

CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Almir Moraes Santos
Carlos Eduardo da Silva
Icaro Felix Galvão dos Santos

**SISTEMA DE ALERTA DE APROXIMAÇÃO E SENSOR DE PONTO
CEGO**

Santo André

2025

Almir Moraes Santos
Carlos Eduardo da Silva
Icaro Felix Galvão dos Santos

**SISTEMA DE ALERTA DE APROXIMAÇÃO E SENSOR DE PONTO
CEGO**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Tecnologia em Eletrônica
Automotiva da Fatec Santo André, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Orientador Prof.: Me Paulo Tetsuo Hoashi

Santo André

2025

S237s

Santos, Almir Moraes

Sistema de alerta de aproximação e sensor de ponto cego / Almir Moraes Santos, Carlos Eduardo da Silva, Icaro Felix Galvão dos Santos. - Santo André, 2025. – 43f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2025.

Orientador: Prof. Me. Paulo Tetsuo Hoashi

1. Eletrônica. 2. Veículos. 3. Sensores. 4. Sistemas veiculares. 5. Tecnologia. 6. Microcontrolador. 7. Ponto Cego. 9. Sistema de alerta. 10. Software. 11. Hardware. I. Silva, Carlos Eduardo da. II. Santos, Icaro Felix Galvão dos. III. Sistema de alerta de aproximação e sensor de ponto cego.

621.3815

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 06 de dezembro de 2025.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA: "SISTEMA
DE ALERTA DE APROXIMAÇÃO E SENSOR DE PONTO CEGO" DOS
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. PAULO TETSUO HOASHI

MEMBROS:

PROF. FERNANDO GARUP DALBO

PROF. WESLEY MEDEIROS TORRES

ALUNOS:

ALMIR MORAIS SANTOS

CARLOS EDUARDO DA SILVA

ICARO FELIX GALVÃO DOS SANTOS

Dedicamos em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele jamais conseguiríamos concluir esse trabalho de graduação. As nossas famílias, por estarem sempre nos apoiando e sempre com paciência nos momentos mais corridos e compreendendo a nossa ausência em eventos e com isso a contribuição para o nosso crescimento profissional e pessoal. Em especial as nossas esposas e filhos, pois sem eles ao nosso lado não teríamos ido tão longe.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus que nos deu força, motivação e saúde para suportar todas as dificuldades no caminho. A instituição Fatec Santo André e funcionários, por nos proporcionar toda a estrutura para a realização deste trabalho. A todo corpo docente, por nos proporcionar toda a estrutura para concretizar esse trabalho. Em especial, ao nosso orientador Prof. Paulo Tetsuo Hoashi, por toda ajuda e atenção durante todo o processo do desenvolvimento e testes do nosso projeto de graduação. Ao Prof. Fernando Garup Dalbo, por todo apoio e ajuda no desenvolvimento da nossa monografia.

“Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um de acordo com o seu trabalho e realizações. O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual eu sempre trabalhei pertence a mim.”

Nikola Tesla

RESUMO

O presente trabalho desenvolver um sistema de alerta de aproximação frontal e aviso para ponto cego veicular. O sensor é construído com o microcontrolador *Raspberry PI Pico* RP2040, uma versão que traz facilidade ao usuário e leitura dos sensores no veículo, os sensores são ultrassônicos e doppler. Cabe ressaltar que a importância do projeto que tem código aberto pode ser consultada por discentes e docentes no qual complementa os assuntos abordados em aulas administradas junto com práticas que envolvem eletrônica automotiva, mostrando ao referido consultor os softwares, hardwares e cálculos utilizados e dar liberdade de acesso para editá-lo e testá-lo na prática os estudos apreendidos. O conteúdo que está tem resultados obtidos em testes práticos junto com docentes e imagens para interpretação, pode ser futuramente como material didático para cursos em Eletrônica Automotiva e similares ou criar uma proposta para trabalhar em parceria com empresas pois o sistema tem preço mais atraente.

Palavras-chave: Sistema de Alerta de Aproximação. Sensor de Ponto Cego. *Raspberry PI Pico*. Eletrônica Automotiva.

ABSTRACT

This work aims to develop a frontal approach warning and vehicle blind spot warning system. The sensor is built with the Raspberry Pi Pico RP2040 microcontroller, a version that provides ease of use and reading of the vehicle's sensors. The sensors are ultrasonic and Doppler. It is worth highlighting the importance of the open-source project, which can be consulted by students and faculty, complementing the topics covered in classes conducted alongside practical sessions involving automotive electronics. It demonstrates the software, hardware, and calculations used to the consultant, and provides free access to edit and test the acquired studies in practice. The content includes results obtained in practical tests with faculty and images for interpretation. It could be used in the future as teaching material for Automotive Electronics and similar courses, or it could be used to create a proposal for partnerships with companies, given the more attractive price.

Keywords: Approach Warning System. Blind Spot Sensor. Raspberry PI Pico. Auto motive Eletronics

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.2 Justificativa	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 O ponto cego na condução veicular	16
2.2 Definição de sensor de ponto cego	16
2.3 Tipos de sensores utilizados na detecção de ponto cego	17
2.3.1 Sensor Ultrassônico (HC-SR04)	17
2.3.2 Sensor Infravermelho (IR)	17
2.3.3 Sensor de Radar Automotivo	18
2.3.4 Sensor LiDAR	19
2.3.5 Câmeras para Monitoramento de Ponto Cego	20
2.4 Processamento de Sinais: Microcontroladores	20
2.5 Dispositivos de Saída: Alertas Visuais e Sonoros	24
3. METODOLOGIA	26
3.1 Sensor de Ultrassom	26
3.2 Sensor de Câmera	27
3.3 Sensor LiDAR	28
3.4 Sensor Doppler	29
3.5 Arduino Uno	30
3.6 ESP32	31
3.7 Raspberry Pi Pico	32
3.8 STM32F103	33
3.9 Led de Alto Brilho	33
3.10 Display Oled	34
3.11 Buzzer Piezoelétrico	34
3.12 Central Multimídia Integrada	35
4. DESENVOLVIMENTO	35
4.1 Aplicação de veículo	36
4.2 Funcionamento Geral	37

5. CONCLUSÃO	38
6. PROPOSTAS FUTURAS	38
7. REFERÊNCIAS	39

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	comparativos tipos de sensores	20
QUADRO 2	comparativos técnico entre microcontroladores	23
QUADRO 3	comparativos entre dispositivos de saída em sistema de alerta de ponto cego	24

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Ponto cego em veículos pequenos	14
FIGURA 2: Sensor Ultrassônico HC-R04	17
FIGURA 3: Sensor Infravermelho IR	18
FIGURA 4: Sensor de Radar Automotivo	19
FIGURA 5: Sensor LiDAR em veículo autônomo	20
FIGURA 6: Câmera de monitoramento de ponto cego	21
FIGURA 7: Raspberry Pi Pico	22
FIGURA 8: Arduino Uno	23
FIGURA 9: ESP 32	23
FIGURA 10: STM 32	23
FIGURA 11: Diagrama de Bloco	26
FIGURA 12: Sensor de Ultrassom	27
FIGURA 13: Sensor de Câmera	27
FIGURA 14: Sensor LIDAR	28
FIGURA 15: Sensor <i>doppler</i>	29
FIGURA 16: Arduino Uno	30
FIGURA 17: ESP32	31
FIGURA 18: Raspberry <i>PI PICO</i>	32
FIGURA 19: STM32F103	33
FIGURA 20: LED de alto brilho	33
FIGURA 21: Display OLED	34
FIGURA 22: <i>BUZZER</i> Piezoelétrico	34
FIGURA 23: Central multimídia integral	35
FIGURA 24: Protótipo veículo de brinquedo	36
FIGURA 25: Esquema elétrico	37

1. INTRODUÇÃO

A segurança no trânsito é uma preocupação constante, principalmente diante do elevado número de acidentes registrados anualmente. Segundo a Organização mundial da Saúde (OMS,2023), os acidentes de trânsito estão entre as principais causas de morte no mundo, sobretudo entre pessoas de 15 a 29 anos. Entre os diversos fatores que contribuem para essas ocorrências, o álcool, as distrações e os pontos cegos dos veículos representam uma causa significativa destes acidentes.

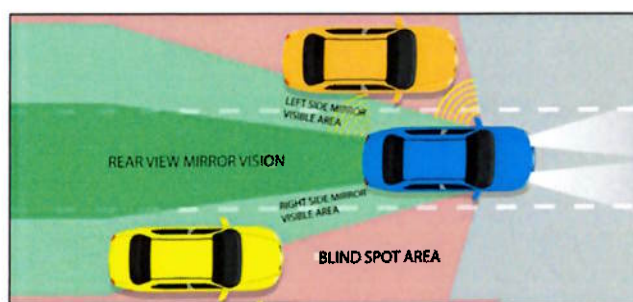
‘O Álcool representa um número expressivo de causas de acidentes no Brasil. Em 2021, um ano após a pandemia, o Brasil registrou quase 11.000 óbitos e 76.000 hospitalizações em acidentes de trânsito provocados pelo álcool’. (GUERRA, 2021)

A distração ao volante é outro fator relevante. De acordo com Cardim (2022) “cerca de 18% dos acidentes com carro no mundo são provocados por distrações utilização do celular, sistemas de multimídia e dispositivos sonoros, assim como a conversa com outros passageiros são alguns fatores que contribuem com estes números”.

Na Figura 1, é apresentado o ponto cego, ou zona de não visibilidade, é a área ao redor do veículo que não pode ser vista diretamente pelo condutor, nem mesmo com o auxílio de espelhos retrovisores convencionais (DETRAN-SP, 2022).

De acordo com dados da *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), cerca de 840 mil acidentes ocorrem anualmente nos Estados Unidos devido a falhas na detecção de objetos nos pontos cegos dos veículos, resultando em aproximadamente 300 mortes por ano (NHTSA, 2021). No Brasil, embora não haja estatísticas específicas para acidentes causados exclusivamente por pontos cegos, estudos indicam que mais de 90% das colisões têm como fator determinante o erro humano — sendo a falta de visibilidade uma das principais causas (PORTAL DO TRÂNSITO, 2024).

Figura 1: Ponto cego em veículos pequenos



Fonte: HALLO

VIE, 2022

Com o avanço da tecnologia, diferentes soluções têm sido implementadas para mitigar esse problema, como câmeras, sensores e sistemas automatizados de alerta ao motorista. Esses dispositivos, ao ampliarem a percepção do condutor sobre o ambiente ao redor do veículo, contribuem diretamente para a redução do número de acidentes e para o aumento da segurança viária. Nesse contexto, a adoção de sensores de ponto cego em projetos de baixo custo, como o

presente trabalho, torna-se relevante tanto para fins educacionais quanto para futuras aplicações práticas em veículos de entrada.

1.1 Objetivos

Desenvolver um sistema de alerta de aproximação e detecção de ponto cego veicular utilizando o microcontrolador *Raspberry Pi Pico*, com foco na acessibilidade tecnológica e viabilidade de implementação em veículos que não possuam sistemas embarcados de segurança ativa.

- Identificar os tipos de sensores mais adequados para detecção de objetos em pontos cegos, considerando suas características técnicas e o tipo de sinal enviado ao microcontrolador;
- Desenvolver um protótipo funcional utilizando o *Raspberry Pi Pico* para realizar a leitura dos sensores e emitir alertas visuais e/ou sonoros ao condutor;
- Validar o funcionamento do sistema por meio de testes em ambiente controlado, simulando situações comuns de risco em pontos cegos laterais e traseiros;
- Documentar o projeto com base em princípios da eletrônica automotiva, incluindo esquemas de circuitos, códigos-fonte e registros de testes, com vistas à replicação futura.

1.2 Justificativa

O ponto cego representa uma das maiores ameaças à segurança viária, especialmente em ambientes urbanos com tráfego denso. Embora existam sistemas de detecção de ponto cego em veículos modernos, muitos automóveis em circulação não possuem esse recurso, seja por custo, seja por limitações tecnológicas de fábrica.

A proposta deste trabalho justifica-se pela necessidade de desenvolver uma solução de baixo custo e fácil implementação, capaz de ser aplicada em veículos convencionais. O uso do microcontrolador *Raspberry Pi Pico*, aliado a sensores como os ultrassônicos e infravermelhos, possibilita a criação de um sistema eficiente e acessível, com capacidade de alertar o condutor sobre a presença de obstáculos ou outros veículos em áreas não visíveis diretamente.

Dessa forma, busca-se contribuir de forma prática para a redução de colisões laterais e aumento no da segurança trânsito, por meio de um projeto que pode ser adaptado, replicado e customizado de acordo com diferentes tipos de veículos.

Além disso, a adoção de sensores com diferentes sinais (digitais, analógicos, PWM) permite avaliar o comportamento do sistema em múltiplos cenários, oferecendo flexibilidade para futuros aprimoramentos e aplicações didáticas em cursos de eletrônica automotiva e embarcada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como dito anteriormente, o ponto cego é uma das principais causas de acidentes de trânsito, especialmente durante manobras de mudança de faixa, ultrapassagens ou conversões. Trata-se de áreas ao redor do veículo que não são visíveis diretamente pelo condutor, mesmo com o uso adequado dos espelhos retrovisores. Essas zonas de invisibilidade comprometem a percepção do ambiente próximo ao veículo e podem resultar em colisões com outros automóveis, motocicletas, bicicletas ou até mesmo pedestres.

Estudos demonstram que muitos condutores subestimam a extensão do ponto cego e confiam exclusivamente nos espelhos retrovisores, o que pode ser insuficiente em situações de tráfego intenso ou com a presença de obstáculos móveis, como ciclistas ou motociclistas se aproximando pelas laterais (CET, 2023).

Esse problema é ainda mais acentuado em veículos de grande porte, como ônibus e caminhões. Devido às dimensões desses veículos e à sua altura em relação ao solo, os pontos cegos não se limitam apenas às laterais traseiras, mas também à frente e imediatamente atrás do veículo, onde objetos ou pessoas de menor estatura podem ficar completamente fora do campo de visão do motorista. Segundo dados da Administração Federal de Segurança de Transportes dos EUA (FMCSA), os caminhões possuem até quatro grandes zonas de ponto cego: à frente, atrás e nas duas laterais do veículo. Nessas zonas, um carro pode ficar completamente invisível para o condutor do caminhão, mesmo estando próximo (FMCSA, 2020).

No Brasil, a Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística (NTC&Logística) alerta que a visibilidade limitada dos caminhões está entre os principais fatores de risco em acidentes envolvendo veículos pesados, sobretudo em áreas urbanas e durante operações de carga e descarga (NTC&LOGÍSTICA, 2021).

Portanto, torna-se essencial o desenvolvimento e a implementação de sistemas de assistência à condução, como sensores de ponto cego, especialmente em frotas de veículos pesados e coletivos, onde o risco de acidentes com pedestres e veículos menores é elevado. Tais sistemas complementam a percepção visual do motorista e aumentam a segurança viária, reduzindo significativamente a probabilidade de sinistros em áreas de pouca visibilidade.

2.1 Definição de sensor de ponto cego

Um sensor de ponto cego é um dispositivo eletrônico destinado a detectar objetos ou veículos localizados nas zonas laterais e traseiras de um automóvel que não são visíveis diretamente pelo condutor, mesmo com o uso de espelhos retrovisores. Essas zonas, conhecidas como áreas de ponto cego, são regiões críticas durante manobras como mudança de faixa, ultrapassagens ou conversões, nas quais o risco de colisão é elevado.

A principal função desses sensores é monitorar continuamente essas regiões ocultas e alertar o condutor, por meio de sinais visuais, sonoros ou táteis, sobre a presença de obstáculos ou outros veículos. A detecção pode ser realizada por diferentes tecnologias, como ultrassom, radar, câmeras e sistemas LIDAR, que trabalham em conjunto com microcontroladores ou microcomputadores embarcados.

De acordo com Fernandes (2019), “os sensores de ponto cego surgiram como uma resposta à necessidade de aumentar a consciência situacional do condutor e reduzir acidentes causados por falhas na visibilidade lateral e traseira”.

Inicialmente presentes em veículos de luxo, esses dispositivos têm sido incorporados também em veículos populares, graças a soluções de baixo custo e plataformas de código aberto (AUTODATA, 2020). Isso torna sua aplicação mais acessível em projetos acadêmicos e no mercado automotivo de entrada.

2.2 Tipos de sensores utilizados na detecção de ponto cego

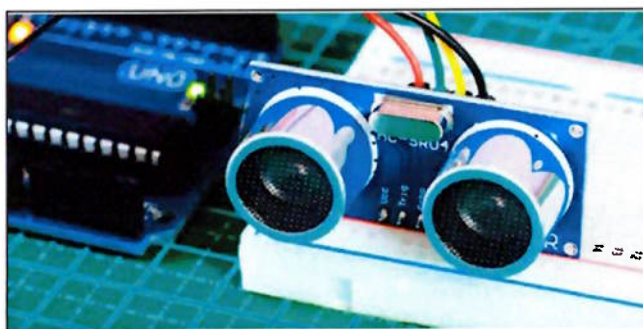
Para desenvolver um sistema eficaz de alerta de ponto cego, é essencial compreender os diferentes tipos de sensores disponíveis, seus princípios de funcionamento, sinais de entrada e saída, bem como suas tensões de operação. A seguir, são apresentados os principais sensores.

2.2.1 Sensor Ultrassônico (HC-SR04)

O sensor ultrassônico HC-SR04 que está na figura 2 é amplamente utilizado em projetos de automação e robótica para medição de distâncias, operando na frequência de 40 kHz e medindo o tempo de retorno das ondas sonoras emitidas. (SPARKFUN ELECTRONICS, 2025)

- **Princípio de funcionamento:** Emissão e recepção de ondas ultrassônicas.
- **Sinal de entrada:** Pulso de 10 μ s no pino "Trigger".
- **Sinal de saída:** Pulso no pino "Echo" com duração proporcional à distância medida.
- **Tipo de sinal:** Digital (nível lógico alto/baixo).
- **Tensão de operação:** 5V.

Figura 2 - Sensor Ultrassônico HC-SR04



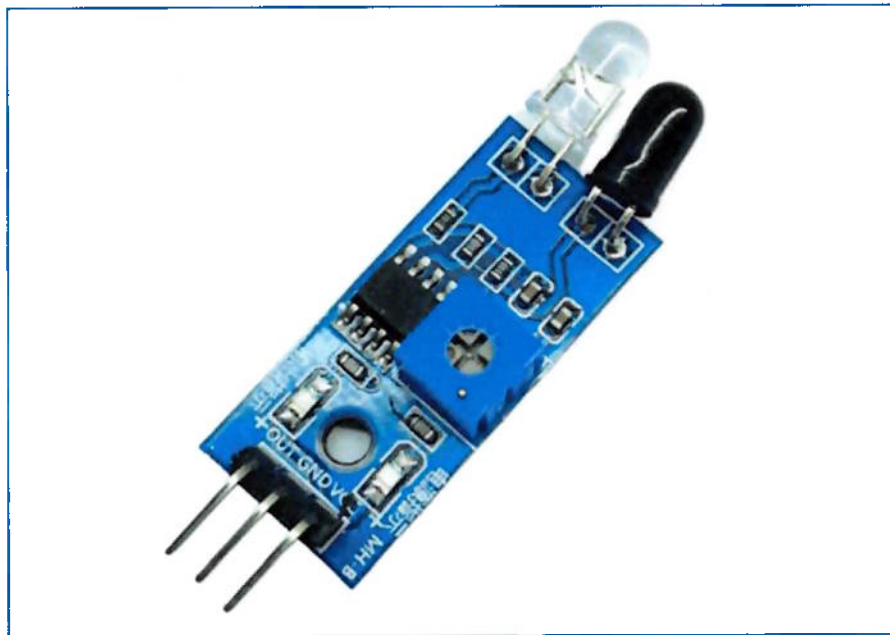
Fonte: MakerHero HERO-2025

2.2.2 Sensor Infravermelho (IR)

Sensores infravermelhos que está na figura 3 detectam a presença de objetos por meio da emissão e recepção de luz infravermelha, sendo amplamente utilizados em aplicações de detecção de obstáculos. (TECHZEERO, 2025).

- **Princípio de funcionamento:** Emissão de luz infravermelha e detecção da reflexão.
- **Sinal de entrada:** Alimentação elétrica.
- **Sinal de saída:** Variação de tensão conforme a presença ou ausência de objeto.
- **Tipo de sinal:** Digital ou analógico, dependendo do modelo.
- **Tensão de operação:** 3.3V a 5V.

Figura 3 - Sensor Infravermelho IR



Fonte: Casa da Robótica-2025

2.2.3 Sensor de Radar Automotivo

Sensores de radar automotivo que está na figura 4 utilizam ondas de rádio para detectar objetos ao redor do veículo, sendo eficazes mesmo em condições climáticas adversas.

- **Princípio de funcionamento:** Emissão de ondas de rádio e análise das reflexões.
- **Sinal de entrada:** Alimentação elétrica e sinais de controle.
- **Sinal de saída:** Dados sobre distância e velocidade dos objetos detectados.

- **Tipo de sinal:** Digital, geralmente via protocolos como CAN ou UART.
- **Tensão de operação:** 12V.

Figura 4 - Sensor de Radar Automotivo



Fonte: HELLA-2025

2.2.4 Sensor LIDAR

O LiDAR (*Light Detection and Ranging*) que está na figura 5 é uma tecnologia que utiliza pulsos de laser para medir distâncias com alta precisão, criando mapas tridimensionais do ambiente. (BLICKFELD, 2025).

- **Princípio de funcionamento:** Emissão de pulsos de laser e medição do tempo de retorno.
- **Sinal de entrada:** Alimentação elétrica e sinais de controle.
- **Sinal de saída:** Dados tridimensionais do ambiente.
- **Tipo de sinal:** Digital, geralmente via interfaces como USB ou Ethernet.
- **Tensão de operação:** 12V.

Figura 5 - Sensor LiDAR em veículo autônomo



Fonte: Blog lidar News -2018

2.2.5 Câmeras para Monitoramento de Ponto Cego

Câmeras instaladas nos veículos como apresentado na figura 6 permitem o monitoramento visual das áreas de ponto cego, auxiliando o condutor na detecção de obstáculos (OYI ELECTRONIC, 2025).

- **Princípio de funcionamento:** Captura de imagens em tempo real.
- **Sinal de entrada:** Alimentação elétrica.

- **Sinal de saída:** Fluxo de vídeo transmitido para uma central de processamento.
- **Tipo de sinal:** Digital, via interfaces como HDMI ou USB.
- **Tensão de operação:** 12V.

Figura 6 – Câmera de monitoramento de ponto cego



Fonte: Auto Entusiastas -2020

Como mostrado no quadro 1, podemos ver um comparativo entre todos os sensores mostrados aqui, com isso podemos avaliar melhor quais escolher para o projeto.

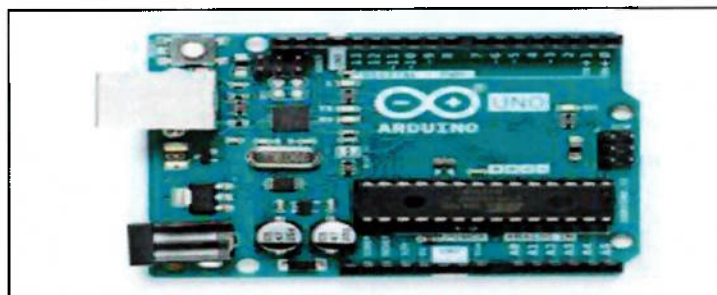
Quadro 1- Comparativa de tipos de sensores

Sensor	Tipo de Sinal	Tensão (V)	Alcance Aproximado	Custo	Complexidade
Ultrassônico	Digital/PWM	5V	2 a 4 metros	Baixo	Baixa
Infravermelho	Digital/Analógico	3-5V	10 cm a 1 metro	Baixo	Baixa
Radar	Digital	12V	até 100 metros	Alto	Alta
LiDAR	Digital	5-12V	até 250 metros	Muito Alto	Muito Alta
Câmera	Digital	5-12V	variável (campo visual)	Médio/Alto	Alta

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados técnicos dos fabricantes mencionados- 2025

Modelos mostrados como o Arduino Uno, figura 8, são frequentemente empregados em projetos automotivos

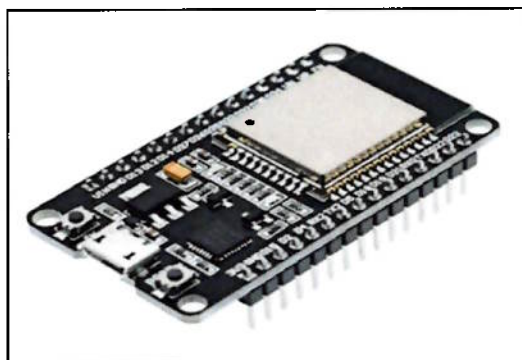
Foto 8 – Arduino Uno



Fonte: Naps Tecnologia-2021

Modelos como ESP32, figura 9 usadas principalmente em projetos industriais

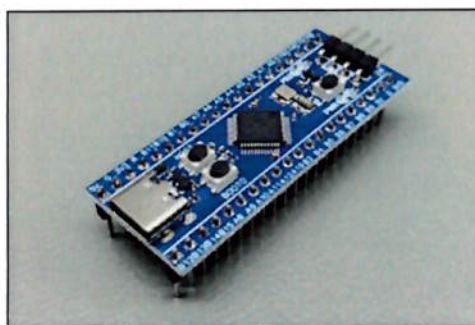
Figura 9 – ESP 32



Fonte: Future Eletronics. -2025

Modelos Como STM 32, figura 10 São frequentemente procurados devido sua conectividade e robustez (BARROS; LIMA, 2021; STMICROELECTRONICS, 2023; ESPRESSIF, 2023)

Figura 10 – STM 32



Fonte: STM32- BASE-2025

No quadro 2 temos um comparativo entre os microcontroladores disponíveis. A escolha do microcontrolador deve considerar fatores como número de entradas e saídas disponíveis, capacidade de processamento, interfaces de comunicação suportadas e compatibilidade com os sensores e atuadores do sistema. Segundo Barros e Lima (2021), “o uso de microcontroladores em sistemas embarcados automotivos permite a integração eficiente entre sensores e atuadores, promovendo respostas rápidas e seguras”.

Quadro 2 – Comparativo técnico entre microcontroladores

Microcontrolador	Núcleo	Clock	Memória SRAM	Interfaces	Custo estimado
Raspberry Pi Pico	ARM Cortex-M0+	133 MHz	264 KB	I2C, SPI, UART, ADC, PWM	Baixo
Arduino Uno	AVR ATmega328P	16 MHz	2 KB	I/O digital, PWM, UART	Muito baixo
ESP32	Xtensa dual-core	240 MHz	520 KB	Wi-Fi, BT, ADC, PWM	Médio
STM32F103	ARM Cortex-M3	72 MHz	20 KB	I2C, SPI, UART, ADC, CAN	Médio

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados técnicos dos fabricantes -2025.

2.4 Dispositivos de Saída: Alertas Visuais e Sonoros

Após o processamento das informações recebidas pelos sensores, o sistema precisa informar ao condutor, de maneira clara e objetiva, a presença de obstáculos nas zonas de ponto cego. Para isso, são utilizados dispositivos de saída, também conhecidos como atuadores.

Os alertas visuais, como LEDs de alto brilho, são comuns por sua simplicidade e eficiência. Quando instalados nos retrovisores ou no painel do veículo, esses LEDs podem indicar a aproximação de veículos em pontos cegos. Outro recurso bastante empregado são os pequenos displays OLED ou LCD, que permitem a visualização de mensagens ou símbolos específicos.

Além dos alertas visuais, o sistema pode contar com saídas sonoras. Os *buzzers* piezoelétricos são bastante utilizados por sua praticidade, emitindo sinais sonoros intermitentes ou contínuos, que variam conforme a distância do obstáculo identificado. Em veículos modernos, é comum a

integração com a central multimídia, possibilitando avisos sonoros mais elaborados ou até alertas visuais integrados à interface gráfica.

De acordo com Silva et al. (2022), “a utilização de sinais visuais e sonoros no auxílio ao condutor se mostra eficaz na redução de incidentes provocados por desatenção e ponto cego”.

No quadro 3, temos um comparativo entre os tipos de dispositivos de alertas visual e sonoros. A escolha do tipo de alerta deve levar em consideração fatores como a atenção do condutor, o ambiente em que o veículo circula (urbano ou rodoviário), e o custo-benefício do sistema. Em situações em que o ruído ambiente é elevado, sinais visuais se mostram mais eficazes; já em ambientes silenciosos, o alerta sonoro pode ser suficiente.

Quadro 3 – Comparativo entre dispositivos de saída em sistemas de alerta de ponto cego

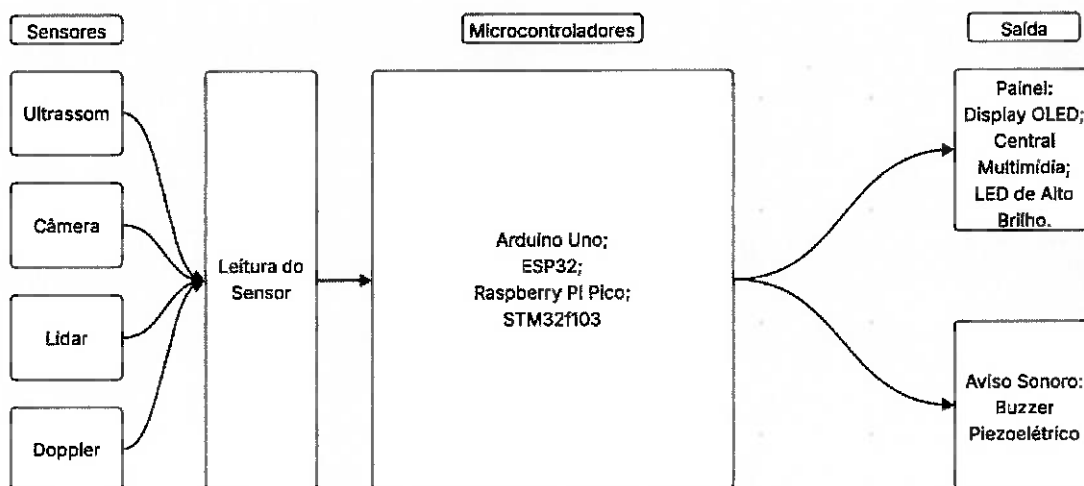
Tipo de Dispositivo	Forma de Alerta	Local de Instalação Comum	Vantagens	Desvantagens
LED de alto brilho	Visual (luz intermitente ou contínua)	Retrovisores, painel	Simple, baixo custo, resposta imediata	Pode passar despercebido em ambientes muito iluminados
Display OLED ou LCD	Visual (símbolos ou mensagens)	Painel, área central do veículo	Informações mais completas e intuitivas	Custo mais elevado, maior complexidade de implementação
<i>Buzzer</i> piezoelétrico	Sonoro (bipe intermitente ou contínuo)	Painel, próximo ao condutor	Fácil implementação, som de alerta direto	Pode ser incômodo ou confundido com outros sons do veículo
Central multimídia integrada	Sonoro e/ou visual (mensagens e sons personalizados)	Tela da central multimídia	Integração com o sistema do veículo, alerta mais completo	Requer sistema compatível, maior complexidade técnica

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do projeto (2025).

3 METODOLOGIA

Como visto durante a leitura deste projeto, será necessário a utilização de sensores, placas, entre outros. Como mostrado na figura 11 temos alguns dos componentes que podem ser utilizados.

Figura 11- Diagrama de Bloco



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do projeto (2025).

3.1 SENSOR DE ULTRASSOM

Um sensor ultrassônico como apresentado na figura 12 é um dispositivo que utiliza ondas sonoras de alta frequência acima do limite audível para humanos para detectar objetos ou medir distâncias.

O princípio de funcionamento dos sensores ultrassônicos está baseado na emissão de uma onda sonora de alta frequência, e na medição do tempo levado para a recepção do eco produzido quando esta onda se choca com um objeto capaz de refletir o som. Eles emitem pulsos ultrassônicos ciclicamente. Quando um objeto reflete estes pulsos, o eco resultante é recebido e convertido em um sinal elétrico.

A detecção do eco incidente, depende de sua intensidade e esta da distância entre o objeto e o sensor ultrassônico. Os sensores ultrassônicos funcionam medindo o tempo de propagação do eco. Isto é, o intervalo de tempo medido entre o impulso sonoro emitido e o eco do mesmo. A construção do sensor faz com que o feixe ultrassônico seja emitido em forma de um cone.

Figura 12 – Sensor de Ultrassom



Fonte: MP Automação-2025

3.2 SENSOR DE CÂMERA

Como apresentado na figura 13 Geralmente utilizado para ré e/ou estacionamento. Em seu nível mais básico, um sensor de câmera é um dispositivo de estado sólido que absorve partículas de luz (fótons) através de milhões de pixels sensíveis à luz e as converte em sinais elétricos. Esses sinais elétricos são então interpretados por um chip de computador, que os utiliza para produzir uma imagem digital.

Figura 13: Sensor de Câmera



Fonte: Amazon-2025

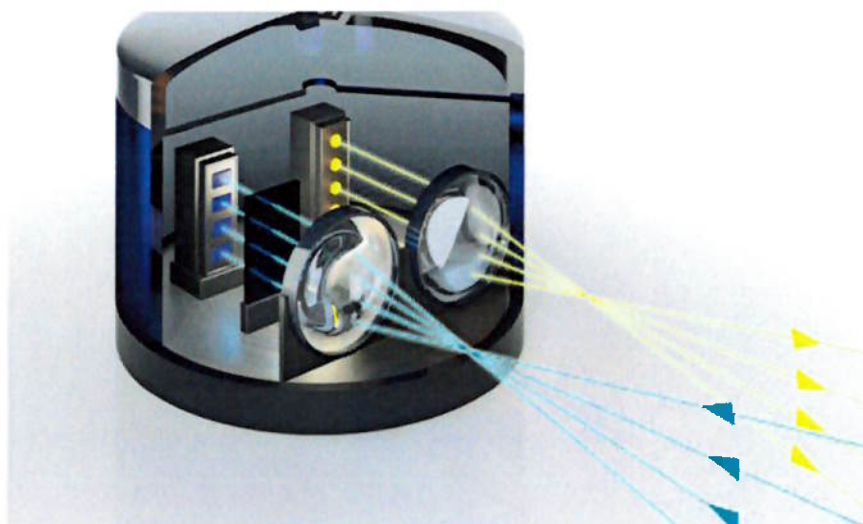
3.3 SENSOR LIDAR

O LIDAR (*Light Detection and Ranging*) que está na figura 14 é um sensor remoto ativo a bordo de plataformas (tripuladas ou não tripuladas) e um método direto de captura de dados, ele possui sua própria fonte de energia, neste caso, uma fonte de luz, o laser. O LIDAR emite feixes de laser na banda do infravermelho próximo (IV) e é capaz de modelar a superfície do terreno tridimensionalmente.

O LIDAR permite gerar produtos como o Modelo Digital de Terreno e o Modelo Digital de Superfície que representam o terreno (sem nenhuma cobertura) e a superfície (edifícios, árvores, etc.), respectivamente.

A técnica LIDAR é utilizada principalmente para levantamentos topográficos, para caracterizar a estrutura da vegetação, bem como a volumetria de edificações e ambientes urbanos de forma mais rápida e confiável.

Figura 14: Sensor LIDAR



Fonte: SCHOTT-2025

3.4 SENSOR DOPPLER

Um sensor *Doppler* como na figura 15 é um dispositivo que mede a velocidade de um objeto em movimento, utilizando o efeito *Doppler*, que é a mudança na frequência de uma onda (como luz ou som) causada pelo movimento da fonte em relação ao observador. O sensor emite ondas de rádio ou micro-ondas e, ao detectar a alteração na frequência das ondas refletidas pelo objeto, calcula a sua velocidade.

Ele funciona através da emissão de sinal (O sensor emite uma onda, geralmente de rádio, laser ou ultrassom), que ao atingir algum objeto, o reflete para um analisador de frequências, fazendo o sensor comparar a frequência do sinal emitido com a do sinal refletido e, caso o objeto esteja se movendo, ele calcula a velocidade fazendo a diferença entre o sinal emitido e o refletido.

Figura 15: Sensor Doppler

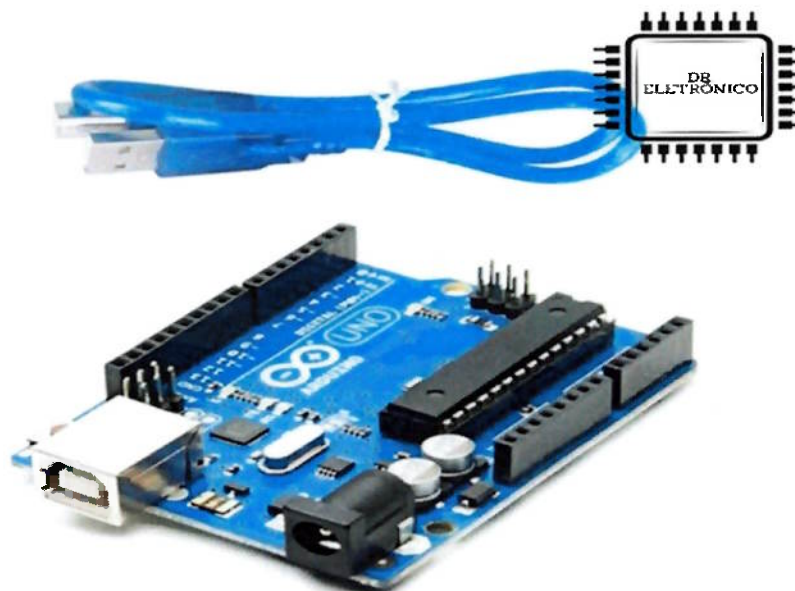


Fonte: In- Situ -2020

3.5 ARDUINO UNO

O Arduino como mostrado na figura 16 é uma placa de prototipagem eletrônica de código aberto (*open-source*) e hardware livre. Ele e o *Raspberry Pi* são duas das plataformas de prototipagem mais utilizadas. Ele é composto por um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada e saída e programação via IDE (*Integrated Development Environment*, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado). Seu software foi desenvolvido por meio de linguagem baseada em C/C++, usando um ambiente gráfico escrito em Java. Sendo assim, a programação do Arduino dispensa equipamentos extras além de um cabo USB.

Figura 16: Arduino Uno



Fonte: DR. ELETRÔNICO-2025

3.6 ESP32

O ESP32 como mostrado na figura 17 é um chip microcontrolador de 32 bits que possui integrado um conjunto de funcionalidades necessárias para o desenvolvimento de soluções IoT. Muitas pessoas também utilizam ESP32 para se referirem aos módulos e placas que contém esse chip.

O chip ESP 32 possui um microcontrolador dual-core de 32 bits, além de Wi-Fi e Bluetooth 4.2 incorporados. Além disso, estão disponíveis 36 pinos GPIO, 512kBytes de memória SRAM, 16 canais PWM, interface SPI, I2C, I2S e UART. Outra novidade em comparação com o ESP8266 é a interface CAN, utilizada em automóveis, *Ethernet*, sensor de toque e temperatura.

Figura 17 – ESP32



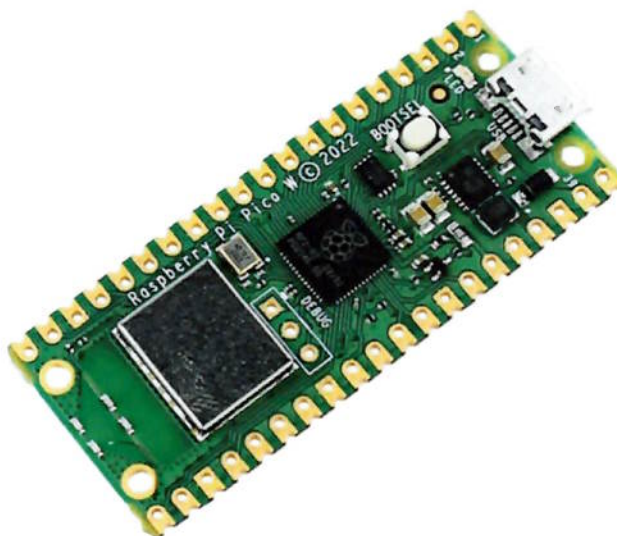
3.7 RASPBERRY PI PICO

A *Raspberry Pi Pico* como mostrado na figura 18 é uma plataforma de microcontrolador inovadora projetada pela *Raspberry Pi Foundation*, especificamente criada para entusiastas da eletrônica, educadores e desenvolvedores que buscam uma solução de baixo custo, mas poderosa, para prototipagem e projetos diversos.

Equipada com o microcontrolador dual-core ARM Cortex-M0+ RP2040, operando a 133 MHz, ela combina eficiência energética com desempenho excepcional. Com 256 KB de RAM, 2 MB de *Flash*, e suporte para *Python* e *C/C++*, a Pico abre um leque de possibilidades para aprendizado, ensino de programação e desenvolvimento de aplicações em IoT, wearables, automação residencial e sistemas embarcados.

Além disso, o seu tamanho compacto, aliado ao amplo conjunto de recursos de IO, como GPIOs, ADCs e PWMs, faz dela uma placa versátil, atendendo às necessidades de um público amplo, desde iniciantes a profissionais, que desejam criar ideias inovadoras.

Figura 18 – *Raspberry Pi Pico*



Fonte: USINAINFO-2025

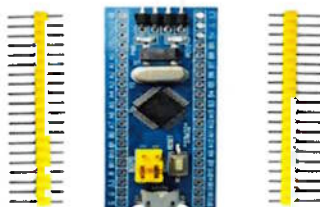
3.8 STM32F103

Os microcontroladores STM32F103 que está na figura 19 utilizam o núcleo Cortex-M3, com velocidade máxima de CPU de 72 MHz. O portfólio abrange de 16K bytes a 1M byte de Flash com periféricos de controle de motor, interface USB de alta velocidade e CAN.

Suas principais características são:

- Núcleo: ARM Cortex-M3.
- Velocidade: Até 72 MHz.
- Memória: Flash de 16 KB a 1 MB.
- Periféricos: USB, CAN e outros.

Figura 19 – STM32F103

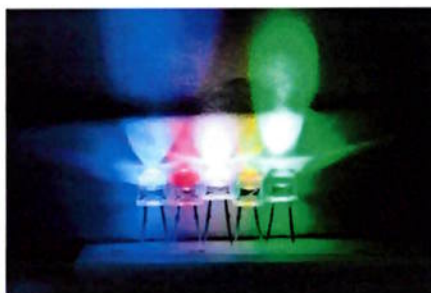


Fonte: CASA DA ROBÓTICA-2025

3.9 LED DE ALTO BRILHO

O LED de Alto Brilho como mostrado na figura 20 é um diodo emissor de luz comumente utilizado como fonte luminosa ou sinalizadora em projetos eletrônicos e em determinados locais ou instrumentos onde se torna conveniente a utilização do LED ao invés de uma lâmpada comum. O LED de Alto Brilho é um componente eletrônico bipolar, já que possui dois terminais: o anodo e o catodo. Dependendo de sua polarização, é capaz de permitir ou não a passagem da corrente elétrica ao seu LED.

Figura 20 – LED de alto brilho



Fonte: WJ COMPONENTES ELETRÔNICOS-2025

3.10 DISPLAY OLED

OLED (*Organic Light-Emitting Diode*) como está na figura 21 é uma tecnologia usada em telas de celulares, monitores e TVs que se baseia em pixels auto emissores de luz para formar imagens. Sua aplicação gera painéis com cores vibrantes e preto verdadeiro sem a necessidade de retroiluminação.

Figura 21 – Display OLED



Fonte: MOUSER ELETRONICS-2025

3.11 BUZZER PIEZOELÉTRICO

O módulo *Buzzer* Piezoelétrico como mostrado na figura 22 é um componente indicado para você que precisa adicionar efeitos sonoros mais potentes em projetos eletrônicos como alarmes, sistemas de sinalização, jogos, brinquedos, etc.

O *buzzer* piezoelétrico é um tipo de *buzzer* ativo que se difere do convencional devido à sua alta capacidade de emissão sonora, trabalhando com tensão entre 3 V e 24 V.

Figura 22 – *Buzzer* Piezoelétrico

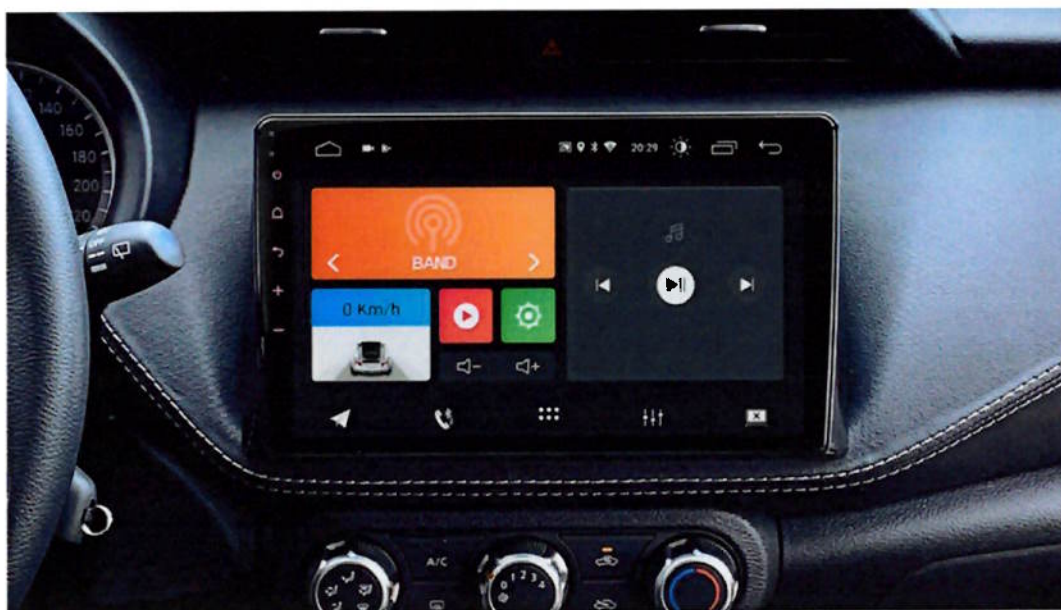


Fonte: ELETROGATE-2025

3.12 CENTRAL MULTIMÍDIA INTEGRADA

Como mostrado na figura 23, trata-se de um sistema integrado que reúne, em uma única central, recursos de áudio, vídeo, navegação, conectividade e, em alguns casos, até mesmo diagnósticos do próprio veículo.

Figura 23 – Central Multimídia Integrada



Fonte: FAAFTECH-2021

4 DESENVOLVIMENTO

Para controlar o sistema foi usado uma placa FATEC, para as leituras dos sinais foram usados sensores ultrassônicos e sensores doppler e para saída na amostragem foram usado LEDs.

Todos os componentes estão ligados em uma fonte de alimentação com tensão de 12V.

4.1 APLICAÇÃO

Para o envio do conceito proposto, utilizou-se um protótipo carro de brinquedo como apresentado na figura 24, com os sensores posicionados a frente e aos lados e na traseira do protótipo, e o projeto com o microcontrolador na caçamba do protótipo. Ao aproximar algum objeto maciço a frente do protótipo, em uma distância estabelecida um LED de alerta acende, é quando um objeto entra no campo lateral onde se encontra os pontos cegos do veículo outros LEDs posicionados próximos aos retrovisores acendem-se no lado onde ocorre a ocorrência.

Figura 24- protótipo veículo de brinquedo

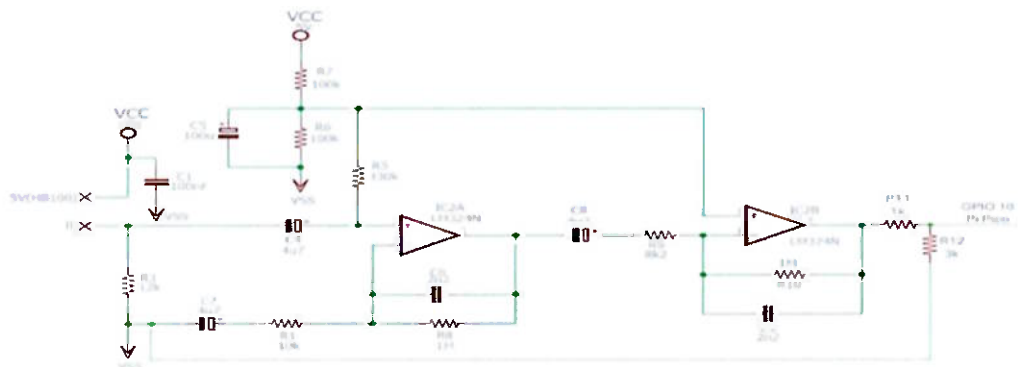


Fonte: autores- 2025

4.2 FUNCIONAMENTO GERAL

O software através do vscode é compilado o código e pela interface do raspberry pi pico, usando uma linguagem C que possui facilidade para obter a integração. O projeto em si, com a orientação do Prof. Paulo, onde o código fonte foi subdividido em funções de entrada saída e tratamento (saídas com os Leds e entrada ultrassom e doppler). Para o doppler foi usado um sistema de amplificação utilizando o amplificador operacional Lm324. Na figura 25 podemos verificar o esquema elétrico do projeto.

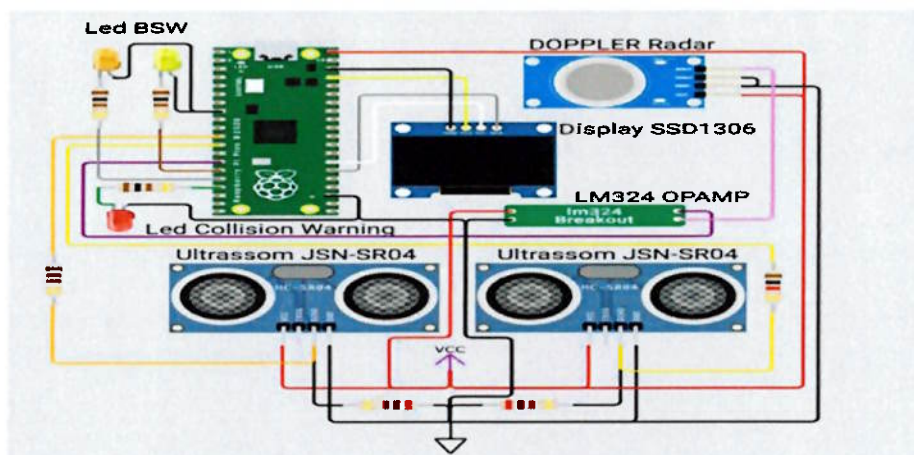
Figura 25- esquema elétrico



Fonte: Autores -2025

Já na figura 26, podemos ver o projeto no simulador de computador *wokwi*, onde testes dos códigos foram feitos antes de montar o projeto.

Figura 26 – montagem do projeto



Fonte: autores -2025

5 CONCLUSÃO

O projeto de desenvolvimento de um sistema de detecção de aproximação e ponto cego para veículos com microcontrolador Raspberry pi pico demonstrou-se eficaz e viável como solução de baixo custo para aumentar a segurança automotiva. O sistema foi capaz de identificar objetos próximos ao veículo e alertar sobre possíveis colisões, especialmente em áreas de difícil visibilidade.

6 PROPOSTA FUTURAS

Além de cumprir os objetivos propostos, o projeto abre espaço para futuras melhorias, como a comunicação com sistemas embarcados via Bluetooth ou Wi-Fi, e integração com câmeras para visão computacional. Em suma, o sistema representa um avanço acessível e funcional na direção de veículos mais inteligentes e seguros.

7 REFERÊNCIAS

ARDUINO. Arduino Uno Rev3 Datasheet. Disponível em: <https://docs.arduino.cc>. Acesso em: 18 maio 2025.

AMAZON (<https://m.media-amazon.com/images/I/61SLYdScGPL.AC SX679 .jpg>)-2025

AUTO ENTUSIASTAS (<https://autoentusiastas.com.br/2019/12/honda-civic-touring-2020-no-uso-com-video/>)-2025

BARROS, J.; LIMA, F. Sistemas embarcados com microcontroladores. São Paulo: Novatec, . [Livros de Informática, Marketing Digital e Negócios | Novatec Editora](#) -2021

BYTEFLOP. LED de Alto Brilho – 5mm – Cores Diversas. Disponível em: <https://www.byteflop.com.br/led-alto-brilho-5mm>. Acesso em: 31/05/2025

BLOG LIDARNEWS (<https://blog.lidarnews.com/fully-autonomous-cruise-av-has-5-lidar-sensors/>)-2025

BLICKFELD. *LiDAR specifications explained*. Disponível em: <https://www.blickfeld.com/blog/understanding-lidar-specifications/>. Acesso em: 27 maio 2025.

CARDIM, Igor. Distrações causam 18% dos acidentes de trânsito no mundo. Agência Brasil, 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br>. Acesso em: 27 mai. 2025.

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. Relatório técnico sobre pontos cegos. São Paulo, [cet. companhia de engenharia de tráfego](#) - 2023.

CASA DA ROBÓTICA (<https://www.casadarobotica.com/placas-embarcadas/outras-placas/placa-de-desenvolvimento-microcontrolador-stm32f103-c6t6-arm-stm32f>) -2025

CASA DA ROBÓTICA (<https://www.casadarobotica.com/sensor-de-obstaculo-reflexivo-infravermelho-ir-arduino-pic>)-2025

DR. ELETRÔNICO (<https://cdn.awsli.com.br/2500x2500/1323/1323007/produto/221365725/70-u4h70urbio.png>)-2025

DSR/INPE. *LIDAR – Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR/INPE*. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/DSR/areas-de-atuacao/sensores-plataformas/lidar>. Acesso em: 31/05/2025

DIAGNÓSTICOS POR EFEITO DOPPLER. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/diagnosticos-por-efeito-doppler.htm>. Acesso em: 31 maio 2025.

EFEITO DOPPLER E OS DIAGNÓSTICOS POR IMAGEM. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/efeito-doppler-os-diagnosticos-por-imagem.htm>. Acesso em: 31 maio 2025

ELETROGATE (<https://www.eletrogate.com/buzzer-ativo-piezoelétrico-de-alta-potencia>)-2025

EFEITO DOPPLER: conheça os seus princípios. Sanarmed. Disponível em: <https://sanarmed.com/principios-do-doppler/>. Acesso em: 31 maio 2025.

EFEITO DOPPLER: o que é, exemplos, aplicações. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-efeito-doppler.htm>. Acesso em: 31 maio 2025.

EFEITO DOPPLER. Wikipédia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Doppler. Acesso em: 31 maio 2025.

ESPRESSIF. *ESP32 Datasheet*. Disponível em: <https://www.espressif.com>. Acesso em: 30 maio 2025.

FMCSA – Federal Motor Carrier Safety Administration. *No-Zone Program*. Washington, D.C... [FMCSA – Federal Motor Carrier Safety Administration -2020](#).

FUJIFILM. Sensor de Câmera. Disponível em: <https://www.fujifilm-x.com/en-us/series/fundamentals-of-photography/camera-sensors-what-are-they-and-how-do-they-work/>. Acesso em 31/05/2025.

FUTURE ELECTRONICS. (<https://store.fut-electronics.com/products/esp-32>) -2025

FERNANDES, Marcos. Sensores automotivos: aplicações e fundamentos. São Paulo: Érica. <https://sel.eesc.usp.br/marcos-rogerio-fernandes/> -2019.

FAAFTECH (<https://faaftech.com/blog/saiba-como-escolher-a-melhor-multimidia-para-seu-carro/>) -2021

GUERRA, Arthur. Álcool e trânsito: uma mistura letal. Jornal da USP, 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br>. Acesso em: 27 mai. 2025.

HALOVIEW. *Car Blind Spot - Everything You Need to Know: See Less, Hit More: How Your New Car's Blind Spots Are Expanding* : Mar 11, 2022.

HELLA (<https://www.hella.com/partnerworld/pt/Programa-de-produtos/Eletronica-automotiva/Sensores-de-radar-HELLA-6088/>)-2025

IN-SITU (<https://in-situ.com/en/doppler-ultrasonic-velocity-sensor>) -2020

INFINEON TECHNOLOGIES. *Radar sensors for automotive*. Disponível em: <https://www.infineon.com/cms/en/product/sensor/radar-sensors/radar-sensors-for-automotive/>. Acesso em: 27 maio 2025

IDRISZ.MY (<https://idrisz.my/raspberry-pi-pico/>) -2025

MOUSER ELETRONICS (<https://br.mouser.com/new/adafruit/adafruit-oled-display-breakout-board/>) -2025

MP AUTOMAÇÃO. Sensor Ultrassônico. Disponível em: <https://mpautomacao.com/sensor-ultrassonico>. Acesso em: 31/05/2025.

MAKERHERO. *ESP32*. Disponível em: <https://www.makehero.com/categoria/wireless-esp32>. Acesso em: 31/05/2025

MAKERHERO. *Raspberry PI Pico*. Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/raspberry-pi-pico>. Acesso em: 31/05/2025

MAKERHERO. Módulo Buzzer Piezoelétrico. Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/modulo-buzzer-piezoelétrico>. Acesso em: 31/05/2025

MOURA. Multimídia para carros: descubra tudo sobre essa tecnologia. Disponível em: <https://www.moura.com.br/blog/multimidia-para-carro>. Acesso em: 31/05/2025

MAKERHERO (<https://www.makehero.com/blog/sensor-ultrassonico-hc-sr04-ao-arduino/>)-2025

MP Automação (https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQQ_jPfsKbfx20vM3tFG-nuw6CmIOeg7d7Rs-zhDuul2Q&s)-2025

MAKER HERO (<https://www.arducore.com.br/esp32-esp-wroom-32-wi-fi-bluetooth-esp-32-nodemcu>) -2025

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration. *Blind Spot Safety*. [Avoid Blind Spots: Safety Tips to Prevent Accidents](#) 2023.

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration. *Blind Spot Safety*. Washington, D.C... [NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration](#). -2021.

NAPS TECNOLOGIA Y EDUCACIÓN (<https://naps.com.mx/blog/arduino-lo-primero-que-debes-saber/arduino-articulo-resumido/>) -2025

ODATA. Sensores avançados em veículos populares. São Paulo: Autodata, <https://www.autodata.com.br/autodata/> 2020

OYI ELECTRONIC. *Camera Monitor System (CMS) TF108 MSV25 rear view mirror*. Disponível em: <https://www.blindspotmonitor.com/product/camera-monitor-system-cms/>. Acesso em: 27 maio 2025.

PORTAL DO TRÂNSITO. Falhas humanas e acidentes de trânsito no Brasil. Portal do trânsito, 2024. Disponível em: <https://www.portaldotransito.com.br>. Acesso em: 27 mai. 2025.

RASPBERRY PI FOUNDATION. *Raspberry Pi Pico Documentation*. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/raspberry-pi-pico.html>. Acesso em: 18 maio 2025.

SPARKFUN ELECTRONICS. *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*. Disponível em: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>. Acesso em: 27 maio 2025.

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. "Efeito Doppler"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-efeito-doppler.htm>. Acesso em: 31 maio 2025.

SENSOR MICRO-ONDAS KMY 24. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://www.eletrica.ufpr.br/edu/Sensores/2000/daniele/index.html>. Acesso em: 31 maio 2025.

SISTEMA ULTRASSÔNICO para medição de velocidade de escoamento de fluidos por efeito Doppler. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/32176>. Acesso em: 31 maio 2025.

ST. *STM32F103*. Disponível em: <https://www-st-com.translate.google/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f103.html>. Acesso em: 31/05/2025

STMICROELECTRONICS. *STM32F103 Reference Manual*. Disponível em: <https://www.st.com>. Acesso em: 30 maio 2025.

SCHOTT (<https://www.schott.com/pt-br/products/hermetic-packages-for-lidar-sensors-p1000281/applications>) -2025

STM32-BASE (<https://stm32-base.org/boards/STM32F103C8T6-WeAct-Blue-Pill-Plus-Clone>)-2025

SILVA, R. A.; OLIVEIRA, M. S.; ALMEIDA, P. C. Sistemas de assistência veicular baseados em sensores. *Revista de Engenharia Aplicada*, v. 10, n. 2, p. 45-59, ; [Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada | Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada2022](#).

TECNOBLOG. O que é OLED? Conheça as vantagens da tecnologia usada em telas. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-oled/>. Acesso em: 31/05/2025

TECHZEERO. *IR Sensor - IR Receiver and Transmitter, Pinout, Specifications*. Disponível em: <https://techzeero.com/sensors-modules/ir-sensor/>. Acesso em: 27 maio 2025.

USINAINFO (<https://www.usinainfo.com.br/placa-raspberry-pi/raspberry-pi-pico-w-com-wifi-e-bluetooth-8780.html>)2025

ULTRASSONOGRAFIA. Wikipédia. Disponível em:
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ultrassonografia>. Acesso em: 31 maio 2025.

VICTOR VISION. O que é Arduino: para que serve, benefícios e projetos. Disponível em:
<https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 31/05/2025

WJ COMPONENTES ELETRÔNICOS (<https://www.wjcomponentes.com.br/led-5mm-amarelo>) -2025