



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



GUILHERME HENRIQUE JAKOTENSKI
JORGE LUIZ HAGY DE OLIVEIRA
MARISTELA PRADELLA

PROJETO ONE LIFE

CURITIBA
2021

GUILHERME HENRIQUE JAKOTENSKI
JORGE LUIZ HAGY DE OLIVEIRA
MARISTELA PRADELLA

PROJETO ONE LIFE

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA
2021**

RESUMO

Acidentes de trânsito acontecem o tempo todo, muitos destes poderiam ser evitados ou terem sua gravidade diminuída se os condutores dos veículos tivessem uma forma de prever o trânsito à frente em tempo real. Hoje o número de acidentes por desatenção do condutor, ou sinalização estática e ineficiente são alarmantes. Utilizando sinalização semafórica antecipadamente e sensores de velocidade nos pontos cegos, alertará sobre veículos lentos ou parados em curvas, trechos de baixa visibilidade ou ondulações da pista. Esta sinalização inteligente se enquadra no uso de verbas de multas, ou seja, segundo o Art.320 do Código de Trânsito Brasileiro, as verbas arrecadadas com multas devem ser utilizadas exclusivamente com sinalização, engenharia de tráfego, de campo, policiamento, fiscalização e educação de trânsito. Salvar vidas com sinalizações mais inteligentes e funcionais.

Palavras-chave: Acidente. Trânsito. Radar. Sinalização. Inteligente.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - O custo em reais por acidente segundo a gravidade.....	8
FIGURA 2 - Custo em reais associado aos veículos.....	9
FIGURA 3 - Custos institucionais e danos ao patrimônio.....	9
FIGURA 4 - Evolução da mobilidade do século XVIII até a revolução industrial do século XXI	13
FIGURA 5 - Estudo dentro mobilidade.....	14
FIGURA 6 - Módulo radar Doppler HB100	17
FIGURA 7 – Radiação do HB100.....	17
FIGURA 8 - ESP-32-WROOM-32	18
FIGURA 9 - Módulo Relé 2 Canais 5v com Optoacoplador	18
FIGURA 10 – Elementos constituintes dos focos semaforicos	19
FIGURA 11 - Módulo sensor	20
FIGURA 12 - Módulo de Advertência	21
FIGURA 13 - Tachões de Led.....	22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Motivo de acidentes.....	15
-------------------------------------	----

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	5
1.2 FOMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	5
1.3 JUSTIFICATIVA	5
1.4 HIPÓTESE	6
1.5 OBJETIVO.....	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 CUSTOS GERADOS PELOS ACIDENTES	7
2.2 USO DA TECNOLOGIA NA MOBILIDADE URBANA	10
3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	15
4. PROJETO.....	16
4.1 EFEITO DOPPLER	16
4.2 COMPONENTES DO PROJETO	16
4.3 NORMA PARA SINALIZAÇÃO SEMAFORICA	19
5. PROJETO DETALHADO	20
6. DISCUSSÃO.....	22
7. CONCLUSÕES.....	23
8. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	24

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Com o grande número de acidentes que acontecem todos os dias nas vias, em especial em pontos cegos, onde o motorista não consegue prever. Existe a necessidade crescente de se estudar uma forma inteligente de sinalização e que seja variável conforme a situação.

Grande parte do dinheiro arrecadado com multas fica bloqueado, pois só é permitida a utilização em casos específicos que segundo o Artigo 320 do código de trânsito brasileiro.

1.2 FOMULAÇÃO DO PROBLEMA

A sinalização utilizada atualmente é de baixa eficiência para evitar acidentes em pontos cegos. Mesmo que haja sinalização informativa, alguns acidentes não podem ser evitados, pois o tempo de reação fica muito limitado. Em uma curva, por exemplo, não tem como prever que a via está obstruída ou em baixa velocidade, podendo causar acidentes mesmo que o veículo esteja dentro dos limites das vias.

1.3 JUSTIFICATIVA

Uma sinalização em tempo real e confiável, seria mais eficiente, pois se o condutor pudesse prever que existe um obstáculo na via, a velocidade seria reduzida e com isso teríamos a redução da quantidade de acidentes devido a falta de visualização de uma ocorrência em ponto cego.

1.4 HIPÓTESE

Instalando sensores Doppler para medir a velocidade aproximada dos veículos nos pontos cegos, e integrando com sinalizações luminosas instaladas anteriormente, os condutores podem ser avisados sobre bloqueios ou lentidão na via, desta forma tendo mais tempo de reação para desacelerar, reduzindo a probabilidade da geração de acidentes por frenagens bruscas.

1.5 OBJETIVO

Utilizar a onda 4.0 e suas ferramentas para que mais vidas e bens sejam preservados, de forma inteligente, confiável e funcional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CUSTOS GERADOS PELOS ACIDENTES

Segundo o trabalho apresentado por Carlos Carvalho (2020), publicado pelo Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, a sociedade perde cerca de 50 bilhões de reais por ano com acidentes de trânsito e aproximadamente 45 mil pessoas morrem anualmente devido a acidentes com transportes terrestres no Brasil.

Conforme colocado por Carvalho:

Não se pode calcular o que representa a perda de uma vida humana ou os danos psíquicos e estresses traumáticos aos quais as vítimas de trânsito e seus familiares são submetidos após eventos dessa natureza. No entanto, há também a formação de custos econômico-financeiros que impactam diretamente as famílias, bem como a sociedade em geral, e que podem ser estimados por meio de metodologias específicas de cálculo. (CARVALHO, 2020, p.7)

O texto de Carlos Carvalho (2020) ainda traz o custo dos separados em 3 tabelas, sendo elas: O custo em reais por acidente segundo a gravidade (Figura 1), Custo em reais associado aos veículos (Figura 2) e por fim os Custos institucionais e danos ao patrimônio (Figura 3). Importante ressaltar que estão com valores obtidos por meio de pesquisa amostral realizada entre 2005 e 2006.

Na Figura 1, podemos observar que o custo pode chegar a mais de 400 mil reais em casos de acidentes com fatalidades, isto observando somente custos relacionados a vítimas como seus atendimentos hospitalares e a sua perda de produção em caso de afastamento ou óbitos.

FIGURA 1 - O custo em reais por acidente segundo a gravidade.

		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Ilesos ¹	Pré-hospitalares	4,42	414,44	0,00
	Hospitalares	625,60	675,59	68,57
	Pós-hospitalares	40,59	0,00	352,78
	Perda de produção	415,53	3.020,57	1.418,60
	Remoção	-	-	-
	Total	1.086,14	4.110,60	1.839,94
Feridos leves	Pré-hospitalares	0,00	759,18	3.488,81
	Hospitalares	620,62	5.661,76	1.969,46
	Pós-hospitalares	0,00	208,50	1.528,73
	Perda de produção	5.835,71	1.840,00	1.648,76
	Remoção	-	-	-
	Total	6.456,33	8.469,44	8.635,77
Feridos graves	Pré-hospitalares	1.707,32	1.111,73	1.032,95
	Hospitalares	18.069,70	72.855,40	56.862,42
	Pós-hospitalares	160,13	3.150,21	5.498,02
	Perda de produção	2.483,92	47.797,94	77.113,46
	Remoção	-	218,64	649,12
	Total	22.421,06	125.133,91	141.155,96
Mortos	Pré-hospitalares	-	0,00	86,28
	Hospitalares	-	0,00	143,19
	Pós-hospitalares	-	0,00	0,00
	Perda de produção	-	335.172,20	432.557,99
	Remoção	199,28	-	499,24
	Total	199,28	335.172,20	433.286,69

Nota: ¹ Mesmo as vítimas de acidentes classificadas como ilesas podem incorrer em custos como atendimento hospitalar ou perda de produção no caso de afastamento do trabalho em situações específicas, além de diversas outras possibilidades, inclusive situações de falecimento posterior à classificação do agente.

Fonte: Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

Já na Figura 2, temos que os custos associados a veículos podem chegar acima de 80 mil reais devido a fatores como danos materiais, perdas de carga e remoções. Somando aos custos apresentados anteriormente podemos chegar a valores próximos de 500 mil de custos gerados por acidentes.

FIGURA 2 - Custo em reais associado aos veículos.

		1B – Componentes de custos associados aos veículos		
		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Automóveis	Remoção/pátio	193,22	168,10	743,60
	Danos materiais	6.965,90	11.958,72	18.580,31
	Perda de carga	0,00	0,00	0,00
	Total	7.159,12	12.126,82	19.323,91
Motocicletas	Remoção/pátio	51,59	145,28	181,09
	Danos materiais	2.421,61	2.595,74	4.088,74
	Total	2.473,21	2.741,02	4.269,83
Bicicletas	Remoção/pátio	-	0,00	0,00
	Danos materiais	-	168,74	124,10
	Total	-	168,74	124,10
Utilitários	Remoção/pátio	110,76	162,96	127,14
	Danos materiais	10.396,71	19.846,39	34.861,81
	Perda de carga	62,29	231,03	102,51
	Total	10.569,76	20.240,38	35.091,47
Caminhões	Remoção/pátio	178,33	351,53	461,89
	Danos materiais	18.805,75	57.009,43	41.718,38
	Perda de carga	3.329,84	8.295,05	5.645,19
	Total	22.313,92	65.656,00	47.825,45
Ônibus	Remoção/pátio	64,39	218,46	522,97
	Danos materiais	16.004,91	10.318,39	20.163,12
	Total	16.069,30	10.536,86	20.686,09
Outros	Remoção/pátio	88,52	177,05	1.403,74
	Danos materiais	10.218,84	79.931,58	52.522,13
	Perda de carga	0,00	0,00	27.283,43
	Total	10.307,36	80.108,63	81.209,29

Fonte: Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

Por fim, observamos na Figura 3 os custos institucionais e danos ao patrimônio que podem chegar a um custo médio de 650 reais por acidente.

FIGURA 3 - Custos institucionais e danos ao patrimônio

		1C – Componentes de custos institucionais e danos patrimoniais		
		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Custos institucionais e danos patrimoniais	Atendimento	151,94	238,22	342,96
	Danos patrimoniais	301,41	100,11	310,10
	Total	453,35	338,33	653,06

Fonte: Ipea e ANTP (2003).
Obs.: Atualização realizada utilizando o IPCA/IBGE de dezembro de 2014.

Fonte: Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

Com esta base de dados podemos calcular o custo total de cada acidente fazendo a soma de cada variável associado a ocorrência: Pessoas, Veículos e outros custos. Desta forma, com base em dados da PRF de 2014, onde tivemos mais de 160 mil acidentes dos quais resultaram em mais de 8 mil mortos e 26 mil feridos graves esses acidentes geraram um custo para sociedade que ultrapassou a marca de 12

bilhões de reais, somente analisando dados de rodovias federais, sendo que 62% estavam associadas às vítimas e 37% associados aos veículos.

Estratificando o fator custos associados às vítimas temos que mais de 40% estão relacionados a perda de produção, que é o quanto de renda uma pessoa deixa de gerar enquanto afastada ou o quando ela deixa de produzir em caso de morte considerando a expectativa de vida, e os impactos destas perdas acabam impactando a família da vítima e ao sistema de previdência social.

Conforme descrito por carvalho:

Em média, cada acidente custou à sociedade brasileira R\$261.689, sendo que um acidente envolvendo vítima fatal teve um custo médio de R\$664.821. Esse tipo de acidente respondeu por menos de 5% do total de ocorrências, mas representou cerca de 35% dos custos totais, indicando a necessidade de intensificação das políticas públicas de redução não somente da quantidade dos acidentes, mas também da sua gravidade. (CARVALHO, 2020, p.12)

Desta citação podemos destacar a necessidade de criação de solução que possam não somente reduzir a quantidade de acidentes, assim como a sua gravidade em caso de ocorrência.

Ainda no estudo publicado Ipea, é demonstrada a importância de se avaliar contramedidas a fim de reduzir o número de acidentes e também a sua gravidade, dentre as ações avaliadas nos estudos estão expostas a necessidade de melhoria na infraestrutura das estradas assim como o uso de novas tecnologias de informação para informar ao usuário sobre os perigos que podem haver na rodovia.

2.2 USO DA TECNOLOGIA NA MOBILIDADE URBANA

Para Sacomano, Gonçalves, Silva, Bonilla e Sátyro (2018), a indústria 4.0 chega não para mudar as coisas, mas para melhorá-las, para facilitar a comunicação do equipamento com humanos, para antecipar dados, dar informação para tomada de decisão, automatizar processos e operações. Equipamentos somados a sensores e auxiliados pela IoT (Internet of Thing – internet das coisas), gerando informação, sendo possíveis de serem monitorados e comandados remotamente.

Os autores valorizam que a Indústria 4.0, vai muito além da indústria em si, é o grande salto para a produção 4.0, para o processo 4.0, seja ele na indústria, no comércio, na venda, no atendimento ao cliente, na medicina, na agroindústria, e

mesmo na vida comum das pessoas, no dia à dia, no lar, no trabalho. Segundo os autores, a indústria 4.0 parece não ter limite na sua aplicação e versatilidade, basta ter-se o senso da aplicação da IoT.

A automação é definida como a realização de tarefas sem a intervenção humana, com equipamentos que funcionam sozinhos e possuem capacidade de controlar a si próprios, a partir de condições e/ou instruções preestabelecidas. (SACOMANO, GONÇALVES, SILVA, BONILLA E SÁTYRO, 2018, p.36)

O artigo da VIVO (2021), traz uma aplicação direcionada da tecnologia IOT com visão de segurança no trânsito. Menciona dados compartilhados da OMS e da ONU que no mundo, os acidentes de trânsito geram 1,35 milhões de vítimas fatais a cada ano e que 90% dos acidentes a causa é falha humana. Valoriza então o uso de tecnologia para segurança nas vias e nas cidades, com foco na segurança dos usuários. Menciona dados nacionais, o Brasil possui atualmente 46,2 milhões de veículos somando todos os portes (caminhões, ônibus, veículos médios e leves), ficando classificado na 6ª posição entre as maiores frotas do mundo. Mesmo considerando toda a legislação brasileira de segurança no trânsito, bem como os limitadores de velocidade de algumas vias, em 2019, 3.876 pessoas sofreram alguma lesão por acidente de trânsito, o que gera uma média de 10.700 pessoas por dia, outro dado que o artigo ainda compartilha, é que destas, 80 são fatais.

O artigo faz uma grande valorização das novas tecnologias nos veículos inteligentes, que no seu desenvolvimento está sendo usada a Inteligência Artificial, a fim de auxiliar o condutor e utilizar de recursos que antecipem possíveis riscos à segurança dos passageiros. De toda forma, ressalta também a importância de se promover a segurança no trânsito, que não é apenas responsabilidade pública, é compromisso da população e das empresas. Com a aplicação de tecnologia é possível melhorar a segurança das vias.

A monografia desenvolvida pelos autores Gorgulho e Tredinnick (2020) pelo INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) traz a informação sobre a concentração da população urbana/rural, a média mundial é de 54,8% nos centros urbanos e no Brasil esse número é muito maior, no Brasil 86,3% da população vive em centros urbanos. E esse número é proporcional ao número de veículos em circulação, a cada ano aumenta de forma impressionante, e por consequência, os problemas de mobilidade se tornaram muito frequentes e cada vez maiores, gerando

prejuízos econômicos que chegam na casa R\$ 267 bilhões por ano, isso representa 4% do PIB (no ano da pesquisa). Outra consequência muito importante é o número de acidentes e suas gravidades, no Brasil, chegam a custar mais de R\$19 bilhões por ano, número é maior que o PIB de 11 capitais nacionais.

Diante deste cenário, o estudo dedicou-se a falar sobre a importância das cidades inteligentes, como a tecnologia poderia colaborar na diminuição dos números e na solução de algumas dificuldades.

Os autores compilaram conceitos do BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento), do ICI (Instituto das Cidades Inteligentes), da UNICAMP / FEI (Faculdade de Engenharia Industrial – SP), da FGV (Fundação Getúlio Vargas) e ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial). Todas essas organizações mencionadas defendem as cidades inteligentes com o objetivo comum de beneficiar pessoas com facilidades. A segurança e soluções para mobilidade urbana são os temas com maior ênfase quando mencionado sobre cidades inteligentes.

Ainda neste estudo do INPI, é defendida que a mobilidade urbana é o efeito mais impactante na qualidade de vida de uma cidade, pois suas consequências geram efeitos sociais e econômicos e é o ponto de maior valor na avaliação de classificação de uma cidade quanto a sua tecnologia.

Com a ajuda de tecnologias computacionais (envolvendo coleta da informação por sensores, processamento e resultados) centros de controle governamentais se tornam mais hábeis na tomada de decisões visando à mitigação de problemas envolvendo o fluxo de veículos e problemas. (GORGULHO E TREDINNICK, 2020, p.21)

O estudo ainda traz uma relação da mobilidade inteligente chamando-a de Mobilidade 4.0 e fazendo uma relação com Indústria 4.0, na Figura 4 mostra a evolução da mobilidade ao longo das revoluções industriais.

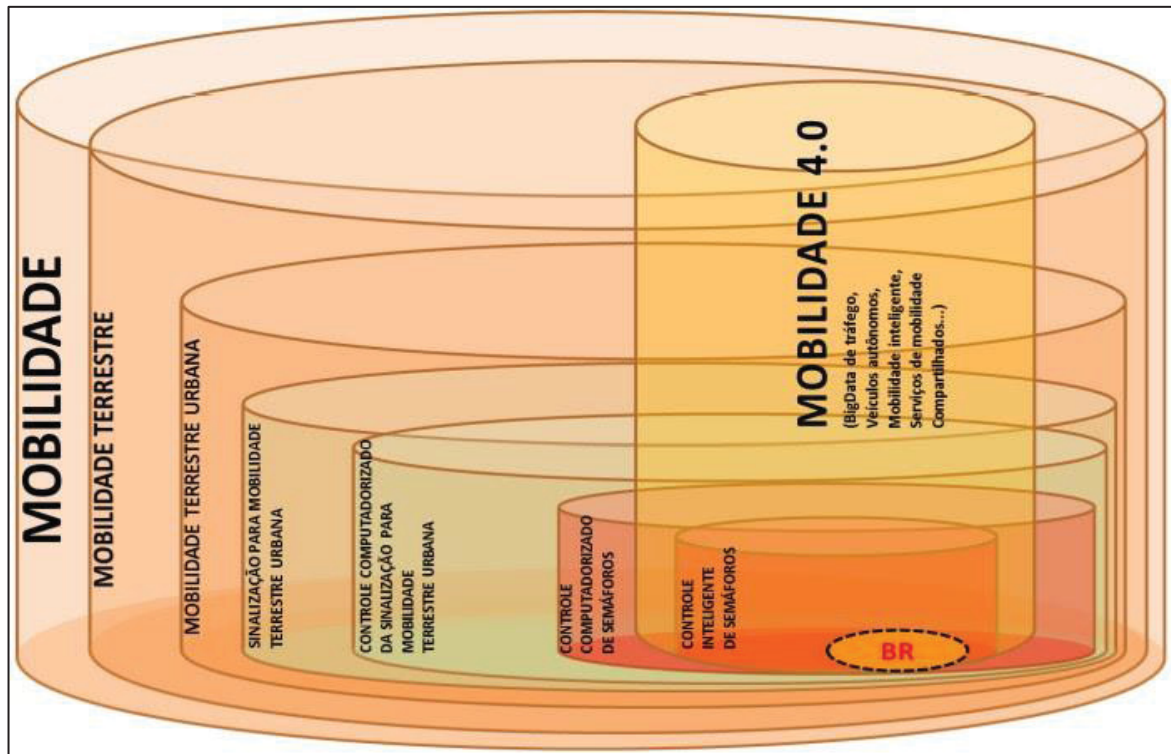
FIGURA 4 - Evolução da mobilidade do século XVIII até a revolução industrial do século XXI

	Mobilidade 1.0	Mobilidade 2.0	Mobilidade 3.0	Mobilidade 4.0
	Era Pré-industrial	1ª Revolução Industrial	2ª e 3ª Revoluções Industriais	4ª Revolução Industrial
Indústria	- Foco na agricultura	- Tecnologia baseada em vapor; - Industrialização; - Metalurgia, Construção de máquinas.	- Automação; - Eletrificação; - Produção em massa; - Início da Digitalização.	- Convergência de indústria e da tecnologia; - Digitalização, Internet das Coisas (IoT); - Mídia Social; - Individualização e Customização em massa.
Mobilidade	- Vias aquáticas como as mais importantes rotas de tráfego; - Cavalos e carruagens.	- Expansão do trilho e do transporte público local; - Bicicleta como substituta do cavalo; - Navios a vapor substituem embarcações a vela.	- Expansão de rodovias e transporte aéreo; - Motorização com carros individuais; - Carro como uma espinha dorsal da mobilidade; - Florescer do trilho.	- Crescimento massivo de dados (“rodovias de dados”); - Big Data de Mobilidade; - Integração de modais, novos serviços de mobilidade (compartilhados); - Condução autônoma (veículos autônomos); - Mobilidade como um serviço – uso em vez da propriedade.
	Século XVIII e anterior	Século XIX	Século XX	Século XXI

Fonte – Gorgulho e Tredinnick (2020)

Os autores deste estudo do INPI simplificam o entendimento da Mobilidade 4.0 na Figura 5, a parte tracejada é direcionada aos pedidos de patentes no Brasil relacionadas à sinalização inteligente de trânsito.

FIGURA 5 - Estudo dentro mobilidade.



Fonte – Gorgulho e Tredinnick (2020)

Os autores Gorgulho e Tredinnick (2020), finalizam mencionando exemplos, ao mundo, de solicitações de patentes para solução para mobilidade com recurso tecnológicos, o que mostra que ocorre uma crescente para aplicação da Mobilidade 4.0 na busca de soluções para problemas e perigos do trânsito com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e de preservá-la com maior segurança tráfego.

Segundo Resnick e Halliday (2016) o efeito Doppler é um fenômeno da física referente a variação de frequência percebida de uma onda relativa a um observador. Esse efeito foi estudado pelo físico austríaco Christian Doppler (1803-1853) e a descoberta foi batizada em sua homenagem.

3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Analisando dados disponibilizados pelo Detran de 2019, selecionou-se os motivos de acidentes e suas consequências (observadas as vítimas) que poderiam ter sido evitadas ou atenuadas se implementado o projeto defendido nesta monografia. Seguem dados exemplificados na Tabela 1.

TABELA 1 – Motivo de acidentes

RESUMO GERAL DE ACIDENTES					
Motivo do acidente	Qtde p/ motivo	% pelo total	Com vítimas fatais	Com vítimas feridas	Sem vítimas
defeito na via	973	1,4%	31	794	148
falta de atenção à condução	24.992	37,1%	1.119	20.282	3.591
objeto estático sobre o leito carroçável	437	0,6%	17	346	74
Sinalização da via insuficiente ou inadequada	247	0,4%	25	182	40
Número total dos 4 motivos acima	26.649	39,5%	1.192	21.604	3.853
Total acidentes	67.446		4.592	51.183	11.671
Percentual do total de vítimas comparado a todos os acidentes			26%	42%	33%

Fonte: Detran 2019

É importante observar que 33% representados pelos acidentes acima destacados, não houveram vítimas, mas houve um prejuízo material que pode ser deduzido e afirmado, uma vez que o acidente teve seu registro. Fato que quase 40% dos acidentes gerais registrados pelo Detran, poderiam ter sido amenizados com a implementação da sinalização proposta aqui. Evitando o prejuízo humano e material que estes 26.649 acidentes provocaram em um ano.

4. PROJETO

4.1 EFEITO DOPPLER

Conforme apresentado por Halliday (2016), o efeito Doppler é observado em ondas sonoras e eletromagnéticas onde ondas eletromagnéticas sofrem menor interferência do meio, e dentro do seu espectro, mais suscetíveis em maior amplitude de onda com baixa frequência e menos suscetíveis em menor amplitude de onda com maior frequência.

O autor explica que para medir a velocidade de afastamento ou aproximação de um objeto, utilizamos a seguinte equação geral (1):

$$f_0 = f_f \frac{v \pm v_0}{v \mp v_f} \quad (1)$$

f_0 = Frequência que o observador recebe

f_f = Frequência emitida pela fonte

v = Velocidade da onda no meio

v_0 = Velocidade do observador em relação ao meio (positiva ao se aproximar da fonte, negativa ao se afastar)

v_f = Velocidade da fonte em relação ao meio (positiva ao se afastar, negativa ao se aproximar do observador)

4.2 COMPONENTES DO PROJETO

O módulo radar Doppler HB100, ilustrado na figura 6, é feito com um ressonador dielétrico oscilante de alta frequência (10.525GHz) tem baixo consumo de energia, tamanho reduzido e de alcance até 20 metros de distância.

FIGURA 6 - Módulo radar Doppler HB100



Fonte: Manual da Fabricante ST Eletronics.

O fabricante especifica que o tamanho do módulo é de 45x37x8mm, com peso de 7g, variação de temperatura de operação entre -15° e 55° Celsius, gerando um consumo energético de 30mA e pico 40mA.

Na equação (2) temos a fórmula apresentada pela fabricante para obter a velocidade V , com base na frequência recebida.

$$F_d = 2V \left(\frac{F_t}{c} \right) \cos \theta \quad (2)$$

F_d = Frequência recebida

V = Velocidade do objeto

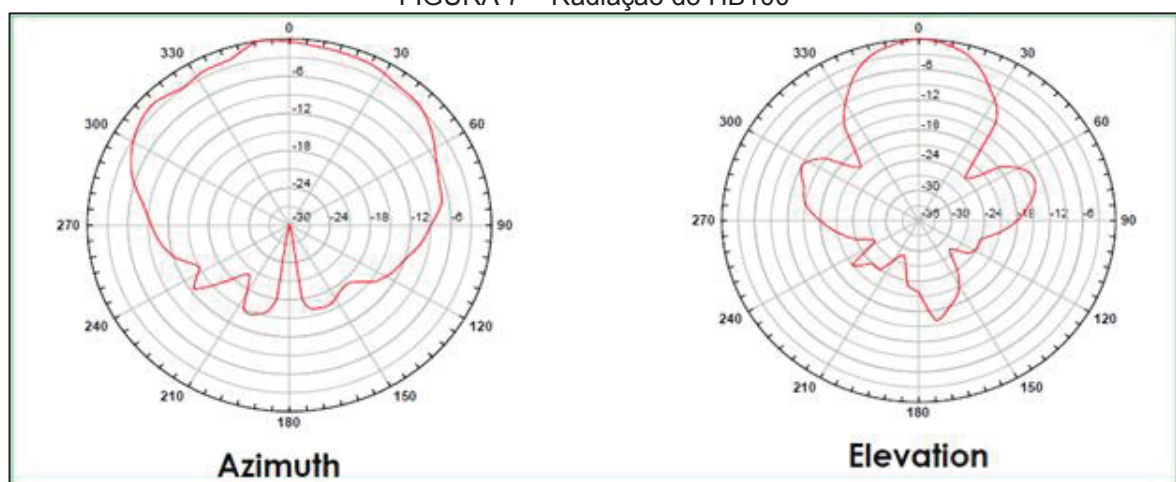
F_t = frequência de transmissão

c = Velocidade da luz (3×10^8 m/s)

θ = Ângulo entre o sensor e o objeto em movimento.

Na figura 7 temos o comportamento da radiação do HB100.

FIGURA 7 – Radiação do HB100



Fonte: Manual da Fabricante ST Eletronics.

A placa de desenvolvimento ESP-32-WROOM-32 ilustrada na figura 8 é uma placa robusta de grande capacidade de processamento e baixo consumo. Possui 28 pinos digitais de E/S para controle de periféricos, módulo Wi-Fi e Bluetooth integrados. Pode ser programada em linguagem C++ pela IDE do Arduino.

FIGURA 8 - ESP-32-WROOM-32

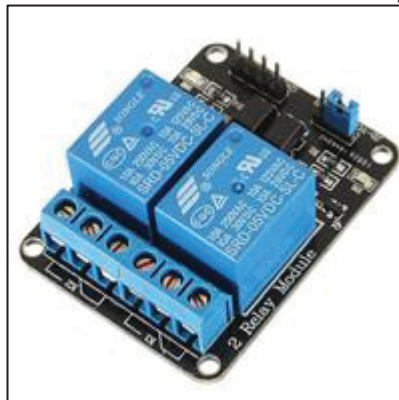


Fonte: Espressif Systems

O fabricante especifica o tamanho da placa é de 52x28x5mm e a temperatura de operação de -40° a 125° Celsius.

O módulo relé de 2 canais 5v, ilustrado na figura 9, controla o acionamento individual dos relés aplicando a corrente em cada entrada específica. O tamanho do componente, especificado pelo fabricante é de 51x38x20mm.

FIGURA 9 - Módulo Relé 2 Canais 5v com Optoacoplador



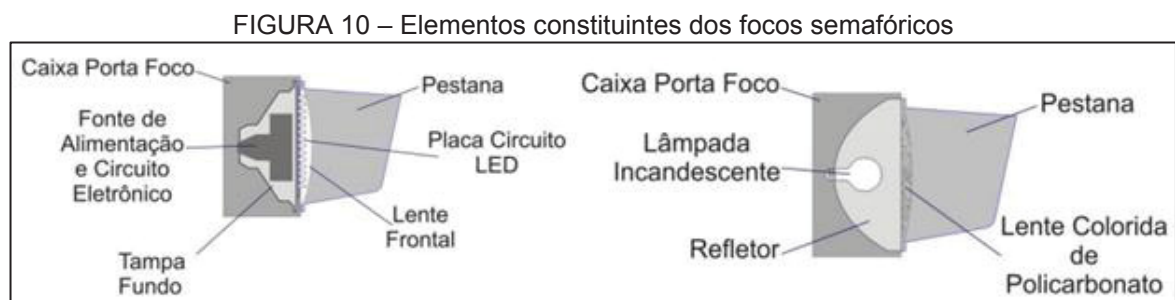
Fonte: Revenda de componentes Eletrogate.

4.3 NORMA PARA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Conforme especificado no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica, é dever respeitar as seguintes regras:

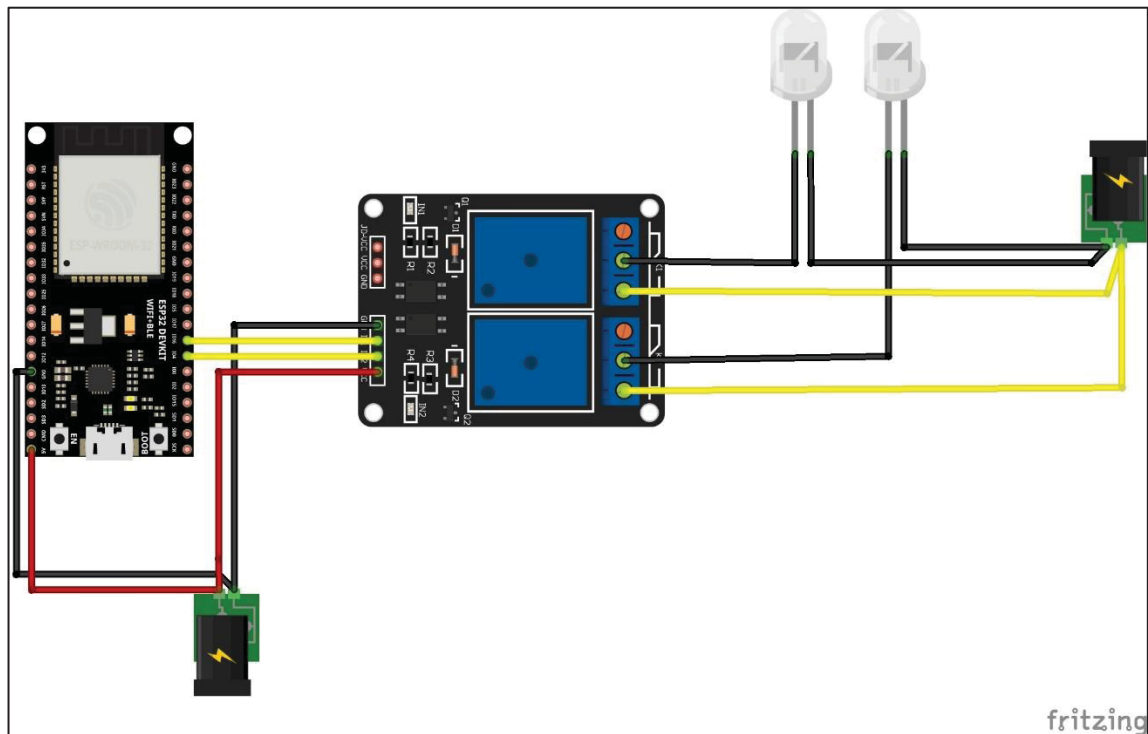
Semáforos empregados na sinalização semafórica de advertência. Os grupos focais utilizados na sinalização semafórica de advertência devem ser formados por um ou dois focos amarelos em funcionamento intermitente. O foco deve piscar de um em um segundo (frequência de 1Hz) e na proporção aceso/apagado na faixa de 30 a 50% (lâmpada acesa). A disposição dos focos na formação dos semáforos veiculares de advertência duplos poderá ser vertical ou horizontal. No caso da utilização de dois focos em funcionamento intermitente, eles devem piscar alternadamente. (CONTRAN,2014, P.18)

O CONTRAN também especifica quais são os elementos que devem constituir os focos semafóricos, conforme apresentado na figura 10.



Fonte: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume V – Sinalização Semafórica

FIGURA 12 - Módulo de Advertência.



Fonte: O Autor.

O primeiro módulo (figura 11) verifica veículos com baixa velocidade ou parados, caso algum destes casos ocorra, uma comunicação com o segundo módulo (figura 12) será feita por Wi-fi, este segundo acionará os relês intermitentemente (figura 9) conforme indica no manual de sinalização para advertir os condutores que venham posteriormente até que a velocidade seja normalizada.

6. DISCUSSÃO

Este projeto trata-se de uma ideia não aplicada, impossibilitando a avaliação de resultados, porém se mostra viável de implementação.

Como demonstrado no desenvolvimento desta monografia, a aplicação deste projeto possui uma vasta gama de oportunidades para apresentar resultados, sendo elas as vidas salvas e a redução nos custos gerados pelos acidentes.

Inicialmente o protótipo foi pensado para termos a sinalização em tachões, ilustrado na figura 13, porém, conforme observado na aplicação realizada na cidade de Araucária/PR, devido ao tráfego e a sujeira acumulada na fotocélula, os tachões quebram ou perdem a capacidade de se recarregar, com isso, buscou-se uma nova solução e a alternativa possível seria os semáforos de advertência instalados nas laterais ou em postes superiores.

FIGURA 13 - Tachões de Led.



Fonte: Portal Bem Paraná 2018

Ainda na ideação do protótipo, a placa de desenvolvimento cogitada era uma Arduino NANO, pelo seu tamanho reduzido, porém para comunicar entre duas placas precisaria integrar outro módulo, a alteração para placa de desenvolvimento escolhida foi a ESP-32 gerando um ganho de espaço e processamento, pois uma única placa é capaz de gerenciar pelo menos 3 sensores.

7. CONCLUSÕES

Dos acidentes estudados, os fatores emocionais das pessoas feridas e dos familiares dos que vieram a óbito não podem ser mensurados, porém, além de salvar estas pessoas também reduzirá o custo da concessionária/estado pois com menos acidentes não haverá alocação dos recursos com guincho, ambulâncias, danos ao patrimônio e atendimentos hospitalares.

Não só vantagem para concessionárias, o projeto visa melhorar também indicadores de acidentes, reduzindo números e consequências dos mesmos, fazendo que o dinheiro arrecadado das multas seja utilizado da forma correta para que foi pensado, vias mais seguras e sinalizadas em tempo real, não somente placas instrutivas, mas sim funcionais, auxiliando o condutor antecipadamente a uma situação de risco (tráfego lento ou parado, em curvas, trechos de baixa visibilidade e ondulações da pista).

A aplicação deste projeto seria um grande marco para utilização de novas tecnologias e sistemas integrados, baseadas nos conceitos da Indústria 4.0, que hoje possuem grandes aplicações em sistemas produtivos, porém pouco explorados em outras áreas, como por exemplo, a mobilidade urbana.

8. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Realizar a aplicação deste projeto como teste em um trecho piloto de rodovia para avaliar a eficácia e robustez do sistema.
- Avaliar a possibilidade de integração do projeto proposto ao sistema de monitoramento de tráfego, visando reduzir o tempo de reação para o atendimento de ocorrências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, C.H.R -. **Custo dos acidentes de trânsito no Brasil: Estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do IPEA sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias**. Livraria Ipea, 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/arquivos/artigos/7018-td2565.pdf>>. Acesso em: 04/09/21.

CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume V - Sinalização Semafórica**: Capítulo 3.2 Padrão de sinalização semafórica, Brasil, 2014.

Espressif Systems. **ESP32 Technical reference manual**. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf>. Acesso em: 23/08/2021.

Eletrogate. **Módulo Relé 2 Canais 5v com Optoacoplador**. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/modulo-rele-2-canais-5v>>. Acesso em: 23/08/2021.

Gestão de frotas e uma mobilidade mais segura, como a IoT pode ser a solução para os problemas no trânsito. Disponível em: <<https://vivomeunegocio.com.br/conteudos-gerais/gerenciar/seguranca-no-transito-e-na-gestao-de-frotas/>>. Acesso em: 22/08/21.

GORGULHO, C.F.; TRENDINNICK, M.R.A.C. **O Controle de Tráfego em Cidades Inteligentes: um panorama dos depósitos de patente no Brasil e no Mundo**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/controle-de-trafego-inteligente_estudo_estendido_v30062020.pdf>. Acesso em: 23/08/2021.

HALLIDAY, D. 17.7 - Efeito Doppler. In: RESNICK, R.; HALLIDAY, D. **Fundamentos da Física, Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 10ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Páginas 376-379.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras: relatório executivo**. Brasília: Ipea; ANTP, 2003. Disponível em: <<http://goo.gl/I92Pef>>

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO; ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras: relatório executivo**. Brasília: Ipea; Denatran; ANTP, 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/q5oVrr>>

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; PRF – POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: caracterização, tendências e custos para a sociedade**. Brasília: PRF, 2015.

Prefeitura investe em sinalização e tachões com LED nas ruas. Disponível em: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/prefeitura-investe-em-sinalizacao-e-tachoes-com-led-nas-ruas#.YTgXG45KjIU>>. Acesso em 01/09/2021.

PRF – POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras do ano de 2014.** Brasília: PRF, 2014.

SACOMANO, J.B.; SÁTYRO, W.C. Capítulo 2 Indústria 4.0: Conceitos e Elementos Formadores. In: SACOMANO, J.B.; GONÇALVES, R.F.; SILVA, M.T.; BONILLA, S.H.; SÁTYRO, W.C. **Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos.** 1ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2018. Páginas 27-39.

ST Eletronics. **MSAN-001.** Disponível em: < https://theorycircuit.com/wp-content/uploads/2016/09/HB100_Microwave_Sensor_datasheet.pdf>. Acesso em: 23/08/2021.