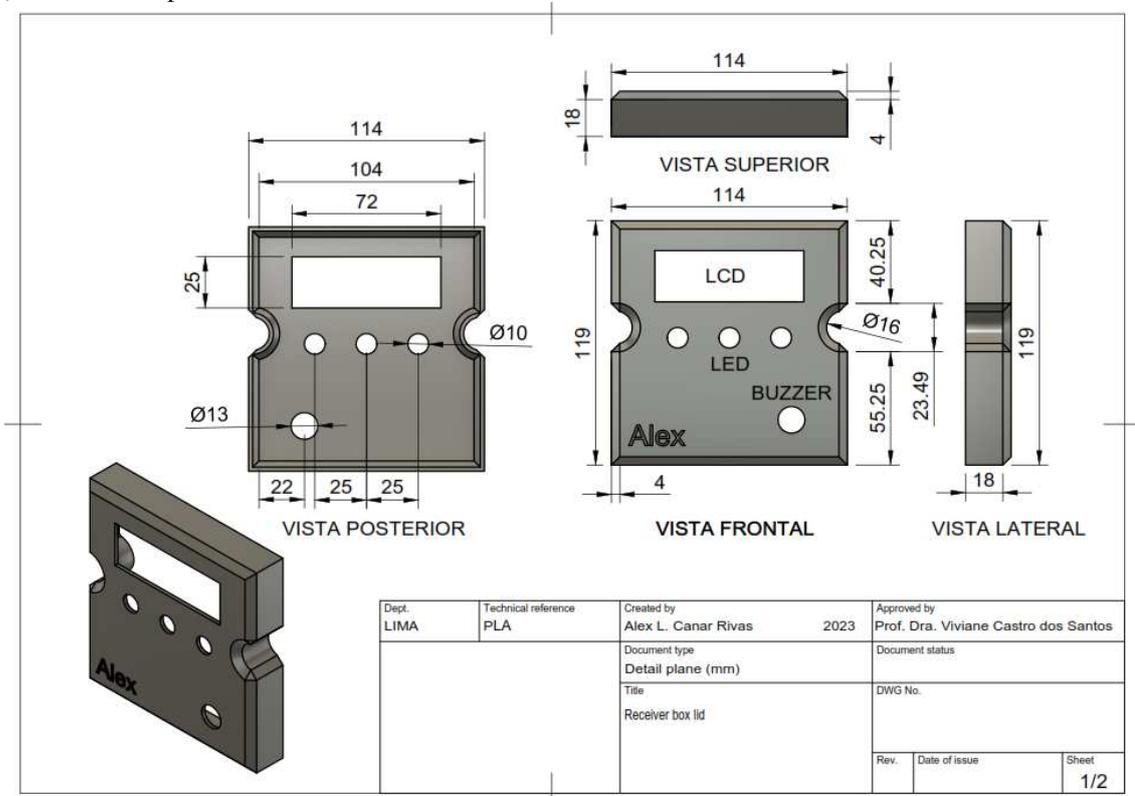
65
66 // Para enviar dados a outra placa (o receptor), você deve vinculá-la como um par.
67 // As linhas a seguir registram e adicionam um novo par.
68 memcpy(peerInfo.peer_addr, broadcastAddress, 6);
69 peerInfo.channel = 0;
70 peerInfo.encrypt = false;
71
72 // Adicionar par
73 if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
74     Serial.println("Failed to add peer");
75     return;
76 }
77 }
78
79 void loop() {
80     // Definir valores a serem enviados
81     myData.id = idEmissor;
82     myData.Distancia = calcDist();
83
84     // Enviar mensagem via ESP-NOW
85     esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *) &myData, sizeof(myData));
86
87     if (result == ESP_OK) {
88         Serial.println("Sent with success");
89     }
90     else {
91         Serial.println("Error sending the data");
92     }
93     delay(200);
94 }
95
96 int calcDist() {
97     // Limpa o trigPin
98     digitalWrite(trigger, LOW);
99     delayMicroseconds(2);
100    // Define o trigPin no estado HIGH (alto) por 10 microssegundos
101    digitalWrite(trigger, HIGH);
102    delayMicroseconds(10);
103    digitalWrite(trigger, LOW);
104    //Lê o echoPin e retorna o tempo de viagem da onda sonora em microssegundos
105    duration = pulseIn(echo, HIGH);
106    // Cálculo da distância
107    distance = duration * 0.034 / 2;
108    // Imprime a distância no monitor serial
109    Serial.print("Distance: ");
110    Serial.println(distance);
111    return distance;
112 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

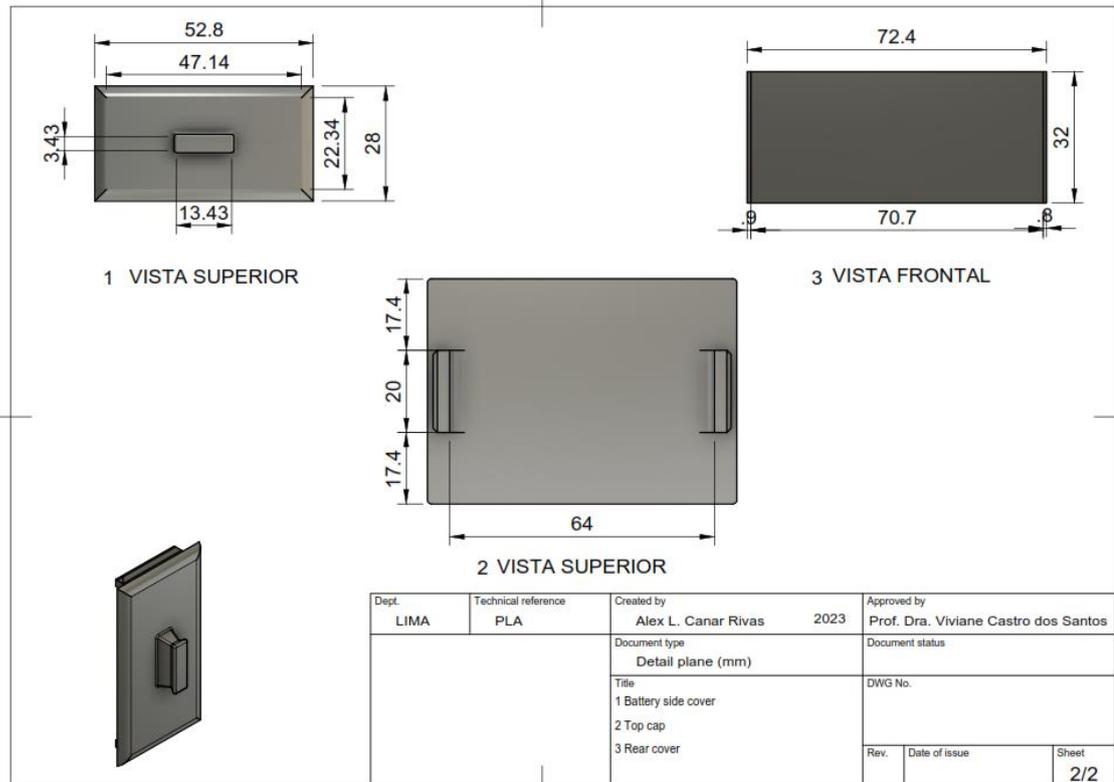
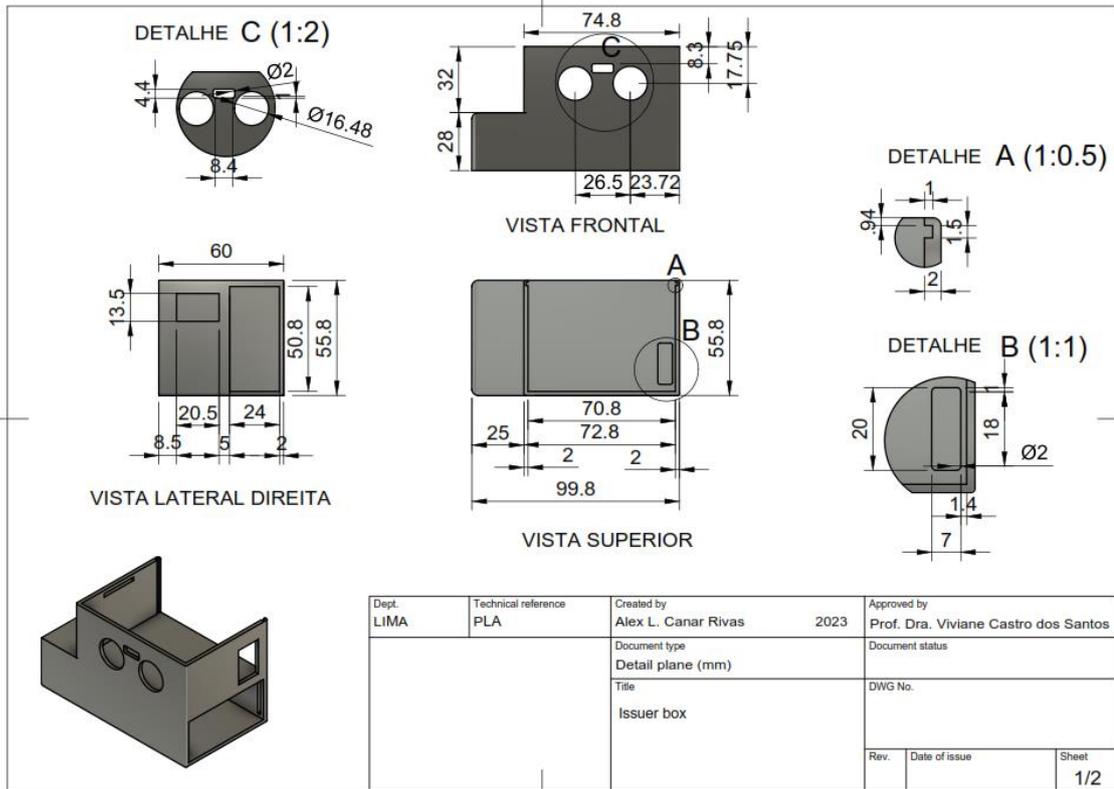
APÊNDICE C – CASES DE IMPRESSÃO 3D

a) Case do Receptor



Fonte: elaborado pelo autor.

b) Case do emissor



Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – ITENS PARA DETERMINAR A VIABILIDADE ECONÔMICA

		PORTADA		DEPRECI		AMORTI		FLUXO-C-1		FLUXO-C-2		VP-TIR-PB											
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
31																							
32																							
33																							
34																							
35																							
36																							
37																							
38																							
39																							
40																							
41																							
42																							
43																							
44																							
45																							
46																							
47																							
48																							
49																							
50																							
51																							
52																							
53																							
54																							
55																							

CUSTOS FIXOS

Conceito	Unidade	Quantidade	Custo Unita	Custo Total
Maquinaria				
Impressora 3D	Equipe	10	R\$ 1.163,32	R\$ 11.633,20
Equipamento				
Computador	Equipamento	5	R\$ 6.000,00	R\$ 30.000,00
Fonte de Alimentação c	Equipamento	5	R\$ 693,90	R\$ 3.439,50
Ososcópio 50mhz 2 c	Equipamento	2	R\$ 3.217,00	R\$ 6.434,00
Terreno				
Terreno	Hectare	1	R\$ -	R\$ -
Edifício				
Edifício aluguel	m2	1	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
Mobiliário				
cadeira	Peca	5	R\$ 280,00	R\$ 1.400,00
meza 110 x 55 x 73 cm	Peca	6	R\$ 450,00	R\$ 2.700,00
Total				
				R\$ 39.933,50

CUSTOS VARIÁVEIS

Conceito	Unidade	Quantidade	Custo Unita	Custo Total
Patente				
Tiraparente	Documento	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Marca				
Registro de marca	Marca	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Desenho Comercial				
Marketing	Web	1	R\$ 13.200,00	R\$ 13.200,00
Nome comercial	Nome	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00
Assistência técnica				
Software (invent)	Pacote	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00
Consumo de energia				
Impressora 3D	3	3	0,5	1,5
Computador	5	1	2,2	8
Fonte de Aliment	5	1	0,5	8
Ososcópio 50tr	2	1	0,5	8
Consumo mensal				
Consumo D	Diastanc	Consumo t	imprevisto	Consumo totalZ
37,8	31	1165,6	5%	1223,88
Consumo de Agua				
Higiene	peessoas	2	36	72
Consumo	peessoas	2	4	8
Limpeza geral	Linros	1	10	10
Consumo mensal				
				37,6

CUSTOS DE PRODUÇÃO

Conceito	Unidade	Quantidade	Custo Unita	Custo total
Custo matéria prima				
Sensor HC-SF	Peça	3	R\$ 14,90	R\$ 44,70
Esp32 Wroom	Peça	4	R\$ 63,90	R\$ 279,60
Fio de cobre 0,2	metros	0,5	R\$ 0,90	R\$ 0,45
Barra de 40 pir	Unidade	3	R\$ 2,00	R\$ 6,00
Solda cobre 22	Unidade	1	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Regulador de t	Unidade	3	R\$ 2,90	R\$ 8,70
Capacitor Eletr	Unidade	6	R\$ 0,15	R\$ 0,90
Placa Perfurac	Unidade	3	R\$ 2,50	R\$ 7,50
Dissipador de (Unidade	3	R\$ 3,50	R\$ 10,50
Parafuso 3mm	Unidade	3	R\$ 0,20	R\$ 0,60
Conector bate	Unidade	3	R\$ 5,90	R\$ 17,70
Bateria recarre	Unidade	3	R\$ 30,00	R\$ 90,00
Placa Perfurac	Unidade	1	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Chave Cangor	Unidade	4	R\$ 1,60	R\$ 6,40
Módulo Regula	Peça	1	R\$ 17,90	R\$ 17,90
Cabos dupont	Kit	1	R\$ 6,90	R\$ 6,90
Cabos dupont	Kit	1	R\$ 6,90	R\$ 6,90
Sinalero Olho	Unidade	1	R\$ 4,90	R\$ 4,90
Sinalero Olho	Unidade	1	R\$ 4,90	R\$ 4,90
Sinalero Olho	Unidade	1	R\$ 4,90	R\$ 4,90
Buzzer 5v 12mm	Peça	1	R\$ 2,90	R\$ 2,90
Bateria 18650	Unidade	2	R\$ 18,90	R\$ 37,80
Suporte para c	Unidade	1	R\$ 11,90	R\$ 11,90
Display LCD 16	Peça	1	R\$ 23,90	R\$ 23,90
Módulo I2C par	Unidade	1	R\$ 11,90	R\$ 11,90
Case	Peça	4	R\$ 15,00	R\$ 60,00
Total				
				R\$ 4.227.984,95
Mão de obra direta				
Proprietario	Plaza	1	R\$ 2.100,00	R\$ 2.100,00
Assistene	Plaza	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00
Total				
				R\$ 3.420,00
Custo Indireto de Fabricacao				
Energia	kw-hidia	10	R\$ 0,56	R\$ 5,60
Agua	m3	1	R\$ 5,77	R\$ 5,77
Total				
				R\$ 11,37
Total				
				R\$ 4.231.416,32

8043
2017

Unidades a produzir

Resumo Custos (F-V) Custos (F-V) Custos Unitario Receitas Despesas Depreciação Amortização Fluxo-caix: ...

Fonte: elaborado pelo autor.

PORTADA		DEPRECI		AMORTI		FLUXO-C-1		FLUXO-C-2		VP-TIR-PB	
54											
55											
56											
57	Veiculo										
58	Conceito	Unidade	Quantida	Costo Unita	Costo Total						
59	Veiculo	Unidade	1	R\$ 323.190,00	R\$ 323.190,00						
60	Total				R\$ 323.190,00						
61											
62	Ferramentas										
63	Conceito	Unidade	Quantida	Costo Unita	Costo Total						
64	Ferro de solda 30 W-220	Peça	5	R\$ 42,90	R\$ 214,50						
65	Suporte para ferro de solda com esponja metálica	Peça	5	R\$ 39,90	R\$ 199,50						
66	Lupa com suporte de pin	Peça	5	R\$ 49,90	R\$ 249,50						
67	Alicate de corte rente	Peça	5	R\$ 24,90	R\$ 124,50						
68	Alicate 5" mini de corte	Peça	5	R\$ 27,90	R\$ 139,50						
69	Alicate universal de 8"	Peça	5	R\$ 44,90	R\$ 224,50						
70	Estilete Emborrachado	Peça	5	R\$ 14,90	R\$ 74,50						
71	Jogo de chave de prec	Kit	2	R\$ 11,50	R\$ 23,00						
72	Chave de fenda	Kit	5	R\$ 5,90	R\$ 29,50						
73	Cabos Dupont Jumper	Kit	4	R\$ 11,90	R\$ 47,60						
74	Cabo Jumper Dupont h	Kit	4	R\$ 11,90	R\$ 47,60						
75	Cabos Dupont Jumper	Kit	4	R\$ 11,90	R\$ 47,60						
76	Fonte 3v 1A 110/220V P4	Peça	5	R\$ 23,90	R\$ 119,50						
77	Fonte 5V 3A tipo C	Peça	5	R\$ 54,90	R\$ 274,50						
78	Multímetro Digital 1hm-10C	Peça	3	R\$ 59,90	R\$ 179,70						
79	Cabo Micro USB 30cm	Peça	5	R\$ 9,90	R\$ 49,50						
80	Filamento PLA 1Kg-1,75mm	Unidade	2420	R\$ 144,90	R\$ 350.658,00						
81					R\$ -						
82					R\$ -						
83	Total				R\$ 352.703,00						
84											
85											
86											
87											
88											
89	Total				R\$ 733.153,70						
90											
91											
92											
93											
94											
95											
96											
97											
98											
99											

Consumo mensal						
Consumo D	Diaslano	Sumo total	imprevisto	Sumo total m	Costo m	Costo mens
90	31	2,79	5%	2,93	R\$ 5,77	R\$ 17

Mão de obra direta				
Conceito	Unidade	Quantida	Costo Unita	Costo Total
Obreros	Plaza	2	1320	2640
Almacenista	Plaza	1	1320	1320
Total				3960

Mano de obra indireta				
Conceito	Unidade	Quantida	Costo Unita	Costo Total
Gerente produçã	Plaza	1	R\$ -	R\$ -
Secretaria	Plaza	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00
Total				R\$ 1.320,00

Control de calidad				
Conceito	Unidade	Quantida	Costo Unita	Costo Total
Proforma	Proforma	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00
Total				R\$ 1.320,00

Administração				
Conceito	Unidade	Quantida	Costo Unita	Costo Total
Gerente	Plaza	1	R\$ -	R\$ -
Secretaria	Plaza	1	R\$ -	R\$ -
Contadora	Plaza	1	R\$ -	R\$ -
Limpeza	Plaza	2	R\$ -	R\$ -
Vigilancia	Plaza	1	R\$ -	R\$ -
Subtotal				R\$ -
Imprevistos				35%
Subtotal				R\$ -
Total				R\$ -
Gasto de oficina	Kit	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
Comida emplead	Refeição	7	R\$ 12,50	R\$ 87,50
Total				R\$ 3.087,50

Gasto em ventas				
Conceito	Unidade	Quantida	Costo Unita	Costo total
Gerente	Praga	1	R\$ -	R\$ -
Chofer	Praga	1	R\$ -	R\$ -

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE E – PROJEÇÃO DE RECEITA

Dados		Vendas a vista	80%
Estimativa de Tratore	6043	Vendas a crédito	20%
Preço venda	R\$ 975,63		

Projeção mensal de vendas													
Conceito	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Vendas a vista	0	4834,4	4834,4	4834,4	4834,4	4834,4	4834,4	4834,4	4834,4	4834,4	4834,4	4834,4	
Vendas a crédito	0	1208,6	1208,6	1208,6	1208,6	1208,6	1208,6	1208,6	1208,6	1208,6	1208,6	1208,6	
Total		6043	66473										

Projeção mensal de renda													
Conceito	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Vendas a vista	R\$ -	R\$ 4.716.564,61	R\$ 51.882.210,73										
Vendas a crédito	R\$ -	R\$ 1.179.141,15	R\$ 12.970.552,68										
Total													R\$ 64.852.763,41

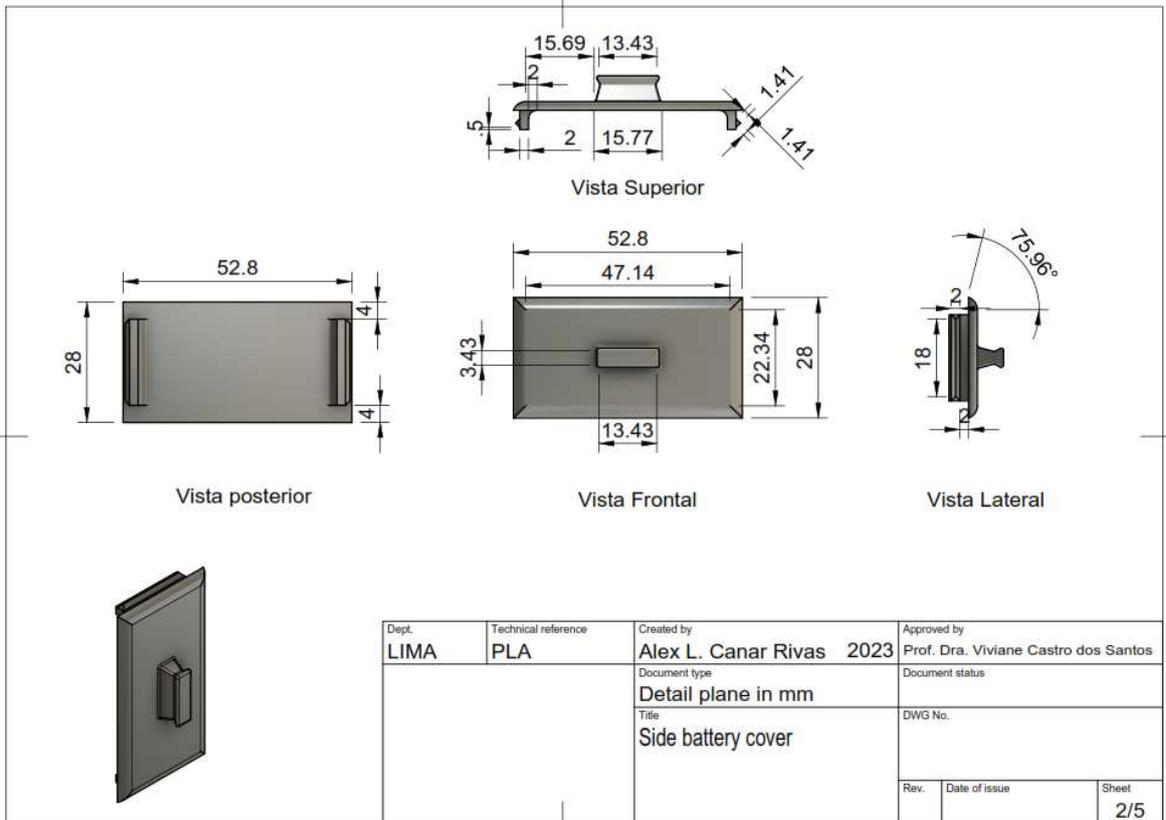
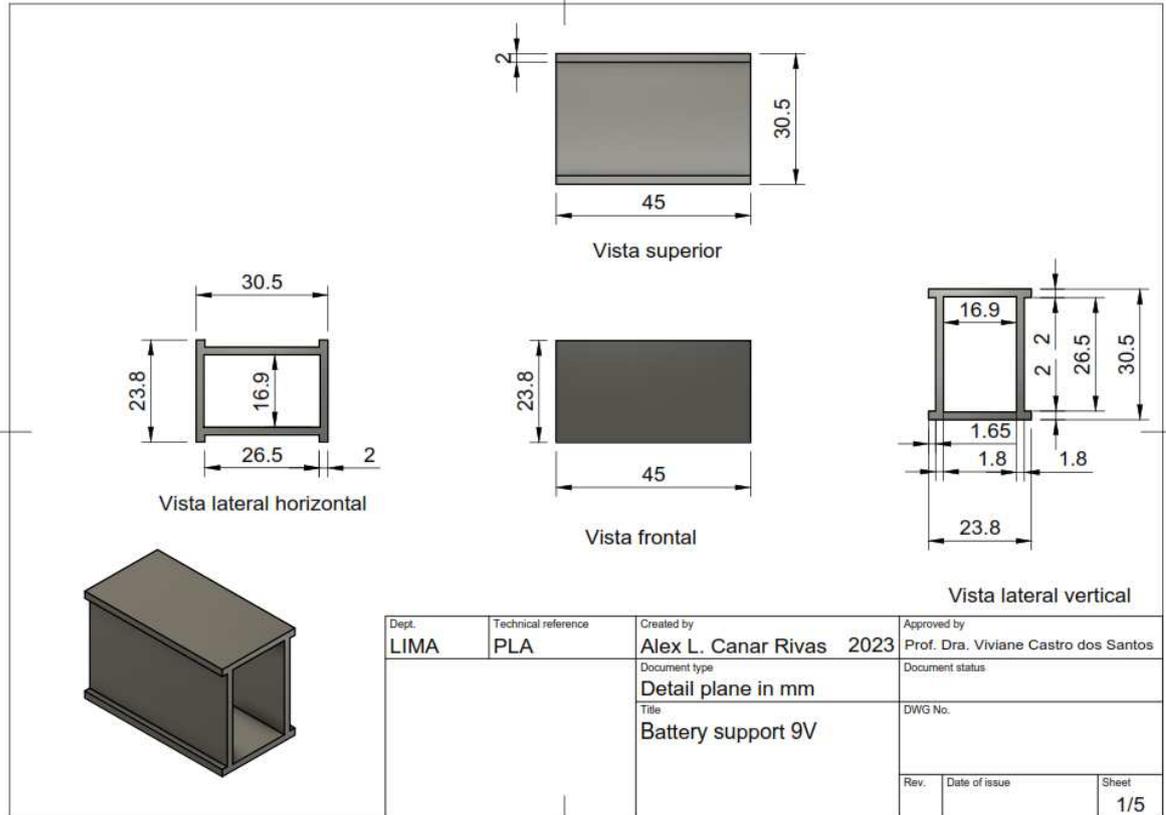
Projeção de renda anual											2%	
Conceito	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Total	Tendencia
Vendas	R\$ 64.852.763,41	R\$ 66.149.818,68	R\$ 67.472.815,05	R\$ 68.822.271,35	R\$ 70.198.716,78	R\$ 71.602.691,12	R\$ 73.034.744,94	R\$ 74.495.439,84	R\$ 75.985.348,64	R\$ 77.505.055,61	R\$ 710.119.665,42	

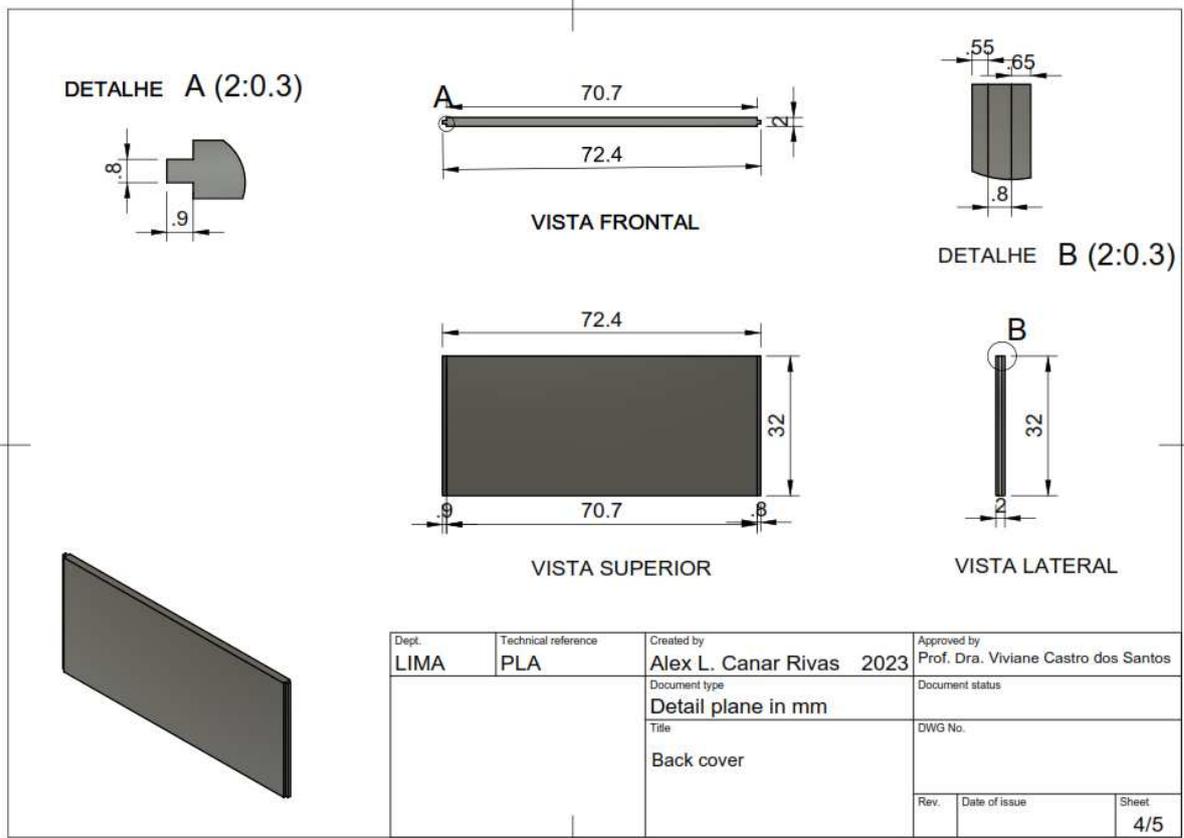
Projeção de renda anual

Ano	Renda (R\$)
Ano 1	64.852.763,41
Ano 2	66.149.818,68
Ano 3	67.472.815,05
Ano 4	68.822.271,35
Ano 5	70.198.716,78
Ano 6	71.602.691,12
Ano 7	73.034.744,94
Ano 8	74.495.439,84
Ano 9	75.985.348,64
Ano 10	77.505.055,61
Total	710.119.665,42

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE F – PLANOS DETALHADOS





Fonte: elaborado pelo autor.