

**Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza**  
**Etec JÚLIO DE MESQUITA**  
**Curso Técnico em Eletrônica**

**Beatriz de Mário Bordoni**  
**Eduardo Alves Lotério**  
**Erick Tola Abate**  
**Henrique Dias de Oliveira**  
**Letícia Lopes Ribeiro Vasconcelos**

**CONTROLE DE TRÁFEGO INTELIGENTE**

**Santo André - SP**

**2022**

**Beatriz de Mário Bordoni**  
**Eduardo Alves Lotério**  
**Erick Tola Abate**  
**Henrique Dias de Oliveira**  
**Letícia Lopes Ribeiro Vasconcelos**

## **CONTROLE DE TRÁFEGO INTELIGENTE**

Monografia apresentada junto ao Curso Técnico em eletrônica, da Etec Júlio de mesquita, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Eletrônica.

**Santo André - SP**

**2022**

## CONTROLE DE TRÁFEGO INTELIGENTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrônica da Etec Júlio de Mesquita, orientado pelos Professores Egmar Accetto e Adriana Mariko Yonamine Nakatani, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Eletrônica.

Data de aprovação \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Aprovado por:

---

---

---

**SANTO ANDRÉ - SP**

**2022**

## RESUMO

O projeto se trata de um Controle de Tráfego Inteligente com base em Arduino e sensores infravermelhos. O seu funcionamento é dado pela detecção de um determinado objeto que atravesse o feixe de luz do sensor infravermelho, momento no qual ele irá, por meio do uso de jumpers, enviar um sinal para o microcontrolador do Arduino. O Arduino terá a função de processar quais faróis estão abertos e quais estão fechados, além de registrar quanto tempo se passou desde o último carro que atravessou o farol que se encontra aberto. Foi feita a escolha desse monitoramento de tempo pois, caso o volume de carros não se encontre demasiadamente intenso na pista livre, ou caso não haja passagem de carros no geral, a pista que está liberada irá para o modo vermelho enquanto uma das pistas adjacentes irá para o modo verde, liberando a passagem aos passageiros que estão aguardando o farol originalmente vermelho se abrir. Em outro caso, dado que o volume da passagem de carros e motos esteja sim, intenso, o Arduino irá verificar quantas vezes o feixe de luz é atravessado, e após chegar numa determinada contagem escolhida na programação, o mesmo processo descrito anteriormente será feito, com a liberação do farol que estava vermelho enquanto o que estava verde vai ao modo fechado. O objetivo da equipe com a escolha deste projeto como Trabalho de Conclusão de Curso é a considerável diminuição dos acidentes de trânsito, sejam eles causados por simples pressa ou até mesmo por estresse (sentimento que com o efeito de nosso sistema seria aliviado em efeito colateral), a diminuição do gasto com a manutenção que seria necessária para remediar ditos acidentes, e a conservação do meio ambiente, com a menor emissão de gases de efeito estufa produzidos pelos motores de carros ligados desnecessariamente. O sistema possui um preço acessível, com seu componente mais caro sendo o Arduino, e se trata de um sistema de detecção relativamente simples e confiável, com os sensores de luz infravermelha fazendo seu trabalho em um local estacionário. A única mudança necessária num projeto em tamanho real seria a obtenção de componentes maiores, como os próprios sensores que teriam a necessidade de maior distância de detecção, para que pudesse cobrir os poucos metros de uma rua, alcançando os veículos que nela passam.

**PALAVRAS-CHAVE:** Semáforo inteligente, meio-ambiente, estresse, baixo custo, Arduino.

## **ABSTRACT**

This project's final paper is a smart traffic control based on Arduino and infrared sensors. It works by detecting a determined object that crosses the infrared sensors' light beam, when it shall, by using jumpers, send a signal to the Arduino's microcontroller. The Arduino shall then have the task of processing which traffic lights are green, and which are red and register how long has it been since the last car that crossed the open traffic light. This time monitoring function was chosen because, if the flow of vehicles is low on the free lane, or if there is no passage of vehicles at all, the lane that is on green mode will turn red while one of the other ones will turn green, freeing the way on the originally red traffic light. Our team's objective with this choice as a Final Project is the considerable shrinkage of traffic accidents, be they caused by a simple rush or even stress (a feeling that should be relieved as a side-effect), the lower cost spent fixing damages caused by said accidents, and the preservation of nature, with lower rates of emissions of fumes produced by engines. The system has an accessible pricing, as its most expensive part is the Arduino, and it is a simple and reliable detection system, with the infrared sensors doing their work in a stationary place. It is important to note that the only change needed in a full-scale model would be the change of some components to bigger ones, like the sensor that have the need to detect further away, as to cover the few meters of a road, reaching the vehicles that pass through.

**KEYWORDS:** Smart traffic light, environment, stress, low cost, Arduino.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação da satisfação do usuário sobre o tempo.....	12
Figura 2 - Representação satisfação com os sistemas atuais.....	12
Figura 3 - Representação da taxa de confiança do pedestre.....	13
Figura 4 - Representação do interesse em um novo sistema.....	13
Figura 5 - Imagem de um semáforo antigo.....	15
Figura 6 - Logotipo da linguagem de programação C++.....	19
Figura 7 - Fluxograma do funcionamento da programação .....	20
Figura 8 - Logotipo da empresa Arduino.....	21
Figura 9 - Uma placa Arduino de modelo MEGA 2560.....	23
Figura 10 - Um sensor infravermelho para detecção de obstáculos.....	23
Figura 11 - Imagem do primeiro protótipo realizado.....	24
Figura 12 - Imagem do segundo protótipo realizado.....	25
Figura 13 - Diagrama elétrico do circuito.....	25
Figura 14 – Primeiro protótipo.....	26
Figura 15 – Protótipo final.....	27

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Características Arduino UNO.....	20
Tabela 2 – Gastos do Protótipo.....	26
Tabela 3 – Gastos da Maquete.....	27

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos.....	10
1.2 Justificativa.....	10
2. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	12
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1 Introdução.....	14
3.2 História do Controle de Tráfego.....	14
3.3 Princípios de Funcionamento.....	16
3.4 Benefícios do Controle de Tráfego Inteligente.....	16
3.4.1 Menores níveis de estresse e saúde.....	16
3.4.2 Menor tempo de espera em faróis.....	17
3.4.3 Diminuição no número de acidentes de trânsito.....	17
3.4.4 Menor queima de combustíveis fósseis.....	17
3.4.5 Acessibilidade.....	18
3.5 Tecnologias Semelhantes.....	18
4. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	18
4.1 Programação.....	19
4.1.1 Linguagem C++.....	19
4.1.2 Lógica.....	20
4.2 Componentes Físicos do Protótipo.....	21
4.2.1 Plataforma Arduino.....	21
4.2.1.1 História do Arduino.....	21
4.2.1.2 Arduino Mega 2560.....	22
4.2.2 Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho.....	23
4.2.3 Código.....	24
4.3 Simulação dos Protótipos.....	24
4.4 Diagrama Elétrico.....	25



4.5 Protótipos montados.....	25
5. Custos da confecção do projeto .....	28
5.1 Gastos para a confecção do protótipo .....	28
5.2 Gastos para a confecção da maquete .....	29
6. RESULTADOS OBTIDOS .....	30
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
7.1 Sugestões para projetos futuros .....	31
REFERÊNCIAS .....	32
APÊNDICES.....	35

## 1. INTRODUÇÃO

O trânsito e tráfego diário de ruas e rodovias são agitados, anos se passam e essa agitação apenas cresce, com acidentes sendo cada vez mais comuns, levando consigo vidas e desperdiçando dinheiro público. O tráfego automobilístico sofreu poucas mudanças durante os anos, se mantendo em uma forma consideravelmente estática.

As poucas mudanças que o sistema de transporte sofreu durante as décadas podem ser ditas inefetivas, com engarrafamentos e situações que podem afetar fortemente o psicológico de todos que nele participam, sendo frequentes. Situações estas que podem trazer altos níveis de estresse até mesmo aos que sequer encostam em um volante pela falta de automóvel próprio e dependem de serviços públicos como ônibus.

Considerados os problemas acima, o projeto “Controle de Tráfego Inteligente” visa ajudar a diminuir o estresse causado pelos longos tempos de espera em faróis, e atenuar a repetição de obstruções em ruas, de modo simples e intuitivo para os que dele utilizarem.

O projeto tem como objetivo melhorar a qualidade de vida dos que dependem do trânsito, contudo com melhoras pontuais dos problemas, ajudando a mantê-lo organizado com um sistema de detecção de automóveis conectado aos faróis. A ordem decorrente do uso deste sistema potencialmente diminuiria as taxas de problemas psicológicos e as perdas financeiras relacionados à atividade geral do trânsito.

No mercado existem modelos semelhantes, mas com diferenças marcantes, como o uso de câmeras para o funcionamento ou sinais diferentes do infravermelho. Muitos trabalhos de conclusão de curso que se apropriam de um conceito parecido terão um resultado que se vê mais caro, ou desnecessariamente complicados.

### 1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é o aprimoramento de um dos sistemas utilizados no trânsito, neste caso, semáforos como de pedestres e veículos, otimizando o tempo dos que o utilizam para se deslocar pela cidade, como também apresentar um protótipo funcional. Buscando uma qualidade maior no tráfego da população, não consumindo tempo desnecessário parado, proporcionando agilidade de forma dinâmica.

### 1.2 Justificativa

Estão explicados abaixo os itens mais importantes e que estão em ênfase em todo o nosso projeto, sendo eles, estresse e meio ambiente.

- **Estresse**

Atualmente um dos temas mais discutidos se enquadra nos efeitos causados pelo congestionamento, o estresse, que está relacionado a vários problemas como menor

qualidade de vida, imprudência, falta de atenção, fadiga no trabalho, baixa produtividade, entre outros. A má qualidade de vida reflete diretamente em doenças crônicas, como a depressão, indicada em uma pesquisa realizada no Reino Unido, de acordo com o estudo realizado pela Vitality Health em parceria com a universidade de Cambridge, dos 34.000 indivíduos analisados, 33% deles apresentaram risco sendo sintomas físicos e psicológicos, ao serem expostos a mais de uma hora de percurso, entre outros dados negativos, como ter a tendência de dormir menos que o recomendado. A imprudência e a falta de atenção, combinadas ou isoladas, podem resultar em maior incidência de acidentes de trânsito, resultante do “road rage”, na tradução, raiva na estrada, sendo responsável anualmente por no mínimo 30 mortes, dados retirados do site Carsurance. A fadiga no trabalho e a baixa produtividade também podem estar relacionadas, causando problemas tanto para o que sofre quanto os que o cercam, como estar irritado, cansado, distraído, entre outros.

- **Meio Ambiente**

O meio ambiente também é muito afetado pelos congestionamentos, liberando toneladas de CO<sup>2</sup> e de outros gases, o que conseqüentemente também afeta a saúde humana. Em congestionamentos, a poluição do ar pode ser até três vezes maior que em demais áreas urbanas, como foi indicado pelo médico Paulo Saldiva, que é coordenador do laboratório de Poluição Atmosférica da USP (Universidade de São Paulo). O menor consumo de combustível diminuiria o impacto ambiental dos resíduos liberados. Quando o motor é forçado a continuar rodando por horas mesmo com o carro parado, mais combustível é queimado desnecessariamente, tornando a qualidade do ar consideravelmente pior.

## 2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Como dito na introdução do projeto, um dos objetivos deste é solucionar problemas derivados de congestionamentos e afins. Portanto, iniciou-se uma busca por problemas, baseado na opinião pública, as 4 perguntas foram respondidas a partir da divulgação do formulário online pelas mídias sociais, obtendo 35 respostas, sendo elas:

O quão satisfeito você está com o tempo gasto em semáforos?  
35 respostas

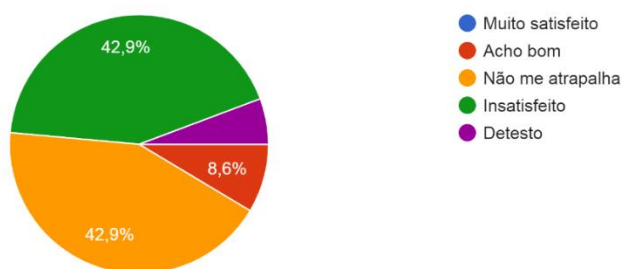


Figura 1. Gráfico representando a porcentagem de satisfação com o tempo.

Fonte: (Confeccionada pelo grupo)

Hoje em dia, você sente que o sistema atual de tempo dos semáforos é bom?  
35 respostas

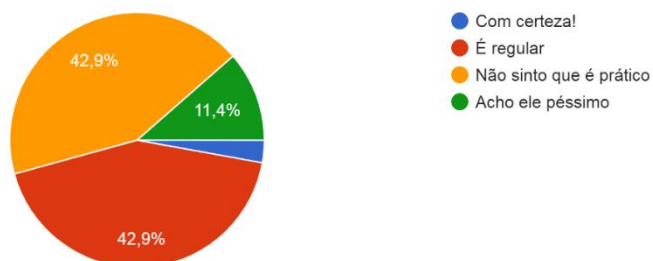


Figura 2. Gráfico representando a porcentagem de satisfação do sistema atual.

Fonte: (Confeccionada pelo grupo)

O quão confiante/seguro você se sente em relação aos botões de pedestres atuais ?

35 respostas

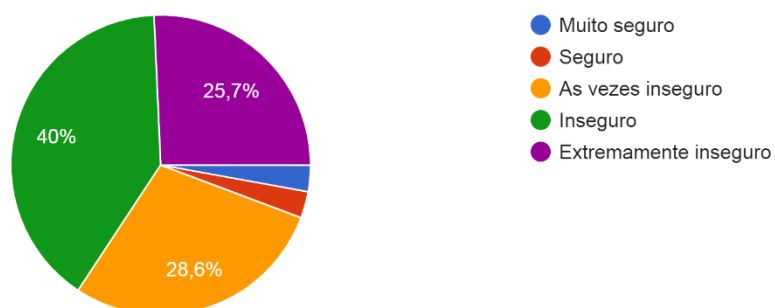


Figura 3. Gráfico representando a porcentagem de confiança do pedestre para os botões.

Fonte: (Confeccionada pelo grupo)

Você acha que um novo sistema de controle tráfego, seria mais eficiente?

35 respostas

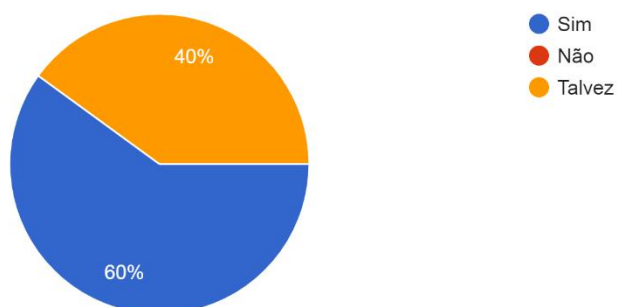


Figura 4. Gráfico representando a porcentagem de interesse em um novo sistema de tráfego.

Fonte: (Confeccionada pelo grupo)

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 Introdução**

O controle de tráfego inteligente tem como seu objetivo simultaneamente minimizar o tempo de espera em faróis; diminuir o número de acidentes de trânsito; ajudar a preservação do meio ambiente com a menor queima de combustíveis fósseis e tornar menor os níveis de estresse do motorista e do pedestre médio.

Desde sua origem, em épocas que tinha como objetivo a passagem de objetos simples como carroças, animais e a população, o tráfego teve a necessidade de regras e sinalizações que ajudassem em seu sentido para manter a ordem constante, desincentivando tumulto e acidentes e promovendo a facilidade principalmente do comércio.

Seus princípios de funcionalidade são baseados em sinais infravermelhos, desta forma, enviando sinais ao Arduino para abrir ou fechar a via, permitindo um trânsito mais fluído e seguro, com a comparação de tecnologias semelhantes na atualidade.

#### **3.2 História do Controle de Tráfego**

O controle de tráfego foi uma necessidade que surgiu a partir da movimentação de veículos, tendo esse controle por leis, placas, sinalizações, guardas e até as tecnologias mais recentes que são conhecidas hoje.

O Império Romano foi considerado o grande perito em construção de estradas por conta de sua rede viária acima de 350.000km de estradas, que apesar de não ter pavimentação, já possuíam sinalizações com orientações de sentido, marcos de distância e as primeiras regulamentações de tráfego, já que na época, não havia mapas, sendo a forma de retorno após suas viagens.

Os primeiros relatos registrados de congestionamento se localizam na Grécia Antiga, como a largura das ruas devido ao grande fluxo de pessoas e veículos e não sendo viável expandir, pois a tendência era apenas do volume de tráfego aumentar. (PERKONS, 1999?)

Na Idade Média ocorre a popularização dos sinais de trânsito, já que crescia cada vez mais o número de cidades e vilas, sendo necessário as placas com a informação de direcionamento e distanciamento nas estradas. Conforme o tempo passava e a aprovação desse sistema auxiliava seus usuários, passou a ser aplicado de pouco a pouco nas vias urbanas, facilitando o controle da quantidade de carroças e pessoas que transitavam na cidade.

Na era moderna, D. Pedro II fundou o primeiro regulamento de trânsito do planeta a Portugal. No documento continha inserção de placas com priorização de passagem a algumas ruas, para que não aconteça acidentes. Depois da Revolução Industrial, houve um crescimento significativo nas sinalizações de trânsito, que impactou até a atualidade. (SUMMITMOBILIDADE, 2022).

A invenção de Nicholas Cugnot, francês, teve sua estreia em 1771 sendo o primeiro automóvel, o veículo se deslocava em 4km/h. No mesmo ano ocorre o primeiro acidente automobilístico da história, o qual seu próprio inventor colide em um muro pela falta de freio e por não conseguir realizar a curva. (PERKONS, 1999?)

Depois da Revolução Industrial, tanto a Europa quanto a América do Norte começaram seu processo de modernização, pois as ruas de suas cidades já não conseguiam mais atender as necessidades da população que crescia exponencialmente, onde se utilizavam cada vez mais veículos, como nos EUA com uma frota que girava em torno de oito mil no ano de 1900, um aumento de 31.250% em um período de 8 anos. (SUMMITMOBILIDADE, 2022).

Dessa forma, foi necessário medidas urgentes para acompanhar os avanços modernos para que não se torne prejuízos e uma regressão, a partir daí, a Inglaterra cria a primeira lei de trânsito, denominada “Bandeira Vermelha”, que impunha limites na velocidade máxima e que um homem antecedesse o veículo para alertar os pedestres com sua bandeira vermelha, além disso, Londres se torna a primeira cidade a utilizar o semáforo, em 1868.

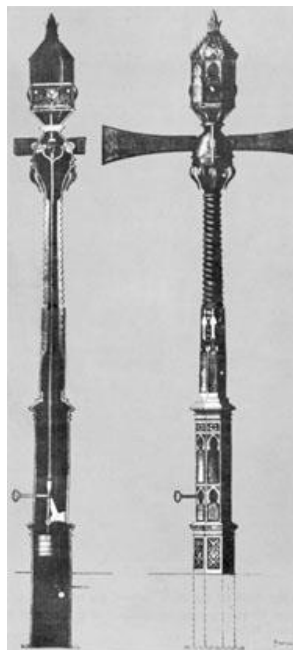


Figura 5. Semáforo Antigo.

Fonte: (nou.sinaldetransito.com.br)

Apesar do grande avanço, a tecnologia utilizada é bem diferente do que os semáforos atuais, que utilizavam luzes coloridas a gás, controlados por policiais, funcionando no período da noite. O dispositivo continha duas hastes que eram movimentáveis, onde o posicionamento delas determinavam a passagem ou parada dos veículos, sendo na horizontal “pare” e 45° “avance”.

Em aproximadamente 25 dias o projeto deixou de ser utilizado devido a um acidente, o qual explodiu e feriu o policial que realizava seu manejo, mesmo assim, a ideia sofreu adaptações até chegar no sinal de William Potts em 1920, que possuía 3 cores e controlava

4 vias simultaneamente, sendo instalado na cidade de Detroit e utilizado o mesmo sistema em vários lugares do mundo, sendo o mais próximo da atualidade.

Com o passar das décadas, os semáforos obtiveram evoluções significativas com suas adaptações a cada país e o uso dos satélites para a geolocalização, com o mesmo processo sendo sofrido por placas e várias ferramentas utilizadas para a regulamentação do trânsito, priorizando a segurança e um controle de fluxo com maior fluidez aos seus usuários.

Ante o exposto, é visível a mudança aos sistemas de trânsito para se adaptar as necessidades da população e no que há de mais moderno no mercado, usufruindo das tecnologias disponíveis no momento para aprimorar o sistema, proporcionando mais eficiência em seu uso. (VILANOVA, 2020?)

### **3.3 Princípios de Funcionamento**

O sistema do controle de tráfego é normalmente posicionado estrategicamente, como em cruzamentos de ruas para que o fluxo seja menor. A sinalização são os faróis, que dão o direito a passagem aos que o utilizam em momentos específicos com as cores vermelho, amarelo e verde.

A primeira cor significa a advertência para que ou o veículo ou o pedestre pare imediatamente de se mover, para que assim em outra via seja possível a locomoção sem algum acidente de trânsito, amarelo significa a desaceleração, a transição entre o verde e o vermelho, indica que em alguns instantes trocará para o sinal vermelho, o verde sinaliza a liberação de passagem de sua via, livre para transitar.

Os sensores infravermelhos se posicionam nos postes dos faróis, os quais enviam um raio infravermelho e refletem a eles novamente, este tempo entre ida e volta é medido pelo sensor, se estiver menor do que o que foi ajustado, é enviado um sinal ao Arduino para liberar a via para a passagem do usuário, isso se a outra via estiver desocupada, com um tempo de resposta maior, ou aberta a tempo limite.

### **3.4 Benefícios do Controle de Tráfego Inteligente**

#### **3.4.1 Menores níveis de estresse e saúde**

De acordo com a pesquisa Mobilidade Urbana na Cidade, realizada pelo Ibope Inteligência, o paulistano perde 2 horas e 43 minutos do seu tempo no trânsito, infelizmente quem enfrenta esse problema não lida apenas com o tempo perdido, já que ficar muito tempo exposto a poluição gerada pelo trânsito perpetua em outros problemas, sendo relacionados com a saúde física ou mental, ou até mesmo com o meio-ambiente.

Ademais o ambiente enfrentado pelo indivíduo que se depara com o trânsito é muito maléfico, já que ele fica em uma única posição por horas assim a posição de suas pernas



levam a má circulação nessa região, levando a muitos problemas como inchaço, dor, efeitos de varizes agravados e podendo resultar em trombose venenosa até, também a constante repetição de movimento pode levar a fadiga muscular e no desgaste das articulações, provocando dores frequentes nos ombros, coluna e costas. Simultaneamente, a exposição nesse espaço pode gerar grande níveis de estresse, o congestionamento por si só é estressante, porém a quantidade imensa de ruídos sonoros, como sons de motores e buzinas, contribui muito para elevar ainda mais o nível de estresse do motorista.

Portanto a praticidade do Controle de Tráfego inteligente reduzira de forma significativa o tempo passado em trânsito, já que uma característica evidente dele é a fluidez gerada no trânsito.

### **3.4.2 Menor tempo de espera em faróis**

Segundo pesquisas realizadas, o brasileiro gasta cerca de 2 horas do seu dia no trânsito, indo mais adiante, em um ano o seu tempo perdido chega a se tornar 32 dias, esse tempo perdido reflete em grandes consequências, sendo a perda de capital do país ou o aumento de roubos à motoristas, de acordo com a secretaria de segurança os roubos a motoristas de aplicativos cresceram em 80,2% em São Paulo. (EPTV 1, 2019)

Assim com o Tráfego Inteligente esse tempo reduziria, dificultando o assalto em semáforos.

### **3.4.3 Diminuição no número de acidentes de trânsito**

Acidentes de trânsito infelizmente ocorrem frequentemente, uma parte deles é causada pela imprudência dos motoristas, porém, essa imprudência muitas vezes pode vir com a pressa de chegar rápido ao local desejado, assim levando ao acidente de trânsito, em 2021 foram expostas pesquisas realizadas sobre a quantidade de acidentes, o site [agenciabrasil.ebc.com.br](http://agenciabrasil.ebc.com.br) relatou 632.764 acidentes, e entre eles 11.647 resultaram em mortes, é como se a cada hora houvesse 72 acidentes, e em um dia 32 mortes.

Uma das causas dos acidentes é a falta de atenção normalmente resultante do estresse e pela pressa, porém o sistema vai agilizar o tráfego o tornando menos estressando e diminuindo o estresse, por conseguinte diminuindo a taxa de acidentes.

### **3.4.4 Menor queima de combustíveis fósseis**

A preocupação com combustíveis não renováveis tem se tornado cada vez maior, sendo que eles compõem boa parte dos combustíveis que utilizamos, ficar muito tempo com os motores ligados em congestionamentos apenas acelera a escassez dele, além de que há emissão de gases nocivos para o meio-ambiente e para as pessoas que estiverem perto

desse ambiente. A procura por formas diferentes de combustíveis já está acontecendo como carros elétricos, porém, a realidade em que todos os veículos não usem combustíveis nocivos está distante, além de serem muito caros, desse modo a utilização do Tráfego inteligente se torna mais viável, já que ele é muito acessível e ajuda diminuindo o tempo e atuação desses veículos.

### **3.4.5 Acessibilidade**

Na construção do protótipo foi visado o menor gasto possível, com isso, foi alcançado o preço de R\$ 118,00 sendo um preço muito razoável, além disso os seus componentes são básicos no ramo eletrônico, desse modo, sua acessibilidade é grande, e sua confecção simples.

### **3.5 Tecnologias Semelhantes**

Em São José dos Campos, no ano de 2021, foi implantado nos cruzamentos principais um sistema de semáforo inteligente. Nesse projeto foi utilizado câmeras que enviam informações para um software que identificam o fluxo de veículos, e de forma automática coordena o tempo do semáforo, esse sistema também permite a personalização do tempo do semáforo.

Um semáforo inteligente utilizando o Arduino e sensores infravermelhos foi criado na Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, por alguns alunos. No sistema utilizado, o sensor quando identificar a passagem de um veículo enquanto o semáforo estiver no vermelho, calculando a velocidade do veículo usando as informações fornecidas pelo radar. Assim analisando se é realmente seguro a travessia do pedestre, evitando atropelamentos ou batidas.

Em outro trabalho de graduação, na Universidade de Taubaté, foi feito um projeto usando sensores infravermelhos e um microcontrolador ligado ao circuito. Nesse quando um dos sensores identificar um veículo em uma via, essa via será priorizada, agora quando for identificado em todas as vias, o semáforo passa a operar com temporizações convencionais.

## **4. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO**

O surgimento da ideia veio a partir de um vídeo que falava sobre o sistema canadense de tráfego, que se apossava de detecção indutiva para seu funcionamento. Deste conceito, surgiu a inspiração para trazer um sistema semelhante ao Brasil.

De início, a ideia de nosso protótipo no papel também faria o uso de sensores indutivos, porém, devido principalmente ao custo, foi optado pela utilização de sensores infravermelhos. Os sensores infravermelhos, além de mais baratos, são também mais convenientes na aplicação em um modelo, tanto pelo tamanho quanto pela confiabilidade de detecção.

A Maquete teve um custo semelhante, porém menor que o esperado, devido a escolhas diferentes como a compra de apenas alguns papéis-cartão avulsos, a utilização de recursos já disponíveis como a caixa de papelão reutilizada na confecção do prédio, o uso de sobras de isopor para a substituição dos carrinhos etc.

## **4.1 Programação**

### **4.1.1 Linguagem C++**

C++ é uma linguagem de programação compilada de uso geral. Ela surgiu para adicionar funções para a linguagem C e ficou extremamente popular devido a sua praticidade. Esta é a linguagem utilizada pela plataforma Arduino IDE para programar os microcontroladores.



Figura 6. Símbolo C++.

Fonte: (wikipedia.org)

## 4.1.2 Lógica

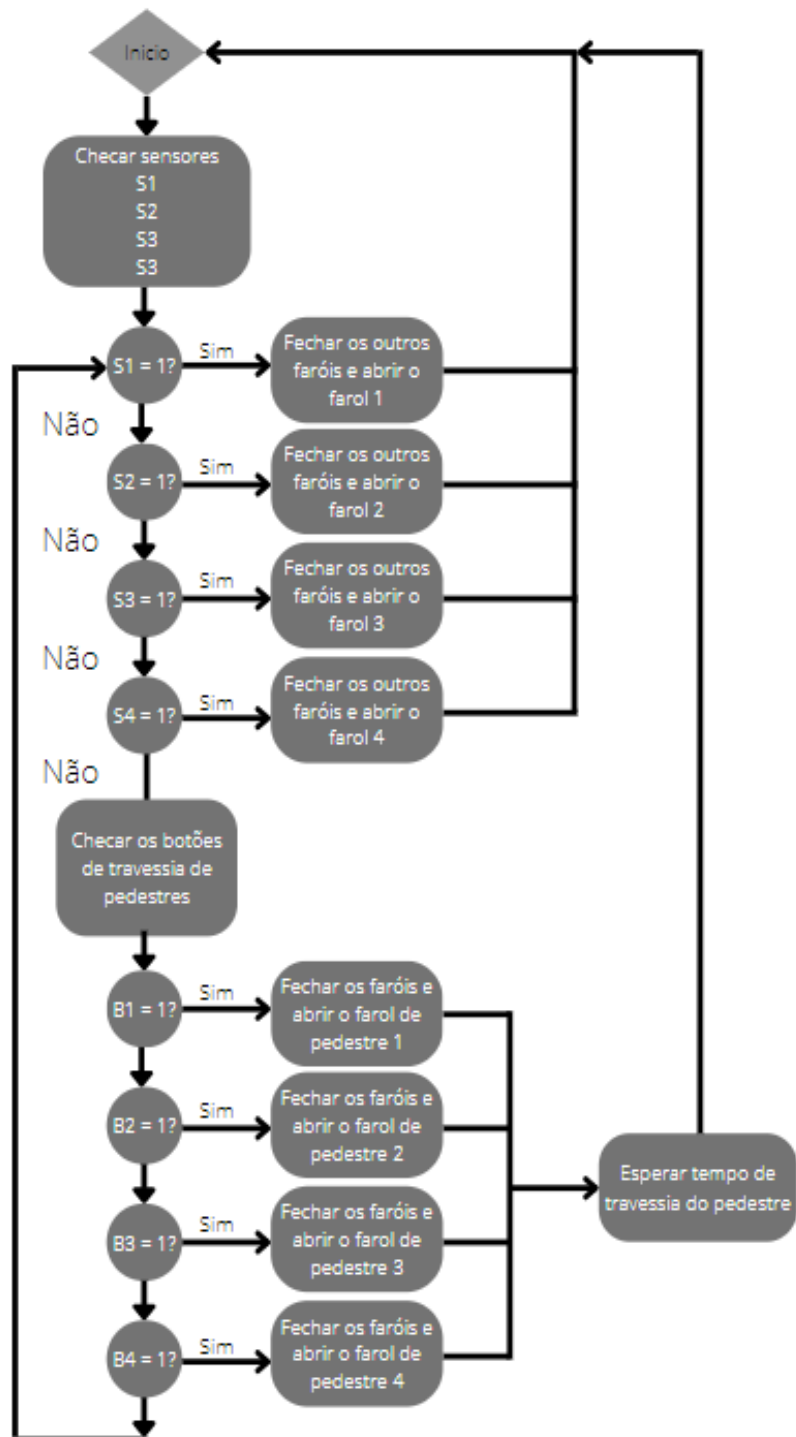


Figura 7. Fluxograma.

Fonte: (Confeccionada pelo grupo)

## 4.2 Componentes Físicos do Protótipo

### 4.2.1 Plataforma Arduino



Figura 8. Logo do Arduino.

Fonte: (<http://www.arduino.cc>)

Arduino é uma plataforma numa linguagem que é essencialmente C/C++. É projetada com um microcontrolador que vem embutido com suporte entrada/saída. Tem como seu objetivo a criação de ferramentas acessíveis.

#### 4.2.1.1 História do Arduino

“No ano de 2005, um grupo de cinco pesquisadores criou o Arduino: David Cuartielles, David Mellis, Gianluca Martino, Massimo Banzí e Tom Igoe. O objetivo da criação era formar um dispositivo que fosse simples de se programar, ao mesmo tempo que barato e acessível à estudantes e amadores.” (THOMSEN, 2014)

O nome “Arduino” só foi escolhido após a criação da primeira placa, e foi baseado no nome de um pub que os criadores frequentaram. A palavra tem origem germânica Harduwin, e quer dizer algo como firmeza, resistência.

A primeira placa era composta por um microcontrolador do tipo Atmel, e era programada via Ambiente de Desenvolvimento Integrado, tendo linguagem C/C++. Seus circuitos de entrada e de saída podem ser conectados a um computador pessoal via cabo USB.

O primeiro Arduino, criado no ano de 2005, foi o Serial Arduino, o que demarcou uma grande inovação. As placas de Arduino evoluíram rapidamente com o tempo, se tornando mais versáteis para diferentes necessidades, mantendo sempre a facilidade de se programar. (THOMSEN, 2014)

#### 4.2.1.2 Arduino Mega 2560

O projeto desenvolvido utiliza o modelo Arduino Mega 2560 para o controle dos sensores e dos faróis. “O Arduino Mega 2560 é uma placa microcontrolada baseada no chip ATmega2560. Ela possui 54 portas digitais de entrada/saída (Das quais 15 podem ser usadas como saídas PWM), 16 portas analógicas, 4 UARTs (Portas seriais para hardware), um cristal oscilador de 16 MHz, um conector USB, um leitor de ICSP e um botão de reset. Também contém todos os componentes necessários para suportar o microcontrolador.”

(ARDUINO, 2015).

Tabela 1: Características do Arduino UNO

Microcontrolador	ATmega2560
Tensão Operacional	5V
Tensão de entrada	7/12V
Pinos de Entrada/Saída digital	54 (Nas quais 15 podem ser usados como saídas PWM)
Pinos de entrada analógica	16
Corrente CC por pino Entrada/Saída	20mA
Corrente CC para o pino 3.3v	50mA
Memória Flash	256KB, dos quais 8KB são usados para o bootloader
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Velocidade de Clock	16 MHZ

Fonte: (ARDUINO, 2015).

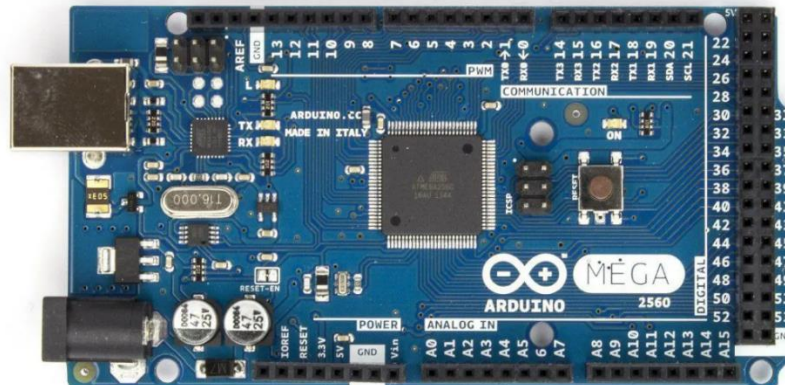


Figura 9. Arduino MEGA 2560 .

Fonte: (ARDUINO, 2015).

#### 4.2.2 Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho

O sensor infravermelho é designado para o gerenciamento da densidade de veículos em cada estrada. Isto dá aos controladores um sinal. O sensor foi escolhido devido ao custo, precisão e alcance que se encaixava na distância que era necessitada.

O emissor emite luz infravermelha invisível para o olho humano, que é detectada pelo receptor, e enviado um sinal para seu pino de data (OUT).



Figura 10. Sensor de obstáculo infravermelho.

Fonte: (ELETRONICA, 2022h)

### 4.2.3 Código

Código completo disponível no apêndice.

### 4.3 Simulação dos Protótipos

Para o desenvolvimento dos protótipos primeiro foi usado um simulador de microcontroladores chamado “Wokwi”.

O primeiro protótipo simulado consistia apenas dos sensores de veículos e dos faróis. Como o simulador não contém os sensores de obstáculo infravermelho, foram utilizados botões de pulso com a finalidade de simular os mesmos. Os botões foram montados em paralelo com um resistor de PULL UP em paralelo, para quando eles não estiverem ativos as portas do Arduino não fiquem “flutuantes”, ou seja, sem estado lógico definido. Uma disposição de 12 LEDs foram montados cada um com sua porta digital própria para dar controle individual a cada LED, e foram ligados ao GND (Ou terra) com um resistor para evitar sobrecarga nas portas digitais do Arduino e aos LEDs. Cada farol é representado por uma fileira vertical de leds, com cada um contendo 1 LED vermelho, 1 LED amarelo e um LED Verde.

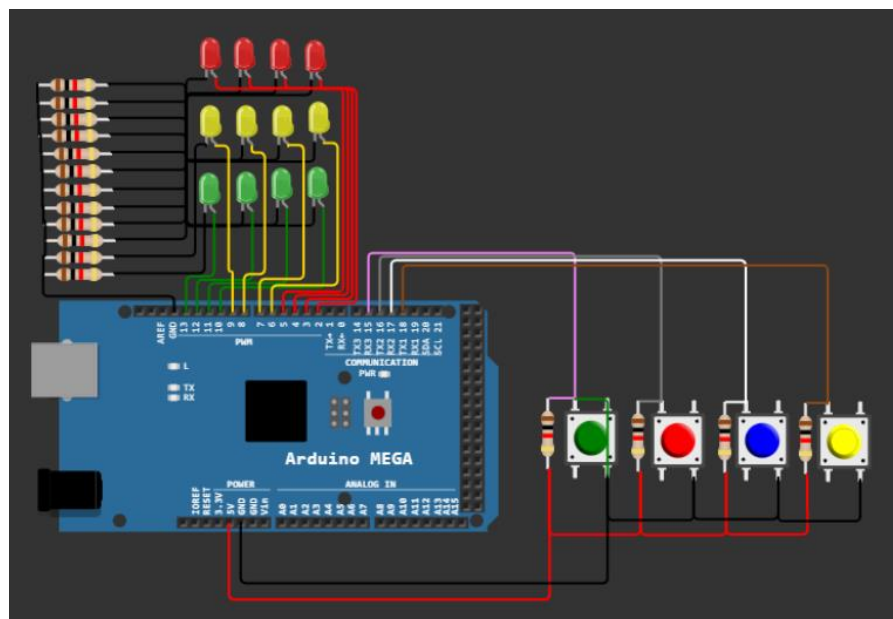


Figura 11. Simulação do primeiro protótipo.

Fonte: (Confeccionado pelo grupo no site [www.wokwi.com](http://www.wokwi.com))

O segundo protótipo simulado, porém, já contém o sistema de travessia de pedestres, representado pelos botões azuis. Eles são ligados da mesma maneira que os outros botões, com resistores de PULL UP para deixar a lógica definida. Um segundo grupo de faróis foi adicionado para a sinalização da travessia de pedestres.



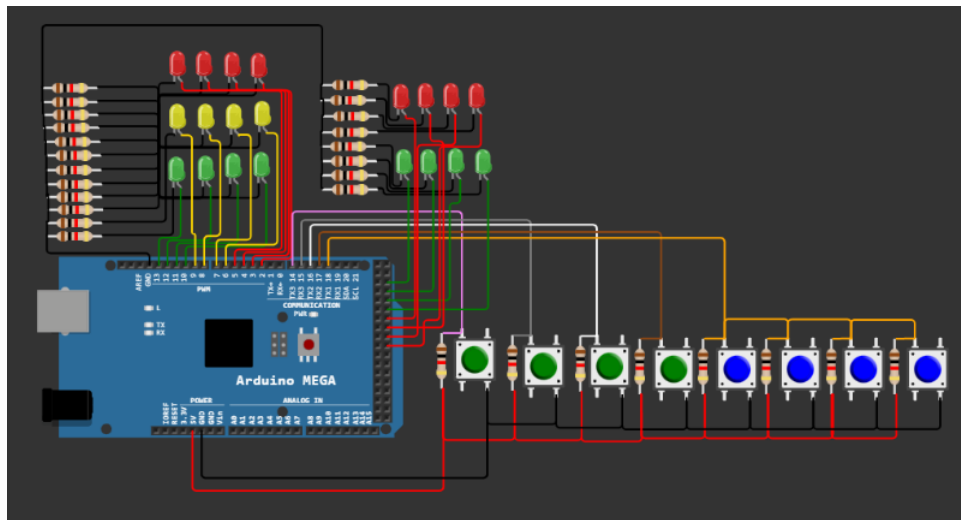


Figura 12. Simulação do segundo protótipo.

Fonte: (Confeccionado pelo grupo no site [www.wokwi.com](http://www.wokwi.com))

#### 4.4 Diagrama Elétrico

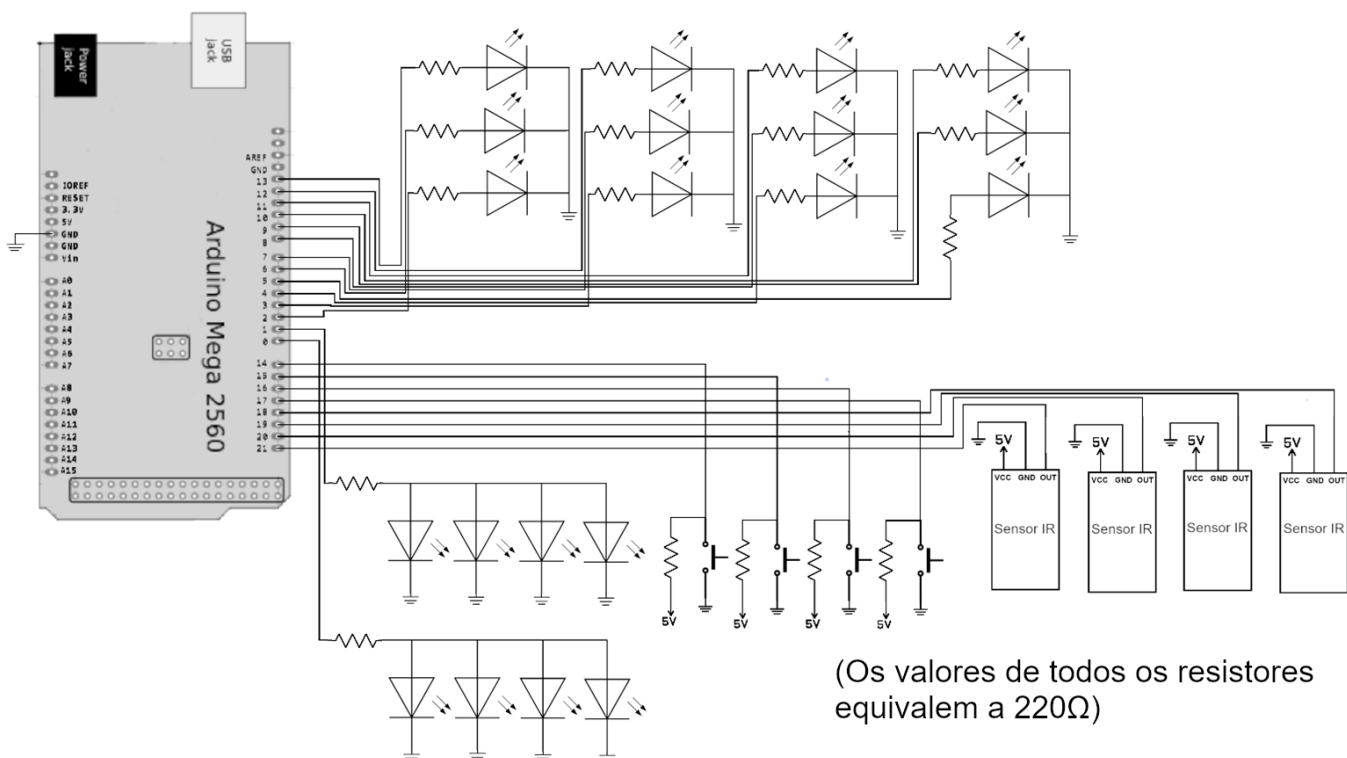


Figura 13. Diagrama do circuito elétrico do protótipo final.

Fonte: (Confeccionado pelo grupo no editor de imagens GIMP)

#### 4.5 Protótipos montados

O primeiro protótipo foi confeccionado em uma protoboard, com o intuito de testar os componentes e a programação do projeto. Seu funcionamento se aparentava promissor e, até o momento, correto.

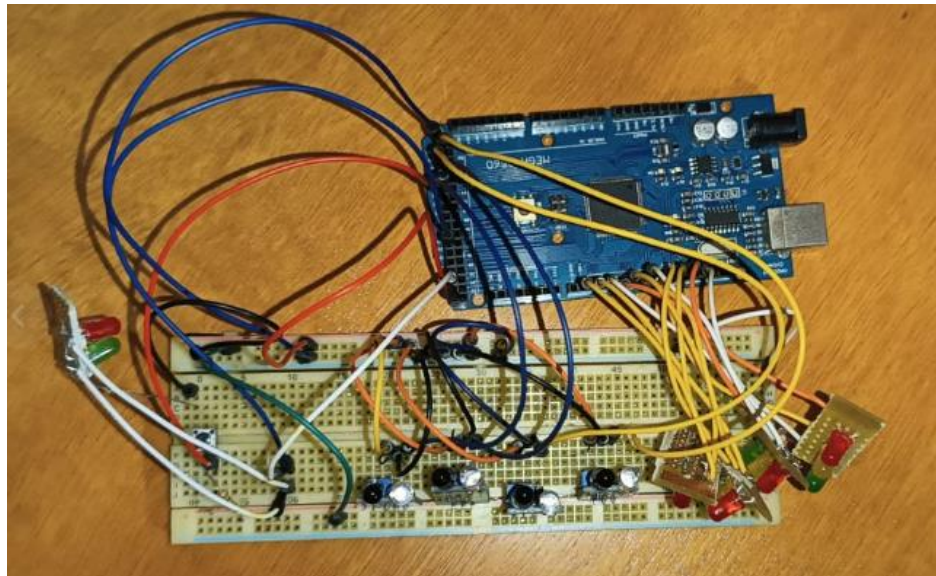


Figura 14. Primeiro protótipo.

Fonte: (Confeccionado pelo grupo)

Conforme o projeto se finalizava no papel, veio o momento de testar seu funcionamento com a utilização de uma maquete. Foi utilizado uma placa de isopor como plataforma, coberta com papel cartão verde e preto para representar um cenário com duas estradas o cruzando. Para a imitação de um poste, canudos foram utilizados, onde os fios passariam por dentro, se conectando com os sensores e os LEDs de acordo. Cada poste tem em si cinco LEDs, sendo três (verde, amarelo e vermelho) para a representação de um semáforo e dois (verde e vermelho) para a representação da sinalização usada por pedestres.

Os sensores de luz infravermelha sofreram a necessidade de estar em um segundo “poste” próximo ao principal, devido ao seu tamanho e à necessidade de evitar a sobrecarga de peso nos canudos, o que os fariam dobrar demasiadamente. Esta característica é apenas visual e não alterava o funcionamento do projeto de forma alguma, com os sensores infravermelhos funcionando da mesma forma que seria inicialmente prevista.

No chão, próximo ao primeiro poste, se encontravam pequenos botões que serviriam como os botões de parada para que os automóveis fossem parados liberando a passagem para quaisquer pedestres que ali estivessem.

Para esconder o Arduino de modo que não ficasse deslocado, uma caixa de papelão foi coberta em papel cinza para que se assemelhasse a um prédio, que ficou assentado ao lado das estradas. De acordo, todos os fios envolvidos neste protótipo passavam por baixo da placa de isopor, de forma que não ficassem expostos.

Tal protótipo funcionou como o esperado, com os semáforos fechando e abrindo de acordo com os estímulos dados aos sensores e aos botões de pedestres. Este protótipo

contava também em sua programação com um sistema de prioridade, caso dois carros aparecessem ao mesmo tempo em dois sensores diferentes, promovendo a passagem de um veículo de cada vez, o que evitaria acidentes que ocorreriam caso dois semáforos abrissem ao mesmo tempo.

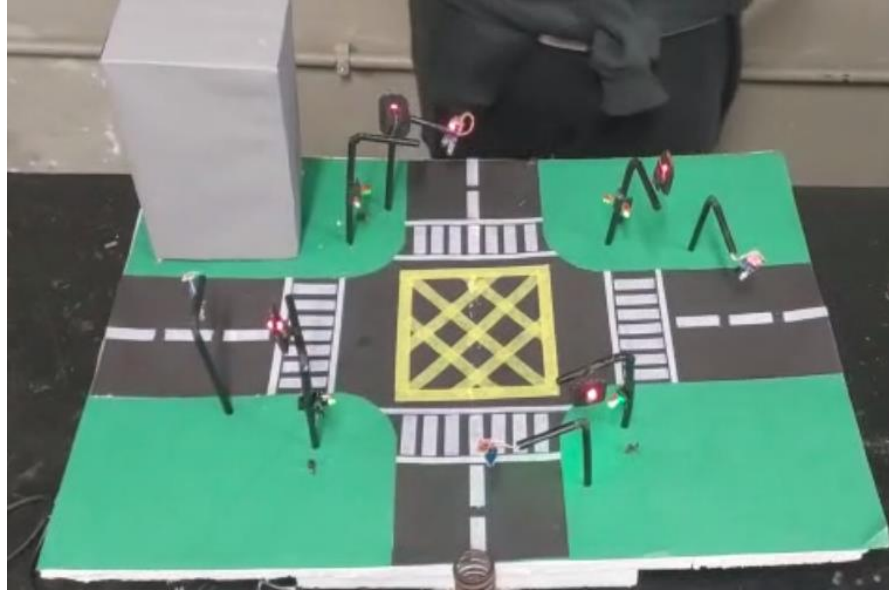


Figura 15. Protótipo Final.

Fonte: (Confeccionado pelo grupo)

## 5. Custos da confecção do projeto

### 5.1 Gastos para a confecção do protótipo

Item	Preço	Unidades	Total
Módulo de Sensor de Obstáculo Infravermelho	R\$ 7,11	4	R\$ 28,44
LED Difuso 5mm Verde	R\$ 0,24	8	R\$ 1,92
LED Difuso 5mm Vermelho	R\$ 0,24	8	R\$ 1,92
LED Difuso 5mm Amarelo	R\$ 0,24	4	R\$ 0,96
Botão de Pulso 6x6x5mm 4 Terminais	R\$ 0,35	4	R\$ 1,40
Arduino Mega2560	R\$ 208,71	1	R\$ 208,71
Placa Padrão Tipo Ilha 10x10cm	R\$ 17,01	1	R\$17,01
Jumper Premium 40p/10cm Macho/Macho	R\$ 6,95	1	R\$ 6,95

Frete: Econômico; R\$15,01; média de 3 dias úteis, sujeito a alterações de valores por região e data de consulta, acesso 08/09/2022. Total do protótipo: R\$282,10. (ELETRONICA, 2022a,b,c,d,e,f,g,h).

## 5.2 Gastos para a confecção da maquete

Item	Preço	Unidade	Total
Kit 20 Papéis cartão colorido	R\$ 27,99	1	R\$ 27,99
Pacote 25 Canudos	R\$ 5,99	1	R\$ 5,99
Pacote 50 Espetos de churrasco	R\$ 5,00	1	R\$ 5,00
Placa de isopor	R\$ 5,29	1	R\$ 5,29
Carrinho de brinquedo	R\$15,11	4	R\$ 60,44

Frete: Econômico; R\$7,90; média de 1 dia útil, sujeito a alteração de valores por região e data de consulta, acesso 08/09/2022. Total da maquete: R\$ 112,61. (LUIZA, Magazine, 2022).

## 6. RESULTADOS OBTIDOS

Conforme foi se avançando no projeto, conseguimos atingir o objetivo montar um sistema de tráfego mais prático que os utilizados ultimamente e mais acessível.

As primeiras ideias do protótipo foram realizadas em simulações no site: [www.wokwi.com](http://www.wokwi.com), sua construção foi realizada envolta do Arduino, levando como base a programação C++, sendo ela uma programação simples mesmo que extensa. No dia 7 de setembro de 2022, já havia sido chegado a sua ideia final, junto a ela tínhamos também o sistema para pedestres integrado.

O primeiro protótipo utilizaria de sensores indutivos, que consistiriam em grandes bobinas de cobre que ficariam embaixo da terra e funcionariam como sensores de metal, quando um veículo parasse em cima do sensor, ele enviaria um sinal ao microcontrolador que processaria os dados e abriria ou fecharia os faróis. Esse protótipo foi logo descartado devido ao custo de produção e dificuldades sincronizando os sensores com o microcontrolador, tornando-o inviável de ser usado no projeto.

O projeto foi realizado fora dos computadores e testado sem uma maquete. Nos resultados, a utilização dos sensores de luz infravermelha se provou útil, com boa detecção quando ativados pela aproximação de um objeto de tamanho considerável, e os leds eram ativados de forma correta e previsível.

Após, no dia 15/09/2022, foi realizada a primeira montagem do protótipo em uma maquete. Ela era composta de uma placa de isopor coberta por papel cartão colorido para que representasse um cenário e um cruzamento entre duas ruas diferentes. Em cada rua, foi aplicado um semáforo feito de LEDs passando por dentro de um canudo e um semáforo extra apenas para os sensores infravermelhos, que devido ao tamanho do canudo não poderiam estar no primeiro. Em cada semáforo (exceto os dos sensores), havia 5 LEDs, sendo três para a representação do semáforo principal e dois para a representação da sinalização de pedestres (sendo estes conectados a um botão em sua área, representando o botão que um pedestre usaria para impedir a passagem de carros e liberar a sua própria). Por último, a maquete também continha uma caixa de papelão revestida em papel cartão cinza imitando uma construção. Dentro desta “construção”, se assentava o Arduino, com os fios que se conectavam ao mesmo passando por debaixo da placa de isopor. Assim, todos os cabos eram devidamente escondidos e arrumados.

Em sua finalização, não houve erros ou problemas, tendo funcionado como esperado quando usado um pequeno objeto para a representação de um carro ou quando pressionados os botões de pedestre. Enfim, o projeto se encontrava concluído e operacional sem falhas ou maiores dificuldades.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Trazendo o mundo do trânsito e resolvendo problemas que o sistema atual utilizado. Esse trabalho aperfeiçoou alguns protótipos semelhantes e deixou seu custo mais acessível.

O fato do baixo custo do protótipo tem a vantagem da facilidade de montar o projeto em escala maior do que outros métodos para esse sistema, como trocando os sensores por câmeras com inteligência artificial.

Durante o desenvolvimento desse projeto foi encontrado algumas dificuldades, sendo elas, o tipo de programação que seria usada e confusão de alguns componentes virem quebrados, e até mudança de planos em questão do uso dos sensores devido a custos e funcionalidade, já que o sistema seria composto com sensores indutivos e não sensores infravermelhos.

Mesmo com as dificuldades, os resultados desse protótipo foram excelentes, pois aprofundou o conhecimento do grupo em diversas áreas, como programação, montagem, engenharia de trânsito e escrita.

Todos os objetivos do projeto foram alcançados, que foram: Fazer um controle inteligente entre os faróis, permitindo a redução de tempo de espera nos mesmos, e a integração de um sistema de faróis de pedestres que se comunicam com os faróis de carros, permitindo uma dinâmica fluida de travessia.

### **7.1 Sugestões para projetos futuros**

Para projetos futuros, pode ser sugerido que seja feita a instalação de equipamentos que tornem o sistema mais preciso e menos suscetível a alarmes falsos, e contar com sistema de contagem de carros, para controlar melhor o fluxo de carros.

Outra possibilidade seria usar sensores indutivos de cunho industrial, devida sua precisão, durabilidade e eficiência, além de que ele só detectaria estritamente corpos de metal, como veículos.

Apesar de ser barato, o microprocessador utilizado no projeto (ATmega2560) pode ser substituído com outros mais baratos, como o ESP-32, PIC16505, entre outros mais baratos.

## REFERÊNCIAS

RAMOS, Larissa. **Conheça as principais causas de acidentes de trânsito e como evitá-las**. Cobli Blog. Brasil: 18 out. 2021. Disponível em: <<https://www.cobli.co/blog/causas-de-acidentes-de-transito/>>. Acesso em 7 set. 2022.

PEDUZZI, Pedro. **Em 2021, 5 mil pessoas morreram em 64 mil acidentes de carro**. AgênciaBrasil. Brasília: 17 mai. 2022. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-05/em-2021-5-mil-pessoas-morreram-em-64-mil-acidentes-de-carro?amp>>. Acesso em 7 set. 2022.

ELAINA, Jeniffer. **Quais são as maiores causas de acidentes de trânsito?** Smartia Blog. Brasil: 31 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.smartia.com.br/blog/maiores-causas-acidentes-transito/>>. Acesso em 7 set. 2022.

EPTV 1. **Assaltos a motoristas de aplicativo crescem 80,2% em SP, apontam dados da Secretaria de Segurança**. G1. Ribeirão: 17 nov. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/google/amp/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2019/11/17/assaltos-a-motoristas-de-aplicativo-crescem-802percent-em-sp-apontam-dados-da-secretaria-de-seguranca.ghtml>> Acesso em 7 set. 2022.

SCINOCCA, Marcel. **Roubos em semáforos crescem e deixam motoristas em pânico**. Jornal Cruzeiro. São Paulo: 06 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.jornalcruzeiro.com.br/sorocaba/noticias/2022/02/amp/687792-roubos-em-semaforos-crescem-e-deixam-motoristas-em-panico.html>> Acesso em 7 set. 2022.

DANTAS, Tiago. **Perigos do trânsito para a saúde**. Mundo Educação. Brasil: Disponível em <<https://mundoeducacao.uol.com.br/amp/saude-bem-estar/perigos-transito-para-saude.htm>> Acesso em 7 set. 2022.

VILANOVA, Luis. **Sinal de Trânsito: Curiosidades**. Brasil: Disponível em <[http://www.sinaldetransito.com.br/curiosidades\\_foto.phpIDcuriosidade=35&alt#:~:text=%22O%20primeiro%20sem%C3%A1foro%20do%20mundo,o%20mesmo%20dos%20sem%C3%A1foros%20atuais.%22](http://www.sinaldetransito.com.br/curiosidades_foto.phpIDcuriosidade=35&alt#:~:text=%22O%20primeiro%20sem%C3%A1foro%20do%20mundo,o%20mesmo%20dos%20sem%C3%A1foros%20atuais.%22)> Acesso em 8 ago. 2022.

FERNANDES, Cristiane; RICARDO, Marcelo. **O Controle de Tráfego em Cidades Inteligentes: um panorama dos depósitos de patente no Brasil e no Mundo**. Rio de Janeiro: 2020. Disponível em: <[https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/controle-de-trafego-inteligente\\_estudo\\_estendido\\_v30062020.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/controle-de-trafego-inteligente_estudo_estendido_v30062020.pdf)> Acesso em 15 set. 2022.

LUIZ, Rodrigo. **Prefeitura inicia ampliação dos semáforos inteligentes**. São Paulo: 19 mar. 2021. Disponível em: <<https://www.sjc.sp.gov.br/noticias/2021/marco/18/prefeitura-inicia-ampliacao-dos-semaforos-inteligentes/>> Acesso em 16 out. 2022.



RODRIGUES, Alisson et al. **Desenvolvimento de um Semáforo Inteligente Utilizando Arduino e Sensores Infravermelhos**. Bahia: 2019. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/download/8958/8859/>> Acesso em 16 out. 2022.

GREGÓRIO, Paulo. **Semáforo Inteligente de Trânsito**. São Paulo: 2017. Disponível em <<http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/5433/1/Paulo%20G.%20Soares%20Borba.pdf>> Acesso em 16 out. 2022.

PERKONS. **Breve história do trânsito**. Trânsito Ideal. Disponível em <<http://www.transitoideal.com.br/artigo/4/educador/66/breve.historia.dotransito>> Acesso em 16 out. 2022.

SUMMITMOBILIDADE. **Conheça a história dos sinais de trânsito**. O Estado de São Paulo, São Paulo, 22 de abr. de 2022. Summitmobilidade. Disponível em <<https://summitmobilidade.estadao.com.br/guia-do-transporte-urbano/conheca-a-historia-dos-sinais-de-transito/>> Acesso em 16 out. 2022.

ELETRÔNICA, Baú da. Baú da Eletrônica - Componentes Eletrônicos. 2022a. Disponível em <<https://www.baudaeletronica.com.br/chave-tactil-6x6x5mm-4-terminais.html>> Acesso em 08 set. 2022.

ELETRÔNICA, Baú da. Baú da Eletrônica - Componentes Eletrônicos. 2022b. Disponível em <<https://www.baudaeletronica.com.br/placa-padr-o-tipo-ilha-10x10-cm.html>> Acesso em 08 set. 2022.

ELETRÔNICA, Baú da. Baú da Eletrônica - Componentes Eletrônicos. 2022c. Disponível em <<https://www.baudaeletronica.com.br/led-difuso-5mm-verde.html>> Acesso em 08 set. 2022.

ELETRÔNICA, Baú da. Baú da Eletrônica - Componentes Eletrônicos. 2022d. Disponível em <<https://www.baudaeletronica.com.br/led-difuso-5mm-amarelo.html>> Acesso em 08 set. 2022.

ELETRÔNICA, Baú da. Baú da Eletrônica - Componentes Eletrônicos. 2022e. Disponível em <<https://www.baudaeletronica.com.br/arduino-mega-2560-compativel-cabo-usb.html>> Acesso em 08 set. 2022.

ELETRÔNICA, Baú da. Baú da Eletrônica - Componentes Eletrônicos. 2022f. Disponível em <<https://www.baudaeletronica.com.br/led-difuso-5mm-vermelho.html>> Acesso em 08 set. 2022.

ELETRÔNICA, Baú da. Baú da Eletrônica - Componentes Eletrônicos. 2022g. Disponível em <<https://www.baudaeletronica.com.br/jumper-premium-40p-x-10cm-macho-macho.html>> Acesso em 08 set. 2022.

ELETRÔNICA, Baú da. Baú da Eletrônica - Componentes Eletrônicos. 2022h. Disponível em <<https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-obstaculo-infravermelho-ir.html>> Acesso em 08 set. 2022.

LUIZA, Magazine - Magazine Luiza SA, 2022. Disponível em <<https://www.magazineluiza.com.br>> Acesso em 08 set. 2022.

THOMSEN, Adilson. **O que é Arduíno, para que serve e primeiros passos [2022]**. 2014. Disponível em <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>> Acesso em 08 set. 2022.

## APÊNDICES

### *Código*

```
int sensor1 = 14; // Define pinos dos sensores e as Variáveis
int sensor2 = 15;
int sensor3 = 16;
int sensor4 = 17;
int button = 18;
int Sans1 = 0;
int Sans2 = 0;
int Sans3 = 0;
int Sans4 = 0;
int On = 0;

int signal1[] = {5, 9, 13}; // Define os pinos das LEDs de cada farol
int signal2[] = {4, 8, 12};
int signal3[] = {3, 7, 11};
int signal4[] = {2, 6, 10};
int ped1[] = {33, 25};
int ped2[] = {35, 27};
int ped3[] = {37, 29};
int ped4[] = {39, 31};

int yellowDelay = 2000; // Variavel de tempo

void setup()
{
  // Define os pinos dos LEDs como saídas
  for(int i=0; i<3; i++){
    pinMode(signal1[i], OUTPUT);
    pinMode(signal2[i], OUTPUT);
    pinMode(signal3[i], OUTPUT);
    pinMode(signal4[i], OUTPUT);
  }
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  // Verifica os sensores para ativar as funções de cada farol
```

```
if(digitalRead(sensor1) == LOW)
{
    signal1Function();
}

if(digitalRead(button) == LOW)
{
    On = 1;
}

if (On == 1)
{
    ped1Function();
}

if(digitalRead(sensor2) == LOW)
{
    signal2Function();
}

if(digitalRead(sensor3) == LOW)
{
    signal3Function();
}

if(digitalRead(sensor4) == LOW)
{
    signal4Function();
}

delay(500);

}

void low() // Desliga todos os LEDs e Liga todos os LEDs Vermelhos
{
    for(int i=1; i<3; i++)
    {
        digitalWrite(signal1[i], LOW);
    }
}
```

```

    digitalWrite(signal2[i], LOW);
    digitalWrite(signal3[i], LOW);
    digitalWrite(signal4[i], LOW);
}
for(int i=1; i<2; i++)
{
    digitalWrite(ped1[i], LOW);
    digitalWrite(ped2[i], LOW);
    digitalWrite(ped3[i], LOW);
    digitalWrite(ped4[i], LOW);
}
for(int i=0; i<1; i++)
{
    digitalWrite(signal1[i], HIGH);
    digitalWrite(signal2[i], HIGH);
    digitalWrite(signal3[i], HIGH);
    digitalWrite(signal4[i], HIGH);
    digitalWrite(ped1[i], HIGH);
    digitalWrite(ped2[i], HIGH);
    digitalWrite(ped3[i], HIGH);
    digitalWrite(ped4[i], HIGH);
}
On = 0;
}

void signal1Function() // Função do primeiro farol
{
    Serial.println("1");
    low();

    // Desliga o LED vermelho e acende o LED verde do farol 1

    Sans1 = 0;
    digitalWrite(signal1[0], LOW);
    digitalWrite(signal1[2], HIGH);
    delay(3500);

    while(Sans1 < 1)
    {
        if(digitalRead(button) == LOW)

```

```

    {
        On = 1;
    }

    if(digitalRead(sensor2) == LOW || digitalRead(sensor3) == LOW || digitalRead(sensor4) ==
LOW || On == 1)
    {
        // Desliga o LED verde e liga o LED amarelo do farol 1
        digitalWrite(signal1[2], LOW);
        digitalWrite(signal1[1], HIGH);
        ++Sans1;
        delay(yellowDelay);
    }
}

void signal2Function()
{
    Serial.println("2");
    low();

    // Desliga o LED vermelho e acende o LED verde do farol 2

    Sans2 = 0;
    digitalWrite(signal2[0], LOW);
    digitalWrite(signal2[2], HIGH);
    delay(3500);

    while(Sans2 < 1)
    {
        if(digitalRead(button) == LOW)
        {
            On = 1;
        }
        if(digitalRead(sensor1) == LOW || digitalRead(sensor3) == LOW || digitalRead(sensor4) ==
LOW || On == 1)
        {
            // Desliga o LED verde e liga o LED amarelo do farol 2
            digitalWrite(signal2[2], LOW);
            digitalWrite(signal2[1], HIGH);

```

```

    ++Sans2;
    delay(yellowDelay);
  }
}

void signal3Function()
{
  Serial.println("3");
  low();

  // Desliga o LED vermelho e acende o LED verde do farol 3

  Sans3 = 0;
  digitalWrite(signal3[0], LOW);
  digitalWrite(signal3[2], HIGH);
  delay(3500);

  while(Sans3 < 1)
  {
    if(digitalRead(button) == LOW)
    {
      On = 1;
    }
    if(digitalRead(sensor1) == LOW || digitalRead(sensor2) == LOW || digitalRead(sensor4) ==
LOW || On == 1)
    {
      // Desliga o LED verde e liga o LED amarelo do farol 3
      digitalWrite(signal3[2], LOW);
      digitalWrite(signal3[1], HIGH);
      ++Sans3;
      delay(yellowDelay);
    }
  }
}

void signal4Function()
{
  Serial.println("4");
  low();
}

```

```

// Desliga o LED vermelho e acende o LED verde do farol 4

Sans4 = 0;
digitalWrite(signal4[0], LOW);
digitalWrite(signal4[2], HIGH);
delay(3500);

while(Sans4 < 1)
{
  if(digitalRead(button) == LOW)
  {
    On = 1;
  }
  if(digitalRead(sensor1) == LOW || digitalRead(sensor2) == LOW || digitalRead(sensor3) ==
LOW || On == 1)
  {
    // Desliga o LED verde e liga o LED amarelo do farol 4
    digitalWrite(signal4[2], LOW);
    digitalWrite(signal4[1], HIGH);
    ++Sans4;
    delay(yellowDelay);
  }
}

void ped1Function()
{
  Serial.println("ped 1");
  low();

  // Desliga os LEDs vermelhos e acende os LEDs verdes dos faróis de pedestre

  digitalWrite(ped1[0], LOW);
  digitalWrite(ped1[1], HIGH);
  digitalWrite(ped2[0], LOW);
  digitalWrite(ped2[1], HIGH);
  digitalWrite(ped3[0], LOW);
  digitalWrite(ped3[1], HIGH);
  digitalWrite(ped4[0], LOW);

```



```
digitalWrite(ped4[1], HIGH);  
  
delay(5000);  
  
On = 0;  
delay(100);  
}
```