

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MAURÍCIO HALLA NETO  
NATÁLIA SANTANA DE SIQUEIRA SILVA**

**SISTEMA DE CONTROLE DE SINALIZAÇÃO PARA MALHA  
RODOVIÁRIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA  
2018**

**MAURÍCIO HALLA NETO**  
**NATÁLIA SANTANA DE SIQUEIRA SILVA**

**SISTEMA DE CONTROLE DE SINALIZAÇÃO PARA MALHA  
RODOVIÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado(a) como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Elétrica, do Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Flavio Trojan

**PONTA GROSSA**  
**2018**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

SISTEMA DE CONTROLE DE SINALIZAÇÃO PARA MALHA RODOVIÁRIA

por

MAURÍCIO HALLA NETO

e

NATÁLIA SANTANA DE SIQUEIRA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15:30 de 30 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Elétrica. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Flavio Trojan  
Orientador

Prof(a). Dr(a). Hugo Valadares Siqueira  
Membro Titular

Prof(a). Dr(a). Marcella Scoczynski Ribeiro  
Martins  
Membro Titular

Prof(a). Dr(a). Josmar Ivanqui  
Responsável pelos TCC

Prof(a). Dr(a). Jeferson Jose Gomes  
Coordenador(a) do Curso

Dedicamos este trabalho a nossas famílias e amigos que nos apoiaram do início ao fim para que esse dia chegasse.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos aos nossos pais que proporcionaram a realização de mais uma etapa de nossas vidas. Somos gratos por todo apoio, incentivo e amor que nos deram até aqui e por entenderem nossos momentos de ausência.

Aos familiares, por acreditarem em nosso sonho e torcerem por nós, nos dando forças mesmo que a distância.

Aos amigos e colegas da Universidade, pelos conselhos, puxões de orelha, horas de estudo e por todos esses anos que vivenciamos juntos.

Ao nosso orientador, por todo apoio e dedicação em suas orientações e revisões.

Aos nossos professores, que nos acompanharam durante esses anos e compartilharam seus conhecimentos nos ajudando direta ou indiretamente na conclusão deste trabalho.

À Deus, que nos deu forças e nos permitiu realizar esse sonho.

Por fim, agradecemos a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Que todos os nossos esforços estejam  
sempre focados no desafio à  
impossibilidade. Todas as grandes  
conquistas humanas vieram daquilo que  
parecia impossível (Charles Chaplin).

## RESUMO

NETO, Maurício Halla; SILVA, Natália Santana de Siqueira. **Sistema de controle de sinalização para malha rodoviária**. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

O número de veículos automotores que circulam no Brasil teve um crescimento acelerado entre os anos de 2001 e 2012. Segundo um estudo do Observatório das Metrôpoles, o acréscimo nesse período corresponde a 138,6% ou um total de 28,5 milhões de veículos. Quando comparado ao crescimento populacional, que entre os anos de 2000 e 2010, foi de 11,8%, nota-se que o aumento ocorreu de forma excessiva, impulsionado pelo bom momento da economia e as boas condições da indústria automobilística. No entanto, esse aumento não foi acompanhado por um desenvolvimento de infraestrutura física e tecnológica, impactando diretamente em um aumento de situações de congestionamentos e acidentes no país. Neste sentido, este trabalho propõe a utilização de tecnologias de controle e comunicação de dados, já existentes em grandes indústrias, com o intuito de conhecer e atuar remotamente no processo, isto é, pretende-se aplicar os sistemas de supervisão e controle com a finalidade de tornar as vias rodoviárias mais seguras e sinalizadas. Para isso, o presente trabalho usará como referência os sistemas com a capacidade de monitoramento remoto e controle em tempo real, aplicados na indústria e vai verificar a sua eficácia, bem como buscar soluções e avaliar a aplicabilidade do sistema para o uso em ambientes rodoviários. Além disto, propõe-se um tachão refletivo, ou como é popularmente conhecido, “olho de gato” com funcionamento interativo, composto por um dispositivo microcontrolador e módulos de transmissão de sinal de longo alcance, acionado a partir do sistema de supervisão e controle para que o motorista possa conhecer a situação de momento no trecho da rodovia em que está transitando. Não obstante, todo o processo já existente de gestão de uma rodovia é apresentado para contribuir tecnicamente e agregar ao sistema proposto, visto que se busca um complemento de características. Assim, espera-se que os avanços tecnológicos não restrinjam-se apenas aos carros, os quais vivem em constante inovação, mas que cheguem também as rodovias de modo a aliar a tecnologia com a qualidade de tráfego, resultando em maior segurança para os usuários da mesma.

**Palavras-chave:** Veículos. Rodovias. Monitoramento. Controle. Segurança.

## ABSTRACT

NETO, Maurício Halla; SILVA, Natália Santana de Siqueira. **Signaling control system for highway network**. 2018. 63 p. Final Coursework (Bachelor's Degree in Electrical Engineer) – Federal Technological University of Parana. Ponta Grossa, 2018.

The number of motor vehicles circulating in Brazil increased quickly between 2001 and 2012. According to a Metropolis Observatory study, this increasing corresponds to 138.6% or a total of 28.5 million vehicles. When compared with the population growth, which was 11.8% between 2000 and 2010, it is noticeable that the increasing occurred in an excessive way, driven by the good moment of the economy and the good conditions of the automobile industry. However, this increase was not followed by a development of physical and technological infrastructure, directly impacting in the traffic jam and accidents in the country. In this sense, this work proposes the use of data control and communication technologies, already existing in large industries, with the purpose of knowing and acting remotely in the process, it means to apply the supervision and control systems for the purpose to make roadways safer and more flagged. For this, the present work use as reference the systems with the capacity of remote monitoring and control in real time, applied in the industry and verifies its effectiveness, as well as to find solutions and evaluate the applicability of the system for the use in the road environments. In addition, a reflective road stud is proposed, or as it is popularly known, cat's eye with interactive operation, consisting of a microcontroller device and long-range signal transmission modules, activated from the supervision and control system for that the driver can know the current situation on the stretch of highway where he is traveling. Nevertheless, the whole process of already existing management of a highway is presented to contribute technically and to add to the proposed system, since a complement of characteristics is sought. Thus, technological advances are expected not only to be restricted to cars, which are constantly innovating, but also reach highways to combine technology with traffic quality, resulting in greater safety for users of it.

**Keywords:** Vehicles. Highways. Monitoring. Control. Security.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tachões Refletivos durante a noite. . . . .	19
Figura 2 – Percy Shaw. . . . .	20
Figura 3 – Tacha Refletiva. . . . .	21
Figura 4 – Tachões LED em Araucária. . . . .	22
Figura 5 – Centro de Gerenciamento. . . . .	23
Figura 6 – Divisões do Centro de Gerenciamento. . . . .	24
Figura 7 – Interoperabilidade e intercambialidade de dispositivos. . . . .	27
Figura 8 – Uso de repetidores em decorrência do relevo. . . . .	29
Figura 9 – Vista Frontal do Tachão Refletivo Amarelo Convencional Utilizado como Modelo. . . . .	31
Figura 10 – Vista Superior do Tachão Refletivo Amarelo Convencional Utilizado como Modelo. . . . .	31
Figura 11 – Vista Lateral do Tachão Refletivo Amarelo Convencional Utilizado como Modelo. . . . .	31
Figura 12 – Vista Frontal do Modelo em AutoCad com Dimensões em Centímetros. . . . .	32
Figura 13 – Vista Superior do Modelo em AutoCad com Dimensões em Centímetros. . . . .	33
Figura 14 – Vista Lateral do Modelo em AutoCad com Dimensões em Centímetros. . . . .	33
Figura 15 – Modelo 3D desenvolvido para impressão. . . . .	34
Figura 16 – Vista Frontal do Tachão Refletivo em Impressão 3D. . . . .	34
Figura 17 – Vista Superior do Tachão Refletivo em Impressão 3D. . . . .	35
Figura 18 – Vista Lateral do Tachão Refletivo em Impressão 3D. . . . .	35
Figura 19 – Visão Geral do Sistema de Tachões Refletivos. . . . .	36
Figura 20 – Microcontrolador Arduino UNO Utilizado Para o Controle do Sistema. . . . .	37
Figura 21 – Ambiente de Programação do Arduino. . . . .	38
Figura 22 – Componentes Utilizados. . . . .	39
Figura 23 – Circuito Implementado. . . . .	39
Figura 24 – <i>Tag</i> Rresponsável por Definir as Variáveis de Saída dos Veículos a Partir das Variáveis de Entrada. . . . .	44
Figura 25 – Tela Geral sem a Existência de Ocorrências. . . . .	46
Figura 26 – Tela Geral com a Existência de Ocorrências. . . . .	46
Figura 27 – Tela Geral com os Trechos Onde há Ocorrências Destacados. . . . .	47
Figura 28 – Tela de Detalhes sem Ocorrências. . . . .	47
Figura 29 – Tela de Detalhes com Trecho em Obra. . . . .	48
Figura 30 – Tela de Detalhes com Trecho em Más Condições Climáticas. . . . .	48
Figura 31 – Tela de Detalhes com Existência de Acidente no Trecho. . . . .	49
Figura 32 – Diálogo Básico de Animação. . . . .	50
Figura 33 – Fragmento do Código de Comandos para a Tela de Detalhes Ctba-PGT1. . . . .	50
Figura 34 – Tachão Refletivo Desenvolvido com Iluminação em LED. . . . .	53
Gráfico 1 – Avaliação das Rodovias Pesquisadas. . . . .	17

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis do Sistema. . . . .	42
Tabela 2 – Variáveis de Entrada e Saída do Sistema. . . . .	42
Tabela 3 – Descrição das Tag's Aplicadas ao Trecho 1. . . . .	43
Tabela 4 – Funcionamento Simplificado da <i>Tag</i> DEFINE_CTBA-PG. . . . .	44
Tabela 5 – Aplicação das Tag's de Entrada e a Resposta de DEFINE_CTBA-PG. . . . .	45
Tabela 6 – Valor de DEFINE_CTBA-PG e a Resposta do Sistema. . . . .	45
Tabela 7 – Divisão dos Trechos Atuados pelo Sistema de Supervisão e Controle Projetado. . . . .	49
Tabela 8 – Comparativo de Custos do Tachão Refletivo Convencional e o Protótipo Desenvolvido. . . . .	53
Tabela 9 – Comparativo de Custos do Tachão com a Mesma Tecnologia de Produção. . . . .	54

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

### SIGLAS

3D	Três Dimensões, do inglês <i>Three Dimensions</i>
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
C2C	<i>Center-to-Center</i>
C2F	<i>Center-to-Field</i>
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBPT	Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação
INCT-OM	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Observatório das Metrôpoles
ITS	Sistemas inteligentes de Transporte, do inglês <i>Intelligent Transportation Systems</i>
LED	Diodo Emissor de Luz, do inglês <i>Light Emitting Diode</i>
NTCIP	<i>National Transportation Communications for ITS Protocol</i>
PLA	Ácido Polilático, do inglês <i>Polylactic Acid</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

### ACRÔNIMOS

DPVAT	Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres
-------	---

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA	14
1.2	PROBLEMA E HIPÓTESE	14
1.3	OBJETIVO GERAL	15
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.5	JUSTIFICATIVA	16
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
2.1	SINALIZAÇÃO DE RODOVIAS	17
2.1.1	Sinalização em Obras	18
2.1.2	Sinalização em Acidentes	18
2.2	TACHÕES REFLETIVOS	19
2.2.1	Definição	19
2.2.2	História	20
2.2.3	Aplicações	21
2.2.3.1	Tacha LED a Energia Solar	21
2.2.3.2	Pisca Faixa	22
2.3	GERENCIAMENTO DE RODOVIAS	22
2.3.1	Centro de gerenciamento	24
2.4	PROTOCOLOS E MEIOS DE COMUNICAÇÃO	25
2.4.1	Protocolo de Comunicação	26
2.4.2	Transmissão de Dados	27
2.4.2.1	Fibra ótica	28
2.4.2.2	Rádio modem	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
3.1	TACHÃO REFLETIVO	30
3.1.1	Confecção	30
3.2	SISTEMA EMBARCADO	36
3.2.1	Programação	40
3.3	TRANSMISSÃO DE DADOS	40
3.4	SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE	41
3.4.1	Funcionamento	42
3.5	INTEGRAÇÃO	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>60</b>
	<b>ANEXO A – CÓDIGO IMPLEMENTADO PARA ACIONAMENTO DOS LED'S</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil circulam diariamente cerca de 50,7 milhões de veículos segundo dados de 2018 do estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação (IBPT) em parceria com a Empresômetro (IBPT; EMPRESOMÊTRO, 2018). De acordo com informações de 2013 fornecidas pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) em parceria com o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Observatório das Metrôpoles (INCT-OM) (RIBEIRO; RODRIGUES, 2013), em apenas dez anos o aumento da frota circulante no Brasil corresponde a onze vezes mais do que o aumento da população e é superior a todas as décadas anteriores. Ainda segundo o DENATRAN, estima-se que no Brasil existe um carro a cada quatro habitantes.

A cada dia, em grande maioria, o trânsito brasileiro se torna mais perigoso, assim como congestionamentos e acidentes são cada vez mais comuns. No país, devido à pouca infraestrutura em diferentes modalidades modais, o inchaço das rodovias é realidade a muitos anos. Seja por trabalho ou lazer, uma grande parte destes mais de 50 milhões de veículos utilizam as estradas para deslocamento diário ou eventual e infelizmente a falta de sinalização é um dos principais responsáveis pelo grande número de acidentes.

De acordo com um estudo da Confederação Nacional do Transporte (CNT) (CNT, 2017b), a tecnologia utilizada para projetar rodovias no Brasil está atrasada em quase 40 anos quando comparada a países desenvolvidos. O pavimento, por exemplo, é projetado para durar entre 8 e 12 anos enquanto que nos EUA podem chegar a 25 anos. Fica claro que a primeira medida essencial é a mudança de conceitos com relação as rodovias. Nesse mesmo estudo, a falta de fiscalização é responsável por um dado alarmante: os gastos em correções de obras mal entregues podem chegar a 24% do valor inicial da obra.

O investimento não se limita apenas em uma rodovia tradicional, o gerenciamento da rodovia é muito importante. De acordo com Vasconcellos (VASCONCELLOS, 2017), o centro de gerenciamento é o coração de um grupo de ações atribuídas ao sistema a partir de uma coleta de dados realizada anteriormente, podendo assim evitar congestionamentos através do controle dos veículos, acompanhar a malha rodoviária de modo a possibilitar a identificação de possibilidades de correções, in-

vestimentos e melhorias, atuar sobre acontecimentos, previstos ou não, por meio de sinalização de obras e acidentes, e até mesmo como deslocar equipes de resgate e guinchos, quando necessário para o atendimento dos usuários e etc.

Embora a gestão da rodovia busque acompanhar as estradas em tempo real e sinalizá-las de forma eficiente para alertar os condutores, é muito comum a má sinalização de incidentes e intervenções, muitas vezes em razão da extensão e da distância entre as equipes de resgate, em caso de acidentes, por exemplo. O deslocamento do resgate ou das equipes técnicas até o ponto de interesse pode levar algum tempo e, em virtude disso, outros incidentes acabam por acontecer, em alguns casos com até maior gravidade do que o primeiro. Portanto, surge a inevitabilidade de o usuário acompanhar também, em tempo real, a situação do trecho em que o mesmo está transitando.

A interatividade, isto é, a troca de informações entre a rodovia e os usuários é o que se espera quando se compara as tecnologias empregadas nos automóveis e nas rodovias. É imprescindível o desenvolvimento de um sistema capaz de permitir uma redução considerável no número de incidentes rodoviários do Brasil, bem como evitar que mais vítimas sejam resultados da péssima comunicação entre as rodovias e os que por ela circulam, que em alguns casos parecem abandonados na incerteza do que existe após a próxima curva.

Segundo Silva (SILVA, 2003), com a interatividade, o emissor não transmite apenas uma mensagem, mas sim uma infinidade de possibilidades, e também, o receptor não está mais na posição tradicional de ouvinte. O receptor pode intervir na comunicação, atuar de forma construtiva da informação, desde que o sistema utilizado assim o permita. Essa é a obrigação das concessionárias administradoras de rodovias, isto é, permitir que a informação circule mais rapidamente e chegue ao motorista assim que chega ao centro de gerenciamento, e evite assim que durante um período de tempo os motoristas não saibam os riscos que podem estar por vir. Não obstante, é obrigação também das concessionárias criar um canal de comunicação capaz de permitir ao usuário alertar a concessionária sobre trechos com incidentes ainda não sinalizados.

Contudo, faz-se imprescindível, que uma sinalização em tempo real seja implementada, para que mesmo antes da chegada das equipes dos responsáveis pela rodovia, os motoristas já conheçam a situação de trânsito, ou seja, assim que a con-

cessionária receba a informação de um incidente e desloque as equipes para atendimento, algum tipo de sinalização já seja acionada pelos operadores do centro de comando, mas também, que além dela exista um canal de informação efetivo o qual informe aos usuários a real situação.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Neste trabalho propõe-se um sistema de monitoramento e controle em tempo real por meio a utilização de um “olho de gato” acionado por meio de um centro de supervisão e controle, de modo a possibilitar que o motorista conheça a situação do trecho da rodovia em que está transitando, desde o tráfego, obras, clima e até acidentes com bloqueio parcial ou total da pista. A sinalização é acionada com certa distância das anormalidades da pista, podendo esta ser determinada pelo controlador, de maneira a permitir com que o condutor seja alertado com antecedência do ocorrido assim evitando que demais acidentes sejam ocorridos em função do não conhecimento da real situação do trecho. Caso tudo esteja em perfeitas condições não existirá alteração na sinalização, isto é, a mesma apenas manterá seu funcionamento básico já conhecido. O sistema deve ser atuado por um centro de comando posicionado da melhor forma possível, podendo ser operado pelas autoridades responsáveis ou empresas detentoras dos direitos de exploração da respectiva rodovia. A partir da informação de alguma adversidade, o centro de comando envia a informação para o trecho afetado e de acordo com sua gravidade haverá a alteração na sinalização da pista. Para o funcionamento do sistema serão utilizados um dispositivo microcontrolador e módulos de transmissão de sinal de longo alcance além de recursos de infraestrutura.

## 1.2 PROBLEMA E HIPÓTESE

Segundo o boletim estatístico especial de dez anos divulgado pela Seguradora Líder (LÍDER, 2018a), responsável pela operação do Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres (DPVAT) no Brasil, desde o início de suas operações no ano de 2008 foram pagos mais de 4 milhões de indenizações por morte, invalidez permanente e reembolso de despesas médicas em todo o território nacional. As estatísticas mostram que entre 40 mil e 50 mil brasileiros perdem

a vida nas estradas todos os anos. Entre os anos de 2008 a 2017, os dados mostram que houve cerca de 500 mil indenizações por morte, além de aproximadamente de 3,1 milhões pagas a pessoas que ficaram com algum tipo de sequela permanente e 881 mil de reembolsos em razão de despesas médicas. Só no ano de 2018 nos meses de janeiro a julho, foram pagas 193.914 indenizações (LÍDER, 2018b).

No ano de 2016, foram registrados 96.362 acidentes em rodovias federais policiadas segundo a 21ª pesquisa de rodovias realizada pela CNT (CNT, 2017a), estima-se que o Brasil gastou cerca de 10,88 bilhões de reais em acidentes neste ano levando em consideração os custos das perdas de vidas, dos danos materiais dos veículos e das perdas de cargas. Tal valor é superior ao investimento nas rodovias, o qual foi de 8,61 bilhões de reais no mesmo ano.

Neste contexto, nota-se a extrema importância do desenvolvimento de sistemas, programas e dispositivos capazes de reduzir o número de acidentes em rodovias. Enquanto os automóveis transbordam tecnologias e inovações, as rodovias recebem manutenções corretivas e eventualmente preventivas, mas que em nada se aproximam do que se espera tendo em vista a necessidade apresentada. Acredita-se que onde circulam automóveis com tecnologias de segurança extremamente avançadas, sistema de permanência em faixa, de condução autônoma, entre outros, é necessário que exista uma rodovia capaz de proporcionar ao condutor a mesma ou uma maior segurança.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho é: apresentar conceitos sobre o gerenciamento e monitoramento de rodovias, protocolos de troca de informações entre dispositivos, meios de comunicação, sistemas microcontroladores, normas de sinalização e uso de tachão, além de desenvolver um sistema de monitoramento e controle de rodovias, de modo a possibilitar que o motorista conheça a real situação do trecho em que transita, visando evitar que acidentes sejam ocorridos em função do não conhecimento da real situação do trecho.



## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o desmembramento do objetivo geral do projeto, os objetivos específicos pretendem:

- Aprofundar o leitor acerca dos fundamentos e tecnologias utilizadas para o projeto;
- Apresentar e detalhar o desenvolvimento do sistema desenvolvido;
- Expor os resultados e as considerações do estudo elaborado.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

O crescimento no número de veículos que circulam pelas rodovias do Brasil impacta diretamente no número de congestionamentos e acidentes no país. Dito isso, a utilização de tecnologias de controle e comunicação de dados para o desenvolvimento de um sistema que possibilite tornar as vias rodoviárias mais seguras e sinalizadas possibilita com que os avanços tecnológicos não restrinjam-se apenas aos carros, os quais vivem em constante inovação, mas que cheguem também as rodovias de modo a aliar a tecnologia com a qualidade de vida e segurança dos usuários da mesma.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos. No Capítulo 2 serão apresentados os conceitos fundamentais para a compreensão e entendimento do assunto, assim como a história e a importância dos tachões refletivos. Nos Capítulos 3 e 4 serão definidos os passos e metodologias utilizadas para elaboração do supervisor, assim como para o protótipo desenvolvido e também os resultados e conclusões obtidos. O Capítulo 5 conta com as considerações finais do trabalho, assim como uma breve discussão sobre os objetivos alcançados.

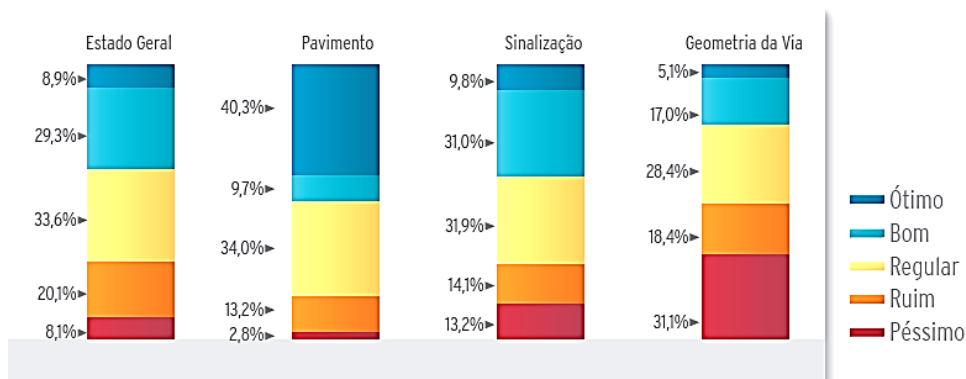
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordados conceitos referentes a gestão de rodovias e centrais de gerenciamento, comunicação dos dispositivos de controle, sinalização em rodovias, as diferentes utilizações da tacha refletiva, sua história, assim como a importância do dispositivo.

### 2.1 SINALIZAÇÃO DE RODOVIAS

Segundo a 21ª Pesquisa CNT de Rodovias (CNT, 2017a) do ano de 2017, a qual avaliou 105.814km de rodovias federais e estaduais pavimentadas do país, 59,2% da sinalização foi classificada como regular, ruim ou péssima. Não apenas a sinalização se deteriorou, mas também a qualidade do estado geral das rodovias, evidenciando assim um problema de segurança no trânsito, visto que as condições de infraestrutura influenciam na segurança dos condutores e passageiros.

**Gráfico 1 – Avaliação das Rodovias Pesquisadas.**



Fonte: (CNT, 2017a)

A sinalização de trânsito, seja ela por meio de placas, faixas, entre outros, tem papel fundamental na segurança, visto que no Brasil a comunicação entre a rodovia e o condutor é realizada por meio dessas, nas quais tais sinalizações têm como função informar ao condutor limites de velocidade, alertar quanto a curvas perigosas, etc.

Por muitas vezes as sinalizações acabam não sendo eficientes ou até mesmo não existem, ocasionando graves acidentes muitas vezes fatais. A instalação de tachões refletivos, ou comumente conhecidas como “olho de gato”, possibilita a reflexão da luz incidente, e durante a noite com a utilização dos faróis, se destaca indicando

os limites da rodovia ou até mesmo a presença de outro veículo. Porém o seu pouco uso, uma vez que esta é utilizada majoritariamente no período noturno, a torna uma sinalização passiva e pouco aproveitada.

### 2.1.1 Sinalização em Obras

A sinalização em obras nas rodovias tem como função não apenas preventiva contra riscos aos trabalhadores, mas também aos veículos os quais transitem a via.

Segundo o Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias (DNIT, 2010), o qual foi elaborado a fim de permitir a uniformização da sinalização de obras deve:

- Advertir, com a necessária antecedência, a existência de obras ou situações de emergência adiante e a situação que se verificará na pista de rolamento;
- Regulamentar a velocidade e outras condições;
- Canalizar e ordenar o fluxo de veículos junto à obra, de modo a evitar movimentos conflitantes, evitar acidentes e minimizar congestionamento;
- Fornecer informações corretas, claras e padronizadas aos usuários da via.

### 2.1.2 Sinalização em Acidentes

Em função da imprevisibilidade, em caso de acidentes ou até mesmo situações emergenciais, como o desmoronamento com obstrução de faixa na rodovia, medidas devem ser adotadas de forma rápida, a fim de controlar o fluxo de tráfego e evitar novos acidentes. A sinalização deve começar em um local no qual os demais motoristas ainda não consigam ver o acidente, de modo a possibilitar o tempo necessário para reduzir a velocidade e desviar. Essa deve ser feita nos dois sentidos da pista, caso o incidente interfira do tráfego de ambas direções. Em locais em que a visibilidade seja comprometida, como por neblina ou durante o período noturno, a sinalização deve ser retro refletiva ou acompanhada de dispositivos luminosos (DNIT, 2010).

## 2.2 TACHÕES REFLETIVOS

### 2.2.1 Definição

Segundo o documento: Obras Complementares: Tachões refletivos (DEP/PR, 2018) , define-se tachões refletivos como:

Dispositivos auxiliares à sinalização horizontal fixados na superfície do pavimento, compostos de um corpo resistente aos esforços provocados pelo tráfego, possuindo uma ou duas faces retrorrefletivas nas cores compatíveis com a marca rodoviária, com função de canalização de tráfego ou para garantir o afastamento do fluxo de veículos de obstáculos rígidos ou de áreas perigosas de acidentes, situadas próximas à pista de rolamento.

Esses são utilizados principalmente para delimitação de trechos, principalmente durante a noite, ou em regiões sujeitas a neblina ou chuva intensa, conforme indicado na figura 1.

**Figura 1 – Tachões Refletivos durante a noite.**



Fonte: Adaptado de (IASIN, 2012)

Os tachões refletivos podem ser mono ou bidirecionais e devem ser empregados de maneira a possibilitar a separação entre as linhas de tráfego de canalização, de uso exclusivo ou em trechos de proibição de ultrapassagem, possibilitando o afastamento do fluxo normal de veículos nas regiões caracterizadas como críticas em termos

de acidentes. Esses também podem ser utilizados de forma a afastar o fluxo normal de veículos de obstáculos rígidos. (DEP/PR, 2018)

### 2.2.2 História

No ano de 1933 em uma noite nevoenta enquanto Percy Shaw dirigia para casa percebeu que as linhas de bonde as quais utilizava de modo a auxiliá-lo nas curvas perigosas, por meio do reflexo dos faróis de seu carro nas mesmas, haviam sido retiradas para manutenção. Ao realizar o trajeto ele observou dois pontos de luz, os quais haviam sido ocasionados pelo reflexo dos faróis nos olhos de um gato em uma cerca. Naquele momento Percy percebeu um grande potencial para melhoria de segurança nas estradas, a criação de um dispositivo refletivo o qual pudesse ser instalado nas superfícies dessas. Em abril de 1934, Percy retirou patentes de sua invenção, a qual veio a ser conhecida por “olhos de gato” (BBC, 2010).

**Figura 2 – Percy Shaw.**



**Fonte: (BBC, 2010)**

No Brasil a utilização desses como meios delimitadores de sinalização, com o objetivo de melhorar a visibilidade da sinalização ou de obstáculos na via, alertando os condutores sobre situações perigosas ou as quais exijam maior atenção de modo a tornar a circulação mais segura e eficiente, se deu com a criação da Lei 9503 de 23 de setembro de 1997 – Anexo II, a qual instituiu o Código de Trânsito Brasileiro (CTB). (BRASIL, 1997).

## 2.2.3 Aplicações

### 2.2.3.1 Tacha LED a Energia Solar

A tecnologia Diodo Emissor de Luz, do inglês *Light Emitting Diode* (LED) vem sendo incorporada em vias brasileiras. A Instrução Normativa do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (DNIT, 2015) determina as condições elegíveis para a utilização de tacha LED a energia solar como forma de sinalização viária horizontal nas rodovias do governo federal, sob jurisdição do DNIT. Estas tachas consistem em um corpo resistente aos esforços provocados pelo tráfego, possuindo uma ou duas faces com LED's nas cores compatíveis com a marca viária.

**Figura 3 – Tacha Refletiva.**



**Fonte: (CONSTRUSINAL, 2016)**

Segundo a Instrução Normativa (DNIT, 2015) a tacha deve ser instalada em perímetro urbano, com alto índice de acidentes e com grande circulação de pedestres, em locais semaforizados e nas curvas de áreas rurais onde há incidência de neblina e ou cerração e o ângulo de visão seja prejudicado por obstáculos. A distância de visibilidade deve ser de no mínimo 1,4km. Processos químicos com cola termoplástica ou a fria serão utilizados para colarem as tachas LED nas vias.

Na cidade de Araucária – PR, cento e vinte tachões LED que funcionam com energia solar foram adquiridos e instalados em fase experimental em duas regiões da cidade. Esses ficam piscando continuamente de modo a orientar os condutores dos veículos (SILVEIRA, 2018) (BP, 2018).

**Figura 4 – Tachões LED em Araucária.**



**Fonte: (BP, 2018)**

#### 2.2.3.2 Pisca Faixa

No ano de 2015, na cidade de Blumenau – SC, a empresa Pisca Faixa desenvolveu um sistema automatizado o qual foi instalado inicialmente por um período experimental de 90 dias em uma rua da cidade a fim de identificar pedestres que aguardam para atravessar a via e imediatamente acionar sinais luminosos implantados no tachões que sinalizam o centro da rua. Estes começam a piscar a fim de alertar os motoristas que transitem pela mesma para que assim esses parem e deem preferência aos pedestres. A identificação de pessoas na calçada em frente à faixa de pedestres é feita por meio de dois pedestais de 2,5m posicionados um de cada lado da rua através de sensores ultrassônicos. Uma vez detectada a presença, LED's são acionados e mantem-se assim até que o pedestre atravesse a faixa (PANCHO, 2015) (SINAPSE, 2015).

### 2.3 GERENCIAMENTO DE RODOVIAS

O crescimento do número de veículos circulantes no Brasil vem ocasionando um alto volume de tráfego nas rodovias brasileiras, as quais estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento econômico do país. Isto porque o transporte comercial

brasileiro é feito majoritariamente por meio de rodovias, as quais necessitam de recursos voltados para melhorias, duplicações, ampliações, restaurações e etc. Tal crescimento ocasiona não apenas uma maior frequência de congestionamentos, os quais causam a diminuição do fluxo de movimentação dos veículos, mas também uma maior ocorrência de acidentes em função da saturação das rodovias, as quais necessitam de estratégias para melhorar o escoamento das vias, de modo a possibilitar o deslocamento de veículos com conforto, segurança e rapidez, ou seja, sem grande demora.

Diversas são as alternativas que buscam solucionar tal problema. Contudo em muitos casos estas se tornam inviáveis devido à dificuldade de implantação ou até mesmo por não serem economicamente viáveis.

O gerenciamento das rodovias, tem grande importância para a fluidez e segurança, uma vez que por meio deste se faz possível a obtenção de informações constantes sobre o fluxo e anormalidades nas mesmas, possibilitando a implantação de estratégias operacionais que promovam a melhora do escoamento de veículos na região e conseqüente melhoria na qualidade de vida de motoristas e passageiros.

Na figura 5, é ilustrado um centro de controle operacional localizado na cidade do Rio de Janeiro.

**Figura 5 – Centro de Gerenciamento.**



**Fonte: (VASCONCELLOS, 2017)**



### 2.3.1 Centro de gerenciamento

Segundo Vasconcelos (VASCONCELLOS, 2017), o centro de gerenciamento pode ser entendido como o coração de um grupo de ações atribuídas ao sistema por meio de uma coleta de dados realizada previamente. Ainda, conforme Vasconcelos (VASCONCELLOS, 2017) o centro de gerenciamento pode ser dividido entre as seguintes áreas: gestão de tráfego, gestão de manutenção, gestão de Infraestrutura, gestão de intervenção e gestão de incidentes. Tal divisão é ilustrada na figura 6.

**Figura 6 – Divisões do Centro de Gerenciamento.**



**Fonte: (VASCONCELLOS, 2017)**

A gestão de tráfego é uma das áreas mais complexas e importantes a ser colocada em prática visto que a principal variável a ser controlada são os veículos, buscando-se a melhoria da rodovia e evitando engarrafamentos. Desta forma, a partir de dados coletados e um histórico de utilização da rodovia, pode-se determinar comportamentos característicos dos condutores, assim como dias em que se espera maior tráfego, como feriados e fins de semana, além da imposição de medidas restritivas, entre outros, colaborando assim com a fluidez das vias.

A gestão de infraestrutura é a gestão dos elementos de infraestrutura da rodovia, ou seja, o acompanhamento da malha rodoviária, a conservação da mesma, possibilidades de correções, investimentos e melhorias, visando uma maior qualidade nos recursos disponíveis e aplicados na infraestrutura. Segundo a CNT (CNT, 2017b),

48,3% da malha rodoviária brasileira apresenta irregularidades no pavimento.

Existe uma grande correlação entre a gestão de intervenção e a gestão de incidentes. Isto se deve ao fato de ambas atuarem sobre acontecimentos, sejam esses previstos ou não, os quais podem reduzir a capacidade de escoamento de veículos transitando na via. Sendo assim, estas gestões atuam desde a sinalização de obras de maneira eficiente e segura até mesmo em acidentes com o objetivo de não apenas sinalizar a via, mas também alertar os condutores dos veículos da forma mais rápida possível, assim como deslocar equipes de resgate e guinchos, quando necessário, para o atendimento dos usuários.

Por fim, a gestão de manutenção atua com o objetivo de manter todos os sistemas operando corretamente por meio do diagnóstico de eventuais falhas e deslocando equipes técnicas para corrigi-las.

Cada gestão aplicada utiliza-se de uma metodologia adequada conforme a necessidade apresentada, no entanto todas devem ser acompanhadas em tempo real e sinalizadas de forma eficiente para alertar os condutores. Entretanto, é muito comum a má sinalização de incidentes ou intervenções, mesmo quando se utiliza de um centro de gerenciamento, em razão da extensão da rodovia e da distância entre as equipes de resgate, em casos de acidentes, por exemplo. O deslocamento do resgate ou das equipes técnicas até o ponto de interesse pode levar algum tempo e em virtude disso, outros incidentes acabam por acontecer, em alguns casos com até mais gravidade do que o primeiro incidente. Faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema capaz de sinalizar aos motoristas as reais condições da rodovia antes mesmo que demais medidas sejam tomadas pelas centrais de comando.

## 2.4 PROTOCOLOS E MEIOS DE COMUNICAÇÃO

Para o gerenciamento das rodovias, faz-se necessária a comunicação entre os centros de controle e os dispositivos de monitoramento e controle. Atualmente diversas são as redes de comunicação em constante evolução para o atendimento das diversas necessidades, sejam essas a redução do tempo de recebimento da informação, o custo de manutenção da rede e etc. Tais redes devem permitir não apenas a interação entre os dispositivos da mesma e a central, mas também garantir a qualidade do sinal, velocidade e estabilidade, especialmente em locais remotos.

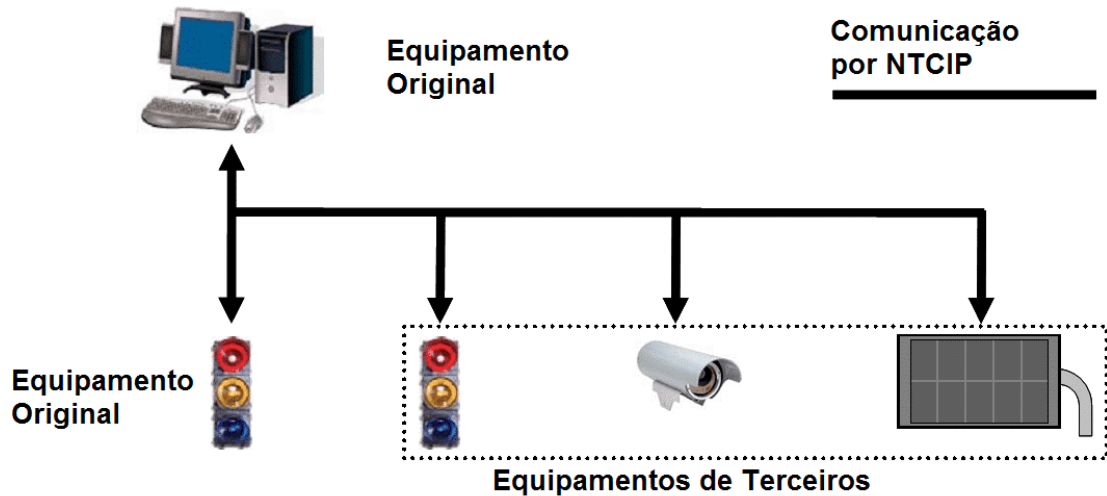
### 2.4.1 Protocolo de Comunicação

A utilização da tecnologia faz-se totalmente necessária para operação dos centros de gerenciamento, uma vez que para a comunicação destes com Sistemas inteligentes de Transporte, do inglês *Intelligent Transportation Systems* (ITS) para monitoramento de tráfego se faz necessário a utilização de recursos modernos de comunicação e informática. Segundo a resolução 3576 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) (ANTT, 2010), define-se ITS como:

Conjunto de equipamentos e sistemas de monitoramento de tráfego utilizados nas rodovias federais concedidas, desde os equipamentos e sistemas de coleta de dados, monitoramento e sensoriamento instalados ao longo das rodovias, equipamentos e sistemas de monitoração de tráfego instalados em postos de operação e fiscalização localizados nas rodovias e equipamentos e sistemas instalados nos Centros de Controle Operacional das concessionárias, sejam eles de coleta de dados ou de gestão operacional e demais Centros de Controle com os quais esses sistemas trocam informações.

No ano de 2009, a ANTT estabeleceu por meio da resolução nº 3.323-A, que em todo o território nacional os dispositivos de ITS devem adotar protocolos de Comunicação de Dados e Dicionários de Padrões de Dados do *National Transportation Communications for ITS Protocol* (NTCIP), padronizando assim a troca de informações entre equipamentos ITS, possibilitando a compatibilidade, a intercambialidade e a interoperabilidade dos constituintes do sistema (ANTT, 2009). Conforme indicado na Figura 7.

**Figura 7 – Interoperabilidade e intercambialidade de dispositivos.**



Fonte: (PUHLMANN, 2015)

O protocolo NTCIP possui dois padrões de comunicação o *C2F Center-to-Field* (C2F) e o *Center-to-Center* (C2C), os quais diferenciam-se de acordo com a estrutura do sistema (PUHLMANN, 2015).

O C2F, corresponde a um sistema de comunicação entre um centro de gerenciamento e dispositivos de controle ou monitoramento, os quais sejam gerenciados por esse centro, de modo que o sistema pode enviar instruções para controladores, assim como os controladores também enviam informações como o fluxo de tráfego e seu status para a central.

O C2C, corresponde a um sistema de comunicação entre dois ou mais centros de gerenciamento, de maneira que qualquer centro pode solicitar ou fornecer informações para os demais, possibilitando assim a troca em tempo real de informações dos dispositivos gerenciados pelas centrais.

#### 2.4.2 Transmissão de Dados

Devido as grandes distâncias envolvidas, a presença de obstáculos, entre outros empecilhos os quais podem interferir na transmissão de dados, existe a necessidade de um canal que garanta a efetividade da transmissão e assegure o conteúdo de sua mensagem. Atualmente existem diversos meios que possibilitam a comunicação entre dispositivos. Entretanto, para a transferência de dados entre a central de gerenciamento e os dispositivos instalados ao longo da rodovia pode-se destacar a fibra

ótica e a radio modem, a qual atende até mesmo regiões mais remotas.

Para a recepção e processamento do sinal/informação transmitida faz-se necessário o uso de um sistema bem projetado para a captação dos dados e execução ou não de alguma sequência de comandos. Para isso, são frequentemente utilizados dispositivos microcontroladores com programação predefinida, isto é, com rotinas existentes para todas as situações possíveis de operação, atuando assim de forma precisa para cada comando dado a partir do centro de gerenciamento.

#### 2.4.2.1 Fibra ótica

A fibra ótica é um filamento flexível fabricado a partir de vidro, ou outro isolante elétrico, composto por uma capa protetora, casca e núcleo. Essa possui grande importância em sistemas de comunicação de dados por não sofrer interferências eletromagnéticas.

A transmissão de dados por meio desta é realizada por meio de um foto emissor o qual transforma sinais elétricos em pulsos de luz por meio do processo de reflexão total, no qual um feixe de luz percorre todo o cabo por meio de sucessivas reflexões até chegar ao seu destino final.

Existem dois tipos de cabos de fibra ótica atualmente: mono e multimodo, que diferenciam-se de acordo com suas possibilidades de aplicação. Fibras monomodo permitem a transferência de apenas um sinal por vez, ou seja, uma única fonte de luz envia informações, essas apresentam menos dispersão, podendo assim ser utilizadas para grandes distancias. Fibras multimodo possibilitam a emissão de vários sinais ao mesmo tempo, contudo essas são indicadas para transmissões de curtas distancias, uma vez que garantem apenas 300m de transmissões sem perdas.

Realizar a transmissão por um meio físico e com grande confiabilidade, como a fibra ótica, possibilita a transmissão de informações em alta velocidade com pouca perda de sinal exige um alto investimento por parte da administração da rodovia, uma vez que o cabeamento deveria passar por toda a malha. Contudo, os custos de manutenção a longo prazo são menores se comparados a outros meios de comunicação, como as por meio de rádio, por exemplo.

#### 2.4.2.2 Rádio modem

De acordo com Boaretto (BOARETTO, 2005), em locais de difícil acesso ou quando o investimento em linhas físicas de transporte de dados seja inviável, ou seja não atendido pela rede de comunicação de dados com fio, a melhor solução é a utilização da comunicação por meio de rádio modem, dentro das faixas liberadas pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), visto que essa apresenta-se como uma solução adequada e segura para sistemas com gerenciamento remoto. Tal meio de comunicação é realizado por meio de torres de transmissão de dados distribuídas na região em que pretende-se operar. Essas distribuem o sinal para antenas, as quais captam o sinal emitido e esse será posteriormente convertido por um modem. As antenas devem ser instaladas em pontos nos quais seja estabelecida visibilidade entre seu receptor e a torre de transmissão.

A instalação de tal meio nas rodovias é mais fácil se comparado a fibra óptica, entretanto está propenso a maiores interferências no sinal, em razão de influências climáticas.

Ainda, de acordo com Boaretto (BOARETTO, 2005) a comunicação via rádio modem tem um alcance de até 50km, ou seja, como as rodovias brasileiras possuem em sua grande maioria extensão superior ao alcance do sistema, faz-se necessário, em alguns casos, a utilização de repetidores, uma vez que é preciso garantir a integridade do sinal transmitido. Trechos de serra são exemplos de situações em que o uso de repetidores é indispensável, já que a diferença de relevo pode afetar a transmissão do sinal, conforme ilustrado na Figura 8.

**Figura 8 – Uso de repetidores em decorrência do relevo.**



Fonte: (BOARETTO, 2005)

### 3 METODOLOGIA

No capítulo anterior discutiu-se conceitos de gerenciamento de rodovias, normas de sinalização, definição, aplicação e história de tachão de refletivo e também os protocolos e meios de comunicação para operação dos centros de controle de modo a possibilitar o desenvolvimento do sistema.

Para o andamento do presente projeto assumiu-se que a rodovia deve apresentar para os motoristas condições diferenciadas, com maior interatividade, qualidade de circulação e segurança. Considerou-se, ainda, que os dispositivos já utilizados e implementados não precisam ser substituídos em sua totalidade, mas sim integrados a um novo sistema de gestão e acompanhamento de tráfego. Baseado nisso, buscou-se desenvolver os equipamentos e sistemas descritos a seguir.

#### 3.1 TACHÃO REFLETIVO

O tachão refletivo é o elemento central do processo. O popular "olho de gato" é facilmente encontrado em rodovias com o intuito de sinalizar os limites das mesmas em viagens noturnas. No entanto, buscou-se uma nova alternativa para a sua utilização, visando trazer uma maior importância para o dispositivo, mas também agregando funções fundamentais e que podem contribuir para uma maior segurança ou onde se achar propícia a sua instalação.

Dessa maneira, buscou-se manter o seu formato e características para o projeto. Por outro lado, toda a confecção do tachão visou a sua modernização no sentido de permitir a comunicação das situações de risco da rodovia para o motorista.

##### 3.1.1 Confecção

O material mais comumente utilizado em tachões refletivos é a resina sintética com alta durabilidade e capacidade de suportar uma compressão de no mínimo 15000kgf. O tachão convencionalmente utilizado é ilustrado nas Figuras 9, 10 e 11.

**Figura 9 – Vista Frontal do Tachão Refletivo Amarelo Convencional Utilizado como Modelo.**



Fonte: Autoria Própria

**Figura 10 – Vista Superior do Tachão Refletivo Amarelo Convencional Utilizado como Modelo.**



Fonte: Autoria Própria

**Figura 11 – Vista Lateral do Tachão Refletivo Amarelo Convencional Utilizado como Modelo.**



Fonte: Autoria Própria

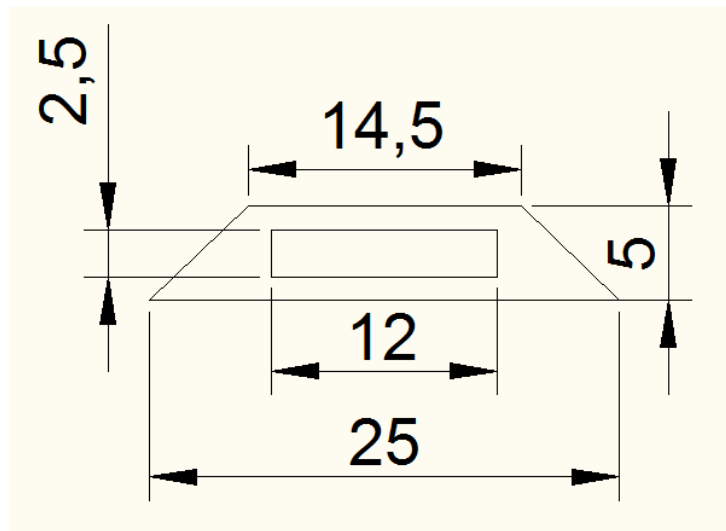
No entanto, dentre as opções buscadas, entendeu-se a impressão em Três Dimensões, do inglês *Three Dimensions* (3D) como a melhor solução para confecção do dispositivo, devido a maior riqueza de detalhes e qualidade do material.



A impressão 3D surgiu em 1984 e até hoje continua em grande evolução de tecnologias, o que possibilita grande diversidade e opções para qualquer tipo de impressão. Para o tachão refletivo desenvolvido utilizou-se o Ácido Polilático, do inglês *Polylactic Acid* (PLA), o qual atende os objetivos com um bom custo-benefício. O PLA é um termoplástico de origem ecologicamente correta, bastante rígido e resistente, derivado na maioria das vezes do amido de milho, raízes de mandioca ou de cana.

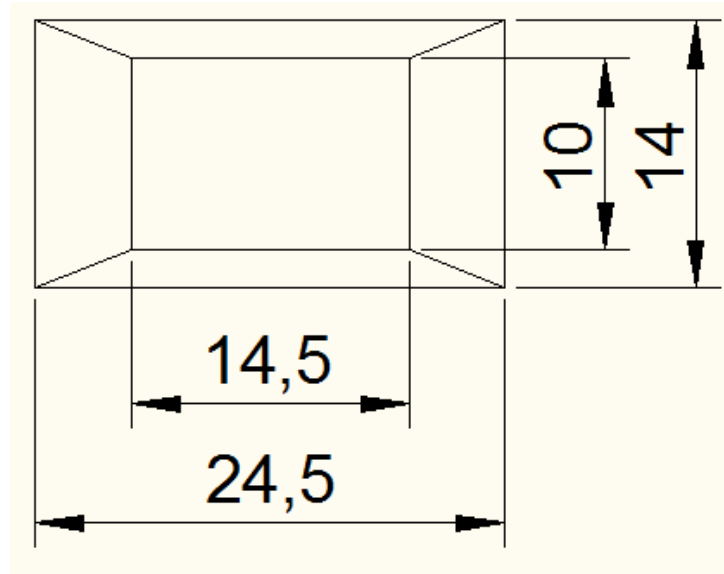
Para a impressão do tachão refletivo foi preciso projetar o mesmo em AutoCad, conforme as Figuras 12, 13 e 14, um software de desenho técnico auxiliado por computador e utilizado em diversas áreas da engenharia.

**Figura 12 – Vista Frontal do Modelo em AutoCad com Dimensões em Centímetros.**



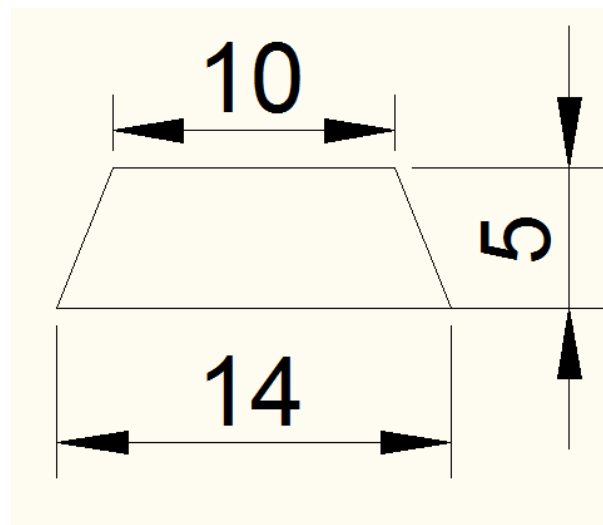
**Fonte: Autoria Própria**

**Figura 13 – Vista Superior do Modelo em AutoCad com Dimensões em Centímetros.**



Fonte: Autoria Própria

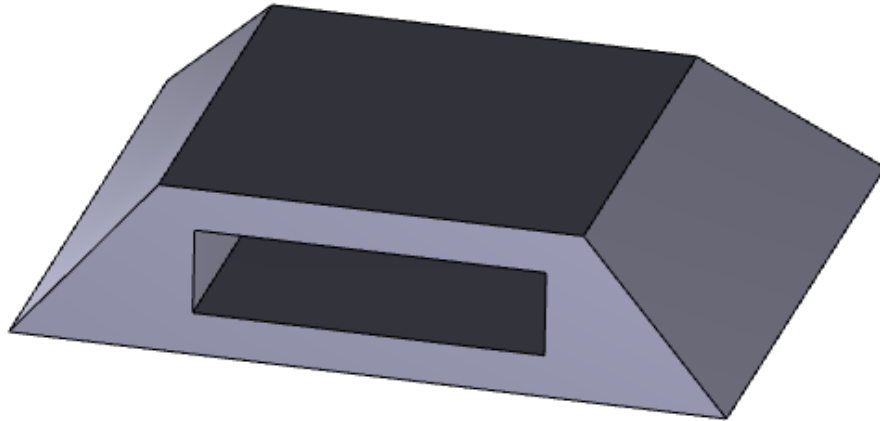
**Figura 14 – Vista Lateral do Modelo em AutoCad com Dimensões em Centímetros.**



Fonte: Autoria Própria

Em seguida, desenvolveu-se o modelo em 3D para a impressão definitiva do dispositivo, ilustrada na Figura 15.

**Figura 15 – Modelo 3D desenvolvido para impressão.**



**Fonte: Autoria Própria**

Com o desenho pronto, todas as informações e características do objeto são enviados para a impressora a qual consegue imprimir fielmente, com riqueza de detalhes. Utilizou-se a cor translúcida na impressão, para que seja possível a visualização da parte interna do dispositivo em que o microcontrolador e LED's serão embarcados. O protótipo é apresentado nas Figuras 16, 17, 18 e 19.

**Figura 16 – Vista Frontal do Tachão Refletivo em Impressão 3D.**



**Fonte: Autoria Própria**

**Figura 17 – Vista Superior do Tachão Refletivo em Impressão 3D.**



**Fonte: Autoria Própria**

**Figura 18 – Vista Lateral do Tachão Refletivo em Impressão 3D.**



**Fonte: Autoria Própria**

**Figura 19 – Visão Geral do Sistema de Tachões Refletivos.**



**Fonte: Autoria Própria**

### 3.2 SISTEMA EMBARCADO

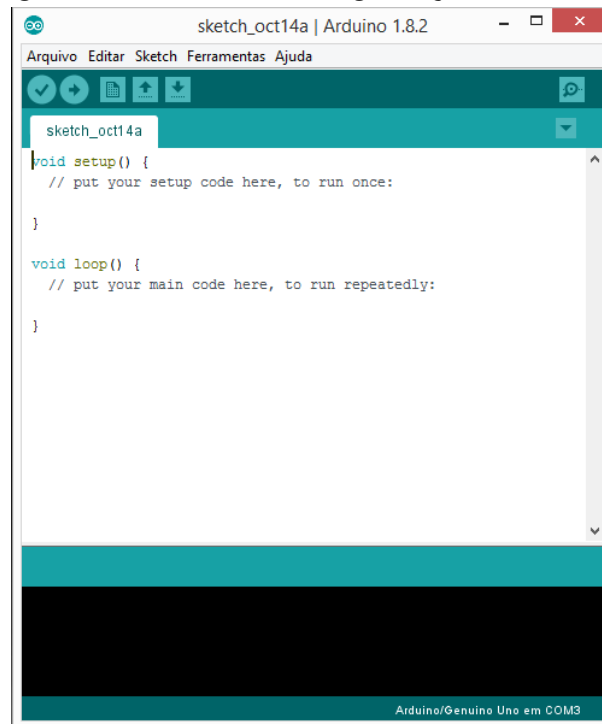
Com a finalidade de aplicar todas as inovações ao sistema faz-se necessário a utilização de dispositivos microcontrolados e componentes eletrônicos. Para isso, buscou-se materiais de qualidade e um microcontrolador capaz de atender aos requisitos do sistema, mas que também permitisse agilidade e facilidade de programação. Dentro dessas necessidades optou-se por utilizar um microcontrolador Arduino Uno, ilustrado na Figura 20.

**Figura 20 – Microcontrolador Arduino UNO Utilizado Para o Controle do Sistema.**



**Fonte: Autoria Própria**

O Arduino Uno é uma placa microcontroladora. Conta com 14 pinos que podem ser utilizados como entradas ou saídas digitais, 6 pinos disponíveis como entradas ou saídas analógicas, entre outros diversos itens periféricos, além da facilidade de conexão ao computador por meio de uma entrada *Universal Serial Bus* (USB). O sistema é baseado no ATmega328P da Microchip. O Arduino Uno também possui uma interface de programação própria chamada de IDE, exibido na Figura 21, no qual pode-se programar em C, compilar e executar os programas. No caso de existir algum erro na programação, o software o identifica e o programador faz a correção.

**Figura 21 – Ambiente de Programação do Arduino.**

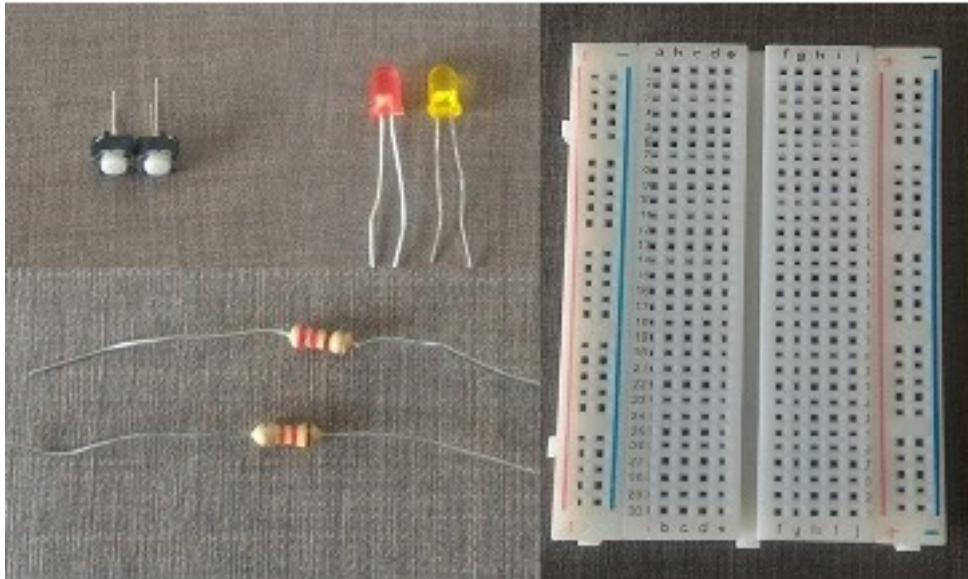
**Fonte: Autoria Própria**

Como dispõe de todos os recursos apresentados, o Arduino Uno dispensa a necessidade de confeccionar uma placa, o que não é o foco do projeto, possibilitando assim maior atenção para o funcionamento do sistema como um todo.

Dessa forma, são listados a seguir os itens utilizados para o hardware do sistema. Esses são ilustrados na Figura 22.

- Protoboard;
- 2 Resistores de 220 Ohms;
- 1 Led vermelho e 1 amarelo;
- 2 botões;
- Jumpers.

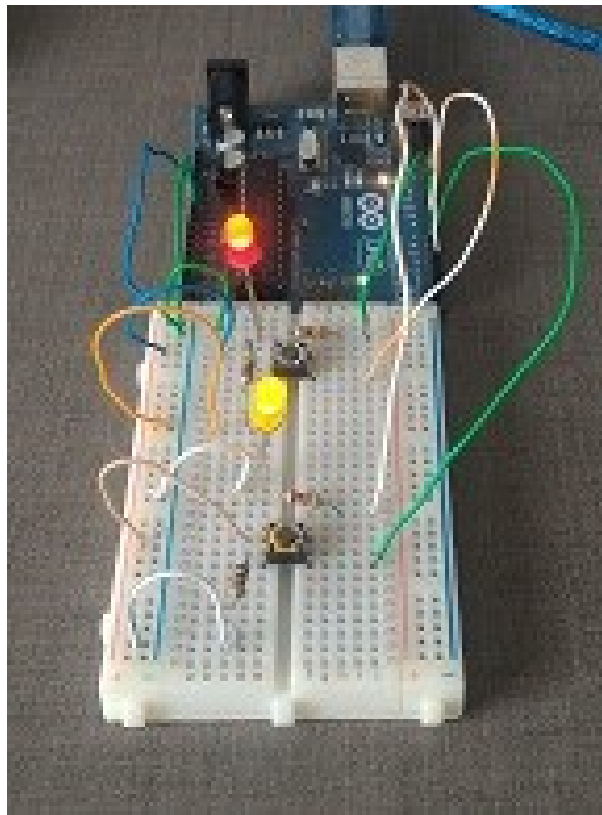
**Figura 22 – Componentes Utilizados.**



**Fonte: Autoria Própria**

O circuito completo é apresentado na Figura 23.

**Figura 23 – Circuito Implementado.**



**Fonte: Autoria Própria**

Os botões são utilizados para simular o acionamento via o sistema de supervisão e controle, o qual vai ser integrado ao sistema embarcado e ao tachão desen-



volvido na sequência.

### 3.2.1 Programação

A programação do sistema foi baseada em uma programação disponível como acervo no site do Arduino e ainda na própria IDE, que é o ambiente de programação do software. O código Debounce é uma programação específica para o uso de botões, visto que na maioria das vezes o contato dos mesmos apresenta ruídos que podem ser entendidos como múltiplos acionamentos. Para evitar isso, a programação realiza um filtro que impede com que os ruídos afetem o funcionamento do botão.

A partir do código base Debounce, foram feitos ajustes e inseridos novos códigos para que fosse possível atender as necessidades do projeto. A linguagem de programação utilizada foi a linguagem C. O código implementado encontra-se no Anexo A.

## 3.3 TRANSMISSÃO DE DADOS

Para a transmissão das informações provenientes do ambiente de programação do microcontrolador para os tachões refletivos empregou-se o próprio canal de transmissão USB do Arduino. Além disso, para a alimentação dos LED's configurou-se alguns pinos do mesmo como saída, uma vez que assim cria-se um canal de baixa impedância e que permite ao microcontrolador fornecer uma corrente a um circuito externo. Feito isso, para os tachões refletivos periféricos a energia foi fornecida por jumpers e o circuito de acionamento é o mesmo do tachão refletivo principal, ou seja, o conjunto sempre responde igualmente a programação e alterações de estado.

Para uma aplicação real sugere-se o uso da tecnologia rádio modem para a transmissão de dados do centro de gerenciamento até antenas instaladas nas margens da rodovia e então a partir deste por meio de um canal físico, possibilitando assim a comunicação entre os dispositivos instalados previamente.

### 3.4 SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE

O sistema de supervisão e controle desenvolvido tem o intuito de controlar e organizar o fluxo de veículos nas rodovias, bem como, a partir de diversos dados, atuar de forma a prevenir acidentes, facilitar a comunicação em tempo real e executar procedimentos específicos visando a maior fluidez e segurança para os usuários.

Para isso, busca-se informações sobre as condições climáticas, a existência de obras e de acidentes. Nota-se que o sistema de supervisão e controle atua em um processo não linear, ou seja, as condições de viagem podem sofrer mudanças em um curto ou longo espaço de tempo, mas o mesmo deve atuar de forma a assegurar, até nas piores situações o seu objetivo, o qual é garantir que os veículos cheguem com segurança ao seu destino.

Para que isso seja possível utilizou-se o iFIX, um software de aplicação industrial da GE Intelligent Platforms que fornece uma visualização do processo em tempo real, bem como dados para monitoramento e aplicações. A ferramenta permite a aquisição de dados, mas principalmente o gerenciamento, ou seja, a capacidade de manipular os dados adquiridos por meio de uma tela gráfica e controle supervísório, gerando relatórios, alarmes e o armazenamento de dados relevantes a operação. Para a presente aplicação, utilizou-se o software com a finalidade de atuar em um hardware do processo. Dessa forma, a partir da tela gráfica ou tela de operador, os dados são enviados para a base de dados do processo, que são representados por *Tag's*, isto é, blocos com informações e instruções sobre variáveis que participam do processo e que, de acordo com o comando recebido irão ou não escrever valores no hardware.

O sistema é baseado em um dispositivo inovador, um tachão refletivo micro-controlado que foi citado anteriormente e que é atuado a partir do supervísório. A operação é realizada manualmente, ou seja, as informações de trânsito e clima são recebidas pelo centro de operações rodoviárias que por meio de um operador pode ou não atuar no sistema. Para isso, utilizou-se variáveis discretas que quando são acionadas modificam o seu estado e passam a sinalizar as condições da rodovia em tempo real. Isso será melhor descrito no tópico de funcionamento do sistema.

As variáveis consideradas para desenvolver o sistema de supervisão e controle são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Variáveis do Sistema.**

<b>Variáveis Discretas</b>
Existência de Acidentes
Existência de Obras
Condições Climáticas
Iluminação do Prisma Catadióptrico
Velocidade dos Veículos

**Fonte: Autoria própria.**

As variáveis ainda podem ser definidas como variáveis de entrada, ou seja, variáveis que geram parâmetros para análise, cálculos, desenvolvimento de gráficos, entre outros, e que eventualmente, de acordo com alguma condição pré definida ou com o comando do operador realize alguma ação e variáveis de saída, as quais são apenas resultados da operação do sistema. Essas são indicadas na Tabela 2.

**Tabela 2 – Variáveis de Entrada e Saída do Sistema.**

<b>Variáveis Discretas</b>	
<b>Entradas</b>	<b>Saídas</b>
Existência de Acidentes	Iluminação do Prisma Catadióptrico
Existência de Obras	Velocidade dos Veículos
Condições Climáticas	

**Fonte: Autoria própria.**

### 3.4.1 Funcionamento

O Estado do Paraná, mais especificamente o trecho entre Curitiba e Ponta Grossa foi escolhido para a aplicação do supervisório. A distância em rodovia entre Curitiba e Ponta Grossa é de 102 km utilizando a BR-277 e BR-376. A partir disso, para o supervisório desenvolvido, dividiu-se os 102 km em nove segmentos de atuação independente, ou seja, cada tela de operação atua em aproximadamente onze quilômetros. Tudo pode ser acompanhado a partir da tela principal, na qual o operador pode verificar a presença ou ausência de ocorrências.

Como é uma rodovia de pista dupla, apenas o sentido partindo de Curitiba foi desenvolvido, o que não gera prejuízo algum no trabalho, visto que o funcionamento no sentido contrário é análogo, assim como em qualquer outro trecho em que se pretende utilizar o supervisório.

Para a extensão de rodovia estudada, utilizaram-se ao todo 53 *Tag's*, as quais são divididas em *Digital Input (DI)*, *Event Action (EV)* e *Calculation (CA)*. A partir delas o sistema supervisório é animado e apresentado para o operador na tela principal e

também nas telas de detalhes. A mudança no estado de algumas dessas variáveis provoca alterações nas animações e conseqüentemente no processo supervisionado, sendo tudo apresentado em tempo real para o operador. A divisão das *Tag's* e suas características são descritas na Tabela 3. Decidiu-se apresentar apenas as informações referentes ao segmento 1 do trecho entre Curitiba e Ponta Grossa, visto que o restante tem funcionamento equivalente.

**Tabela 3 – Descrição das Tag's Aplicadas ao Trecho 1.**

Tag's	Valor de Operação		Tipo	Descrição
	Mínimo	Máximo		
DEFINE_CTBA-PG	0	6	CA	Define o tipo de ocorrência T1
ACIDENTE_CTBA-PG_T1	0	1	DI	Existência de acidente trecho 1
CLIMA_CTBA-PG	0	1	DI	Variações climáticas trecho 1
OBRA_CTBA-PG_T1	0	1	DI	Existência de obra trecho 1
OCORRÊNCIA_CTBA-PG	0	1	DI	Ocorrência entre Curitiba e Ponta Grossa T1
DIREITA	0	10	CA	Movimento da flecha e carro
DIREITA2	0	15	CA	Movimento do caminhão
MOVIMENTO	0	1	DI	Animação da flecha e carro
MOVIMENTO2	0	1	DI	Animação do caminhão
COMECAR	-	-	EV	Reinicia movimento da flecha e carro
COMECAR2	-	-	EV	Reinicia movimento do caminhão
ZERAR	-	-	EV	Finaliza movimento da flecha e carro
ZERAR2	-	-	EV	Finaliza movimento do caminhão

**Fonte: Autoria própria.**

Com todas as *Tag's* definidas, o sistema é capaz de responder e executar os comandos do operador. Como trata-se de uma operação em tempo real, o sistema passa a monitorar e alertar ao motorista que transita pela rodovia sobre as condições reais de tráfego.

A operação supervisionada e controlada atua da seguinte forma para cada variável de saída:

- Iluminação do Tachão Refletivo: Acendimento do LED interno nas cores amarela ou vermelha, de acordo com os parâmetros obtidos pelo sistema. A iluminação do Tachão é acionada pelo operador quando existir perda de visibilidade devido as condições climáticas, ou devido à existência de acidentes e de obras que prejudiquem o escoamento natural da rodovia. As variáveis anteriores podem interferir no processo em conjunto ou individualmente e o LED que será aceso depende dos valores limites da *Tag* DEFINE\_CTBA-PG, que foram descritos na Tabela 3 e que serão apresentados na Tabela 4.
- Velocidade dos Veículos: Alteração na velocidade máxima dos veículos leves e

pesados acionada pelo operador quando existir perda de visibilidade devido as condições climáticas, ou devido à existência de acidentes e de obras que prejudiquem o escoamento natural da rodovia. As variáveis anteriores podem interferir no processo em conjunto ou individualmente e a velocidade que será definida depende dos valores limites da *Tag* DEFINE\_CTBA-PG, que foram descritos na Tabela 3.

**Figura 24 – Tag Rresponsável por Definir as Variáveis de Saída dos Veículos a Partir das Variáveis de Entrada.**

Fonte: Autoria Própria

**Tabela 4 – Funcionamento Simplificado da Tag DEFINE\_CTBA-PG.**

Tag's	Valores		Contribuição Total
	Desligada	Ligada	
ACIDENTE_CTBA-PG_T1	0	1	4
CLIMA_CTBA-PG	0	1	1
OBRA_CTBA-PG_T1	0	1	2
<b>Total</b>			<b>7</b>

Fonte: Autoria própria.

Como pode-se observar na Tabela 4, as *Tag's* digitais apresentam os valores 0 ou 1. Para efeito de cálculo da *Tag* DEFINE\_CTBA-PG, de acordo com o *Output Calculation* da Figura 24 nota-se que cada *Tag* de entrada possui uma contribuição diferente para ser possível a avaliação automática do sistema e a seleção automática da cor do LED, mas também da velocidade dos veículos. Dessa forma a resposta do sistema a cada variável de entrada é descrito na Tabela 5 e apresentado na Tabela 6.

Tabela 5 – Aplicação das Tag's de Entrada e a Resposta de DEFINE\_CTBA-PG.

Valores de Operação	ACIDENTE_CTBA-PG_T1	OBRA_CTBA-PG_T1	CLIMA_CTBA-PG	Valor de DEFINE_CTBA-PG
	0	0	0	0
	0	0	1	1
	0	1	0	2
	0	1	1	3
	1	0	0	4
	1	0	1	5
	1	1	0	6
	1	1	1	7

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 – Valor de DEFINE\_CTBA-PG e a Resposta do Sistema.

Valor de DEFINE_CTBA-PG	Iluminação da Tacha	Velocidade dos Veículos Leves (Km/h)	Velocidade dos Veículos Pesados (Km/h)
0	-	110	80
1	Amarelo	80	60
2	Amarelo	80	60
3	Amarelo	80	60
4	Vermelho	60	60
5	Vermelho	60	60
6	Vermelho	60	60
7	Vermelho	60	60

Fonte: Autoria própria.

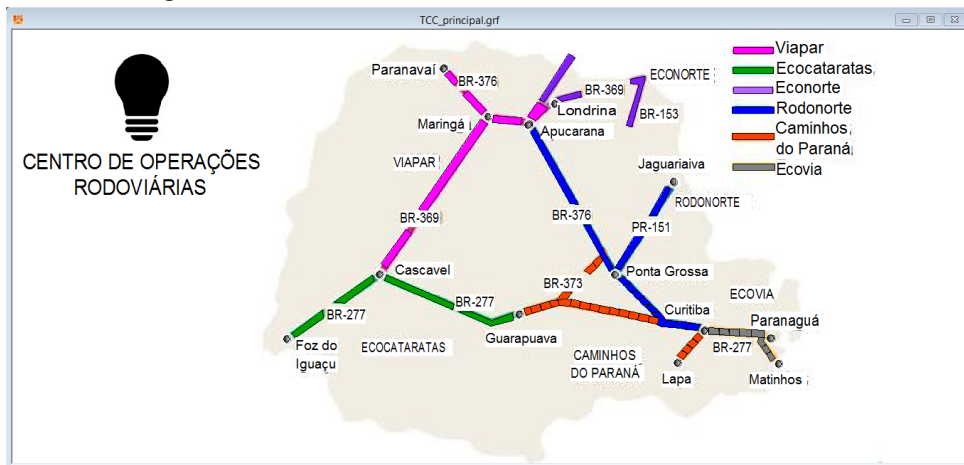
Para facilitar o entendimento do usuário sobre o processo de sinalização sugerido, optou-se por utilizar cores que já fazem parte do cotidiano dos motoristas. No entanto, para evitar o desperdício de energia decidiu-se não aplicar a cor verde, mas sim manter o tachão refletivo com o funcionamento já conhecido. A cor amarela intermitente adverte a existência de uma situação de obra ou má condição climática, em que o condutor deve reduzir a velocidade, enquanto que a cor vermelha intermitente adverte a existência de um acidente, no qual o condutor além de reduzir a velocidade terá também que eventualmente parar o veículo devido a interdição da pista.

A transição de velocidade dos veículos pretende manter a via com uma fluidez satisfatória ao mesmo tempo que reduz a distância máxima de frenagem dos mesmos, garantindo maior segurança para todos. De acordo com um estudo da CART, uma empresa Invepar Rodovias, à distância de parada de um carro a 100 km/h é de 83 metros enquanto que o mesmo carro precisa de apenas 57 metros para parar a 80 km/h, considerando a pista seca (JCNET, 2013). O mesmo automaticamente ocorre para veículos pesados, ou seja, a redução de velocidade é determinante e essencial para o bom funcionamento da sinalização proposta. A definição da velocidade ainda é uma variável e pode ser alterada de acordo com a concessionária que administra o

trecho, a partir de dados técnicos e práticos e da velocidade definida.

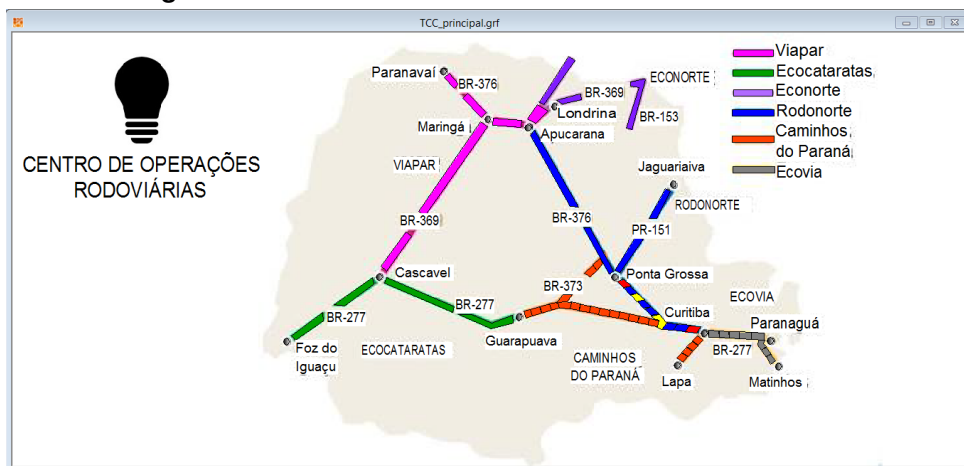
Para a visualização desenvolveu-se as telas de supervisão na plataforma iFIX. A tela geral, Figuras 25, 26 e 27, apresenta uma visão global do processo, isto é, todas as rodovias administradas por concessionárias do Estado do Paraná. Pode-se notar os trechos com algum tipo de ocorrência sinalizada por um alerta luminoso intermitente, amarelo ou vermelho de acordo com a gravidade da situação. No caso de nenhuma ocorrência não há sinal luminoso. Na tela geral do processo não existem comandos, mas sim atalhos para as telas de detalhes, em que os operadores podem atuar. Para acessá-las faz-se necessário clicar sobre o segmento do trecho de interesse dentro do mapa existente na tela geral.

**Figura 25 – Tela Geral sem a Existência de Ocorrências.**



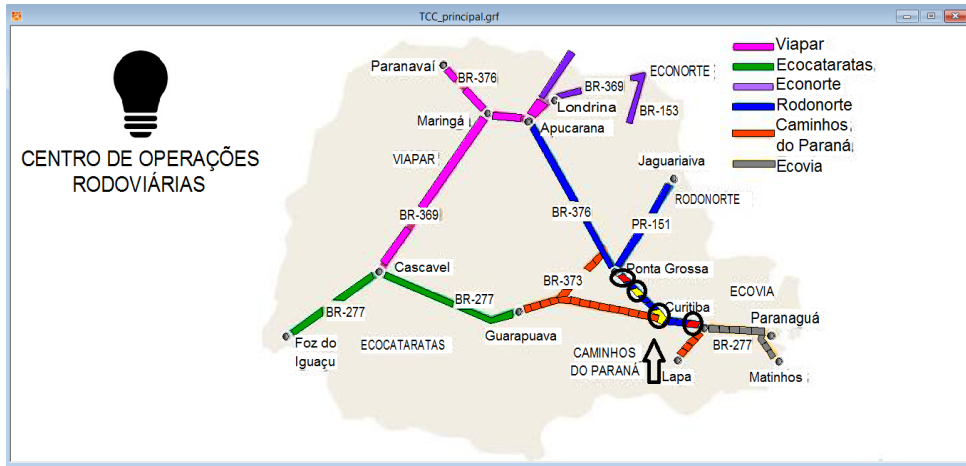
Fonte: Autoria Própria

**Figura 26 – Tela Geral com a Existência de Ocorrências.**



Fonte: Autoria Própria

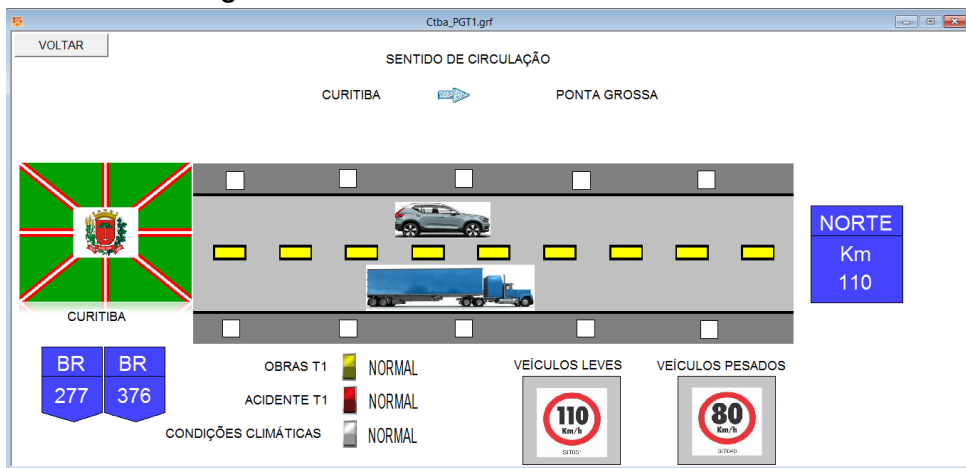
**Figura 27 – Tela Geral com os Trechos Onde há Ocorrências Destacados.**



Fonte: Autoria Própria

Nas telas de detalhes, Figuras 28, 29, 30 e 31, existem informações sobre o quilômetro inicial e final do trecho, a velocidade máxima dos veículos leves e pesados empregados em tempo real e os tachões refletivos, elementos de destaque do sistema de supervisão e controle da rodovia, mas também as diferentes ocorrências que podem ser sinalizadas pelo sistema. Optou-se por apresentar apenas o trecho 1 com todas as sinalizações possíveis para melhor compreensão com relação ao funcionamento e atuação do operador sobre cada trecho.

**Figura 28 – Tela de Detalhes sem Ocorrências.**



Fonte: Autoria Própria



**Figura 29 – Tela de Detalhes com Trecho em Obra.**



**Fonte: Autoria Própria**

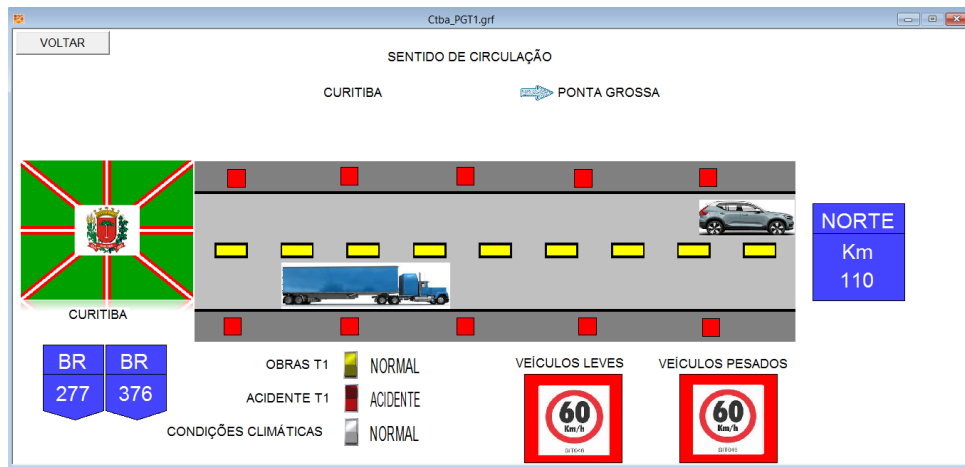
**Figura 30 – Tela de Detalhes com Trecho em Más Condições Climáticas.**



**Fonte: Autoria Própria**

Percebe-se que para as ocorrências de obra e más condições climáticas, que o alerta visual na tela diferencia-se por meio da modificação do estado normal da pista para um estado de OBRA ou CHUVA/NEBLINA, ou seja, a ocorrência existente naquele momento é apresentada na tela para o operador até que a mesma seja extinta. No caso em que a ocorrência é um acidente o alerta luminoso é vermelho, o diferenciando bem das demais, devido a sua maior gravidade.

**Figura 31 – Tela de Detalhes com Existência de Acidente no Trecho.**



Fonte: Autoria Própria

Como foi dito, o trecho entre Curitiba e Ponta Grossa possui nove segmentos, ou seja, existem 9 telas de detalhes com atuação idêntica ao que foi apresentado. A divisão entre os segmentos, distância e eventuais pontos de referência são descritos na Tabela 7.

**Tabela 7 – Divisão dos Trechos Atuados pelo Sistema de Supervisão e Controle Projetado.**

Segmento	Rodovia	Início	Fim
Trecho 1	BR277/BR376	Curitiba - PR	KM 110
Trecho 2	BR277/BR376	KM 110	KM 120
Trecho 3	BR277/BR376	KM 120	Praça de Pedágio de São Luiz do Purunã
Trecho 4	BR277/BR376	Praça de Pedágio de São Luiz do Purunã	KM 140
Trecho 5	BR376	KM 555	Praça de Pedágio de Witmarsum
Trecho 6	BR376	Praça de Pedágio de Witmarsum	KM 535
Trecho 7	BR376	KM 535	KM 525
Trecho 8	BR376	KM 525	KM 515
Trecho 9	BR376	KM 515	Ponta Grossa - PR

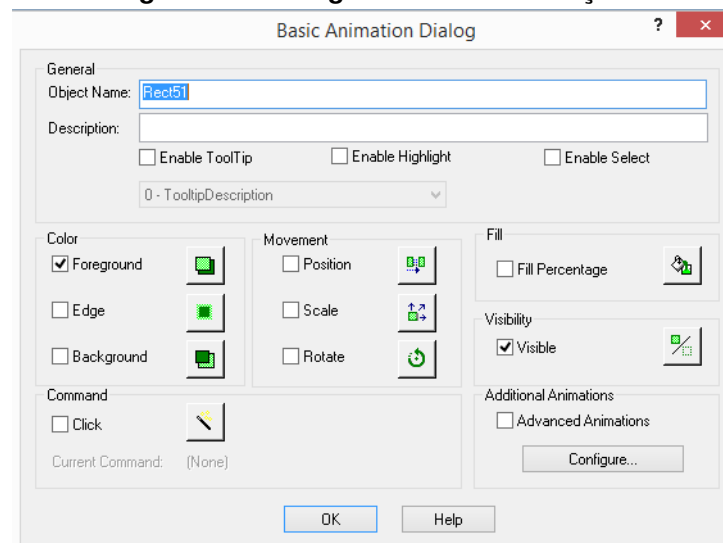
Fonte: Autoria própria.

Em cada tela de detalhes são apresentados claramente a rodovia que está sendo controlada, o respectivo segmento e o sentido de circulação, a fim de diminuir as chances de que algum equívoco de operação possa sinalizar o trecho errado da pista. A fácil navegação entre as telas permite também que o operador tenha agilidade para manipular o sistema.

Para realizar a animação dos objetos que foram apresentados e a navegação entre telas utilizou-se algum dos comandos da Figura 32 ou o código, apresentado

na Figura 33, de acordo com a necessidade de projeto. As animações podem ser de cor, movimento, enchimento, visibilidade, de clique, tamanho, entre outras. No projeto utilizou-se diversos tipos de animação a fim de contribuir com o monitoramento da rodovia. Mais especificamente na Figura 32, o objeto é animado por cor e visibilidade, enquanto que na Figura 33 são descritos os comandos para a mudança de tela a partir do clique em um botão.

**Figura 32 – Diálogo Básico de Animação.**



**Fonte: Autoria Própria**

**Figura 33 – Fragmento do Código de Comandos para a Tela de Detalhes Ctba-PGT1.**

```

Ctba_PGT1* - Ctba_PGT1 (Código)
SwitchToggleSmYellow
Private Sub CommandButton1_Click()
    '***** Scripts Authoring Tool *****
    'The Comments below have been added automatically.
    'Any changes could cause adverse effects to the functionality
    'of the Script Authoring Experts.
    'WizardLast=Wizard1
    'WizardEditing=Wizard0
    'WizardName=ReplacePicture

    'Wizard1=ReplacePicture
    'Property1=Ctba_PGT1.grf
    'Property2=False
    'Property3=
    'Property4=False
    'Property5=TCC_principal.grf
    'Property6=False
    'Property7=
    'PropertyDescription=ReplacePicture: Property1=Old Picture, Property2=Use Alias, Property3=Alias, Property
    ReplacePicture "TCC_principal.grf", "Ctba_PGT1.grf"
    'WizardEnd

End Sub

Private Sub DataLink2_Click()

```

**Fonte: Autoria Própria**

Para o acompanhamento do sistema de supervisão e controle, ou seja, o armazenamento e análise de dados obtidos a partir da atuação do mesmo, utiliza-se um atalho para um campo de relatório que tem a função de armazenar dados importantes para o processo. Dentro da proposta de buscar a redução de acidentes com a maior sinalização por meio dos dispositivos e sistemas citados anteriormente, um relatório com o registro de cada ocorrência desse tipo de incidente auxilia no processo. A partir disso, com o conhecimento do custo gerado por acidente é possível estimar o custo evitado comparando com dados anteriores a instalação do sistema de supervisão.

### 3.5 INTEGRAÇÃO

A sinalização proposta, o supervisor de controle e acompanhamento, mas também os outros dispositivos apresentados durante a metodologia foram interligados de modo que pudessem cumprir individualmente sua função e contribuir com o sistema global. No entanto, apesar da programação do Arduino ter sido um sucesso, e o tachão ter recebido o sistema embarcado, não foi possível realizar a conexão entre o sistema de supervisão e controle e o hardware do projeto.

A maior dificuldade para a comunicação é a instalação de um driver de comunicação Modbus, o qual é determinante para a intercomunicação entre os dispositivos. O software de supervisão utilizado não possui esse driver na versão utilizada e isso acabou inviabilizando a comunicação nesse primeiro momento.

No entanto, apesar das tentativas em comunicar o iFIX com o Arduino terem sido frustradas, encontrou-se referências sobre como estabelecer a conexão e softwares pagos que possuem essa finalidade, isto é, estabelecer um canal de comunicação entre os dois softwares, utilizando Modbus, um protocolo de comunicação serial amplamente utilizado para a troca de informações entre dispositivos eletrônicos. Dessa forma acredita-se que para um trabalho futuro a comunicação é viável e permitirá a integração completa do sistema.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o sistema proposto em sua integralidade deve-se partir de um estudo de caso com uma aplicação real e capaz de comprovar ou não a eficiência do sistema. No entanto, essa é uma tarefa que envolve um grande investimento financeiro, interesses comerciais, incentivos federais, entre outros itens que não fazem parte da realidade do presente trabalho de conclusão de curso, mas que podem fazer parte de outros trabalhos futuros e que contem com a participação de instituições parceiras ou até mesmo de uma concessionária administradora de determinada rodovia.

Embora os resultados e a discussão apresentem-se exclusivamente para avaliar os objetivos atingidos dentro das propostas do presente trabalho e não consigam avaliar o real impacto da sua utilização, serão feitas análises paralelas capazes de ilustrar os objetivos esperados com a implementação do sistema.

Com o sistema desenvolvido o operador consegue visualizar as situações de trânsito e principalmente atuar sobre os trechos em que houver necessidade. Para a supervisão do processo, mesmo com o uso de ferramentas e softwares disponíveis gratuitamente foi possível animar as telas e programar comandos. A ferramenta utilizada dispõe de recursos suficientes para o acompanhamento do processo e apesar desse tipo de aplicação existir mais a nível industrial e dentro de uma metodologia repetitiva comprovou-se que essa pode ser utilizada em outras aplicações e em diferentes escalas com bom funcionamento.

Para permitir que os comandos do operador cheguem até a rodovia, mais especificamente até os tachões refletivos, foi necessário adaptar os dispositivos existentes. Para isso, utilizou-se um microcontrolador, um circuito eletrônico e também foi desenvolvido um novo modelo de tachão refletivo . O custo do protótipo do sistema proposto e o custo do dispositivo convencional podem ser comparados na tabela a seguir.

**Tabela 8 – Comparativo de Custos do Tachão Refletivo Convencional e o Protótipo Desenvolvido.**

Itens de Produção	Tachão Convencional (R\$)	Protótipo em Tecnologia de Impressão 3D (R\$)
Tachão Refletivo	21,30	363,00
Dispositivo Microcontrolador	-	30,00
Sistema Eletrônico Embarcado	-	5,00
<b>Total (R\$)</b>	21,30	398,00

Fonte: Autoria própria.

Pode-se observar que para os custos analisados na Tabela 8, o custo do protótipo foi aproximadamente 1869% maior quando comparado ao dispositivo existente no mercado. No entanto, nota-se que do custo total do novo equipamento cerca de 92% correspondem ao custo da impressão 3D. Sendo assim, mesmo que esse seja produzido em larga escala, devido as limitações físicas do material e seu custo elevado, verifica-se que a impressão 3D não é a melhor solução para a confecção de um tachão para sinalização rodoviária. Em razão disso, algum outro tipo de tecnologia deve ser utilizado para uma eventual aplicação real do sistema, visando uma redução de custos e conseqüente melhoria do custo-benefício do projeto.

**Figura 34 – Tachão Refletivo Desenvolvido com Iluminação em LED.**



Fonte: Autoria Própria

Para uma análise com mais fidelidade aos custos de produção de um tachão refletivo comum, considerando uma produção em larga escala e comparando com a tachão proposto, mas esse, utilizando a mesma tecnologia de produção já existente, chegamos aos valores descritos na Tabela 9.

**Tabela 9 – Comparativo de Custos do Tachão com a Mesma Tecnologia de Produção.**

<b>Custo dos Itens de Tecnologia</b>	<b>Tachão Convencional (R\$)</b>	<b>Tachão Proposto (R\$)</b>
Valor Básico	21,30	21,30
Dispositivo Microcontrolador	-	30,00
Sistema Eletrônico Embarcado	-	5,00
<b>Total (R\$)</b>	21,30	56,30

**Fonte: Autoria própria.**

Com o comparativo apresentado na Tabela 9 nota-se que a diferença de custos entre os tachões ocorre em virtude dos sistemas os quais foram adicionados. O aumento de custo é de R\$ 35,00, ou seja, aproximadamente 164%. Tornando assim o cenário muito mais animador quando comparado a situação anterior, entretanto esse ainda não representa o aumento real, uma vez que como existem mudanças de projeto, de características técnicas e um sistema embarcado para ser protegido evidentemente haverá um aumento no valor básico do tachão refletivo.

Dito isso, mesmo com o aumento no custo mencionado anteriormente, é possível ver que esse não se aproximará dos valores exorbitantes da tecnologia 3D, devido a sua modernidade e principalmente em razão do valor da matéria-prima utilizada.

Apesar da análise de custo ser mais palpável e mais propenso a ser empregado, ainda é preciso considerar custos de infraestrutura do sistema, como o cabeamento para o tráfego de dados e alimentação do sistema, o custo do sistema de supervisão e controle, o custo de treinamento e de pessoal capacitado para a operação do sistema, entre outros. Ainda, um estudo futuro que conte com a implantação do sistema em um trecho de rodovia pode analisar a necessidade ou a possibilidade de instalar o tachão desenvolvido de forma alternada com os convencionas, com a finalidade de reduzir o custo total do sistema, sem deixar de advertir de forma eficiente e alertar o motorista que transita pela rodovia.

No entanto, como citado anteriormente, no ano de 2016 os gastos com acidentes em rodovias federais chegou a 10,88 bilhões de reais, enquanto que o investimento nas mesmas foi de apenas 8,61 bilhões de reais. Desta maneira é fácil ver que existe

a necessidade de um maior investimento nesse setor, e também na tecnologia atual a qual não é mais suficiente para tornar as rodovias seguras.

Ainda, como a implementação do dispositivo tem como objetivo principal a redução de acidentes e conseqüente redução das mortes em rodovias no Brasil, a análise de viabilidade deve ir além da análise financeira, isto é, deve analisar a capacidade do sistema em reduzir as tragédias que ocorrem com grande recorrência.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do sistema de controle de sinalização para malha rodoviária de modo a aliar a tecnologia com a qualidade de vida e segurança dos usuários da mesma possibilita uma maior interação entre os motoristas e a rodovia objetivando tornar as rodovias mais seguras e sinalizadas e conseqüentemente reduzir o número de incidentes nessas.

Evidentemente, é extremamente difícil estimar o número de acidentes que poderão ser evitados, assim como o custo evitado anteriormente a instalação do sistema, uma vez que se faz imprescindível a instalação do mesmo em um segmento da rodovia para o estudo de caso e o levantamento de dados com relação a operação do sistema.

O trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento com a utilização de um tachão refletivo para melhor comunicação entre os centros de supervisão e o motorista.

Uma vez realizado um estudo e com a obtenção de informações práticas, será possível verificar ou não a sua aplicabilidade e relevância de acordo com a proposta de atuação. Não obstante, pode-se analisar o uso da metodologia apresentada dentro de apenas trechos críticos da rodovia, como segmentos de serra ou com grande número de ocorrências, visando a aplicação mais precisa e que gere maior resultado positivo e conseqüentemente maior rentabilidade, isto é, onde o retorno do investimento ocorra dentro de um prazo menor.

Espera-se que nos próximos anos, esta ou tecnologias semelhantes sejam desenvolvidas e implementadas em rodovias brasileiras possibilitando assim com que essas se tornem mais inteligentes de modo a utilizar a tecnologia a favor da vida, tornando assim as vias mais seguras e também possibilitando informações em tempo real sobre as condições da mesma aos motoristas.

## REFERÊNCIAS

ANTT. **Resolução ANTT n. 3.323-A, 18 de novembro de 2009**. Brasil, 2009. Citado na página 26.

\_\_\_\_\_. **Resolução ANTT n. 3576, 02 de setembro de 2010**. Brasil, 2010. Citado na página 26.

BBC. **Cat's Eyes**. 2010. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/ahistoryoftheworld/objects/aztoAsvNQ4GBWiQqzOLo5Q>>. Citado na página 20.

BOARETTO, N. **Tecnologia de Comunicação em sistema SCADA - Enfoque em comunicação Wireless com espalhamento espectral**. 2005. 95 p. Dissertação (Mestrado) — Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Unidade Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005. Citado na página 29.

BP. **Prefeitura investe em sinalização e tachões com LED nas ruas**. 2018. Disponível em: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/prefeitura-investe-em-sinalizacao-e-tachoes-com-led-nas-ruas>>. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.

BRASIL. **Decreto-lei n. 9.503, 23 de setembro de 1997**. Brasília, 1997. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 21201, 24 set. 1997. Seção 1. Citado na página 20.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2017**. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 17.

\_\_\_\_\_. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** 2017. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 24.

CONSTRUSINAL. **Sinalização Horizontal**. 2016. Disponível em: <<http://www.construsinal.com.br/sinalizacao-horizontal.html>>. Citado na página 21.

DEP/PR. **Obras Complementares: Tachões refletivos**. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

DNIT. **Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias**. 2010. Citado na página 18.

\_\_\_\_\_. **Instrução Normativa - Anexo I - Termo de Referência**. 2015. Citado na página 21.

IASIN. **Tachas Refletivas**. 2012. Disponível em: <<http://www.iasin.com.br/produtos/tachas-refletivas>>. Citado na página 19.

IBPT; EMPRESOMÊTRO. **Frota brasileira de veículos em circulação**. [S.l.], 2018. Citado na página 12.

JCNET. **Direção defensiva: saiba como a velocidade influi na frenagem do veículo**. 2013. Disponível em: <<https://www.jcnet.com.br/Geral/2013/02/direcao-defensiva-saiba-como-a-velocidade-influi-na-frenagem-do-veiculo.html>>. Citado na página 45.

LÍDER, Seguradora. **Boletim estatístico edição especial 10 anos**. 2018. Citado na página 14.

\_\_\_\_\_. **Boletim estatístico julho de 2018**. 2018. Citado na página 15.

PANCHO. **Pancho: Tachões piscam quando pedestre está na faixa de segurança**. 2015. Disponível em: <<http://jornaldesantacatarina.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2015/12/pancho-tachoes-piscam-quando-pedestre-esta-na-faixa-de-seguranca-4930779.html>>. Citado na página 22.

PUHLMANN, Henrique F.W. **O que é o protocolo NTCIP de comunicação?** 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/protocolo-ntcip-de-comunicacao/>>. Citado na página 27.

RIBEIRO, Luiz Cesar de Queiroz; RODRIGUES, Juciano Martins. **Evolução da frota de automóveis e motos no Brasil 2001 - 2012**. [S.l.], 2013. Citado na página 12.

SILVA, Marco. **Interatividade: Uma mudança fundamental do esquema clássico da comunicação**. 2003. Citado na página 13.

SILVEIRA, Alex. **Sinalização com LED promete aumentar a segurança no trânsito na RMC**. 2018. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/sinalizacao-com-led-promete-aumentar-a-seguranca-no-transito-na-rmc-veja-o-video-1izteqc86>>. Citado na página 21.

SINAPSE. **Pisca Faixa - Sistema Eletrônico de Alerta de Pedestre na Faixa**. 2015. Disponível em: <<http://sc5.sinapsedainovacao.com.br/sc5/ideia/sistema-eletronico-de-alerta-de-pedestre-na-faixa-de-seguranca>>. Citado na página 22.

VASCONCELLOS, Henrique F.M. **Modelo de operação para rodovias inteligentes**. 2017. Citado 3 vezes nas páginas 12, 23 e 24.

## **ANEXOS**

**ANEXO A – CÓDIGO IMPLEMENTADO PARA ACIONAMENTO DOS LED'S**

```
const int buttonPin = 8;
const int ledPin = 7;
const int buttonPin1 = 2;
const int ledPin1 = 4;

int ledState = HIGH;
int buttonState;
int lastButtonState = LOW;
int ledState1 = HIGH;
int buttonState1;
int lastButtonState1 = LOW;

unsigned long lastDebounceTime = 0;
unsigned long debounceDelay = 50;
unsigned long lastDebounceTime1 = 0;
unsigned long debounceDelay1 = 50;

void setup() {
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin1, INPUT);
  pinMode(ledPin1, OUTPUT);

  digitalWrite(ledPin, ledState);
  digitalWrite(ledPin1, ledState1);
}

void loop() {
  int reading = digitalRead(buttonPin);
  int reading1 = digitalRead(buttonPin1);
```

```
if (reading != lastButtonState) {

    lastDebounceTime = millis();
}

if (reading1 != lastButtonState1) {

    lastDebounceTime1 = millis();
}

if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {

    if (reading != buttonState) {
        buttonState = reading;

        if (buttonState == HIGH) {
            ledState = !ledState;
            ledState1 = lastButtonState1;
        }
    }
}

if ((millis() - lastDebounceTime1) > debounceDelay1) {

    if (reading1 != buttonState1) {
        buttonState1 = reading1;

        if (buttonState1 == HIGH) {
            ledState1 = !ledState1;
            ledState = lastButtonState;
        }
    }
}

digitalWrite(ledPin, ledState);
```

```
digitalWrite(ledPin1, ledState1);

lastButtonState = reading;
lastButtonState1 = reading1;

}
```