



**Fernando Henrique Schaefer**

**ASSISTENTE DE ESTACIONAMENTO PARA VEÍCULO COM REBOQUE**

Horizontina-RS

2023

**Fernando Henrique Schaefer**

**ASSISTENTE DE ESTACIONAMENTO PARA VEÍCULO COM REBOQUE**

Projeto do Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia de Controle e Automação da Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Me. Douglas de Castro Karnikowski.

Horizontina-RS

2023

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
**CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso**

**“ASSISTENTE DE ESTACIONAMENTO PARA VEÍCULO COM REBOQUE”**

**Elaborada por:  
Fernando Henrique Schaefer**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Controle e Automação

Aprovado em: 01/12/2023  
Pela Comissão Examinadora

---

Titulação. Me. Douglas de Castro Karnikowski.  
Presidente da Comissão Examinadora – Orientador

---

Titulação. Me. Rodrigo Bastos  
FAHOR – Faculdade Horizontina

---

Titulação. Me Geovane Webler  
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina – RS  
2023**

## RESUMO

O objetivo principal do estudo foi implementar um Assistente de Estacionamento para Veículo com Reboque (AEVR) facilitando manobras em marcha ré, orientando o motorista em tempo real para qual lado deve virar o volante assim entregando mais confiabilidade, culminando no desenvolvimento de um protótipo a fim de validar o sistema proposto. O projeto utiliza um microcontrolador Arduino UNO que recebe um algoritmo com lógica de programação, display LED que orienta o motorista e dois sensores giroscópio, um instalado no veículo e o outro no reboque. Os resultados extraídos na prototipagem demonstram a funcionalidade do sistema diante dos objetivos propostos, utilizando componentes de baixo custo tendo em vista uma aplicação real nos veículos. A implementação foi realizada em um veículo miniatura controlado remotamente e um trailer do tipo reboque construído a partir de impressão 3D.

Palavras-chave: Assistente de Estacionamento. Sensor Giroscópio. Microcontrolador Arduino.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arduino Uno R3.....	11
Figura 2 - <i>Display LCD</i> 20x4 Backlight.....	12
Figura 3 - Bateria LiPo.....	13
Figura 4 - Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC.....	13
Figura 5 - Chave 2 Posições.....	14
Figura 6 - Módulo GY-521 MPU6050 - Acelerômetro e Giroscópio.....	14
Figura 7 - Fluxograma de funcionamento do sistema.....	18
Figura 8 - Multímetro indicando a tensão de alimentação do sistema.....	19
Figura 9 - Multímetro indicando a tensão de alimentação da bateria.....	19
Figura 10 - Multímetro indicando a tensão de alimentação do sensor giroscópio.....	20
Figura 11 - Circuito elétrico do sistema.....	21
Figura 12- Carrinho de controle remoto.....	22
Figura 13 - Montagem do reboque no CAD.....	22
Figura 14 - Impressora 3D fabricando peças do reboque.....	23
Figura 15 - Peças do reboque impressas em 3D.....	23
Figura 16 - Reboque montado impresso em 3D.....	24
Figura 17 - Engate reboque montado impresso em 3D.....	24
Figura 18 - Reboque aberto com a parte eletrônica.....	25
Figura 19 - Interruptor.....	25
Figura 20 - Conjunto Montado.....	26
Figura 21 – Controle Remoto.....	27
Figura 22 - Início do Algoritmo.....	27
Figura 23 - Mensagem inicial no <i>display LCD</i> .....	28
Figura 24 - Cálculo de subtração dos do ângulo dos sensores.....	28
Figura 25 - Mensagem gravada no <i>display LCD</i> .....	29
Figura 26 - Ângulo diferente de 0°, veículo e reboque desalinhado.....	29
Figura 27 - Informação para qual lado virar o volante.....	29
Figura 28 - Fluxograma de funcionamento.....	30
Figura 29 - Informação para manter o volante fixo.....	31
Figura 30 - Vire o volante para a direita.....	32
Figura 31 - Vire o volante para a esquerda.....	33
Figura 32 - Sensores giroscópio.....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

AEVR - Assistente de Estacionamento para Veículo com Reboque

LED - *Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz)

I2C - *Inter-Integrated Circuit* (Circuito Inter-Integrado)

LCD - *Liquid Crystal Display* ou Display de Cristal Líquido

LiPo - Polímero de Lítio

V - Volts

A - Amperes

3D - 3 Dimensões

IDE - *Integrated Development Environment* (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

DC - *Direct Current* (Corrente Contínua)

CAD - *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)

SDA – *Serial Data* (Dados Serial)

SCL – *Serial Clock* (Clock Serial)

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	TEMA.....	8
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	8
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA.....	9
1.4	OBJETIVOS.....	9
1.4.1	Objetivo geral.....	9
1.4.2	Objetivos específicos.....	9
1.5	JUSTIFICATIVA.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	ARDUINO.....	11
2.2	<i>DISPLAY LCD</i> .....	11
2.3	FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS.....	12
2.3.1	Hardware.....	12
2.3.2	Comunicação I2C.....	12
2.3.3	Bateria de Alimentação.....	12
2.3.4	Regulador de Tensão LM2596.....	13
2.3.5	Interruptor.....	13
2.3.6	Sensor MPU6050.....	14
3.	METODOLOGIA.....	15
3.1	MÉTODOS DE ABORDAGEM.....	15
3.2	MÉTODOS DE PROCEDIMENTOS.....	15
3.3	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS.....	15
3.4	ANÁLISE DOS DADOS.....	15
3.5	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	16
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADO.....	17
4.1	FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO E ESQUEMÁTICO ELETRÔNICO.....	17
4.2	MODELAGEM E MONTAGEM DO EQUIPAMENTO E PROTÓTIPO DO REBOQUE.....	21
4.3	LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO.....	27
4.4	RESULTADOS.....	30
5.	CONCLUSÃO.....	35
	REFERÊNCIAS.....	37

APÊNDICE.....	39
---------------	----



## 1. INTRODUÇÃO

A fobia de dirigir tem sido alvo, nas últimas décadas, de um crescente número de estudos, uma vez que o medo excessivo e perseverante de conduzir um automóvel pode promover impactos na carreira do indivíduo, embaraço social e restrições significativas em sua autonomia (MATHEUS et al, 2022, p.1).

Manobrar um veículo com reboque não é uma tarefa fácil, principalmente em marcha ré. Pensando nisso, o objetivo deste trabalho é criar um assistente que forneça informações em tempo real ao motorista enquanto manobrar o veículo em marcha ré.

Existem vários tipos de assistentes que auxiliam e proporcionam maior segurança e rapidez nas manobras de estacionamento, como por exemplo sensores de proximidade. Porém, viu-se a necessidade de criar um sistema que possa informar o motorista que se sente inseguro ou tenha dificuldade ao manobrar um veículo de carga independente do tipo reboque.

Atualmente, as tecnologias disponíveis no mercado, não atendem a proposta do projeto em questão. Antunes et al. (2019) desenvolveram uma tecnologia inovadora para situação similar, através da implementação da tecnologia PnP (*Plug and Play*) e sensor Giroscópio MPU6050.

Visando auxiliar condutores inexperientes ou com pouco senso de direção para manobrar veículo com acessório articulado foi desenvolvido o AEVR para proporcionar maior segurança e agilidade. Por meio disso, o condutor é informado através de um *display* qual é o ângulo de inclinação do veículo em relação ao objeto manobrado. Com base nesta informação, o motorista pode executar a manobra para o alinhamento do veículo.

Um dos grandes benefícios da implementação desse projeto é o baixo custo com dispositivos e acessórios tendo a possibilidade de uma implementação no ramo automobilístico visando a comercialização do mesmo.

### 1.1 TEMA

Automação e controle de um Assistente de Estacionamento para Veículo com Reboque para manobras em marcha ré.

### 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Desenvolvimento de um sistema de automação e controle de um Assistente de Estacionamento para Veículo com Reboque (AEVR).

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Como um AEVR pode auxiliar pessoas ao manobrar em marcha ré com segurança?

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 Objetivo geral

Desenvolver um assistente de estacionamento para manobras de veículos do tipo reboque.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

Apresentar as informações de posicionamento do veículo em tempo real ao condutor.

Desenvolver o protótipo de um assistente de estacionamento de veículos com reboque.

Fazer a instalação e validação do sistema em um protótipo para demonstração.

### 1.5 JUSTIFICATIVA

A utilização de diferentes tecnologias no ramo automobilístico vem crescendo muito nos últimos anos e são cada vez mais indispensáveis tendo em vista que as tecnologias auxiliam e entregam muitos benefícios, principalmente os sensores.

O estudo sobre o presente projeto é relevante pois tem como propósito facilitar a vida das pessoas que possuem carteira de habilitação, mas não se sentem seguras em manobrar um veículo do tipo reboque.

Podemos encontrar dificuldade em manobrar reboque de barco, de carga, trailers, e outros assemelhados, e o assistente entregará mais confiabilidade.

O assunto abordado é importante para a ciência que estuda a tecnologia e aplicação de sensores, pois abrirá portas para futuras pesquisas e aprimoramentos sobre o assunto.

Assim os dados gerados e fornecidos ao motorista entregam uma dinâmica de informações, pois dessa forma é possível facilitar as manobras trazendo resultados satisfatórios.

Frente ao exposto, este projeto visa dispor de mais um recurso tecnológico para auxiliar o dia a dia das pessoas.

A necessidade de criar o AEVR pode contribuir para a redução da insegurança que algumas pessoas possuem em manobrar.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são expostas as noções técnicas que constituirão o projeto, englobando todas as informações essenciais para a elaboração do circuito eletrônico, ferramentas tecnológicas e sensoriamento.

### 2.1 ARDUINO

Na figura 1 podemos verificar um microcontrolador Arduino UNO R3.

Basicamente, permite que você conecte circuitos eletrônicos a seus terminais, permitindo que ele controle coisas – como, por exemplo, ligar ou desligar dispositivos, como lâmpadas e motores, ou medir grandezas físicas, como luz e temperatura. Essa é a razão pela qual algumas vezes dizemos que o Arduino realiza uma computação física (concreta). Como os Arduinos podem ser conectados a um computador por meio de um cabo USB (universal serial bus, ou barramento serial universal), isso significa também que você pode usar o Arduino como placa de interface e controlar esses mesmos dispositivos a partir de seu computador (MONK, 2017,p.1).

Figura 1 - Arduino Uno R3



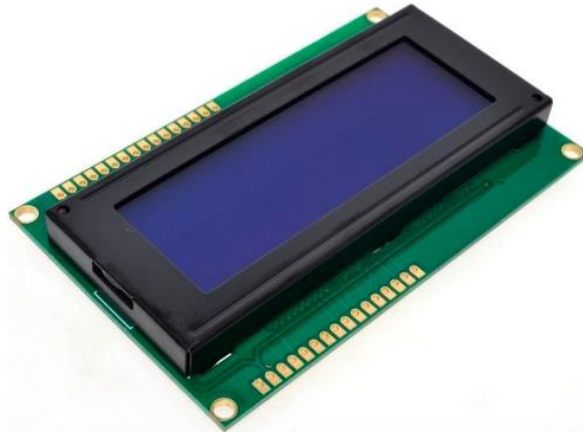
Fonte:<https://www.cirilocabos.com.br/uno-r3-arduino-uno-r3-dip-robotica-arduino/p>, sd.

UNO é seu modelo e R3 é sua versão.

### 2.2 DISPLAY LCD

Segundo SANTOS et al (2019) “o *display LCD (Liquid Crystal Display)*, conforme figura 2, é um componente que possibilita a interação entre o usuário e o hardware.”

Figura 2 - *Display LCD 20x4 Backlight*



Fonte: <https://www.saravati.com.br/display-lcd-2004a-20x4-backlight-azul.html>, sd.

## 2.3 FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS

Nesta seção são apresentados os conceitos e as ferramentas tecnológicas relevantes, enfatizando aquelas que são utilizadas para a execução do projeto.

### 2.3.1 Hardware

“O hardware de um computador usualmente combina dispositivos eletrônicos (por exemplo, processador, memória, vídeo) e componentes mecânicos (por exemplo, teclado, impressora, unidade de leitura de discos)” (CARVALHO, LORENA, 2017, p.80).

### 2.3.2 Comunicação I2C

I<sup>2</sup>C significa Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado) e pode ser pronunciado como “I dois C”. Ele foi criado pela Philips, tendo como vantagem a simplicidade e o baixo custo, e, como desvantagem, a velocidade (O que é o I2C, 2018).

Ele é um barramento serial multimestre, ou seja, é capaz de possuir múltiplos mestres e é usado principalmente para conectar periféricos de baixa velocidade utilizando apenas duas linhas de transmissão, uma SDA (Serial Data Line) responsável pela transmissão de dados bidirecionalmente e uma SCL (Serial Clock Line) com o clock gerado pelo mestre. Além disso, é importante ressaltar que o mesmo trabalha com tensões entre +5 V e +3,3 V (NASCIMENTO et al, 2021, p.3).

### 2.3.3 Bateria de Alimentação

A bateria de LiPo é utilizada para fazer a alimentação de circuitos eletrônicos de Corrente Contínua. Conforme figura 3.

Figura 3 - Bateria LiPo



Fonte: <https://www.ar15sport.com.br/bateria-lipo-le-o-modelismo-11-1v-2200-mah-03-celulas-plug-xt-60>, sd.

#### 2.3.4 Regulador de Tensão LM2596

O Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC fornece em sua saída tensões de 1,5V a 35V e pode ser alimentado com tensões de 3,2V a 40V e, com uma corrente máxima de até 3A, conforme figura 4.

Figura 4 - Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC



Fonte: <https://www.bitmaker.com.br/regulador-de-tensao-lm2596-conversor-dc-dc-step-down>, sd.

#### 2.3.5 Interruptor

A chave ou interruptor é utilizado para seccionar a alimentação do sistema, assim facilitando a sua operação. Conforme imagem 5.

Figura 5 - Chave 2 Posições



Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/produto, sd>

### 2.3.6 Sensor MPU6050

É um sensor que se orienta pelo campo magnético de três eixos, Figura 6, utilizado para medir direção angular.

Figura 6 - Módulo GY-521 MPU6050 - Acelerômetro e Giroscópio



Fonte: <https://www.vidadesilicio.com.br/produto/modulo-gy-521-acelerometro-giroscopio, sd>.

O Acelerômetro e Giroscópio 3 Eixos - MPU6050 é um módulo que contém em uma única placa um acelerômetro e um giroscópio. São 3 eixos para o giroscópio e 3 eixos para o acelerômetro. Possibilitando assim o uso em uma infinidade de projetos.

O sensor se comunica com o microcontrolador e fornece informações através da comunicação I2C.

### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos e métodos aplicados para execução do projeto.

#### 3.1 MÉTODOS DE ABORDAGEM

O projeto é caracterizado pelo método quantitativo e de pesquisa exploratória.

#### 3.2 MÉTODOS DE PROCEDIMENTOS

Os métodos utilizados para a execução do estudo foram as pesquisas e descritivas sobre os processos de controle. Serão utilizadas diversas fontes de referência relacionadas aos tópicos abordados, a fim de adquirir conhecimento sobre eles.

A comunicação entre o microcontrolador Arduino e os dispositivos como display e os sensores serão realizados pelas portas analógicas, A4 - SDA (Serial Dados) e A5 - SCL (Serial Clock) pois é dessa forma que farão o protocolo de comunicação I2C, forma mais eficaz segundo Liu et al. (2019).

Foi utilizado um carrinho de controle remoto e reboque em miniatura fabricado por impressão 3D para instalação do circuito e apresentação dos resultados.

O uso do Arduino e componentes de fácil aceso visa uma aplicação de baixo custo e por se tratar de uma plataforma Open Soure (código livre), possibilitando uso em ensaios acadêmicos via protótipo visando aplicação comercial com produto final.

#### 3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados a partir da utilização de dois sensores giroscópio MPU6050 que através de um algoritmo programado logicamente pela IDE do Arduino foram apresentados em um *display LCD* com a informação do sentido que deve ser girado o volante e quantos graus existe entre o veículo e o reboque.

Os sensores se baseiam como referência de posição, ou seja, um comparado com o outro para coleta dos dados.

#### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados pelos sensores são comparados entre o veículo e o reboque e utilizados para informar ao motorista através de um *display LCD* qual ação deverá tomar ao realizar a manobra.



Caso 1: O reboque esteja desalinhado para a direita em marcha ré, o motorista deve virar o volante para a direita para alinhar;

Caso 2: O reboque esteja desalinhado para a esquerda em marcha ré, o motorista deverá virar o volante para a esquerda para alinhar;

Caso 3: Quando veículo estiver alinhado a 0° com o reboque o motorista deverá manter o volante fixo.

### 3.5 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para a realização do projeto são necessários os seguintes materiais, equipamentos, softwares e hardwares, sendo estes descritos a seguir.

- Arduino IDE;
- Arduino Uno;
- 2 Sensor Giroscópio MPU6050;
- Cabos Jumper;
- *Display LCD 20x4*
- Carro Miniatura com controle remoto;
- Reboque Miniatura;
- Interruptor;
- 2 Modulo Lm2596 Conversor DC DC Regulador Tensão;
- Fonte de alimentação (bateria) 12V DC;

#### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADO

Após apresentado a parte teórica do projeto, a seguir é demonstrado a implementação do mesmo.

##### 4.1 FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO E ESQUEMÁTICO ELETRÔNICO

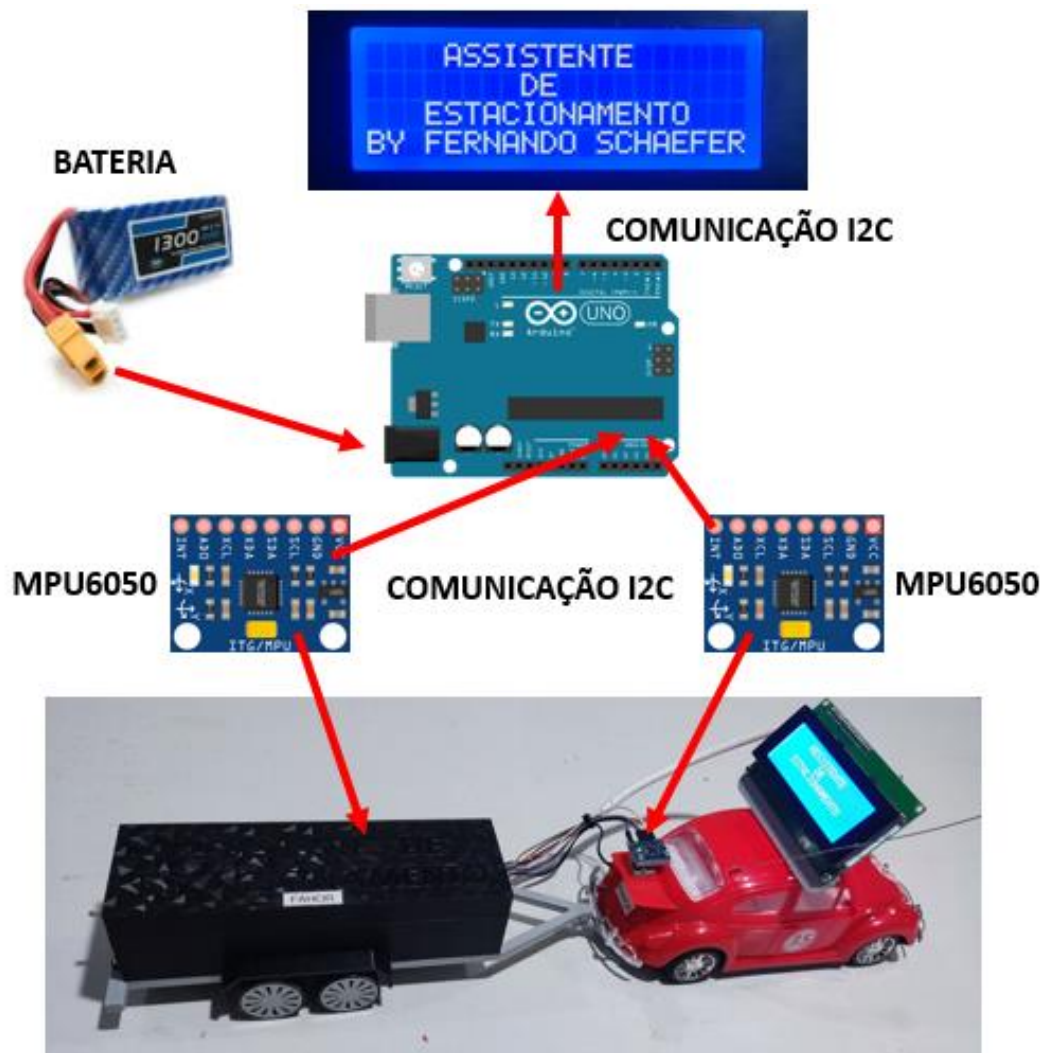
Para que o sistema consiga captar os dados o circuito deverá ser conectado a uma fonte de alimentação (bateria 12V), com o Hardware Arduino em funcionamento, módulos deverão ser ligado nas portas I2C no barramento A4 e A5, pois os sensores Giroscópio e *display LCD* transmitem informação através desse protocolo de comunicação.

Um sensor magnetômetro será instalado no carro e outro no reboque, quando alinhados estarão com ângulo de 0°.

Todo o circuito eletrônico será equipado no reboque, é de lá que virá a fonte de energia para alimentar os componentes e o carrinho.

Para um melhor entendimento do funcionamento da parte esquemática, na figura 7 é possível visualizar o fluxograma.

Figura 7 - Fluxograma de funcionamento do sistema

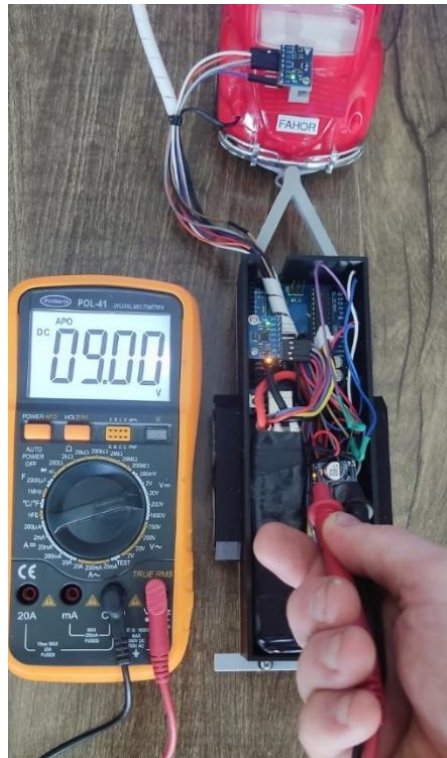


Fonte: Autor, 2023

Com o algoritmo seguindo uma lógica de programação para captação de dados de posição angular dos sensores giroscópio fará uma comparação e demonstrado ao usuário em informações, ou seja, o sensor que estará equipado no carro será a referência, já o sensor que está equipado no reboque, será o comparado para apresentação do resultado da diferença angular.

Um Modulo Lm2596 Conversor DC DC Regulador Tensão é acoplado ao reboque, pois a tensão de alimentação do microcontrolador é de 9V de acordo com a figura 8.

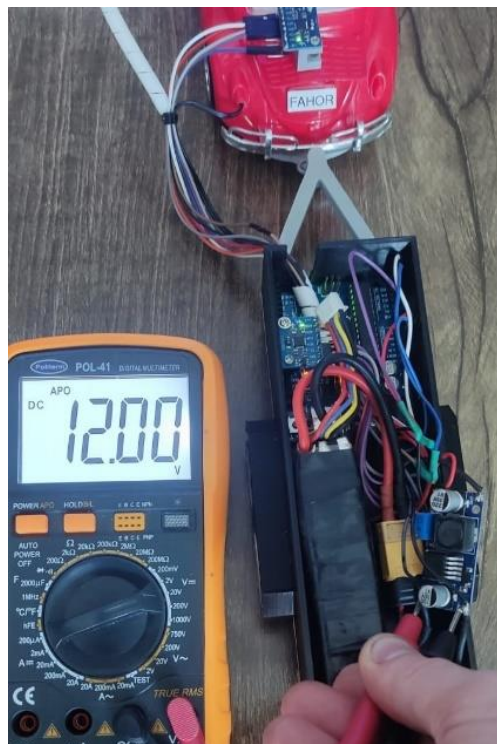
Figura 8 - Multímetro indicando a tensão de alimentação do sistema



Fonte: Autor, 2023

Outro Módulo Lm2596 Conversor DC DC Regulador Tensão é acoplado ao carrinho, pois a tensão de funcionamento é de 4,5V e a fonte de alimentação é 12V conforme figura 9.

Figura 9 - Multímetro indicando a tensão de alimentação da bateria



Fonte: Autor, 2023

O microcontrolador Arduino que está alimentado pela bateria distribui a tensão para cada dispositivo: Sensores e Display ambos 5V, conforme observa-se na figura 10.

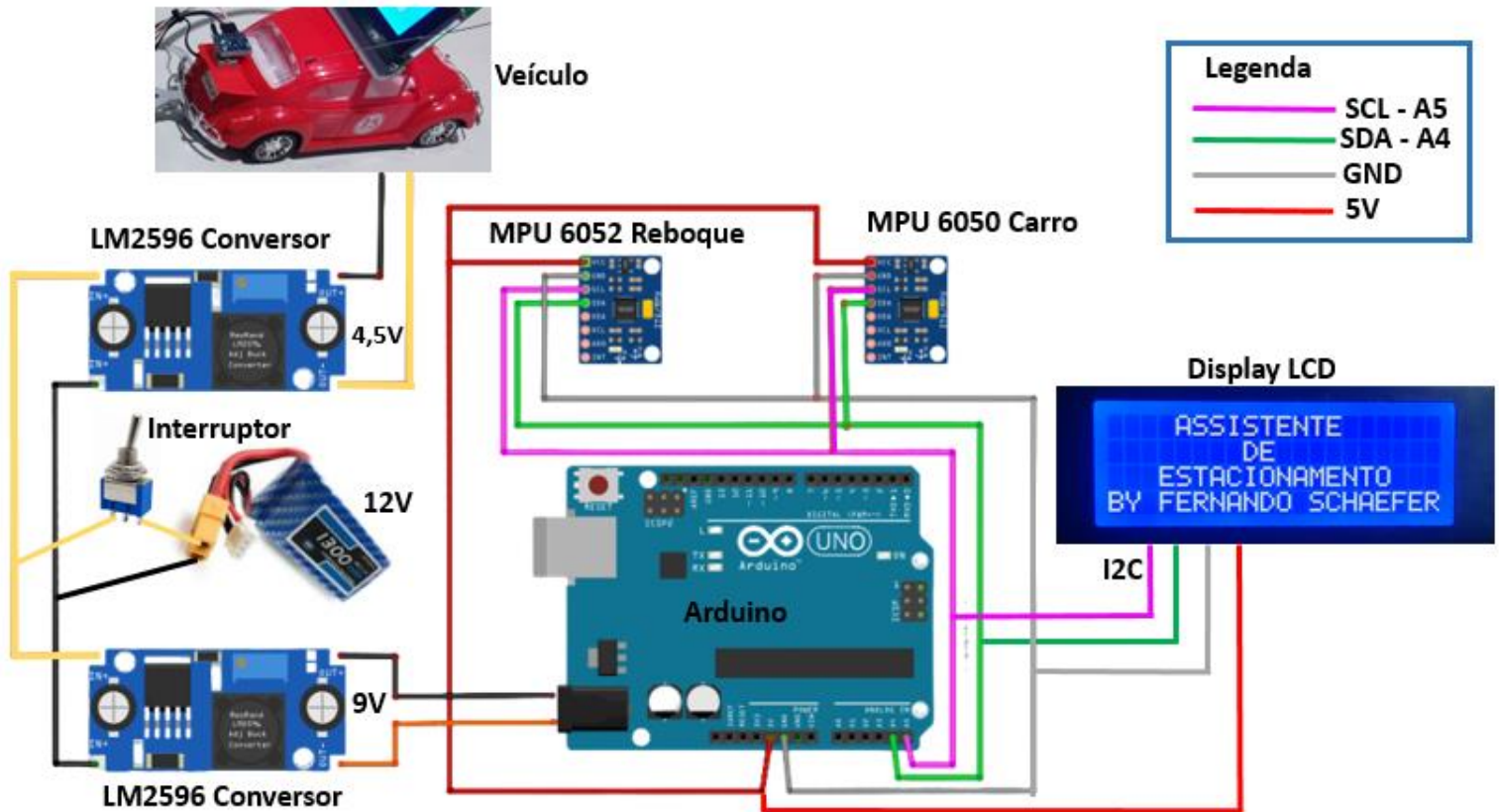
Figura 10 - Multímetro indicando a tensão de alimentação do sensor giroscópio



Fonte: Autor, 2023

Na figura 11 é demonstrado o circuito elétrico do sistema.

Figura 11 - Circuito elétrico do sistema



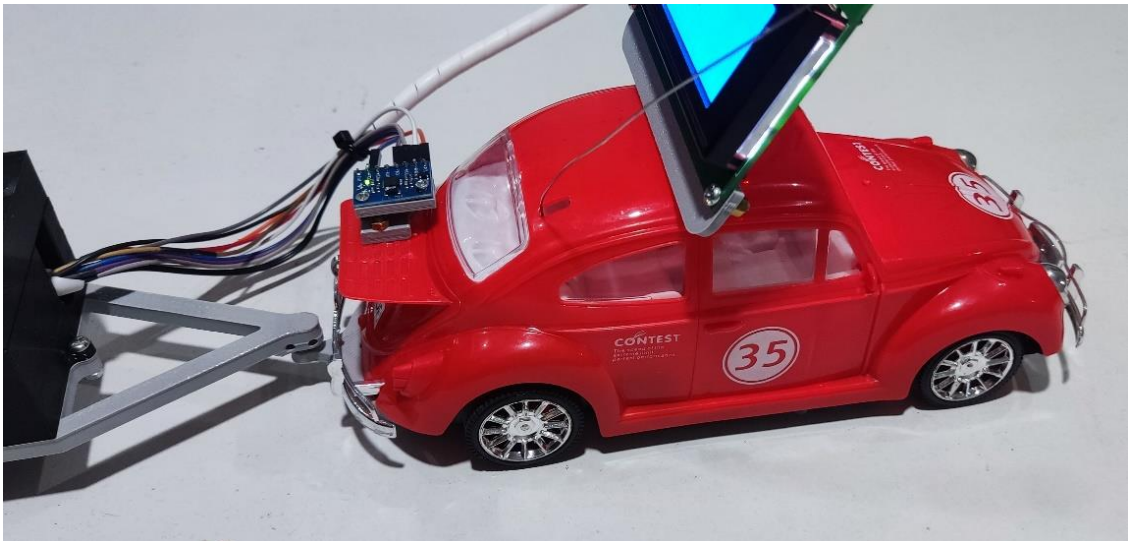
Fonte: Autor, 2023

#### 4.2 MODELAGEM E MONTAGEM DO EQUIPAMENTO E PROTÓTIPO DO REBOQUE

O protótipo que foi utilizado como carrinho de controle remoto com escala 1:18 é uma miniatura de um fusca conforme figura 12.



Figura 12 - Carrinho de controle remoto



Fonte: Autor, 2023

O protótipo do reboque foi construído se baseando nas medidas do carrinho. Inicialmente foi realizado a modelagem das peças em software CAD (Solid Works), conforme figura 13.

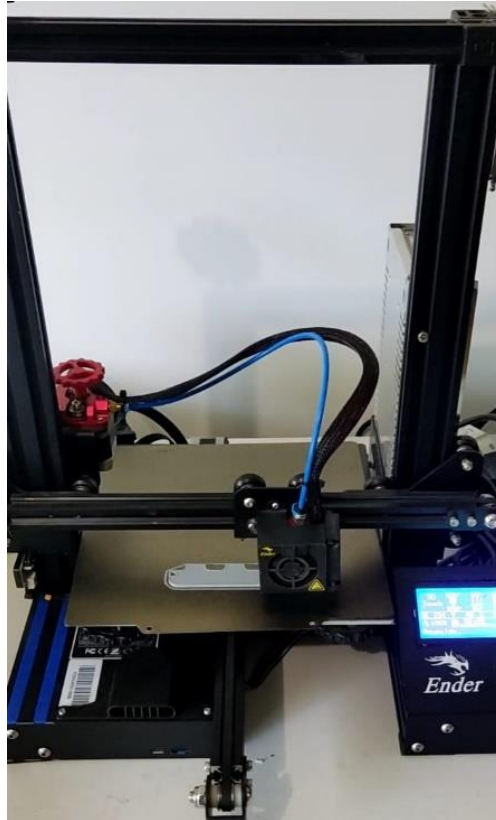
Figura 13 - Montagem do reboque no CAD



Fonte: Autor, 2023

Após realizado toda a modelagem das peças foi o momento de imprimir as peças com impressora 3D, conforme figura 14.

Figura 14 - Impressora 3D fabricando peças do reboque



Fonte: Autor, 2023

Na figura 15 pode-se verificar as peças do reboque impressas.

Figura 15 - Peças do reboque impressas em 3D

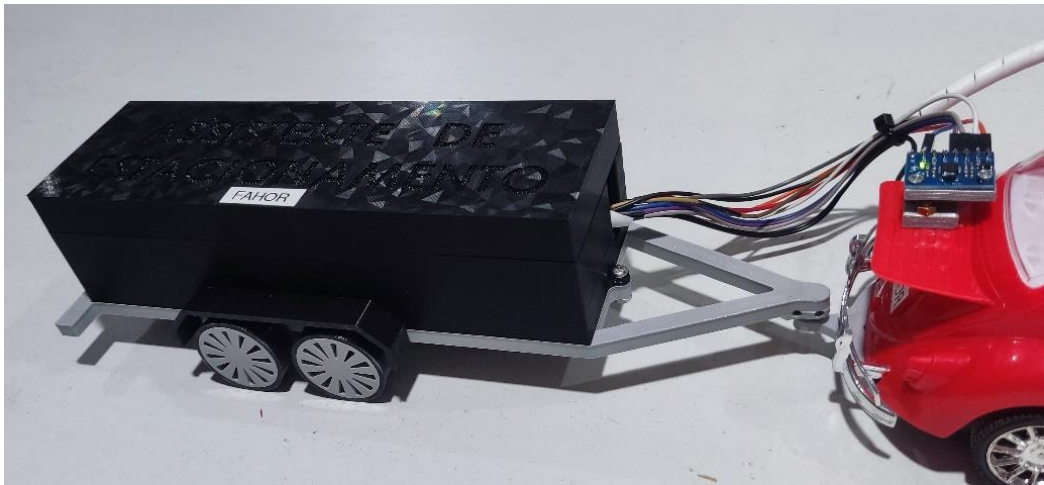


Fonte: Autor, 2023

Após realizada a montagem das peças impressas o reboque foi acoplado ao veículo, conforme figura 16.



Figura 16 - Reboque montado impresso em 3D



Fonte: Autor, 2023

Também foi necessário a criação de uma peça para engatar o reboque ao veículo, conforme figura 17.

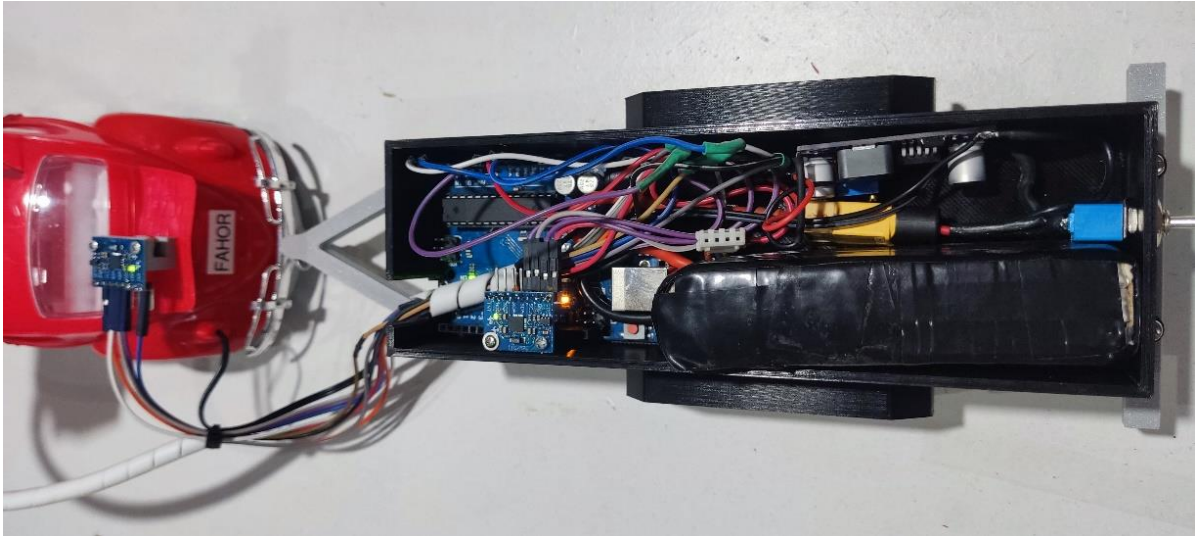
Figura 17 - Engate reboque montado impresso em 3D



Fonte: Autor, 2023

As dimensões do reboque foram pensadas para que toda parte eletrônica se encaixasse de forma precisa, assim acomodando todos os componentes que compõem a parte eletrônica. Conforme figura 18.

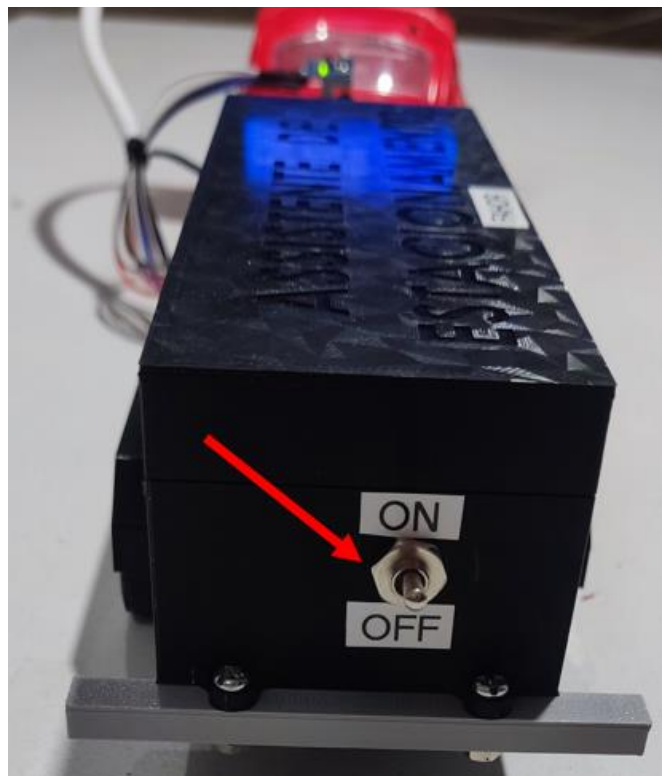
Figura 18 - Reboque aberto com a parte eletrônica



Fonte: Autor, 2023

Para acionamento do AEVR, simulando como se o motorista estivesse engatado a marcha ré, com o veículo e reboque alinhado é necessário acionar o interruptor colocando na posição ON, conforme figura 19.

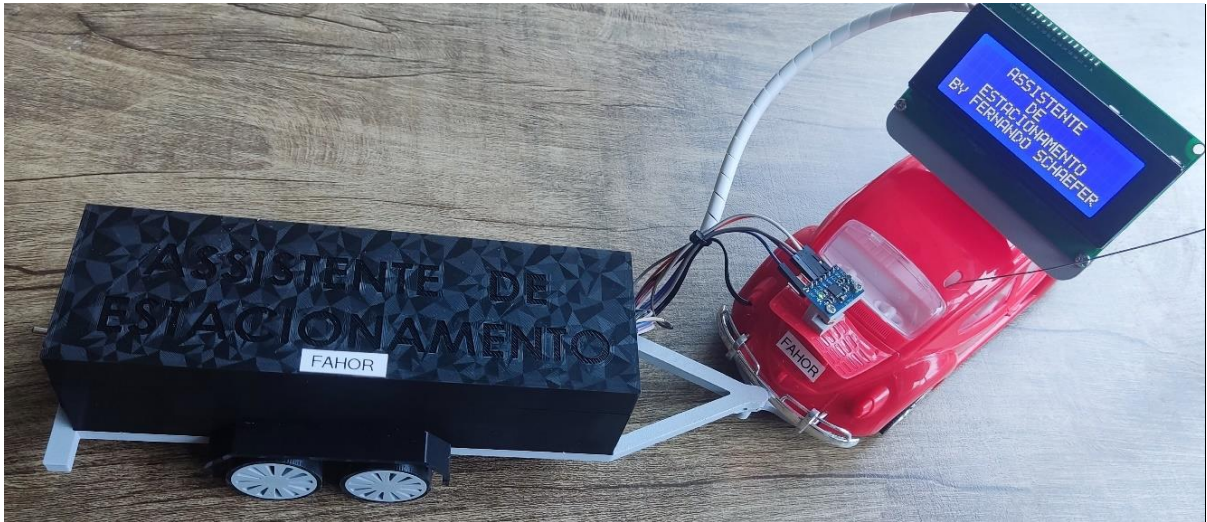
Figura 19 - Interruptor



Fonte: Autor, 2023

Na figura 20 podemos ver o conjunto veículo e reboque montado e mostrando no *display LCD* a mensagem inicial.

Figura 20 - Conjunto Montado



Fonte: Autor, 2023

Para manobrar o carrinho temos um controle remoto que é alimentado por 2 pilhas e se comunica por radiofrequência, conforme figura 21.

Figura 21 - Controle Remoto



Fonte: Autor, 2023

### 4.3 LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO

Inicialmente estão sendo incluídos as bibliotecas para funcionamento da comunicação I2C (Wire), Sensor Giroscópio acoplado no veículo (MPU6050\_light), Sensor Giroscópio acoplado no reboque (MPU6052\_light), *Display LCD* (LiquidCrystal\_I2C) conforme figura 22.

Figura 22 - Início do Algoritmo

```
#include "Wire.h"
#include <MPU6052_light.h>
#include <MPU6050_light.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

Fonte: Autor, 2023



Ao fazer o acionamento do interruptor energizando o sistema, ou seja, simulando como se o motorista tivesse acionado a alavanca ou seletor de transmissão na marcha ré será apresentado no display a mensagem conforme figura 23.

Figura 23 - Mensagem inicial no *display LCD*

```

lcd.init();
// Print mensagem no display
lcd.backlight();
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print(" ASSISTENTE");
| lcd.setCursor(3,1);
lcd.print("   DE ");
| lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("ESTACIONAMENTO");
| lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("BY FERNANDO SCHAEFER ");
delay (2000);

```

Fonte: Autor, 2023

Para o algoritmo conseguir identificar os ângulos dos sensores, foi criada uma variável para cada um deles, AngleZ1 para o sensor que equipa o veículo e AngleZ2 para o sensor que equipa o reboque, assim é possível realizar a comparação entre eles e fazer uma subtração para mostrar o desalinhamento entre eles, conforme figura 24.

Figura 24 - Cálculo de subtração dos do ângulo dos sensores

```

int angle = AngleZ1 - AngleZ2;
Serial.println (angle);
lcd.print("ANGULO:");
lcd.print(angle);
lcd.print(" ");

```

Fonte: Autor, 2023

Caso o veículo e o reboque estiverem alinhados, ou seja, a 0° a mensagem (MANTENHA O VOLANTE FIXO) é mostrada no *display LCD*, isso indica que o motorista pode continuar dando marcha ré se for necessário. No algoritmo isso é representado pela definição da diferença do ângulo do veículo em relação ao ângulo do reboque, ou seja, se for igual a 0 ele fará essa condição, conforme figura 25.

Figura 25 - Mensagem gravada no *display LCD*

```

if (angle==0)
{
| lcd.setCursor(0,1);
| lcd.print(" MANTENHA 0 ");
| | lcd.setCursor(0,2);
| | lcd.print("VOLANTE FIXO ");
}

```

Fonte: Autor, 2023

Caso o veículo e o reboque estiver desalinhado com um ângulo maior que 0° independente de qual lado a condição com informação de virar o volante é acionada e aparecerá no display a mensagem (PARA ALINHAR VIRE PARA A:), conforme figura 26.

Figura 26 - Ângulo diferente de 0°, veículo e reboque desalinhado

```

if (angle!=0)
{
| lcd.setCursor(0,1);
| lcd.print("PARA ALINHAR ");
| | lcd.setCursor(0,2);
| | lcd.print("VIRE PARA A:");
}

```

Fonte: Autor, 2023

Por fim, quando o ângulo de desalinhamento for diferente de 0° tanto para o lado positivo quanto para o lado negativo, a informação para o motorista aparecerá no display, informando para qual lado deverá ser virado o volante, assim alinhando novamente o reboque em relação ao veículo conforme figura 27.

Figura 27 - Informação para qual lado virar o volante

```

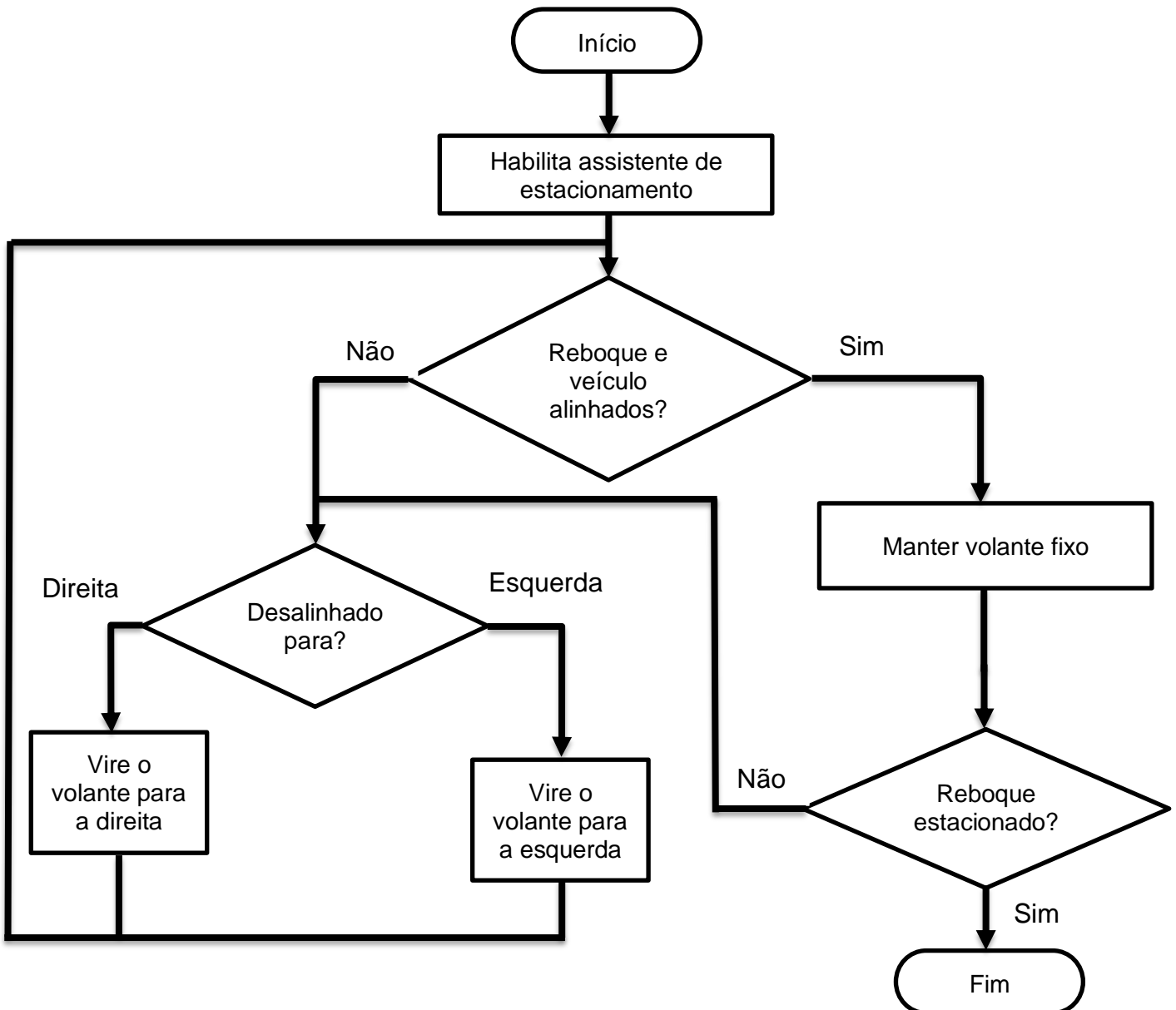
if (angle>0)
{
| | lcd.setCursor(0,3);
| | lcd.print("DIREITA ");
}
if (angle<0)
{
| | lcd.setCursor(0,3);
| | lcd.print("ESQUERDA ");
}

```

Fonte: Autor, 2023

Para compreender melhor o esquema de funcionamento da lógica de programação do algoritmo na figura 28 é apresentado o fluxograma.

Figura 28 - Fluxograma de funcionamento



Fonte: Autor, 2023

#### 4.4 RESULTADOS

Ao finalizar a montagem do protótipo em miniatura, fica comprovado o seu funcionamento. Quando o veículo e o reboque estiverem alinhados, o assistente de estacionamento é ativado, os sensores giroscópios fazem seu *checkup* e no

*display LCD* é mostrado a informação do Ângulo 0° e com a informação de manter o volante fixo, conforme figura 29.

Figura 29 - Informação para manter o volante fixo



Fonte: Autor, 2023

Quando o reboque estiver desalinhado para a direita em relação ao veículo, no *display LCD* mostra quantos graus de inclinação existe entre os dois sensores e com a informação para o motorista virar o volante para a direita é apresentada. Assim o motorista continua andando em marcha ré e o reboque ilinha-se em relação ao veículo. No exemplo da figura 30 o ângulo de inclinação é de 25°.



Figura 30 - Vire o volante para a direita



Fonte: Autor, 2023

Quando o reboque estiver desalinhado para a esquerda em relação ao veículo, o *display LCD* mostra quantos graus de inclinação existe entre os dois sensores e com a informação para o motorista virar o volante para a esquerda. Assim o motorista continua andando em marcha ré e o reboque alinha-se em relação ao veículo. No exemplo da figura 31 o ângulo de inclinação é de  $-25^\circ$ .

Figura 31 - Vire o volante para a esquerda



Fonte: Autor, 2023

O funcionamento do sistema se baseia por meio de comparação do sensor instalado do veículo e o sensor instalado no reboque, mostrando no *display LCD* a informação do ângulo, conforme figura 32.

Figura 32 - Sensores giroscópio



Fonte: Autor, 2023

## 5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de um AEVR teve como objetivo facilitar o procedimento de manobrar em marcha ré, tendo como comprovação a montagem de um protótipo para apresentação dos resultados atendendo a solução do problema de pesquisa.

A proposta inicial era utilizar sensor magnetômetro GY-271-QMC5883L (bússola digital), assim utilizando o norte magnético como referência para comparação do desalinhamento entre o veículo e o reboque, porém ao realizar a montagem do protótipo viu-se que quando o dispositivo sensor magnetômetro se aproximava do carrinho que possui motor elétrico DC que por sua vez internamente possui um ímã, a informação se desorientava, assim eliminando a possibilidade de utilizá-lo. Pela impossibilidade de utilizar o sensor magnetômetro buscou-se outros tipos de sensores para aplicação no protótipo. Com isso, chegou-se no sensor giroscópio MPU6050 para o projeto.

Um grande aprendizado obtido através da realização do projeto que foi utilizado dois sensores giroscópios com a comunicação I2C do microcontrolador Arduino, seria impossível comunicar-se de forma individual com eles para receber dados de posição angular, então uma alternativa era utilizar um Multiplexador TCA9548A de 8 canais pois os sensores possuem o mesmo endereço. Fazendo a alteração no script da biblioteca do sensor giroscópio, foi possível comunicar-se de forma individual e fazer a coleta de dados de posição angular mantendo seu nome MPU6050 para o sensor acoplado no veículo e renomeando para MPU6052 o sensor acoplado no reboque. Como o display também possui comunicação I2C não houve problema com a programação pois ele possui um endereço diferente dos sensores giroscópios.

O AEVR que foi validado com construção de um protótipo em miniatura de um carrinho e reboque pode ser instalado também em carretas que possuem um eixo de rotação auxiliando caminheiros que possuem dificuldade em manobrar em marcha ré.

O estudo mostra que o Assistente funciona, tendo a possibilidade da implementação em uma situação real.

Pensando em facilitar ainda mais o motorista ao utilizar o AEVR colocar um LED do lado direito do display indicando que deve virar o volante para a direita e outro LED no lado esquerdo indicando que deverá virar o volante para a esquerda assim tendo mais uma opção de visualização de informação para realizar o alinhamento entre o veículo e reboque.

Pensando em aplicação real uma solução que facilitaria a instalação e funcionalidade eliminar os cabos de comunicação entre os dispositivos que estão acoplados ao microcontrolador, uma possibilidade é utilizar módulos wifi para transmissão dos dados.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, Gregori Harvey. **BALIZAR-Assistente de Estacionamento Interativo**. Caderno de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia, v. 1, n. 1, p. 51-52, 2019.

Liu, Q. Meng, T. Liao, X. Bao, e C. Xu. “**A flexible hardware architecture for slave device of i2c bus**”. 2019 International Conference on Electronic Engineering and Informatics (EEI), 2019.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: Começando com Sketches**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017. ISBN 978-85-8260-447-2. Disponível em: 39 [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582604472/epubcfi/6/2\[%3Bvnd.vst.idref%3Dcapa.xhtml\]!/4/2/4%4051](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582604472/epubcfi/6/2[%3Bvnd.vst.idref%3Dcapa.xhtml]!/4/2/4%4051): Acesso em: 19 mai. 2023.

CARVALHO, André C. P. L. F. de; LORENA, Ana Carolina. **Introdução à computação: hardware, software e dados**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. ISBN 978-85-216-3315-0. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521633167/epubcfi/6/2\[%3Bvnd.vst.idref%3Dcover\]!/4/2/2%4051:1](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521633167/epubcfi/6/2[%3Bvnd.vst.idref%3Dcover]!/4/2/2%4051:1). Acesso em: 29 mai. 2023.

TODA MATÉRIA. 2018. **Circuito Elétrico**. [Online] Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/circuito-eletrico/>> Acesso em: 29 mai. 2023

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE Pedro Urbano Braga de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2020. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536533247/epubcfi/6/2\[%3Bvnd.vst.idref%3Dsensores\\_miolo\]!/4\[sensores\\_miolo\]/2/2%4051:4](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536533247/epubcfi/6/2[%3Bvnd.vst.idref%3Dsensores_miolo]!/4[sensores_miolo]/2/2%4051:4): Acesso em: 29 mai. 2023.

HAUPT, Alexandre; DACHI Édison. **Programação com Arduino: Começando com Sketches**. ed. São Paulo: Blucher, 2018. ISBN 978-85-212-1009-2. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521210092/pageid/0>: Acesso em: 29 mai. 2023.

PAULILLO, Júlio. 2021. **O que é automatização de processos? Descubra e aplique em sua empresa!** [Online] Disponível em: < <https://www.agendor.com.br/blog/o-que-e-automatizacao-de-processos/>> Acesso em: 29 mai. 2023.

PODBUCKI, Kacper et al. Elektroniczna matryca pomiarowa do badania lamp lotniskowych. **Przegląd Elektrotechniczny**, v. 97, 2021.

SANTOS, Alisson et al. Desenvolvimento de um semáforo inteligente utilizando arduino e sensores infravermelhos. In: **Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe**. SBC, 2019. p. 77-82.

**O que é o I2C**. [Online] 2018. Disponível em: <<https://mundoprojetado.com.br/i2c/>> Acesso em: 12 jun. 2023.

DO NASCIMENTO, Guilherme Araujo Machado; NETO, Manoel Morais Lemos; DA SILVA, Wyllian Bezerra. Uma Aplicação Didática do Protocolo I2C em Sistemas de Comunicação A Didactic Application of the I2C Protocol in Communication Systems. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 94837-94853, 2021.

**Arduino UNO R3** [*Online*] 2023. Disponível em: <<https://www.cirilocabos.com.br/uno-r3-arduino-uno-r3-dip-robotica-arduino/p>> Acesso em: 12 nov. 2023.

**Display LCD 20x4 Backlight** [*Online*] 2023. Disponível em: <<https://www.saravati.com.br/display-lcd-2004a-20x4-backlight-azul.htmlp>> Acesso em: 12 nov. 2023.

**Módulo GY-521 MPU6050 - Acelerômetro e Giroscópio** [*Online*] 2023. Disponível em: <<https://www.vidadesilicio.com.br/produto/modulo-gy-521-acelerometro-giroscopio>> Acesso em: 12 nov. 2023.

**Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC** [*Online*] 2023. Disponível em: <<https://www.bitmaker.com.br/regulador-de-tensao-lm2596-conversor-dc-dc-step-down>> Acesso em: 12 nov. 2023.

**Chave 2 Posições** [*Online*] 2023. Disponível em: <[https://www.baudaeletronica.com.br/produto/chave-hh-alavanca-mts102-2-posicoes.html?utm\\_source=Site&utm\\_medium=GoogleMerchant&utm\\_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQiAjMKqBhCgARIsAPDgWlxeBP8jwd9oY5U7aX\\_Yf\\_AZ2Uiqxrbd5\\_tg3xk9MsFspz9H6wUV1u0aArqBEALw\\_wcB](https://www.baudaeletronica.com.br/produto/chave-hh-alavanca-mts102-2-posicoes.html?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQiAjMKqBhCgARIsAPDgWlxeBP8jwd9oY5U7aX_Yf_AZ2Uiqxrbd5_tg3xk9MsFspz9H6wUV1u0aArqBEALw_wcB)> Acesso em: 12 nov. 2023

**Bateria Lipo** [*Online*] 2023. Disponível em: <<https://www.ar15sport.com.br/bateria-lipo-le-o-modelismo-11-1v-2200-mah-03-celulas-plug-xt-60>> Acesso em: 12 nov. 2023.

MATHEUS, Ivna et al. Realidade virtual para medo de dirigir: cognições e senso de autoeficácia. *Psicologia, Saúde & Doenças*, v. 23, n. 1, p. 298-306, 2022.

## APÊNDICE - PROGRAMAÇÃO ARDUINO

```
#include "Wire.h"
#include <MPU6052_light.h>
#include <MPU6050_light.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

MPU6050 mpu(Wire);
MPU6052 mpu2(Wire);
unsigned long timer = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();

  lcd.init();          // initialize the lcd
  lcd.init();
  // Print mensagem no display
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print(" ASSISTENTE");
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.print("  DE ");
  lcd.setCursor(3,2);
  lcd.print("ESTACIONAMENTO");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("BY FERNANDO SCHAEFER ");
  delay (2000);
  byte status = mpu.begin();
  byte status2 = mpu2.begin();
  Serial.print(F("MPU605 status: "));
  Serial.println(status);
```



```

Serial.print(F("MPU6052 status: "));
Serial.println(status2);
while(status!=0){ }
lcd.clear();
Serial.println(F("Calculando compensações, não mova o sensor MPU6052"));
delay(1000);

mpu.calcOffsets(); // Calculando giroscópio
mpu2.calcOffsets(); // Calculando giroscópio
Serial.println("Done!\n");
}

void loop() {
  mpu.update();

  if((millis()-timer)>10){ // imprimir dados a cada 10ms
Serial.print("\tZ : ");
Serial.print(mpu.getAngleZ());
int AngleZ1 = mpu.getAngleZ();
mpu2.update();
// lcd.clear();
  lcd.setCursor(2,0);

Serial.print("\tZ2 : ");
Serial.println(mpu2.getAngleZ());
int AngleZ2 = mpu2.getAngleZ();

int angle = AngleZ1 - AngleZ2;
Serial.println (angle);
lcd.print("ANGULO:");
lcd.print(angle);
lcd.print(" ");

if (angle==0)

```

```
{
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" MANTENHA O ");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("VOLANTE FIXO ");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("          ");
}
if (angle!=0)
{
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("PARA ALINHAR ");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("VIRE PARA A:");

if (angle>0)
{
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("DIREITA ");

}
if (angle<0)
{
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("ESQUERDA ");
}
}
timer = millis();
}
}
```