



## MODELO DE UM SEMÁFORO INTELIGENTE PARA GRANDES AVENIDAS UTILZANDO SENSOR INDUTIVO

**Resumo:** *Devido ao crescimento do problema de tráfego urbano, é comum se deparar com grandes trechos de congestionamentos ao longo das vias urbanas. Para amenizar este problema, foi proposto um novo modelo de programação de sinais de trânsito, tendo em vista que os semáforos atuais têm uma programação fixa, onde o seu tempo de comutação entre a luz vermelha e a luz verde são praticamente fixos ao longo do dia. Ora fluxo intenso em um sentido na via, ora fluxo intenso no outro sentido da via, sinais de retorno fechando sem ter carros para retornar são alguns dos problemas corriqueiros encarados por todos os brasileiros. O semáforo através de sensor indutivo propõe amenizar esses problemas adotando um diagrama elétrico de baixo custo, visando gerar um impacto positivo no tráfego urbano.*

**Palavras-chave:** *Tráfego urbano, semáforo através de sensor indutivo e diagrama elétrico.*

### 1 INTRODUÇÃO

Com foco por melhorias no fluxo de veículos automotores, esse problema deixou de se tornar só uma questão de planejamento urbano, mas está atrelado principalmente no âmbito social de proporcionar às pessoas uma melhor qualidade de vida no dia-dia. Qualidade de vida dificultada devido as rotinas estressantes, muitas vezes por conta do demorado deslocamento diário, não somente para o trabalho, mas também para o lazer nas horas vagas (KON, 2016). Essa demora para chegar ao destino desejado é resultado do caos urbano atual, que assusta cada vez mais devido ao seu crescimento constante, por conta do aumento do número de veículos nas rodovias e ao péssimo serviço oferecido dos transportes públicos. Esse aumento contribui para o crescimento da emissão de gases poluentes emitidos pelos veículos, principalmente monóxido de carbono, que resulta no falado aquecimento global. Sem falar na questão da violência urbana. E um outro fator não mencionado que faz com que as pessoas optem por veículos próprios para se locomover ao invés dos transportes públicos, o que reforça os assuntos abordados acima (NAHAS, 2015).

É preciso mais que um semáforo com programação flexível para sanar o problema de caos urbano, porém, se implementado, seria benéfico para toda a população em várias rodovias, principalmente nas que possuem vários retornos, onde fecham sem ter nenhum veículo para retornar, atrapalhando o fluxo. Sem contar nos horários de baixa rotatividade, período noturnos e madrugadas, onde alguns sinais fecham obrigando condutores aguardarem a programação ser finalizada para o motorista seguir o seu trajeto. Esse problema acabaria, pois, o sinal principal não fecharia inutilmente, impedindo a passagem do condutor, só fecharia se tivesse um veículo ou pedestre esperando para retornar e atravessar.

É possível observar o crescimento constante da demanda de veículos nas ruas na Tabela 1 e com isso é inevitável que o sistema urbano não sofra com as consequências devido a uma estagnação de sistemas e processos de controle urbano. O caos urbano do trânsito é um problema que visualizamos diariamente e não há uma solução de imediato para tal. Sabe-se que para resolver o problema do trânsito urbano definitivamente, é necessário abranger outros assuntos, com investimentos mais elevados, como a criação de novas rodovias, expansão e revitalização de outras com condições precárias. Outro aspecto importante é que a

"Os desafios para formar hoje o engenheiro do amanhã"

implementação do semáforo através de sensores indutivos seria de interesse de toda a sociedade, já que é um problema comum de todos os brasileiros.

*Tabela 1 – Demonstrativo de veículos nas ruas*

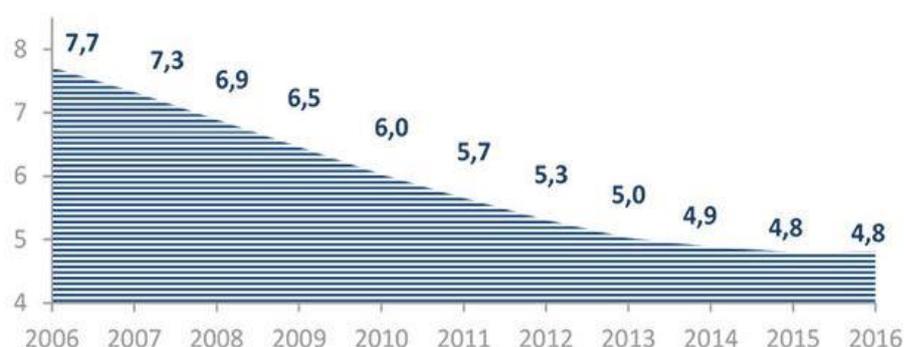
Segmento	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Var.(%) 16/15
<b>Automóveis</b>	28,902	31,124	33,203	34,389	35,261	35,601	1,00%
<b>Comerciais leves</b>	4,106	4,389	4,701	4,9	5,055	5,002	1,10%
<b>Caminhões</b>	1,577	1,665	1,77	1,86	1,812	1,884	0,10%
<b>Ônibus</b>	0,343	0,358	0,375	0,388	0,389	0,386	-0,90%
<b>Total</b>	37,536	37,536	40,049	41,536	42,872	42,872	0,70%
<b>Motocicletas</b>	11,659	12,404	13,056	13,639	13,639	13,47	-1,20%

Nota: as frotas foram ajustadas conforme as informações agregadas de emplacamento no Denatran

Fonte: (Carro100, 2019)

Outro dado que chama a atenção é o decréscimo da quantidade de habitantes por veículo. Essa relação entre a população e a frota de veículos em 2016 foi de 4,8%, o mesmo de 2015. Porém, levando-se em consideração o período de 2006 até 2016 a relação declinou 37,7%, como pode ser visto na Figura 1.

*Figura 1 – Relação da quantidade de habitantes por veículos*



Fonte: (Carro100, 2019)

Esse aumento de veículos, sem dúvidas, é reflexo também do péssimo serviço oferecido de transporte público brasileiro, onde há muitos passageiros para poucos ônibus e acaba obrigando as pessoas que têm condições de se deslocar da sua casa até o trabalho de carro (FÁBIO KON, 2016). Com isso, foi inevitável se deparar com a situação do tráfego atual, com trânsitos rotineiros e incessantes. Obviamente para sanar esse problema de forma definitiva, é necessário a criação de novas vias, ampliação de outras e uma reforma na grande maioria das estradas e rodovias.

Porém, se implementado o semáforo através de sensores indutivos, a ideia é diminuir grande parte do tempo perdido com os semáforos atuais que não têm a flexibilidade de abertura/fechamento. Sem contar que, sem esse desperdício de tempo em sinais fechados sem necessidade, existe a questão da segurança, onde vários veículos ficam parados em semáforos com radares que impedem a sua passagem de forma segura.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Levantamento de Dados na Avenida das Américas

#### *Quantidade de Semáforos e Retornos (Terminal BRT Pingo D'água x Terminal BRT Alvorada)*

Para definir qual modelo de semáforo simular o funcionamento do diagrama em um software, foi realizado um levantamento no percurso Terminal BRT Pingo D'água x Terminal BRT Alvorada para saber o modelo de sinal que mais se repete, se é de um cruzamento, de retorno ou de pedestre. Neste percurso, é possível observar a quantidade de trechos com semáforos e de retornos para um trajeto de 32 quilômetros. São 41 trechos com semáforos, sendo que 19 são semáforos de retorno, ou seja, ainda há outros retornos que não possuem semáforos e que não foram contabilizados. Também há neste mesmo percurso outros 13 semáforos de cruzamento e 9 de pedestres. Sendo assim, será simulado o diagrama elétrico de um semáforo de retorno, onde existe a via principal e a via de retorno.

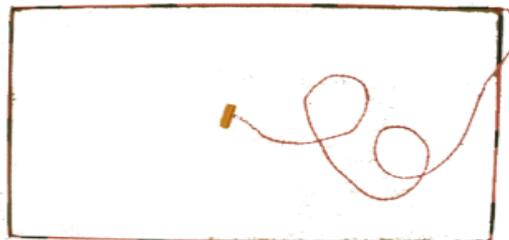
### 2.2 Simulação de Funcionamento do Semáforo Através de Sensor Indutivo

#### *Sensor Utilizado no Semáforo Através de Sensor Indutivo – Laço Indutivo*

Um laço indutivo, também conhecido como IDL (*inductive loop detector*), é basicamente um condutor elétrico que funciona formando uma bobina retangular ou quadrada instalada sob um pavimento de concreto ou asfáltica de uma via, excitada por uma corrente alternada. Quando essa corrente alternada percorre este condutor é gerado em volta do mesmo um campo magnético proporcional à corrente, ou seja, quanto maior a corrente elétrica, maior o campo magnético. Quando uma massa metálica invade o campo magnético do condutor, correntes elétricas de baixa intensidade são induzidas na superfície condutiva deste objeto. A Figura 2 representa um modelo de laço indutivo (Albuquerque, 2012).

Figura 2 – Modelo de laço

indutivo



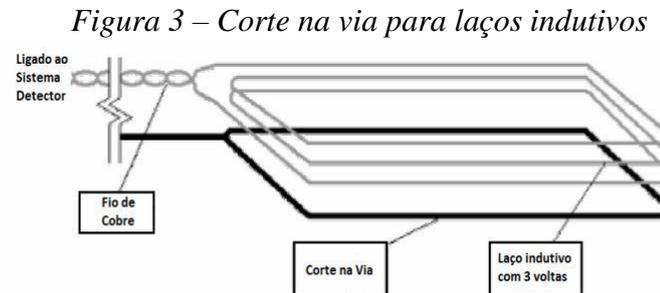
Fonte: (TECHNEXT, 2019)

Para a instalação dos laços indutivos, é necessário fazer um corte na superfície onde será instalada para inserir os laços indutivos. Esses cortes são de extrema importância, pois se feitos de maneira incorreta (deixando irregularidades onde os laços indutivos serão apoiados),

"Os desafios para formar hoje o engenheiro do amanhã"

há grandes chances dos condutores se romperem devido ao fluxo dos veículos. Normalmente são utilizados de três a cinco voltas retangulares no mesmo corte como podemos ver na

Figura 3.



Fonte: (TECHNEXT, 2019)

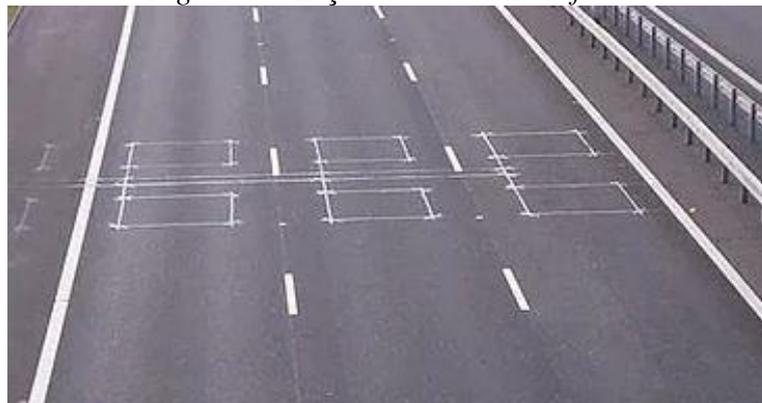
Após inserir os laços indutivos na superfície, é necessário a sua vedação. Essa vedação pode ser feita com asfalto oxidado aquecido, resinas de juntas, graute, etc. A Figura 4 ilustra os laços indutivos devidamente vedados e a Figura 5 mostra o resultado final da instalação no asfalto.

*Figura 4 – Detalhe de laços indutivos na via*



Fonte: (TECHNEXT, 2019)

*Figura 5 – Laços indutivos no asfalto*



Fonte: (DNIT, 2019)



Após a instalação dos laços, é necessário a sua comunicação com um microprocessador, onde o mesmo é capaz de amplificar pequenos sinais e comutar a sua saída, quer para um contato normalmente aberto, quer para um contato normalmente fechado. O custo do sensor indutivo (2 laços) junto com a sua central é de aproximadamente R\$ 952,00.

### ***Componentes Elétricos do Semáforo Através de Sensor Indutivo***

#### ***Botões pulsadores (N.A e N.F)***

Os botões pulsadores podem ser do tipo normalmente aberto (N.A.), ou do tipo normalmente fechado (N.F.). É comum encontrar botões pulsadores com as siglas em inglês (N.O. e N.C.), que significam *normally open* e *normally closed*, respectivamente. Essa nomenclatura está diretamente ligada a posição dos contatos elétricos iniciais, ou seja, aberto ou fechado. O custo de cada botão é, em média, R\$ 32,00.

#### ***Temporizadores***

Relés temporizadores, ou simplesmente temporizadores, são dispositivos que possibilitam determinar o acionamento de equipamentos ou circuitos através de um intervalo de tempo pré-estabelecido. Esse acionamento é devido a comutação de seus contatos internos, que podem ser abertos ou fechados, dependendo do modelo utilizado (Albuquerque, 2012). No semáforo, é ele quem determina quanto tempo as luzes ficarão ligadas e quando devem ser desligadas. O valor do temporizador é de R\$ 93,60.

#### ***Fusível***

Os fusíveis são dispositivos de proteção que tem como função interromper a passagem de corrente elétrica no circuito, quando o valor da corrente ultrapassar o limite que é permitido pelo fusível. Internamente existe um fio que, em grande parte dos modelos, é constituído de chumbo, e é este fio que interrompe a passagem de corrente elétrica ao se romper, sendo uma proteção altamente segura e confiável. O valor do fusível é de R\$ 1,25 e do borne porta fusível é de R\$ 19,70.

#### ***Relé acoplador***

O relé acoplador atua como uma espécie de interruptor elétrico, onde atua com a função de abrir e fechar um circuito, seja elétrico, eletromecânico ou eletrônico, mantendo sempre a isolação entre o comando e circuito. No semáforo através de sensor indutivo ele atuará como as bobinas, onde será responsável por ligar e desligar as luzes, de acordo com os pulsos elétricos recebidos pelos temporizadores. O valor unitário deste componente é de R\$ 57,06.

#### ***Borneiras***

As borneiras desempenham um papel importante no segmento de comandos elétricos, pois sua função é, principalmente, fazer com que os dispositivos ou equipamentos que irão ser energizados por aquele quadro de comando não sejam inseridos diretamente nos dispositivos internos do quadro de comando. No semáforo através de sensor indutivo, as borneiras que estarão conectados aos alimentadores das luzes dos semáforos. O valor de cada borneira é de R\$ 1,94.

### **2.3 Diagrama Elétrico do Semáforo Através de Sensor Indutivo**

O diagrama elétrico do semáforo através de sensor indutivo é apresentado no anexo A.

## 2.4 Funcionamento do Semáforo Através de Sensor Indutivo

Para melhor entendimento do diagrama elétrico, será discriminado a nomenclatura de cada dispositivo, junto com a função que irá exercer para funcionamento do semáforo através de sensor indutivo:

Botões:

S0 – Botão normalmente fechado – Desliga todo o circuito.

S1 – Botão normalmente aberto – Liga o circuito.

Bobinas / Relés acopladores:

K1 – Liga a luz vermelha do sinal principal e liga a luz verde do retorno.

K2 – Liga a luz amarela do sinal principal.

K3 – Liga a luz verde do sinal principal e liga a luz vermelha do retorno.

K4 – Liga a luz amarela do sinal principal.

K5 – Habilita o laço indutivo 2.

K6 – Energiza o temporizador TR5.

Temporizadores:

TR1 – Energiza o relé acoplador K4 (só após o temporizador TR5 atuar).

TR2 – Energiza o relé acoplador K1 e o temporizador TR3.

TR3 – Energiza o relé acoplador K2 e o temporizador TR4.

TR4 – Energiza o relé acoplador K3.

TR5 – Energiza o relé acoplador K3.

Laços indutivos:

Laço 1 – Ficará na entrada de acesso ao retorno.

Laço 2 – Ficará próximo ao sinal de retorno.

Para iniciar o ciclo do sinal é necessário pulsar o botão S1. Ao pulsar o botão, o relé acoplador K3 é energizado junto com o temporizador TR1, que começa a transcorrer o seu tempo para acionar o relé acoplador K4 e o temporizador TR2, porém os contatos normalmente abertos de K4 e de TR5 não permitem que eles sejam acionados. Neste momento, o semáforo principal está com a luz verde acesa e o semáforo de retorno está com a luz vermelha ligada. O semáforo permanecerá desta maneira até que algum veículo passe pelo laço indutivo 1 e pelo laço indutivo 2. Ao passar um ou mais veículos pelo laço indutivo 1, ele energiza o relé acoplador K5 que habilita o laço 2. Porém, nada acontecerá até que este veículo passe pelo laço indutivo 2.

Neste momento as luzes dos semáforos permanecem sem nenhuma alteração, tanto no sinal principal quanto no sinal de retorno. Quando o veículo passa pelo laço 2, automaticamente o relé acoplador K6 e o temporizador TR5 serão energizados, assim, começará a transcorrer o tempo de TR5. Ao chegar no tempo estabelecido do temporizador TR5, ele permite que o relé acoplador K4 e o temporizador TR2 sejam energizados.

Neste momento, o sinal da via principal está amarelo, até chegar no tempo estabelecido do temporizador TR2, que energizará o relé acoplador K1, que acenderá a luz vermelha do sinal principal e também a luz verde do sinal de retorno, ou seja, neste momento o semáforo principal estará vermelho e o de retorno verde. Durante este tempo, o relé acoplador K1 deixa ambos os laços indutivos desabilitados através do contato fechado de K1 (que estará aberto), ou seja, os

carros passarão pelos laços indutivos sem influenciar no ciclo dos semáforos principal e de retorno.

Com o relé acoplador K1 energizado, o temporizador TR3 começará a contar o seu tempo estabelecido para energizar o relé acoplador K2, que é responsável por desligar a luz verde do sinal de retorno e ligar a luz amarela do mesmo. Junto com o relé K2 e energizado o temporizador TR4, que começa a contar o seu tempo programado. Neste momento o sinal principal está vermelho e o de retorno está amarelo.

Quando o temporizador TR4 chegar no seu tempo de programação, ele energizará o relé acoplador K3 novamente, que é responsável por ligar a luz verde do semáforo principal e a luz vermelha do semáforo de retorno. Ambos os semáforos permanecerão neste estado até que um veículo passe, tanto pelo laço indutivo 1 quanto pelo laço indutivo 2, que repetirá este ciclo.

### ***Funcionamento – Imagens Ilustrativas***

É possível observar na Figura 6 a ilustração da via principal com o semáforo aberto, até que algum carro entre na via de retorno para habilitar, tanto o primeiro laço quanto o segundo laço, para, assim, o semáforo da via de retorno fechar.

Figura 6 – Ilustração da via principal aberta e via de retorno fechada



Fonte: Autores

Na

Figura 7 é possível observar de um ângulo superior melhorando a visualização dos laços indutivos na via de retorno.



"Os desafios para formar hoje o engenheiro do amanhã"

Figura 7 – Ilustração da via principal aberta e via de retorno fechada – vista superior



Fonte: Autores

Na Figura 8 é possível observar a via principal fechada com a via de retorno aberta, após os veículos passarem pelos laços indutivos.

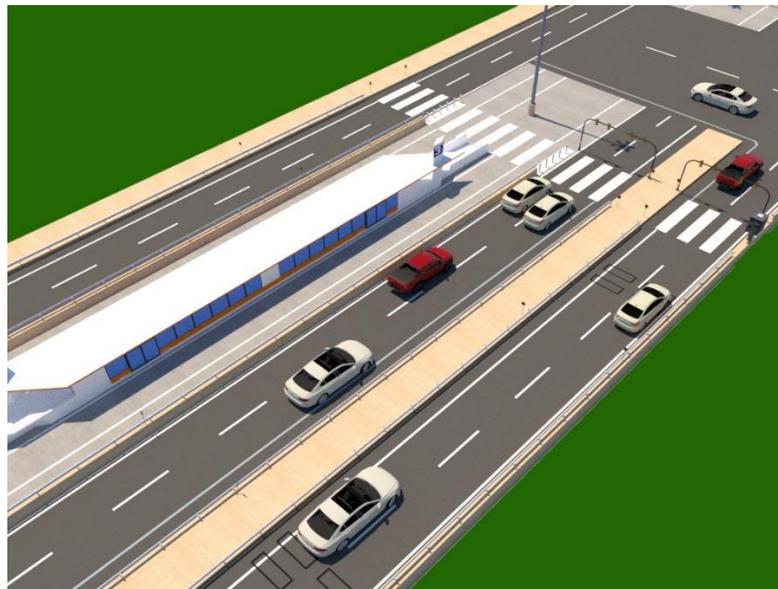
Figura 8 – Ilustração da via principal fechada com a via de retorno aberta



Fonte: Autores

Na Figura 9 é possível observar de um ângulo superior melhorando a visualização da via principal fechada e da via de retorno com os carros trafegando.

Figura 9 - Ilustração da via principal fechada com a via de retorno aberta – vista superior



Fonte: Autores

## 2.5 Custo de Implementação

Na Tabela 2 é discriminado o valor dos componentes elétricos para implementação do semáforo através de sensor indutivo.

Tabela 2 – Custo de Implementação

Item	Descrição	Quant.	Preço Unit.	Valor Total
1	Laços Indutivos com central	1	R\$ 952,00	R\$ 952,00
2	Botão N.A	1	R\$ 32,00	R\$ 32,00
3	Botão N.F	1	R\$ 32,00	R\$ 32,00
4	Temporizador	5	R\$ 93,60	R\$ 468,00
5	Fusível	1	R\$ 1,25	R\$ 1,25
6	Borne porta fusível	1	R\$ 19,70	R\$ 19,70
7	Relé acoplador	6	R\$ 57,06	R\$ 342,36
8	Borneiras	6	R\$ 1,94	R\$ 11,64
<b>Total</b>				<b>R\$ 1.858,95</b>

Fonte: Autores



### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagrama elétrico do semáforo através de sensor indutivo foi inserido no software CADE SIMU 3.0, programa específico para simular o funcionamento de diagramas de comandos elétricos, e foi comprovado que é possível implementar o semáforo após observar o funcionamento do sinal por completo.

Para trabalhos futuros, sugere-se que seja feito um estudo aprofundado sobre como determinar o quanto de tempo o semáforo através de sensor indutivo diminuirá em relação ao tempo dos semáforos de tempo fixo, tendo em vista que, por mais que o software simule o funcionamento do diagrama e mostre que é possível a implementação deste sistema, não existe até o momento como informar quanto de tempo será diminuído, pois não é possível determinar com precisão quantos retornos seriam evitados de serem fechados sem necessidade ou até mesmo em horários de grande fluxo, onde é possível ficar preso por mais de uma vez no mesmo sinal.

O semáforo através de sensores indutivos é inovador por utilizar um sensor (laço indutivo) que é aplicado em radares de trânsito em um semáforo capaz de ter um tempo flexível entre abertura e fechamento por um custo acessível.

### REFERÊNCIAS

- Albuquerque, D. T. (2012). **Sensores Industriais** - Fundamentos e Aplicações (4 ed.). Érica.
- Carro100**. (2019). Acesso em 27 de 04 de 2019, disponível em : <http://carro100.com.br/indicadores-da-frota/relatorio-da-frota-circulante-de-2017>
- Fábio Kon, E. F. (2016). **Cidades Inteligentes**: Conceitos, plataformas e desafios. Rio Grande do Sul.
- Meirelles, A. A. (2012). **Sistemas de Transportes Inteligentes**: aplicação da telemática na gestão do trânsito urbano.
- Nascimento, G. (2018). **Comandos elétricos** - Teoria e atividades (2 ed.). Érica.

### MODEL OF AN INTELLIGENT TRAFFIC FOR LARGE AVENUES USING INDUCTIVE SENSOR

**Abstract:** *Due to the growing problem of urban traffic, it is common to encounter large stretches of congestion along urban roads. To alleviate this problem, a new traffic signal programming model was proposed, considering that the current traffic lights have a fixed schedule, where their switching time between red light and green light is practically fixed throughout the day. Sometimes intense flow in one direction on the road, sometimes intense flow in the other direction of the road, return signs closing without having cars to return are some of the common problems faced by all Brazilians. The traffic light through an inductive sensor aims to alleviate these problems, where an electrical diagram with its devices is presented, to generate a positive impact on urban traffic.*

**Keywords:** *Urban traffic, traffic light through inductive sensor and electrical diagram.*