



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ALINE VIEIRA PORTO

MATEUS GUAREZI PORTON

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SEMÁFORO INTELIGENTE
VISANDO A REDUÇÃO DE FILAS E CONGESTIONAMENTOS NA ESQUINA
ENTRE A AVENIDA PRESIDENTE TANCREDO NEVES E AVENIDA
EXPEDICIONÁRIO JOSÉ PEDRO COELHO**

Tubarão

2020

**ALINE VIEIRA PORTO
MATEUS GUAREZI PORTON**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SEMÁFORO INTELIGENTE
VISANDO A REDUÇÃO DE FILAS E CONGESTIONAMENTOS NA ESQUINA
ENTRE A AVENIDA PRESIDENTE TANCREDO NEVES E AVENIDA
EXPEDICIONÁRIO JOSÉ PEDRO COELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade
do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Ismael Medeiros, Esp.

Tubarão
2020

ALINE VIEIRA PORTO
MATEUS GUAREZI PORTON

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SEMÁFORO INTELIGENTE
VISANDO A REDUÇÃO DE FILAS E CONGESTIONAMENTOS NA ESQUINA
ENTRE A AVENIDA PRESIDENTE TANCREDO NEVES E AVENIDA
EXPEDICIONÁRIO JOSÉ PEDRO COELHO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo curso de Engenharia Civil, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 03 de Agosto de 2020.

Professor e orientador Ismael Medeiros, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Eng. Gil Félix Madalena, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Eng. Fabricio Carlos G. Oliveira.

Dedicamos este trabalho aos nossos pais,
nossos irmãos, nossos amores e nossos amigos
que contribuíram e nos incentivaram nesse
momento tão importante de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pela saúde e força de vontade para a realização deste trabalho.

Aos nossos familiares, especialmente nossos pais, que sempre foram a nossa fonte de inspiração e que investiram em nós, acreditando em nosso potencial, dando apoio para a conclusão de mais esta etapa em nossas vidas.

Aos nossos namorados, que de forma muito particular sempre estiveram ao nosso lado nos incentivando e pelo companheirismo nas horas mais difíceis.

Aos nossos professores e mestres, pelo incentivo e todo conhecimento transmitido ao longo desses anos.

Ao nosso orientador, Prof. Ismael Medeiros, por aceitar nos orientar e contribuir com sua vasta experiência para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

Por fim, aos amigos que, direta ou indiretamente, fizeram parte deste sonho e nos apoiaram e incentivaram.

RESUMO

O aumento contínuo da frota de veículos nas vias urbanas demanda políticas direcionadas a um planejamento urbano eficaz e de qualidade, que atenda não somente as necessidades atuais, como também as necessidades futuras da população. Analisando o cruzamento das Avenidas Presidente Tancredo Neves e Expedicionário José Pedro Coelho, localizado no município de Tubarão/SC, foi observado que a intensidade do aumento da frota veicular vem gerando um incômodo para a população que usa a via diariamente, desta forma, trazendo à tona os problemas urbanos de infraestrutura, resultado da falta de um planejamento de mobilidade urbana. No presente trabalho foi analisado, através de simulações feitas pelo software Anylogic, a proposta de aplicação de um semáforo inteligente que atue em concordância com as circunstâncias do tráfego no cruzamento, percebendo, através de sensores, em qual das vias existe maior número de veículos esperando a abertura do sinal, permitindo então um ajuste no tempo de abertura do sinal na via em questão, reduzindo assim o tempo de espera em filas.

Palavras-chave: Trânsito de veículos. Mobilidade urbana. Semáforo inteligente.

ABSTRACT

The continuous increase of the fleet of vehicles in the urban ways demand politics directed to efficient an urban planning and of quality, that not only takes care of the current necessities, as well as the future necessities of the population. Analyzing the crossing of the Avenues President Tancredo Neves and Expedicionário Jose Pedro Coelho, located in the city of Tubarão/SC, it was observed that the intensity of the increase of the fleet to propagate comes generating a bother for the population that uses the way daily, in such a way, bringing to tona the urban problems of infrastructure, result of the lack of a planning of urban mobility. In the present work it was analyzed, through simulations made by Anylogic software, the proposal of application of an intelligent traffic light that acts in agreement with the circumstances of the traffic in the crossing, perceiving, through sensors, in which of the ways exists bigger number of vehicles waiting the opening of the signal, allowing then a adjustment in the time of opening of the signal in the way in question, thus reducing the open assembly time in lines.

Keyword: Transit of vehicles. Urban mobility. Intelligent traffic light.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Frota Circulante Total de Autoveículos Projeções 2019/2020	19
Figura 2 – Aplicativo com todos os meios de transportes num só lugar	22
Figura 3 - Semáforo Inteligente em Ilhéus/BA	24
Figura 4 - Local contagem de veículos.....	32
Figura 5 - Direção Sudoeste-Nordeste.....	33
Figura 6 - Direção Nordeste-Sudoeste	33
Figura 7 - Direção Noroeste-Sudeste	34
Figura 8 - Direção Sudeste-Noroeste.....	34
Figura 9 - Semáforo sentido Sudoeste-Nordeste	35
Figura 10 - Semáforo sentido Nordeste-Sudoeste	36
Figura 11 - Semáforo sentido Noroeste-Sudeste	37
Figura 12 - Semáforo sentido Sudeste-Noroeste	37
Figura 13 - Percurso faixa direita Av. Exp. José Pedro Coelho	49
Figura 14 - Percurso faixa central Av. Exp. José Pedro Coelho	50
Figura 15 - Percurso faixa esquerda Av. Exp. José Pedro Coelho	50
Figura 16 - Percurso faixa direita Av. Exp. José Pedro Coelho	51
Figura 17 - Percurso faixa esquerda Av. Exp. José Pedro Coelho	51
Figura 18 - Percurso faixa direita Av. Pres. Tancredo Neves	52
Figura 19 - Percurso faixa esquerda Av. Pres. Tancredo Neves	52
Figura 20 - Percurso faixa esquerda Av. Pres. Tancredo Neves	53
Figura 21 - Percurso faixa direita Av. Pres. Tancredo Neves	53
Figura 22 - Imagem de satélite	54
Figura 23 - Ferramenta <i>Road Traffic Library</i>	55
Figura 24 - Ferramenta <i>Select Output</i>	55
Figura 25 - Ferramentas CarSource e carMoveTo	56
Figura 26 - Parâmetros nos conectores de pista	57
Figura 27 - Parâmetro 1 do semáforo	58
Figura 28 - Parâmetro 2 do semáforo	58
Figura 29 - Parâmetro 3 do semáforo	59
Figura 30 - Parâmetro 4 do semáforo	60
Figura 31 - Ferramenta CarType	60
Figura 32 - Histograma.....	61

Figura 33 - Modelagem do sistema atual.....	62
Figura 34 - Otimização semáforo	63
Figura 35 - Modelagem do sistema otimizado	64
Figura 36 - Representação do projeto de um semáforo inteligente	65
Figura 37 - Câmera do semáforo inteligente	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capitais brasileiras com maior quantidade de carros por habitante	20
Tabela 2 - Fator de equivalência para diferentes tipos de veículos	26
Tabela 3 - Sinalização semafórica Av. Exp. José Pedro Coelho	35
Tabela 4 - Sinalização semafórica Av. Pres. Tancredo Neves	36
Tabela 5 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Sudoeste-Nordeste....	38
Tabela 6 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Nordeste-Sudoeste....	40
Tabela 7 - Contagem de veículos Av. Pres. Tancredo Neves sentido Noroeste-Sudeste.....	43
Tabela 8 - Contagem de veículos Av. Pres. Tancredo Neves sentido Sudeste-Noroeste.....	46
Tabela 9 - Maior volume de pico de cada via.....	48
Tabela 10 - Valores parâmetros semáforo	56
Tabela 11 - Comparação de parâmetros dos semáforos	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BA – Estado da Bahia

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SECOM – Secretária de Comunicação de Salvador

SENGE-CE – Sindicato dos Engenheiros no Estado do Ceará

SC – Estado de Santa Catarina

TRANSALVADOR – Superintendência de Trânsito do Salvador

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Percentual

n° – Número

Vpd – Veículos por dia

Vph – Veículos por hora

Ucp – Unidades de carros de passeio

VMDa – Volume Médio Diário Anual

VMDm – Volume médio diário mensal

VMDs – Volume médio diário semanal

VMDd – Volume médio diário em um dia de semana

VH – Volume Horário

VHP – Volume de Horário de Projeto

Vhp – Volume da hora de pico

FHP – Fator de hora pico

V_{15MAX} – Volume dos 15 minutos com maior fluxo na hora de pico

v – Volume de projeto

V – Volume horário

hab./km² – Habitantes por quilômetro quadrado

Av. – Avenida

Min – Minutos

p1 – Parâmetro um

p2 – Parâmetro dois

p3 – Parâmetro três

p4 – Parâmetro quatro

s – Segundos

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do Fator Hora de Pico (FHP)	27
Equação 2 - Volume de projeto (v)	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVO	17
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 CRESCIMENTO DO TRÁFEGO URBANO	18
2.2 MOBILIDADE URBANA NO BRASIL	19
2.3 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL	20
2.4 SEMÁFORO	22
2.5 SEMÁFORO INTELIGENTE	23
2.6 COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO.....	25
2.6.1 Volume do tráfego	25
2.6.2 Volume do tráfego equivalente.....	25
2.6.3 Volume médio diário	26
2.6.4 Volume Horário (VH) e Volume Horário de Projeto (VHP).....	26
2.6.5 Volume da Hora de Pico (Vhp)	27
2.6.6 Fator de Hora de Pico (FHP).....	27
2.7 CARACTERIZAÇÃO URBANA.....	28
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	30
3.1 PESQUISA REALIZADA	30
3.2 COLETA DE DADOS	30
3.3 SIMULAÇÃO	30
3.4 SOFTWARE ANYLOGIC®	31
4 RESULTADOS	32
4.1 DADOS COLETADOS.....	32
4.2 SIMULAÇÃO URBANA	54
4.3 MELHORIA PROPOSTA.....	64
5 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1 INTRODUÇÃO

Por volta dos anos 50, as cidades cresceram amplamente, e não foram todas que cresceram de forma estruturada. A maior parte das cidades brasileiras não tiveram seu espaço urbano bem elaborado, pois o crescimento ocorreu de forma rápida, com migrações e acomodações nos centros urbanos, o que, ao longo dos anos, desencadeou os atuais problemas de mobilidade urbana. Isso se deu desde a expansão da política rodoviarista, promovido pelos incentivos do governo de Juscelino Kubitschek. O Brasil passou, e passa, por uma exagerada valorização do carro, que acabou culminando no problema de mobilidade urbana (LIMA, 2015).

O termo *mobilidade urbano* é usado para referir-se ao trânsito de veículos e pedestres. Nos últimos anos, esse tema está cada vez mais em alta, haja vista que as cidades do país estão encontrando dificuldades para desenvolver maneiras de diminuir os congestionamentos ao longo do dia. Cada região ou cidade possui diferentes necessidades, mas uma das principais causas do aumento de veículos no Brasil se dá pelo aumento do uso do transporte individual no lugar do uso de transporte coletivo. Esse aumento é decorrente de alguns fatores, como por exemplo: má qualidade do transporte público, concessão de mais crédito ao consumidor, aumento da renda média do brasileiro. Segundo Borges (2016), em publicação no jornal O Globo, no estado de São Paulo é gasto em média 45 dias do ano parado no trânsito, reiterando a má mobilidade urbana relacionada à diminuição da qualidade de vida.

Avaliando a necessidade de melhorias relacionadas à mobilidade urbana e constatando que a mesma interfere na qualidade de vida, fez-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias. O primeiro semáforo luminoso foi criado em 1914, na cidade de Cleveland, Ohio, nos Estados Unidos, com intenção de permitir, organizar e fluir o trânsito (HISTORY, 2009). Nos dias atuais, é quase impossível imaginar um cruzamento de avenidas sem a presença de semáforos, mesmo eles fazendo a interrupção do fluxo de forma intermitente.

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, os semáforos comuns são programados por tempos fixos, onde o departamento de engenharia de trânsito analisa o comportamento das vias para elaborar sua programação com tempo fixo de abertura e fechamento (BRASIL, 2014). Além deste, possui o semáforo inteligente, que tem temporização adaptável à quantidade de veículos presentes na via. Porém, há variações de fluxo nas vias, como por exemplo a escolha humana por outro caminho e horários de maior vazão de veículos. Visando isso, o semáforo inteligente se torna uma opção para melhoria do tráfego, já que o mesmo realiza a abertura e fechamento conforme a quantidade de veículos presentes na via.

1.1 JUSTIFICATIVA

A necessidade de gerenciamento de trânsito é um problema enfrentado pela maior parte das grandes cidades do Brasil, que tem como problema principal, o privilégio aos transportes individuais. Nos últimos anos, a discussão sobre a mobilidade urbana vem se intensificando cada vez mais, considerando-se que a maior parte das grandes cidades do país vem encontrando obstáculos para desenvolver meios para diminuir congestionamentos ao longo do dia e principalmente nos horários de pico (PENA, 2016).

O trânsito enfrentado pelos Brasileiros não influencia somente nas finanças, mas também na qualidade de vida e bem-estar dos cidadãos. Doenças como problemas circulatórios, fadiga muscular, desgaste das articulações, estresse, diabetes, obesidade e outras doenças relacionadas ao estilo de vida estão na lista dos impactos causados pelo trânsito (DANTAS, 2019).

Apresentada esta problemática e visando aos malefícios que a mesma traz à população, faz-se necessário o estudo de melhorias, devido às constantes mudanças do tráfego. Os principais acessos à cidade de Tubarão/SC, que integram o Plano de Mobilidade Municipal, estão passando por uma reformulação, já que esta cidade, não diferente das demais, também possui alterações constante do tráfego.

Os principais acessos de entrada e saída do município de Tubarão/SC, já sofreram suas respectivas alterações, sendo priorizados o escoamento contínuo de trânsito. O trevo de acesso norte teve uma alteração e serve de ligação entre a Avenida Presidente Tancredo Neves e a Rodovia SC 370, através da Rodovia Ivane Fretta. Em estudos feitos por Silvestri Júnior (2019), foi constatado pontos que sofrem grande impacto. Esta investigação aponta a área do trevo de acesso norte, com foco principal na Avenida Presidente Tancredo Neves, Ponte Orlando Francalaci e Avenida Marcolino Martins Cabral, sendo que este percurso já possui um grande fluxo de veículos.

Tendo em vista o impacto causado pela Rodovia Ivane Fretta e também pelo congestionamento que ocorre diariamente nesse trecho, este trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta para solução do congestionamento que ocorre no semáforo da esquina entre a Avenida Presidente Tancredo Neves e Avenida Expedicionário José Pedro Coelho, levando em consideração o bem-estar das cidades vizinhas e, principalmente, a qualidade de vida para os cidadãos tubaronenses que utilizam a via diariamente.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Propor um plano de gerenciamento de tráfego usando um semáforo inteligente visando a redução de pontos de congestionamentos entre a Avenida Presidente Tancredo Neves e Avenida Expedicionário José Pedro Coelho no município de Tubarão.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Realizar a caracterização do tráfego no cruzamento.
- b) Elaborar modelos conceituais a partir do tráfego atual e gerado, considerando o fator tempo como gatilho de congestionamento.
- c) Realizar a partir de modelos existentes no mercado, modelagens de tráfego com base na implantação de inteligência artificial para controle/gestão de tráfego.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo será apresentado um entendimento sobre o assunto abordado neste trabalho, com a apresentação de conceitos fundamentais sobre o tema.

2.1 CRESCIMENTO DO TRÁFEGO URBANO

Na última década, no Brasil, o tráfego de veículos vem aumentando exponencialmente, sobretudo nas regiões metropolitanas. Não apenas a população está crescendo, como também mais pessoas estão optando pelo transporte individual, especialmente, carros particulares. Fazendo-se necessário providenciar constantes melhorias que atendam às necessidades das pessoas em relação à mobilidade urbana.

A ligação dos indivíduos entre suas moradias e empregos, instituições educacionais e áreas de lazer, é duramente afetada pela qualidade do tráfego urbano, e, por isso, esta é considerada questão fundamental na gestão política do país. As principais prioridades são a segurança e tempo dos usuários.

Na região metropolitana de São Paulo, de 2007 a 2017, viu-se um crescimento de até 47% no tráfego de veículos vindos das rodovias. Se considerarmos que, na década de 1990, o município de São Paulo teve um crescimento populacional de aproximadamente 20%, fica claro que cada vez mais o transporte individual está ganhando forças (ESTRADAS, 2019).

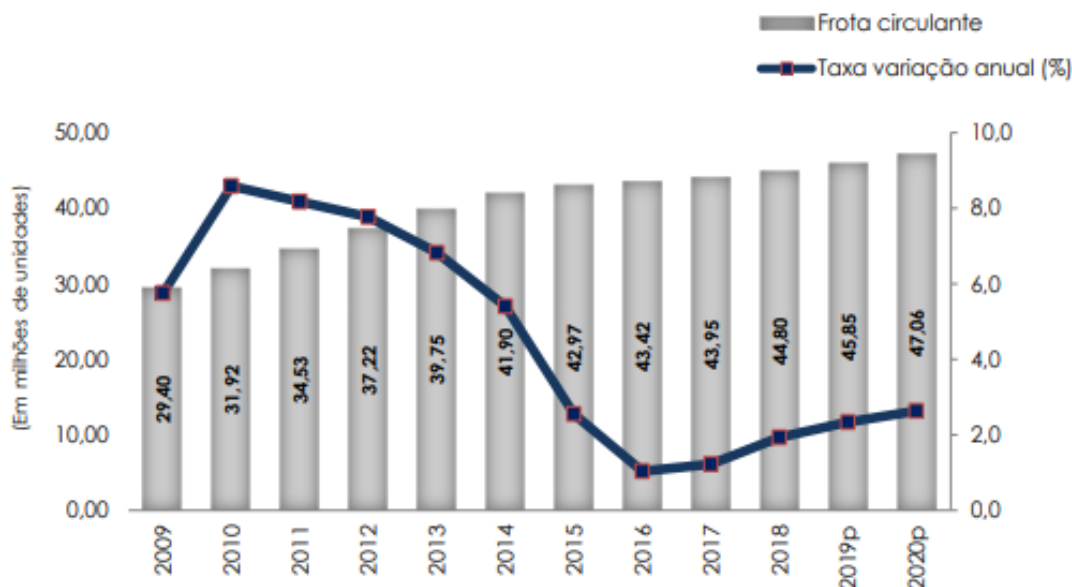
Já em Recife, que é considerada a cidade brasileira com o pior trânsito do país, a situação é ainda mais grave. Em horários de pico, as viagens demoram, em média, 86% mais tempo do que deveriam. A capital possui diversos problemas históricos que afetam o tráfego urbano, porém o principal agravante é a grande frota de veículos circulantes. São quase 700 mil veículos, para uma população de cerca de 1,6 milhões de habitantes. A média de 2,3 habitantes por veículo mostra a baixa adesão dos cidadãos ao transporte público (KOJIKOVSKI, 2017).

Segundo dados da Associação Nacional dos Detrans (2019), no Brasil, a média é de 4,4 habitantes por automóvel. No entanto, vale ressaltar o excessivo crescimento desta taxa: 10 anos atrás, a média era de 7,4 habitantes por automóvel.

Há muitíssimos países com uma densidade de automóveis por habitante maior, mas onde se circula normalmente. O problema no Brasil é que, por pressão política das empreiteiras e montadoras, se fez todas as infraestruturas para o automóvel, e não para o transporte coletivo. O carro usado para a compra no supermercado, para o lazer à noite, não causa grande prejuízo. O absurdo é ter, numa cidade como São Paulo, 6,5 milhões de pessoas indo para o trabalho todo dia, para os mesmos destinos, de carro

e na mesma hora (DOWBOR *apud* ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS DETRANS, 2019).

Figura 1 – Frota Circulante Total de Autoveículos Projeções 2019/2020



Fonte: Sindipeças (2019).

Analisando os dados apresentados no gráfico acima, pode-se observar que nos últimos 9 anos, o Brasil teve uma média de 4,83% de crescimento em sua frota circulante total de automóveis. Este número vinha se estabilizando nos anos de 2017 e 2018, porém voltou a crescer no último período, projetando um crescimento de mais de 5% para 2020 em relação à 2018.

Quanto mais a frota de veículos no país aumentar, mais problemas surgirão, decorrentes da falta de infraestrutura adequada. Faz-se necessário planejar soluções economicamente viáveis, que atendam ao previsto na Lei 12.587/2012, a chamada lei da mobilidade urbana, que se aplica à municípios de mais de 20 mil habitantes.

2.2 MOBILIDADE URBANA NO BRASIL

Nos últimos anos, as grandes cidades vêm encontrando muita dificuldade para diminuir os congestionamentos do dia a dia, o aumento do uso de transportes individuais é um dos principais motivos para os problemas enfrentados. O aumento de veículos como carros e motos deve-se (IPEA, 2010):

- À má qualidade do transporte público no Brasil;
- Ao aumento da renda média do brasileiro nos últimos anos;
- À redução de impostos por parte do Governo Federal sobre produtos industrializados (o que inclui os carros);
- À concessão de mais crédito ao consumidor;
- À herança histórica da política rodoviária do país.

Tabela 1 - Capitais brasileiras com maior quantidade de carros por habitante

Cidade	Habitantes por carro (2018)
Belo Horizonte	1,76
Curitiba	1,81
São Paulo	2,13
Florianópolis	2,18
Brasília	2,32
Goiânia	2,43
Porto Alegre	2,43

Fonte: Paranaíba (2018).

Os dados da tabela acima são apenas um indicativo geral, não leva em consideração carros registrados em cidades vizinhas e que circulam nessas capitais.

O tempo de deslocamento é uma das questões a serem resolvidas, referente à mobilidade urbana, uma vez que vem aumentando os congestionamentos nas cidades, não apenas pelo trânsito lento, mas também pela expansão e desordenado crescimento populacional. Incentivo de transportes coletivos e uso de bicicletas é uma das soluções também. Outra proposta é o rodízio de carros que já é empregado em São Paulo, por exemplo. Investimentos em trens e metrô é outra ideia para tentar melhorar a mobilidade nas cidades (PENA, 2016).

2.3 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

Nos dias atuais, a grande parte da população possui carros particulares, o que acaba tornando difícil ver um futuro sem eles, porém, esta realidade não está muito distante. Diversos países, principalmente na Europa, já têm soluções inovadoras para os problemas de mobilidade urbana, e a maioria possui planos para diminuição do tráfego de veículos particulares.

Um deles é a Finlândia, que planeja implementar em sua capital, Helsinque, um programa que integre diferentes meios de transporte ao sistema público até o ano de 2025 (TANSCHKEIT, 2016). Com mais de 600 mil habitantes e com projeção que indicam 860 mil habitantes até a metade deste século, a capital finlandesa ainda não tem grandes problemas de mobilidade, mas com o consequente aumento dos habitantes, a cidade sabe que o futuro trará problemas.

Preocupados com isso, a Engenheira de transportes do Departamento de Planejamento de Helsinque, Sonja Heikkilä, montou um ambicioso plano de mobilidade, descrito como "mobilidade por demanda". A ideia é mudar o modo atual e transformar o transporte como um serviço. No cenário pensado por Sonja, um viajante habitual pode usar um bonde, depois fazer uso de bicicleta compartilhada até chegar em seu destino. No outro dia, ele pode usar um carro compartilhado e depois um ônibus para uma rota diferente. O plano não tem como objetivo proibir os automóveis, mas sim, proporcionar outras opções de mobilidade. Segundo um estudo da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), essa nova forma de mobilidade é discutida há alguns anos, porém, só se tornou viável com a disseminação do *smartphone*, uma vez que é o instrumento chave (TANSCHKEIT, 2016).

Nos dias atuais, comumente associa-se a tecnologia com o uso de computadores, *smartphones*, *tablets* e semelhantes. Porém, de acordo com Perrow (apud LOBOS, 1976):

Entende-se por tecnologia as ações que um indivíduo executa em um objeto, com ou sem os recursos de ferramentas ou dispositivos mecânicos, para fazer alguma mudança naquele objeto. O objeto ou matéria-prima pode ser humano, vivo ou não, ou então um símbolo ou objeto inanimado.

Desta forma, é encargo do ser humano utilizar da tecnologia para aprimorar e facilitar as atividades cotidianas, dentre elas, a locomoção.

Figura 2 – Aplicativo com todos os meios de transportes num só lugar



Fonte: Carneiro (2018).

Nesse novo modelo de mobilidade, você escolhe o destino de sua viagem no aplicativo do seu *smartphone*, colocando algumas preferências de rotas ou de meio de transporte, e a plataforma planeja toda a viagem, com apenas um pagamento em uma plataforma universal. O usuário poderá optar por uma assinatura ou um pagamento convencional por quilômetro rodado. Essa é a proposta do aplicativo Whim, que de acordo com a agência Bloomberg, em 2018, já tinha 45 mil usuários ativos em Helsinque. Para se tornar financeiramente viável, a *Start-up* MaaS Global almeja conquistar de 3% a 5% da poluição da região (BALAGO, 2018).

2.4 SEMÁFORO

Castro (2015, p.73) diz que “[...] uma das soluções para ajudar a resolver os problemas encontrados no trânsito é utilizar recursos da área computacional para identificar e rastrear veículos”. Todo esse tipo de tecnologia poderia facilitar o manejo de tais recursos para o desenvolvimento de semáforos inteligentes.

Além do que, de acordo com Chen, Li e Chen (2007 apud CASTRO, 2015, p.73), os sistemas de vigilância de tráfego devem ser discutidos e estudados, pois podem oferecer informações consideráveis e úteis, como por exemplo o excesso de velocidade e violação no trânsito.

O trânsito lento, nas horas em que mais se necessita chegar com rapidez ao destino almejado, passa a se tornar um grande problema, não apenas do condutor, mas também de todos que contribuem para o seu mau desempenho, ocasionando, então, em um congestionamento

caótico. “Hoje o trânsito está horrível”, acaba se tornando uma expressão rotineira para os moradores de grandes cidades. Dourado e Montini (2014, p. 306) afirmam que:

[...] o trânsito já não é exclusivo das vias expressas, passou a pertencer as ruas de bairro, acidentes que ocupam duas faixas, fazem com que uma rodovia pare. A facilidade na aquisição, o maior conforto e a mobilidade, são algumas das vantagens oferecidas pelos meios de transportes ao condutor e também é de extrema importância citar que o crescimento demasiado também se expande às motos, utilizadas não somente para o uso pessoal, como também pelas empresas que as utilizam para movimentar a economia, tendo como exemplo os *office boys*, os *delivery's*, entre tantas outras utilidades, devido também a grande procura por esse tipo de veículo, principalmente nas grandes metrópoles. Em contrapartida essa facilidade dificulta cada vez mais a movimentação, fazendo com que o tráfego fique cada vez pior.

De acordo com Barat (2007), as vantagens da utilização dos semáforos inteligentes representam a fração de proveitos para a inclusão e acessibilidade dos municípios, consideram-se desvantagens quando o assunto diz respeito à manutenção dos equipamentos e mão de obra especializada para reparar pequenos problemas.

O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), com o incentivo à inovação e acessibilidade no Brasil, aprovou a Resolução nº 704, devendo ser obrigatório em todo território brasileiro a instalação de semáforos sonoros nas vias públicas de grande circulação. Sendo a data limite para a implantação até o dia 31 de dezembro de 2019.

2.5 SEMÁFORO INTELIGENTE

O semáforo inteligente é um sistema com inteligência para captar imagens e uma grande quantidade de informações, desta forma, consegue entender o fluxo do trânsito em tempo real para decidir, por quanto tempo deve ficar fechado ou aberto, baseado no diagnóstico que faz nas vias que monitora ao longo dos dias. Pode também ser utilizado como agente de trânsito, através das imagens captadas por suas câmeras (ARAUJO, 2006).

Utilizando um semáforo neste formado o tempo de espera será o menor possível, o dispositivo percebe a via com maior fluxo de veículos e libera com mais rapidez para que o trânsito flua de forma mais eficaz, evitando filas e os transtornos causados por grandes congestionamentos (ARAUJO, 2006).

Um sistema chamado Agente Seebot foi desenvolvido no Brasil pela empresa Seebot, este dispositivo é capaz de entender o fluxo de trânsito em tempo real e foi instalado para testes na cidade de Ivaiporã, localizada no estado do Paraná, em novembro de 2016. Segundo

Aleksandro Montanha, em 20 dias de comparação com um semáforo tradicional, foi observado uma melhora de 49% no trânsito do local (SENGE-CE, 2018).

Figura 3 - Semáforo Inteligente em Ilhéus/BA



Fonte: Ilhéus em Resumo (2017).

Salvador, no estado da Bahia, também adotou a nova tecnologia, instalando seus primeiros 88 semáforos inteligentes pela a cidade e tem como objetivo elevar este número. O recurso promete melhorar em 30% a fluidez do trânsito nos locais onde foram instalados.

Agora, vamos ter um elemento que fará toda a diferença nessa tarefa. O grande ganho é poder fazer uma programação semafórica que esteja adequada com a demanda que existe hoje e o desejo de deslocamento em Salvador. O sistema reconhece a demanda maior em uma determinada via e ajusta o tempo de abertura e fechamento do tráfego (SALVADOR, 2017).

Visando à melhora no trânsito da cidade de Salvador/BA, a administração do município tem investido em tecnologias e levantamento de dados. A empresa espanhola Sice é a responsável pelo sistema em Salvador, a mesma que implementou a tecnologia em Moscou, na Rússia, e Madri, na Espanha. Os 88 semáforos estão introduzidos nas avenidas Anita Garibaldi, Juracy Magalhães e Antônio Carlos Magalhães, além de na Ligação Iguatemi-Paralela, no Rio Vermelho e no Lucaia, interligados por uma rede composta por mais de 60 quilômetros de fibra ótica (SALVADOR, 2017).

2.6 COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

A corrente de tráfego é formada por veículos que se diferenciam quanto ao seu tamanho, peso e velocidade. O estudo da composição dos volumes é importante, pois o conjunto de veículos que passa por uma via interfere diretamente na sua capacidade. A quantidade de veículos de grande porte e seus pesos determinam as características geométricas e estruturais que as vias devem ter. Dentre outros fatores, é da composição do tráfego que consiste nos recursos que os usuários das vias podem adquirir (BRASIL, 2006).

2.6.1 Volume do tráfego

O volume de tráfego é definido pelo número de veículos que transitam durante uma unidade de tempo, por uma determinada faixa, ou por uma seção de uma via. É comumente apresentado em veículos por dia (Vpd) ou veículos por hora (Vph) (BRASIL, 2006).

2.6.2 Volume do tráfego equivalente

De acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, volume V, de 2014, o volume de tráfego equivalente é o volume de tráfego veicular expresso em termos de unidades de carros de passeio (ucp). O comportamento de cada tipo de veículo difere em função de suas características. Os automóveis, abordados como veículos leves, têm mais agilidade no trânsito, se comparados aos veículos comerciais (ônibus, caminhões, carretas). Da mesma forma, as motocicletas têm mais agilidade do que os automóveis (BRASIL, 2014).

Utiliza o conceito de veículo correspondente para formar o volume de tráfego de uma via. O veículo correspondente tem como valor de referência o automóvel, no qual se adota fator de equivalência = 1,0 ucp. Para os outros tipos de veículos, o fator de equivalência de cada um reflete o desempenho de sua circulação nas vias em confronto com o desempenho do automóvel (BRASIL, 2014).

No caso da sinalização semafórica, o comportamento de um veículo está associado ao tempo de verde necessário para atendê-lo. Se, por exemplo, para passar por uma interseção semaforizada, um tipo de veículo demorar o dobro do que demoraria um automóvel, então seu fator de equivalência é igual a 2 (dois) (BRASIL, 2014).

Na Tabela 2, são representados os fatores de equivalência usualmente utilizados. A

equivalência de veículos não previstos na tabela, tais como ônibus articulados, carretas e bicicletas, segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (BRASIL, 2014), deve ser analisada em estudos específicos.

Tabela 2 - Fator de equivalência para diferentes tipos de veículos

Tipo	Fator de equivalência
Automóvel	1,00
Moto	0,33
Ônibus	2,00
Caminhão (2 eixos)	2,00
Caminhão (3 eixos)	3,00

Fonte: BRASIL (2014).

2.6.3 Volume médio diário

O volume médio diário é definido pelo número total de veículos transitando por um período de 24 horas em uma determinada seção de via. Quando o período considerado não é determinado, presume-se que se trata de um ano (VMDa). Pode ser relativo aos seguintes intervalos de tempos, tais quais (BRASIL, 2020):

- Volume médio diário anual (VMDa): total de veículos que trafegam no período de um ano dividido por 365 dias;
- Volume médio diário mensal (VMDm): total de veículos que transitam em determinado mês dividido pelo número de dias do mês. Normalmente se faz acompanhado do nome do mês correspondente;
- Volume médio diário semanal (VMDs): total de veículos transitando em uma semana dividido por 7 dias. Deve constar o nome do mês correspondente;
- Volume médio diário em um dia de semana (VMDd): total de veículos que transitam em um dia de semana. Deve constar o dia da semana e o mês correspondente.

2.6.4 Volume Horário (VH) e Volume Horário de Projeto (VHP)

Para analisar as oscilações do fluxo de tráfego ao longo do dia, considera-se a hora para unidade básica de tempo, surge então o conceito de Volume Horário (VH): número total de veículos trafegando no intervalo de uma hora (BRASIL, 2020).

O Volume de Horário de Projeto (VHP) é empregado para dimensionamento dos detalhes geométricos das vias e interseções, determinação de níveis de serviço, planejamento da operação da via, sinalização e regulamentação do trânsito (BRASIL, 2020).

2.6.5 Volume da Hora de Pico (Vhp)

Visto que o volume de tráfego não é contínuo no decorrer do dia, é preciso saber em que hora do dia a rodovia será mais movimentada. Chegando, então, ao conceito de volume da hora de pico (Vhp). Ainda que possua conceito semelhante ao volume horário de projeto (VHP), o Vhp se diferencia por ser referente não à enésima hora de maior solicitação no decorrer do ano, mas à hora de maior movimentos no decorrer de um dia. Sendo assim, no decorrer de um ano existem inúmeros Vhp distintos (BRASIL, 2020).

2.6.6 Fator de Hora de Pico (FHP)

Assim como o tráfego não é uniforme, no que diz respeito à sua formação, os volumes de tráfego são distintos para cada hora do dia em dada seção da via. Sendo assim, é de grande importância identificar os períodos do dia em que os volumes de tráfego são maiores, isto é, as horas de pico (BRASIL, 2020).

Contudo, existe oscilação do volume de tráfego no decorrer de uma hora de estudo, o que ocorre também na hora de pico. Essa oscilação pode ser relevante, concentrando o volume da hora de pico, fazendo com que as análises que não levam em conta esta oscilação, sejam distorcidas. É possível verificar esta variação do tráfego no decorrer da hora de maior movimento, aplicando o fator horário de pico (FHP) (BRASIL, 2020).

Equação 1 - Cálculo do Fator Hora de Pico (FHP)

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4 \times V_{15MAX}}$$

Onde:

FHP = Fator horário de pico

V_{hp} = Volume da hora de pico

V_{15MAX} = Volume dos 15 minutos com maior fluxo na hora de pico

$V = 4 \times V_{15MAX}$ = taxa equivalente de fluxo por hora (volume horário)

O FHP varia entre 0,25 (fluxo totalmente acumulado em um dos períodos de 15 minutos) e 1,00 (fluxo completamente uniforme), esses casos são quase impossíveis de se verificar. Os casos mais normais são de FHP na faixa de 0,75 a 0,90, nas áreas urbanas ficam normalmente no intervalo de 0,80 a 0,98. Valores acima de 0,95 são evidências de grandes volumes de tráfego (DNIT, 2020).

Se o volume horário (V) e o FHP forem conhecidos, o volume de projeto (v) pode ser calculada da seguinte maneira:

Equação 2 - Volume de projeto (v)

$$v = \frac{V}{FHP}$$

v = Volume de projeto (Taxa máxima de fluxo dentro da hora (veículos/hora))

V = Volume horário (veículos/hora)

FHP = Fator horário de pico

2.7 CARACTERIZAÇÃO URBANA

A dificuldade apresentada pelas grandes cidades, no que diz respeito à mobilidade urbana, é citada por Scaringella (2001) em que é acentuado o uso de tecnologia para influência do tráfego.

A raiz da crise passa pela disfunção que representa o divórcio entre as políticas de uso do solo, transporte e trânsito. Mesmo que não estejam escritas ou explícitas, elas acabam sendo a sucessão de ações e omissões que a máquina pública permite. Um plano diretor contendo uma política de uso e ocupação do solo pode ajudar muito na racionalização das necessidades de deslocamentos (SCARINGELLA, 2001).

O gerenciamento ativo de tráfego abrange um composto de técnicas que tem por finalidade administrar dinamicamente congestionamentos habituais e não habituais com embasamento nas condições de tráfego efetivos. Esta abordagem constitui-se em um arranjo de estratégias operacionais que, quando executadas em conjunto, ajudam a potencializar a operação da infraestrutura existente e fornecem vantagens mensuráveis para a rede de transporte (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2007).

Tubarão deu início à sua história em 1774, com a doação de duas sesmarias ao Capitão João da Costa Moreira, seu fundador, e em 27 de maio de 1870 foi desagregado de Laguna. Sua independência se estruturou através da economia agrícola e por sua posição geográfica de

caminho entre a serra e o litoral. O município fica situado no Sul do estado de Santa Catarina, com uma densidade demográfica total de 322,23 hab./km².

Segundo estudo feito em 2017 pelo SEBRAE, em Tubarão, 0,7% dos estabelecimentos estão ligados à agropecuária, 19,0% à indústria, 39,3% ao comércio e 41,1% são do setor de prestação de serviços. O setor de prestação de serviços é o que mais emprega no município (43,5%), seguido pela indústria com 28,7%, e o comércio com 27,6% dos empregos de carteira assinada. O comércio varejista corresponde a 35% da economia local e estima-se que a estrutura do comércio tubaronense esteja à disposição de uma população, que tem, em média 300 mil habitantes, e de mais de 20 cidades próximas.

A população de Tubarão em 2010 era de 97.235 pessoas, de acordo com pesquisas feitas pelo IBGE, e em 2019 contava com uma população estimada de 105.686 habitantes, no mesmo ano o DENATRAN registrou um total de 96.983 veículos, concluindo então, que em 2019, Tubarão teria aproximadamente 1 veículo para cada 1,09 habitantes, número consideravelmente alto, levando em consideração que não estamos contando os veículos registrados em outras cidades que circulam pelo município diariamente. Conforme levantamento feito pelo DENATRAN, em fevereiro de 2020, esse número chegou a 97.390 veículos.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 PESQUISA REALIZADA

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa exploratória, a qual, segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 51-52):

tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que vamos investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto.

Trata-se de um estudo de caso, com abordagem de natureza qualitativa e quantitativa, de modo a analisar e buscar definição para um sistema alternativo ao fluxo de tráfego do local.

Faz-se necessário uma investigação com resolução para este cruzamento, devido ao grande número de zonas residenciais e comerciais, além de vias de fluxo de veículo.

A observação do cruzamento entre as avenidas presidente Tancredo Neves e expedicionário José Pedro coelho foi realizada no período de fevereiro de 2020, onde concentra-se uma mistura de comércios, residências e enorme fluxo de veículos.

3.2 COLETA DE DADOS

Seja qual for o estudo que envolva o tráfego, faz-se necessário uma etapa prévia de levantamento de dados, onde são obtidas informações significativas, que proporcionam o desenvolvimento amplo e metódico do estudo de tráfego em si. No caso do presente trabalho, o meio a ser estudado é consideravelmente amplo, de forma que, embora envolva um único cruzamento, com particularidades gerais hipoteticamente similares por toda a sua extensão, a distinção dos elementos que fazem parte da via é de grande importância.

Neste contexto, a coleta de dados foi realizada por meio de visitas *in loco*, abordando a quantidade de veículos que transitam por uma seção de tempo no trecho.

3.3 SIMULAÇÃO

Primeiramente, para um entendimento do conceito de simulação, o dicionário Priberam (2020) define simulação como teste ou experiência que pretende reproduzir as condições de

evento ou situação real, como forma de treino ou preparação. Podendo ser utilizado o computador para realizar um modelo que melhor caracterize o sistema em estudo.

Conforme Harrel et al. (2002), simulação é um experimento com um exemplar preciso de um sistema real para definir como o sistema responderá a alterações em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno. A concepção por trás da simulação de um sistema demanda a realização de uma aplicação computacional, no qual um software executa uma série de instruções. Estas, após processadas, apresentam um modelo executado que possui um comportamento equivalente ao do sistema real no qual está baseado (FREITAS FILHO, 2008).

A simulação tem estado cada vez mais empregada como um método que possibilita diversos tipos de análises e de diferentes seguimentos, como por exemplo: administradores, engenheiros, biólogos e técnicos a solucionar dificuldades com as quais sofrem no dia a dia (FREITAS FILHO, 2008).

A principal finalidade do uso de simulação, é que os problemas podem serem analisados sem que o processo tenha qualquer alteração, uma vez que são estudos efetuados no computador. A simulação computacional possibilita analisar sistemas que ainda não foram criados, auxiliando no andamento de projetos antes que estes estejam prontos (FREITAS FILHO, 2008).

3.4 SOFTWARE ANYLOGIC®

O software escolhido foi o ANYLOGIC®, uma ferramenta de modelagem de simulação multimétodo desenvolvida pela The AnyLogic Company, onde é possível modelar vários processos envolvidos em um dado sistema, desde uma linha de produção fabril, tráfego urbano e até sistemas socioeconômicos, possibilitando simular diferentes comportamentos desses sistemas.

Ao emular o comportamento do sistema em cenários hipotéticos, o ANYLOGIC® gera as informações que o gestor precisa para fundamentar decisões. Sendo tudo baseado em dados reais, mas sem comprometer a operação real. A alta flexibilidade do ANYLOGIC® permite que o usuário reproduza, com o nível de detalhe desejado, a complexidade e as peculiaridades de qualquer sistema.

4 RESULTADOS

4.1 DADOS COLETADOS

A contagem de veículos foi realizada em horário de pico, compreendido entre os horários de 11h30min e 13h30min, subdivididos em períodos de 15 minutos, durante duas semanas, entre os dias 3 e 7 de fevereiro e 10 e 14 de fevereiro. A área pesquisada é o cruzamento entre as Avenidas Presidente Tancredo Neves e Expedicionário José Pedro Coelho, que conta como acesso e saída do município de Tubarão e também acesso para o município vizinho de Capivari de Baixo, o local da contagem é demonstrado na figura 4.

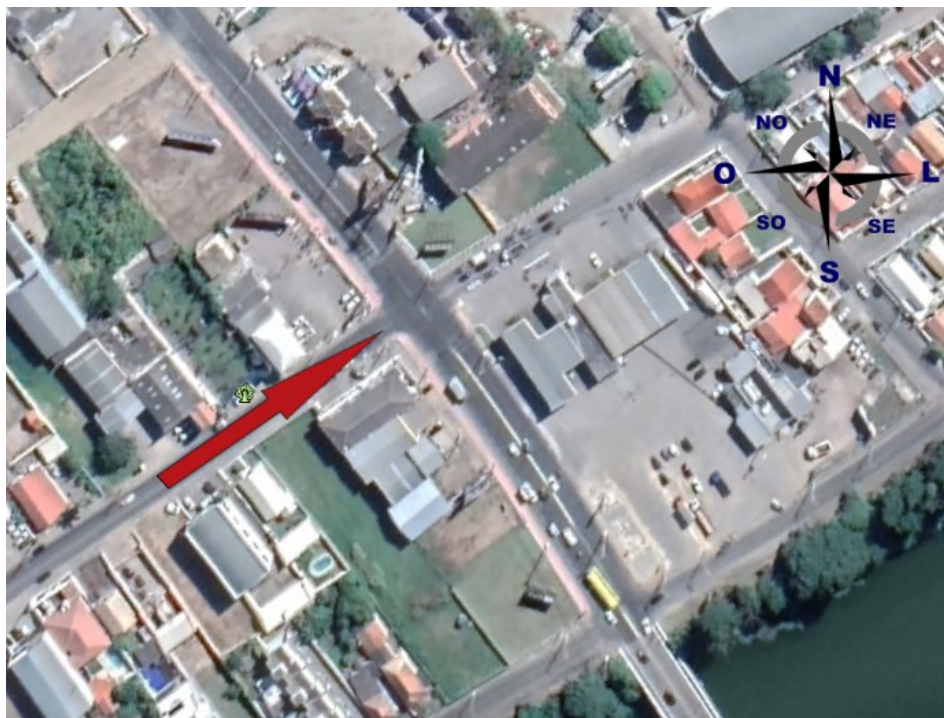
Figura 4 - Local contagem de veículos



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Neste trecho de via, existem 4 semáforos convencionais, que trabalham com o tempo de abertura e fechamento pré-fixado, e para a coleta de dados foi usado como base suas direções de caminho. Na avenida Expedicionário José Pedro Coelho, foi separada por direção Sudoeste-Nordeste, conforme figura 5, e direção Nordeste-Sudoeste, conforme figura 6.

Figura 5 - Direção Sudoeste-Nordeste



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Figura 6 - Direção Nordeste-Sudoeste



Fonte: Google Earth Pro (2020).

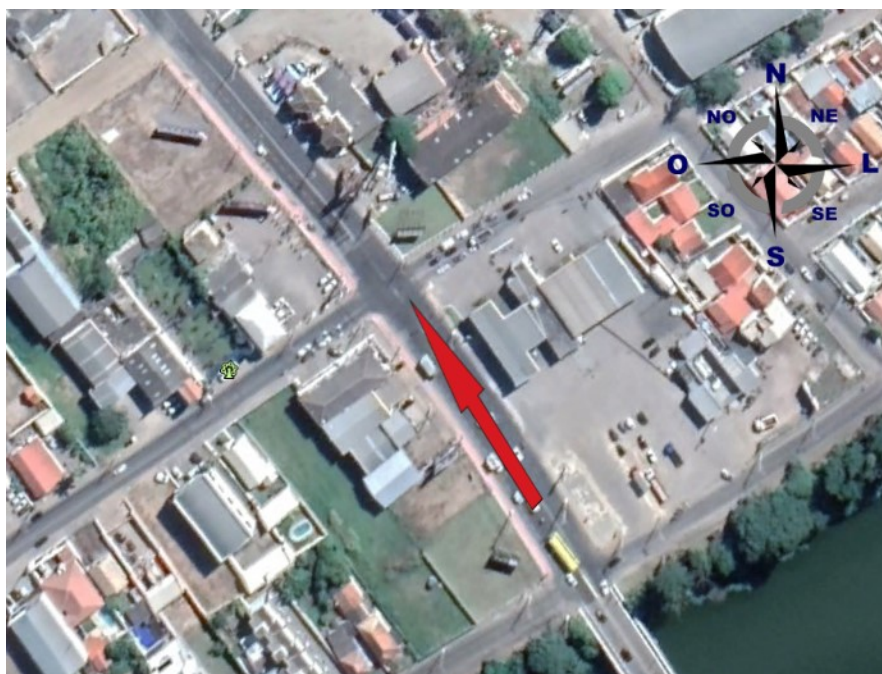
Para a avenida Presidente Tancredo Neves, foi usada a direção Noroeste-Sudeste, conforme figura 7, e direção Sudeste-Noroeste, conforme figura 8.

Figura 7 - Direção Noroeste-Sudeste



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Figura 8 - Direção Sudeste-Noroeste



Fonte: Google Earth Pro (2020).

A partir das visitas *in loco* no cruzamento entre as avenidas Presidente Tancredo Neves e Expedicionário José Pedro Coelho, verificou-se que os semáforos que se encontram na

Avenida Expedicionário José Pedro Coelho, têm o tempo de abertura e fechamento indicado na tabela 3.

Tabela 3 - Sinalização semafórica Av. Exp. José Pedro Coelho

Sentido da Via	Verde (segundos)	Amarelo (segundos)	Vermelho (segundos)
Sudoeste-Nordeste	23	3	135
Nordeste- Sudoeste	40	3	115

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Abaixo, segue local onde os semáforos da Avenida Expedicionário José Pedro Coelho estão instalados, conforme figuras 9 e 10.

Figura 9 - Semáforo sentido Sudoeste-Nordeste



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Figura 10 - Semáforo sentido Nordeste-Sudoeste



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Os semáforos que se encontram na Avenida Presidente Tancredo Neves têm o tempo de abertura indicado na tabela 4.

Tabela 4 - Sinalização semafórica Av. Pres. Tancredo Neves

Sentido da Via	Verde (segundos)	Amarelo (segundos)	Vermelho (segundos)
Noroeste-Sudeste	40	3	119
Sudeste- Noroeste (Faixa Esquerda)	28	3	129
Sudeste- Noroeste (Faixa Direita)	68	3	84

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Na sequência, segue local onde os semáforos da Avenida Presidente Tancredo Neves estão instalados, conforme figuras 11 e 12.

Figura 11 - Semáforo sentido Noroeste-Sudeste



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Figura 12 - Semáforo sentido Sudeste-Noroeste



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Através das visitas *in loco*, foi obtida a quantidade de veículos que trafegaram pelo cruzamento nos 10 dias de pesquisa, nos horários de maior fluxo, das 11h30min às 13h30min, resultando um total 39.952 veículos distribuídos em 1.200 minutos.

A tabela 5, demonstra a contagem de veículos da Avenida Expedicionário José Pedro Ceolho sentido Sudoeste-Nordeste.

Tabela 5 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Sudoeste-Nordeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
03/02/2020	11h30	11h45	15	12	39	1	2	1	55
03/02/2020	11h45	12h	15	17	53	1	1	0	72
03/02/2020	12h	12h15	15	15	44	0	0	1	60
03/02/2020	12h15	12h30	15	14	43	0	1	0	58
03/02/2020	12h30	12h45	15	13	41	1	2	0	57
03/02/2020	12h45	13h	15	15	40	0	2	0	57
03/02/2020	13h	13h15	15	18	55	1	1	0	75
03/02/2020	13h15	13h30	15	16	49	0	1	0	66
04/02/2020	11h30	11h45	15	10	38	0	1	0	49
04/02/2020	11h45	12h	15	14	49	0	3	0	66
04/02/2020	12h	12h15	15	11	41	0	1	1	54
04/02/2020	12h15	12h30	15	10	39	0	2	0	51
04/02/2020	12h30	12h45	15	9	43	0	0	0	52
04/02/2020	12h45	13h	15	12	39	0	1	0	52
04/02/2020	13h	13h15	15	14	42	0	3	0	59
04/02/2020	13h15	13h30	15	11	43	0	1	1	56
05/02/2020	11h30	11h45	15	11	46	2	1	0	60
05/02/2020	11h45	12h	15	14	58	0	1	0	73
05/02/2020	12h	12h15	15	10	44	1	0	0	55
05/02/2020	12h15	12h30	15	12	47	0	2	0	61
05/02/2020	12h30	12h45	15	8	43	1	1	0	53
05/02/2020	12h45	13h	15	12	59	0	2	0	73
05/02/2020	13h	13h15	15	15	49	1	3	0	68
05/02/2020	13h15	13h30	15	10	48	1	0	0	59
06/02/2020	11h30	11h45	15	10	39	2	2	0	53

Tabela 5 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Sudoeste-Nordeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
06/02/2020	11h45	12h	15	13	52	0	2	0	67
06/02/2020	12h	12h15	15	9	41	1	0	0	51
06/02/2020	12h15	12h30	15	8	42	0	1	1	52
06/02/2020	12h30	12h45	15	10	39	0	1	0	50
06/02/2020	12h45	13h	15	9	38	1	2	0	50
06/02/2020	13h	13h15	15	13	49	0	3	0	65
06/02/2020	13h15	13h30	15	10	40	0	2	1	53
07/02/2020	11h30	11h45	15	11	40	0	2	0	53
07/02/2020	11h45	12h	15	14	59	1	1	0	75
07/02/2020	12h	12h15	15	8	47	1	1	0	57
07/02/2020	12h15	12h30	15	12	49	0	1	0	62
07/02/2020	12h30	12h45	15	11	39	0	1	0	51
07/02/2020	12h45	13h	15	9	40	1	2	0	52
07/02/2020	13h	13h15	15	15	57	1	2	0	75
07/02/2020	13h15	13h30	15	10	41	1	1	0	53
10/02/2020	11h30	11h45	15	10	40	0	2	0	52
10/02/2020	11h45	12h	15	17	51	1	2	0	71
10/02/2020	12h	12h15	15	10	43	1	0	1	55
10/02/2020	12h15	12h30	15	12	42	0	1	0	55
10/02/2020	12h30	12h45	15	11	38	0	1	0	50
10/02/2020	12h45	13h	15	12	44	1	1	1	59
10/02/2020	13h	13h15	15	14	52	1	2	0	69
10/02/2020	13h15	13h30	15	12	41	0	2	0	55
11/02/2020	11h30	11h45	15	9	37	1	0	0	47
11/02/2020	11h45	12h	15	12	50	0	1	0	63
11/02/2020	12h	12h15	15	10	42	1	1	0	54
11/02/2020	12h15	12h30	15	11	41	1	2	0	55
11/02/2020	12h30	12h45	15	8	35	0	2	1	46
11/02/2020	12h45	13h	15	10	44	0	0	0	54
11/02/2020	13h	13h15	15	13	49	1	2	0	65
11/02/2020	13h15	13h30	15	8	44	1	2	0	55
12/02/2020	11h30	11h45	15	9	39	1	1	0	50
12/02/2020	11h45	12h	15	13	59	1	2	1	76
12/02/2020	12h	12h15	15	10	42	0	0	0	52

Tabela 5 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Sudoeste-Nordeste

(Conclusão)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
12/02/2020	12h15	12h30	15	9	43	1	0	0	53
12/02/2020	12h30	12h45	15	10	50	1	2	0	63
12/02/2020	12h45	13h	15	8	49	0	2	0	59
12/02/2020	13h	13h15	15	14	57	0	1	0	72
12/02/2020	13h15	13h30	15	11	48	1	2	0	62
13/02/2020	11h30	11h45	15	8	39	1	1	0	49
13/02/2020	11h45	12h	15	13	56	0	1	0	70
13/02/2020	12h	12h15	15	9	41	1	1	0	52
13/02/2020	12h15	12h30	15	8	43	0	1	1	53
13/02/2020	12h30	12h45	15	10	40	0	0	0	50
13/02/2020	12h45	13h	15	11	48	1	1	0	61
13/02/2020	13h	13h15	15	12	54	1	2	0	69
13/02/2020	13h15	13h30	15	9	47	0	2	1	59
14/02/2020	11h30	11h45	15	10	37	1	1	0	49
14/02/2020	11h45	12h	15	16	60	0	1	1	78
14/02/2020	12h	12h15	15	13	40	0	1	0	54
14/02/2020	12h15	12h30	15	10	39	1	1	0	51
14/02/2020	12h30	12h45	15	8	42	0	0	0	50
14/02/2020	12h45	13h	15	9	41	1	1	0	52
14/02/2020	13h	13h15	15	15	55	1	1	1	73
14/02/2020	13h15	13h30	15	11	46	1	1	0	59

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A tabela 6, demonstra a contagem de veículos da Avenida Expedicionário José Pedro Coelho sentido Nordeste-Sudoeste.

Tabela 6 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Nordeste-Sudoeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
03/02/2020	11h30	11h45	15	30	98	2	7	0	137
03/02/2020	11h45	12h	15	45	133	3	9	2	192
03/02/2020	12h	12h15	15	38	137	1	5	1	182

Tabela 6 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Nordeste-Sudoeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
03/02/2020	12h15	12h30	15	41	121	2	9	1	174
03/02/2020	12h30	12h45	15	31	95	2	6	1	135
03/02/2020	12h45	13h	15	38	98	2	8	1	147
03/02/2020	13h	13h15	15	46	118	3	8	1	176
03/02/2020	13h15	13h30	15	33	121	2	10	1	167
04/02/2020	11h30	11h45	15	29	99	2	8	0	138
04/02/2020	11h45	12h	15	47	112	1	11	0	171
04/02/2020	12h	12h15	15	41	115	2	6	1	165
04/02/2020	12h15	12h30	15	39	100	3	5	1	148
04/02/2020	12h30	12h45	15	33	99	2	8	0	142
04/02/2020	12h45	13h	15	37	93	2	8	1	141
04/02/2020	13h	13h15	15	35	113	2	9	0	159
04/02/2020	13h15	13h30	15	37	111	2	7	1	158
05/02/2020	11h30	11h45	15	33	95	4	4	1	137
05/02/2020	11h45	12h	15	49	120	2	7	1	179
05/02/2020	12h	12h15	15	45	118	3	6	0	172
05/02/2020	12h15	12h30	15	35	101	3	9	1	149
05/02/2020	12h30	12h45	15	33	99	1	3	0	136
05/02/2020	12h45	13h	15	30	100	3	7	1	141
05/02/2020	13h	13h15	15	43	115	3	4	1	166
05/02/2020	13h15	13h30	15	32	112	3	6	1	154
06/02/2020	11h30	11h45	15	28	100	2	9	1	140
06/02/2020	11h45	12h	15	44	123	1	8	1	177
06/02/2020	12h	12h15	15	45	125	3	7	2	182
06/02/2020	12h15	12h30	15	35	111	2	10	0	158
06/02/2020	12h30	12h45	15	30	104	3	6	0	143
06/02/2020	12h45	13h	15	33	98	2	8	1	142
06/02/2020	13h	13h15	15	34	120	3	7	1	165
06/02/2020	13h15	13h30	15	30	109	2	6	1	148
07/02/2020	11h30	11h45	15	30	99	3	9	1	142
07/02/2020	11h45	12h	15	48	127	2	6	1	184
07/02/2020	12h	12h15	15	49	121	3	5	2	180
07/02/2020	12h15	12h30	15	31	105	2	7	1	146
07/02/2020	12h30	12h45	15	30	103	2	7	1	143
07/02/2020	12h45	13h	15	31	102	3	8	1	145

Tabela 6 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Nordeste-Sudoeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
07/02/2020	13h	13h15	15	43	123	3	9	1	179
07/02/2020	13h15	13h30	15	40	110	3	9	1	163
10/02/2020	11h30	11h45	15	40	104	2	10	2	158
10/02/2020	11h45	12h	15	48	125	3	8	3	187
10/02/2020	12h	12h15	15	50	127	3	11	1	192
10/02/2020	12h15	12h30	15	36	113	2	9	2	162
10/02/2020	12h30	12h45	15	28	99	2	7	2	138
10/02/2020	12h45	13h	15	32	103	3	8	2	148
10/02/2020	13h	13h15	15	38	119	3	9	1	170
10/02/2020	13h15	13h30	15	38	116	2	10	3	169
11/02/2020	11h30	11h45	15	36	94	2	10	0	142
11/02/2020	11h45	12h	15	40	117	3	11	0	171
11/02/2020	12h	12h15	15	43	119	1	11	1	175
11/02/2020	12h15	12h30	15	34	95	3	12	0	144
11/02/2020	12h30	12h45	15	30	89	2	9	0	130
11/02/2020	12h45	13h	15	28	91	3	13	0	135
11/02/2020	13h	13h15	15	36	115	2	10	1	164
11/02/2020	13h15	13h30	15	37	110	2	10	0	159
12/02/2020	11h30	11h45	15	37	94	2	6	1	140
12/02/2020	11h45	12h	15	41	117	3	8	1	170
12/02/2020	12h	12h15	15	44	116	3	7	1	171
12/02/2020	12h15	12h30	15	32	100	2	9	1	144
12/02/2020	12h30	12h45	15	29	97	3	6	2	137
12/02/2020	12h45	13h	15	38	102	2	5	0	147
12/02/2020	13h	13h15	15	42	117	3	6	1	169
12/02/2020	13h15	13h30	15	37	115	3	7	1	165
13/02/2020	11h30	11h45	15	35	104	1	11	1	152
13/02/2020	11h45	12h	15	41	140	3	12	1	197
13/02/2020	12h	12h15	15	43	134	2	10	1	190
13/02/2020	12h15	12h30	15	32	125	2	10	2	171
13/02/2020	12h30	12h45	15	31	122	2	13	1	169
13/02/2020	12h45	13h	15	37	120	1	10	2	170
13/02/2020	13h	13h15	15	34	135	2	8	2	181
14/02/2020	13h15	13h30	15	34	130	3	10	2	179
14/02/2020	11h30	11h45	15	37	114	3	8	1	163

Tabela 6 - Contagem de veículos Av. Exp. José Pedro Coelho sentido Nordeste-Sudoeste

(Conclusão)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
14/02/2020	11h45	12h	15	44	123	2	10	1	180
14/02/2020	12h	12h15	15	46	121	3	11	1	182
14/02/2020	12h15	12h30	15	34	110	2	10	1	157
14/02/2020	12h30	12h45	15	31	98	3	9	2	143
14/02/2020	12h45	13h	15	40	110	2	11	1	164
14/02/2020	13h	13h15	15	42	119	3	9	1	174
14/02/2020	13h15	13h30	15	41	120	3	12	2	178

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A tabela 7, demonstra a contagem de veículos da Avenida Presidente Tancredo Neves sentido Noroeste-Sudeste.

Tabela 7 - Contagem de veículos Av. Pres. Tancredo Neves sentido Noroeste-Sudeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
03/02/2020	11h30	11h45	15	13	116	1	7	1	138
03/02/2020	11h45	12h	15	22	125	2	6	1	156
03/02/2020	12h	12h15	15	21	131	1	6	1	160
03/02/2020	12h15	12h30	15	16	121	1	5	0	143
03/02/2020	12h30	12h45	15	17	102	1	4	1	125
03/02/2020	12h45	13h	15	12	99	2	8	1	122
03/02/2020	13h	13h15	15	20	121	1	9	0	151
03/02/2020	13h15	13h30	15	21	118	2	7	1	149
04/02/2020	11h30	11h45	15	14	119	1	5	0	139
04/02/2020	11h45	12h	15	23	130	1	7	0	161
04/02/2020	12h	12h15	15	24	129	1	6	1	161
04/02/2020	12h15	12h30	15	18	118	1	6	1	144
04/02/2020	12h30	12h45	15	16	104	1	5	1	127
04/02/2020	12h45	13h	15	18	109	1	8	0	136
04/02/2020	13h	13h15	15	22	120	2	6	1	151
04/02/2020	13h15	13h30	15	19	123	2	9	0	153
05/02/2020	11h30	11h45	15	15	107	2	8	1	133

Tabela 7 - Contagem de veículos Av. Pres. Tancredo Neves sentido Noroeste-Sudeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
05/02/2020	11h45	12h	15	25	138	1	7	1	172
05/02/2020	12h	12h15	15	28	140	1	9	0	178
05/02/2020	12h15	12h30	15	20	120	1	10	0	151
05/02/2020	12h30	12h45	15	18	115	2	7	1	143
05/02/2020	12h45	13h	15	16	119	1	5	1	142
05/02/2020	13h	13h15	15	24	131	2	8	1	166
05/02/2020	13h15	13h30	15	23	132	2	8	0	165
06/02/2020	11h30	11h45	15	21	115	1	6	1	144
06/02/2020	11h45	12h	15	32	115	1	6	1	155
06/02/2020	12h	12h15	15	30	115	1	6	1	153
06/02/2020	12h15	12h30	15	23	115	1	6	1	146
06/02/2020	12h30	12h45	15	18	115	1	6	2	142
06/02/2020	12h45	13h	15	19	115	1	6	1	142
06/02/2020	13h	13h15	15	26	115	1	6	1	149
06/02/2020	13h15	13h30	15	29	115	1	6	1	152
07/02/2020	11h30	11h45	15	18	101	1	10	0	130
07/02/2020	11h45	12h	15	27	123	1	8	0	159
07/02/2020	12h	12h15	15	25	138	1	9	0	173
07/02/2020	12h15	12h30	15	21	116	1	10	1	149
07/02/2020	12h30	12h45	15	18	112	1	11	0	142
07/02/2020	12h45	13h	15	19	105	2	9	1	136
07/02/2020	13h	13h15	15	21	117	1	6	0	145
07/02/2020	13h15	13h30	15	21	119	2	12	1	155
10/02/2020	11h30	11h45	15	16	126	1	8	1	152
10/02/2020	11h45	12h	15	22	137	1	6	1	167
10/02/2020	12h	12h15	15	24	135	1	8	1	169
10/02/2020	12h15	12h30	15	15	124	1	9	0	149
10/02/2020	12h30	12h45	15	14	110	1	9	0	134
10/02/2020	12h45	13h	15	11	122	1	8	1	143
10/02/2020	13h	13h15	15	16	129	1	7	2	155
10/02/2020	13h15	13h30	15	16	127	1	9	2	155
11/02/2020	11h30	11h45	15	15	113	1	10	1	140

Tabela 7 - Contagem de veículos Av. Pres. Tancredo Neves sentido Noroeste-Sudeste

(Conclusão)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
11/02/2020	11h45	12h	15	27	133	1	12	0	173
11/02/2020	12h	12h15	15	25	129	2	9	0	165
11/02/2020	12h15	12h30	15	21	114	2	11	0	148
11/02/2020	12h30	12h45	15	15	109	1	12	1	138
11/02/2020	12h45	13h	15	19	110	1	13	0	143
11/02/2020	13h	13h15	15	24	129	2	9	0	164
11/02/2020	13h15	13h30	15	22	133	2	10	0	167
12/02/2020	11h30	11h45	15	24	112	1	9	0	146
12/02/2020	11h45	12h	15	38	138	1	7	0	184
12/02/2020	12h	12h15	15	34	140	2	6	1	183
12/02/2020	12h15	12h30	15	28	130	1	10	1	170
12/02/2020	12h30	12h45	15	29	131	1	7	0	168
12/02/2020	12h45	13h	15	28	129	1	6	1	165
12/02/2020	13h	13h15	15	30	138	2	5	0	175
12/02/2020	13h15	13h30	15	29	136	2	10	1	178
13/02/2020	11h30	11h45	15	19	129	1	11	1	161
13/02/2020	11h45	12h	15	26	149	1	10	0	186
13/02/2020	12h	12h15	15	25	148	1	10	0	184
13/02/2020	12h15	12h30	15	21	140	1	9	0	171
13/02/2020	12h30	12h45	15	16	134	1	8	1	160
13/02/2020	12h45	13h	15	14	121	1	13	1	150
13/02/2020	13h	13h15	15	21	139	2	10	1	173
13/02/2020	13h15	13h30	15	20	140	2	10	0	172
14/02/2020	11h30	11h45	15	15	102	1	7	0	125
14/02/2020	11h45	12h	15	28	134	1	8	0	171
14/02/2020	12h	12h15	15	25	131	1	10	1	168
14/02/2020	12h15	12h30	15	21	135	1	8	0	165
14/02/2020	12h30	12h45	15	14	120	1	9	0	144
14/02/2020	12h45	13h	15	13	109	2	9	1	134
14/02/2020	13h	13h15	15	22	130	2	8	0	162
14/02/2020	13h15	13h30	15	19	123	1	10	0	153

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A tabela 8, demonstra a contagem de veículos da Avenida Presidente Tancredo Neves sentido Sudeste - Noroeste.

Tabela 8 - Contagem de veículos Av. Pres. Tancredo Neves sentido Sudeste-Noroeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
03/02/2020	11h30	11h45	15	15	75	2	5	0	97
03/02/2020	11h45	12h	15	27	101	1	8	1	138
03/02/2020	12h	12h15	15	28	105	2	10	0	145
03/02/2020	12h15	12h30	15	26	91	2	6	0	125
03/02/2020	12h30	12h45	15	19	90	2	9	0	120
03/02/2020	12h45	13h	15	20	82	2	7	1	112
03/02/2020	13h	13h15	15	26	91	3	8	0	128
03/02/2020	13h15	13h30	15	27	95	2	7	0	131
04/02/2020	11h30	11h45	15	12	77	2	4	0	95
04/02/2020	11h45	12h	15	22	92	1	5	0	120
04/02/2020	12h	12h15	15	21	91	1	8	0	121
04/02/2020	12h15	12h30	15	19	85	1	6	0	111
04/02/2020	12h30	12h45	15	15	80	1	6	1	103
04/02/2020	12h45	13h	15	16	81	2	7	1	107
04/02/2020	13h	13h15	15	22	90	2	6	0	120
04/02/2020	13h15	13h30	15	23	91	2	7	0	123
05/02/2020	11h30	11h45	15	13	78	2	8	1	102
05/02/2020	11h45	12h	15	27	97	1	6	0	131
05/02/2020	12h	12h15	15	26	95	2	6	0	129
05/02/2020	12h15	12h30	15	21	91	2	5	1	120
05/02/2020	12h30	12h45	15	17	82	2	7	1	109
05/02/2020	12h45	13h	15	20	85	2	6	1	114
05/02/2020	13h	13h15	15	25	95	2	8	1	131
05/02/2020	13h15	13h30	15	23	92	3	7	0	125
06/02/2020	11h30	11h45	15	18	82	3	8	0	111
06/02/2020	11h45	12h	15	29	107	2	10	1	149
06/02/2020	12h	12h15	15	27	105	2	9	1	144
06/02/2020	12h15	12h30	15	23	96	2	9	1	131
06/02/2020	12h30	12h45	15	20	87	2	7	0	116
06/02/2020	12h45	13h	15	18	96	2	11	0	127
06/02/2020	13h	13h15	15	28	100	2	8	0	138
06/02/2020	13h15	13h30	15	27	97	3	10	1	138
07/02/2020	11h30	11h45	15	19	87	2	6	0	114
07/02/2020	11h45	12h	15	25	105	2	7	1	140

Tabela 8 - Contagem de veículos Av. Pres. Tancredo Neves sentido Sudeste-Noroeste

(Continua)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
07/02/2020	12h	12h15	15	26	104	1	7	0	138
07/02/2020	12h15	12h30	15	23	95	2	10	1	131
07/02/2020	12h30	12h45	15	21	88	2	7	0	118
07/02/2020	12h45	13h	15	19	96	2	8	1	116
07/02/2020	13h	13h15	15	26	93	2	9	0	130
07/02/2020	13h15	13h30	15	25	97	3	8	0	133
10/02/2020	11h30	11h45	15	17	74	3	10	1	105
10/02/2020	11h45	12h	15	28	95	2	9	0	134
10/02/2020	12h	12h15	15	29	94	2	9	1	135
10/02/2020	12h15	12h30	15	21	87	2	8	0	118
10/02/2020	12h30	12h45	15	17	78	2	11	0	108
10/02/2020	12h45	13h	15	16	82	2	9	0	109
10/02/2020	13h	13h15	15	23	92	2	10	0	127
10/02/2020	13h15	13h30	15	25	94	3	12	0	134
11/02/2020	11h30	11h45	15	12	78	2	8	1	101
11/02/2020	11h45	12h	15	22	93	2	9	0	126
11/02/2020	12h	12h15	15	21	95	3	10	1	130
11/02/2020	12h15	12h30	15	17	89	2	8	1	117
11/02/2020	12h30	12h45	15	14	80	2	12	0	108
11/02/2020	12h45	13h	15	16	83	2	10	1	112
11/02/2020	13h	13h15	15	20	92	2	9	1	124
11/02/2020	13h15	13h30	15	18	94	3	11	1	127
12/02/2020	11h30	11h45	15	19	91	2	5	0	117
12/02/2020	11h45	12h	15	30	91	2	7	1	131
12/02/2020	12h	12h15	15	31	91	2	9	0	133
12/02/2020	12h15	12h30	15	28	91	1	6	1	127
12/02/2020	12h30	12h45	15	21	91	1	6	0	119
12/02/2020	12h45	13h	15	20	91	2	5	0	118
12/02/2020	13h	13h15	15	30	91	2	9	0	132
12/02/2020	13h15	13h30	15	25	91	2	5	0	123
13/02/2020	11h30	11h45	15	17	91	2	7	0	117
13/02/2020	11h45	12h	15	25	123	2	5	1	156

Tabela 8 - Contagem de veículos Av. Pres. Tancredo Neves sentido Sudeste-Noroeste

(Conclusão)

Data	Horário		Intervalo	Contagem					
	Início	Fim		Motos	Carros	Ônibus	Caminhões (1 e 2 eixos)	Caminhões (3 eixos)	Total
13/02/2020	12h	12h15	15	28	125	2	9	0	164
13/02/2020	12h15	12h30	15	23	105	2	10	0	140
13/02/2020	12h30	12h45	15	20	112	2	7	1	142
13/02/2020	12h45	13h	15	19	108	2	7	0	136
13/02/2020	13h	13h15	15	26	120	3	8	0	157
13/02/2020	13h15	13h30	15	28	116	3	7	0	154
14/02/2020	11h30	11h45	15	18	94	2	5	1	120
14/02/2020	11h45	12h	15	26	111	2	9	0	148
14/02/2020	12h	12h15	15	27	112	1	10	1	151
14/02/2020	12h15	12h30	15	21	105	2	6	0	134
14/02/2020	12h30	12h45	15	19	93	2	6	1	121
14/02/2020	12h45	13h	15	17	95	2	10	0	124
14/02/2020	13h	13h15	15	27	100	3	5	0	135
14/02/2020	13h15	13h30	15	26	101	2	9	0	138

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com os dados obtidos na contagem de veículos, é necessário realizar o cálculo de ucp, através do fator de equivalência, conforme tabela 2. Após a transformação dos veículos em ucp, foi obtido o maior volume da hora pico, volume do período de 15 minutos com maior fluxo de tráfego, e também o volume de projeto de cada via. Na tabela 9 estão os resultados dos maiores volumes de pico, calculados em ucp de cada sentido do cruzamento.

Tabela 9 - Maior volume de pico de cada via

Data	Via	V_{hp}	V_{15MAX}	$4 \times V_{15MAX}$	FHP	v
19/02/2020	Av. Exp. José Pedro Coelho (Sentido Sudoeste-Nordeste)	236,19	63,62	254,48	0,93	274
20/02/2020	Av. Exp. José Pedro Coelho (Sentido Nordeste-Sudoeste)	670,88	173,22	692,88	0,97	716
20/02/2020	Av. Pres. Tancredo Neves (Sentido Noroeste-Sudeste)	687,03	179,58	718,32	0,96	751
19/02/2020	Av. Pres. Tancredo Neves (Sentido Sudeste-Noroeste)	567,69	150,58	602,32	0,94	639

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Onde:

V_{hp} = Volume da hora de pico

V_{15MAX} = Volume dos 15 minutos com maior fluxo na hora de pico

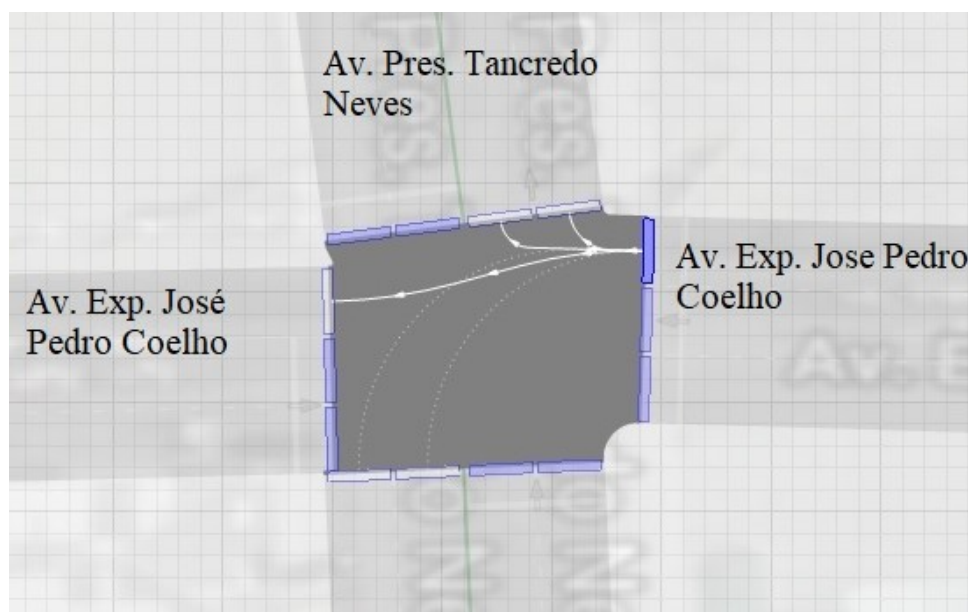
FHP = Fator horário de pico

$4 \times V_{15MAX}$ = Taxa equivalente de fluxo por hora (volume horário)

v = Volume de projeto (taxa máxima de fluxo dentro da hora)

A direção de origem e destino também foi levada em consideração. Na Avenida Expedicionário Jose Pedro Coelho, sentido Nordeste-Sudoeste, os veículos que trafegam na faixa da direita fazem 2 percursos, o primeiro percurso, de entrar na Avenida Presidente Tancredo Neves e ir em direção Noroeste, e o segundo, continuar na Avenida Expedicionário José Pedro Coelho em direção Sudoeste como mostra a Figura 13.

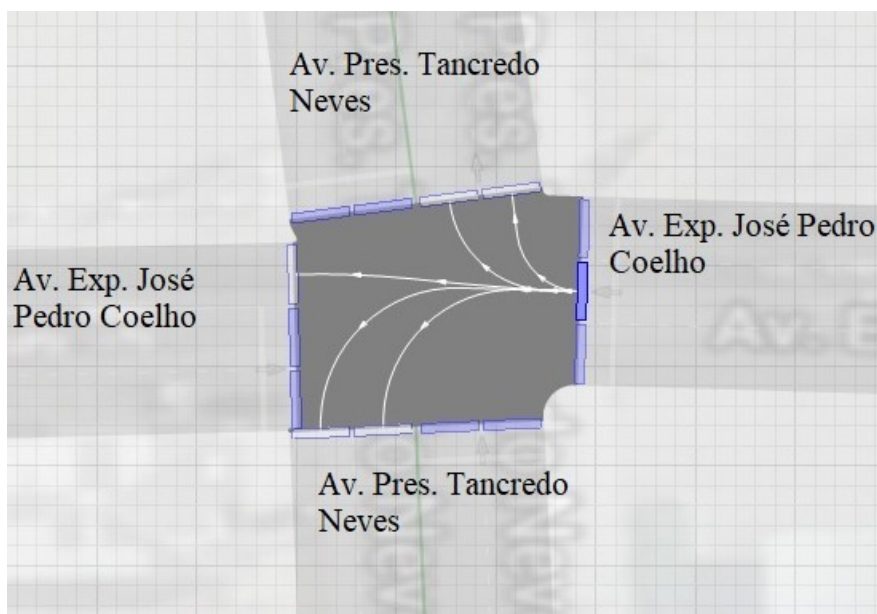
Figura 13 - Percurso faixa direita Av. Exp. José Pedro Coelho



Fonte: Anylogic (2020).

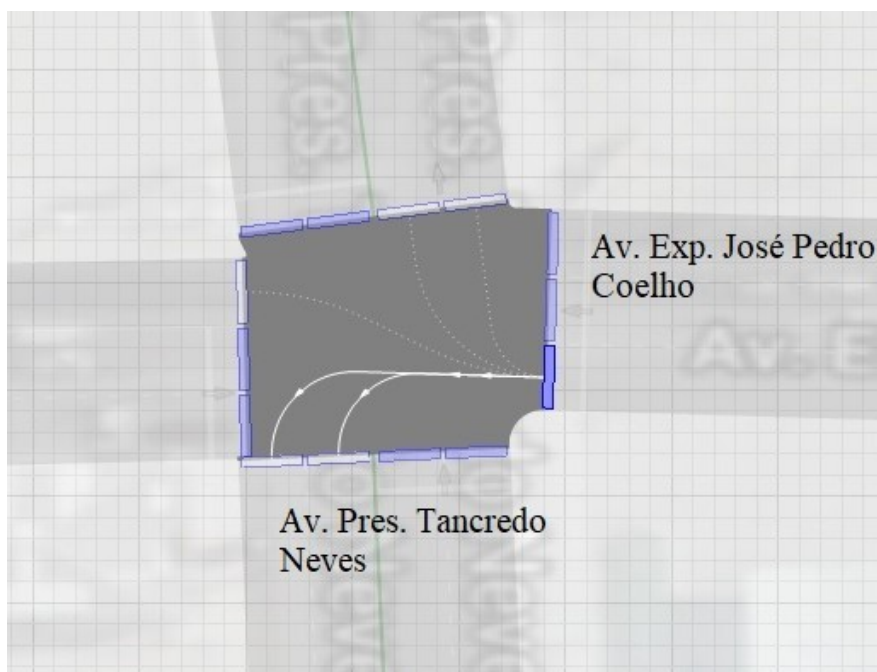
Já na faixa central da Avenida Expedicionário Jose Pedro Coelho, os veículos podem escolher 3 caminhos, o primeiro, entrar na Avenida Presidente Tancredo Neves e ir em direção Noroeste, o segundo, continuar na Avenida Expedicionário Jose Pedro Coelho em direção Sudoeste, e o terceiro, entrar na Avenida Presidente Tancredo Neves em direção Sudeste, conforme Figura 14. Já na faixa da esquerda, os veículos têm apenas um caminho a seguir, entrar na Avenida Presidente Tancredo Neves em direção Sudeste, conforme Figura 15.

Figura 14 - Percurso faixa central Av. Exp. José Pedro Coelho



Fonte: Anylogic (2020).

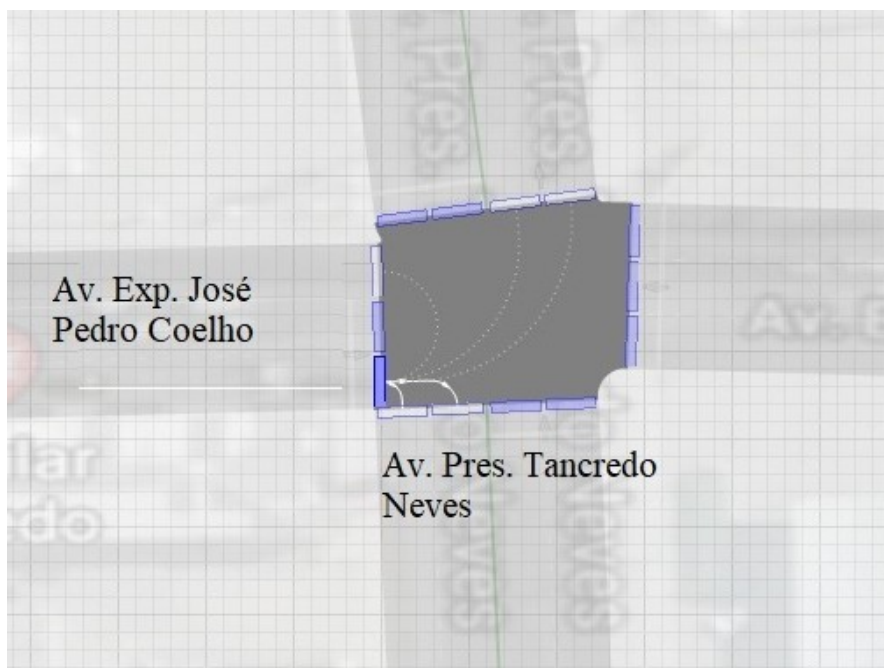
Figura 15 - Percurso faixa esquerda Av. Exp. José Pedro Coelho



Fonte: Anylogic (2020).

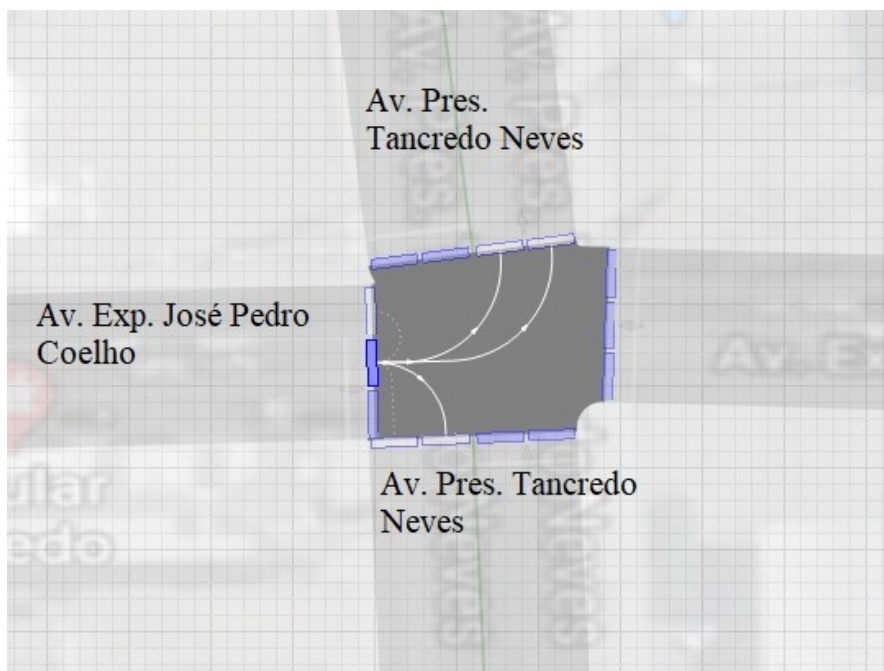
No sentido Sudoeste-Nordeste, os veículos que trafegam na Avenida Expedicionário José Pedro Coelho têm 2 possibilidades de direção, a primeira, na faixa direita, pode entrar na Avenida Presidente Tancredo Neves em direção Sudeste, conforme Figura 16, e na faixa esquerda tem 2 possibilidades de caminhos, entrar na Avenida Presidente Tancredo Neves direção nordeste ou direção Sudeste, conforme figura 17.

Figura 16 - Percurso faixa direita Av. Exp. José Pedro Coelho



Fonte: Anylogic (2020).

Figura 17 - Percurso faixa esquerda Av. Exp. José Pedro Coelho

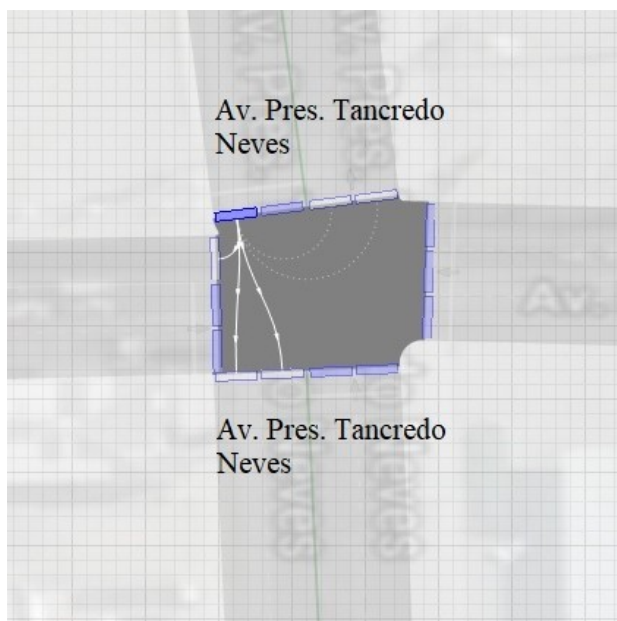


Fonte: Anylogic (2020).

Os veículos que trafegam na Avenida Presidente Tancredo Neves, sentido Noroeste-Sudeste, têm 2 rotas a seguir. Os que vêm da faixa direita podem continuar na Avenida, em direção Sudeste ou então entrar na Avenida Expedicionário José Pedro Coelho, em direção

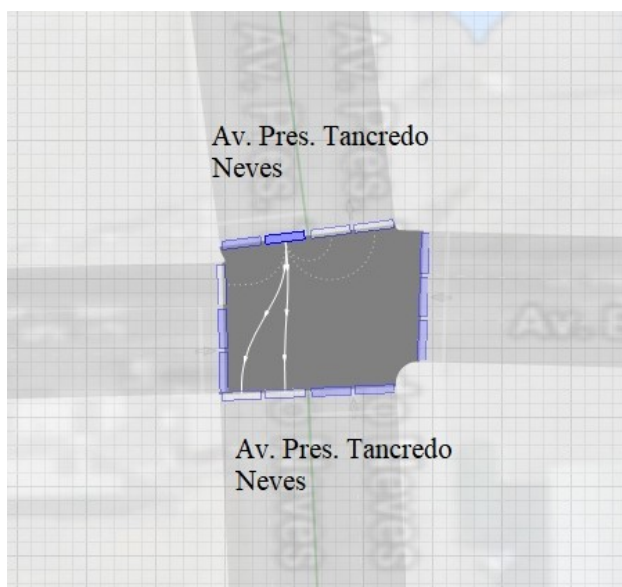
Sudoeste, conforme figura 18. Já na faixa esquerda, continuam em direção Sudeste, conforme Figura 19.

Figura 18 - Percurso faixa direita Av. Pres. Tancredo Neves



Fonte: Anylogic (2020).

Figura 19 - Percurso faixa esquerda Av. Pres. Tancredo Neves

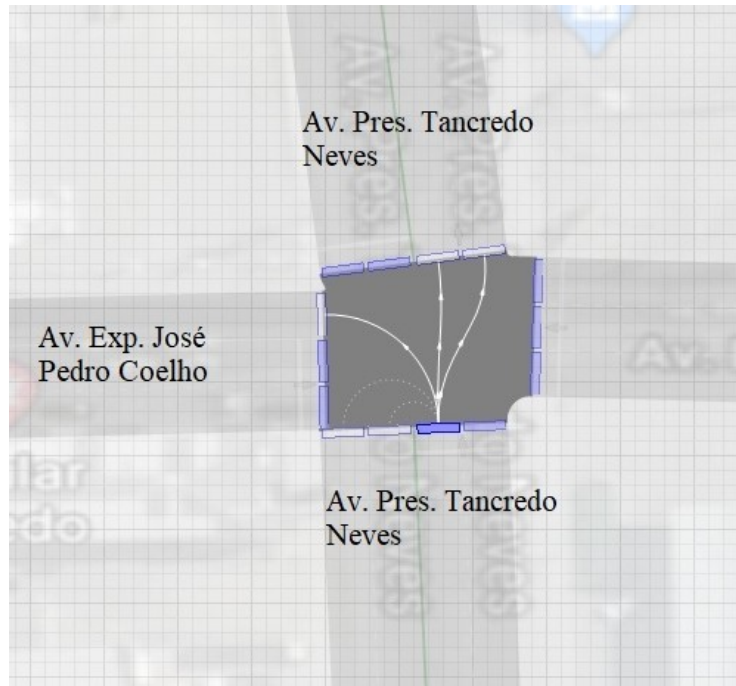


Fonte: Anylogic (2020).

No sentido Sudeste-Noroeste, os veículos tem 2 opções de tráfego, na faixa esquerda podem continuar na Avenida Presidente Tancredo Neves, sentido Noroeste ou então entrar na

Avenida Expedicionário José Pedro Coelho, em direção Sudoeste, conforme Figura 20. Já na faixa direita, o percurso é seguir na Avenida, em direção Noroeste, conforme Figura 21.

Figura 20 - Percurso faixa esquerda Av. Pres. Tancredo Neves



Fonte: Anylogic (2020).

Figura 21 - Percurso faixa direita Av. Pres. Tancredo Neves



Fonte: Anylogic (2020).

Com todos esses resultados obtidos, torna-se possível, então, começar a simulação via *software*.

4.2 SIMULAÇÃO URBANA

A partir do uso do software ANYLOGIC®, foi criada uma rede de ruas, a partir de ortoimagem advinda do GoogleMaps, construindo o fluxo real de tráfego analisado, conforme a Figura 22. A modelagem do sistema foi feita usando as ferramentas do item *Road Traffic Library*, além da ferramenta *Select Output*, como demonstrado na Figura 23 e 24, respectivamente.

Figura 22 - Imagem de satélite



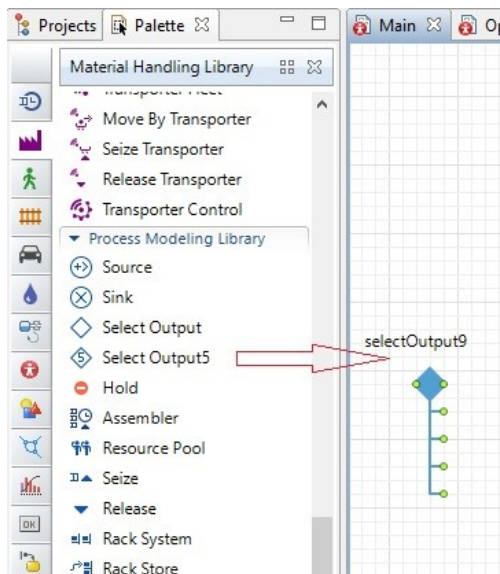
Fonte: Anylogic (2020).

Figura 23 - Ferramenta *Road Traffic Library*



Fonte: Anylogic (2020).

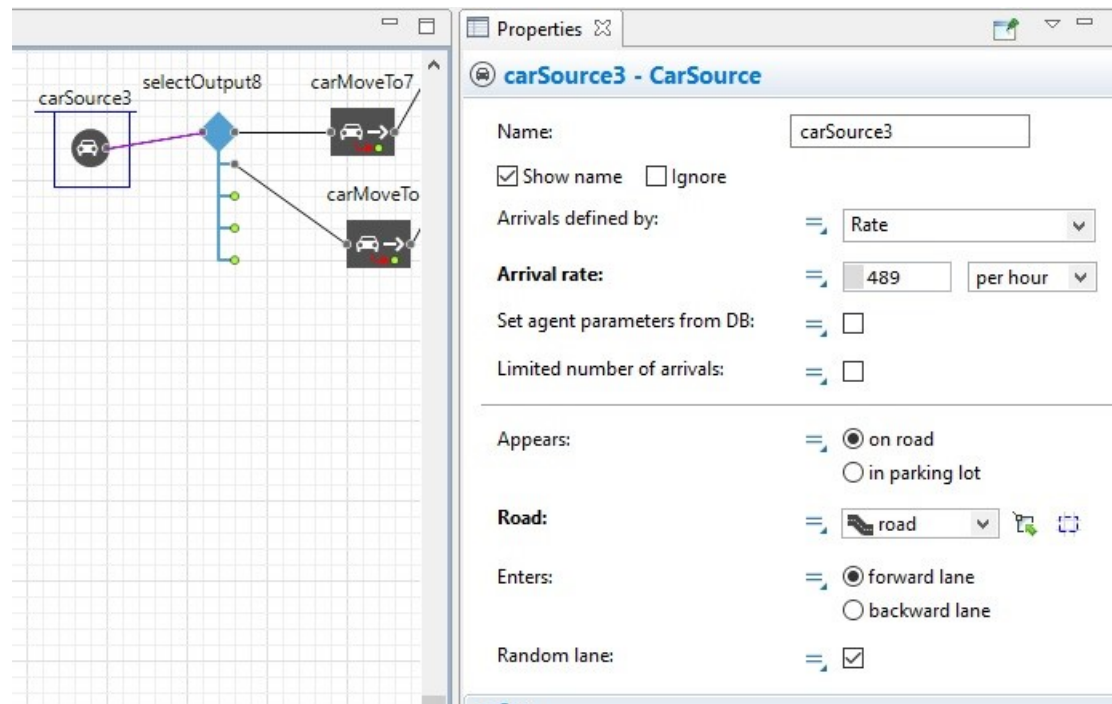
Figura 24 - Ferramenta *Select Output*



Fonte: Anylogic (2020).

Com a ferramenta *CarSource* é possível atribuir a quantidade de veículos, ou seja, o volume de projeto calculado na tabela 9 que trafegam em cada via por hora, já a ferramenta *carMoveTo* possibilita que selecione em qual das vias o carro vai percorrer, conforme figura 25.

Figura 25 - Ferramentas CarSource e carMoveTo



Fonte: Anylogic (2020).

Usando a ferramenta *Traffic Light* é feito o *setup* dos semáforos, onde possibilita a escolha do modo de funcionamento dos semáforos, fazendo-se necessário ser desta forma por conta da necessidade de interseção dos conectores de pista, já que a Avenida Presidente Tancredo Neves, sentido Sudeste-Noroeste, possui tempos distintos de abertura e fechamento do semáforo nas diferentes faixas. Foi dividido em 4 parâmetros, usando o tempo de abertura de cada semáforo como valor padrão para cada um dos parâmetros, representados na tabela 10. Entre os parâmetros, foi incluído tempo de sinal amarelo de 3 segundos, pois em cada parâmetro há sinal de verde e vermelho em cada conector de pista, conforme figura 26.

Tabela 10 - Valores parâmetros semáforo

Parâmetros	Atual (segundos)
p1	40
p2	28
p3	40
p4	23

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 26 - Parâmetros nos conectores de pista

trafficLight - Traffic Light

Name: ☒ Show name ☐ Ignore

Defines the mode for: ☐ Intersection's stop lines ☒ Intersection's lane connectors ☐ Specified stop lines

Intersection:  

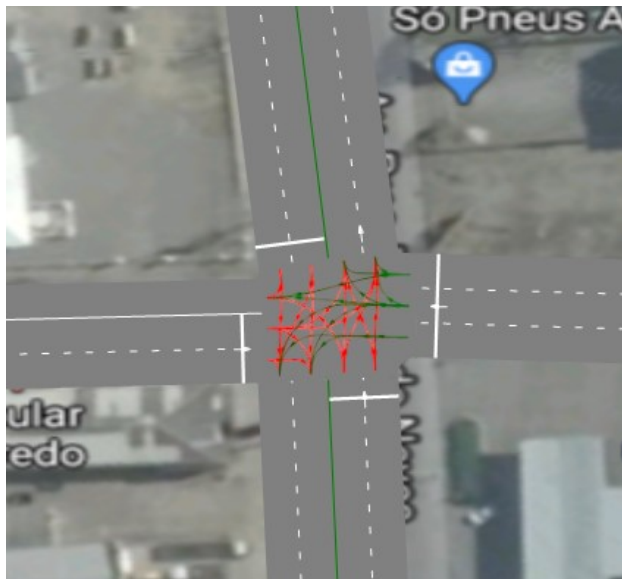
Phases:

	Durations (sec):								
	p1	3	p2	3	p3	3	p4	3	
Lane connectors:									
laneConnector11	red	yellow	red	yellow	red	yellow	green	yellow	
laneConnector12	red	yellow	green	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector3	red	yellow	red	yellow	green	yellow	red	yellow	
laneConnector4	red	yellow	red	yellow	red	yellow	green	yellow	
laneConnector5	red	yellow	red	yellow	red	yellow	green	yellow	
laneConnector6	red	yellow	red	yellow	green	yellow	red	yellow	
laneConnector9	red	yellow	red	yellow	green	yellow	red	yellow	
laneConnector13	red	yellow	green	yellow	green	yellow	red	yellow	
laneConnector14	red	yellow	green	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector15	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector16	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector17	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector18	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector19	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector20	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector21	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector22	red	yellow	green	yellow	green	yellow	red	yellow	
laneConnector7	red	yellow	green	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector1	red	yellow	red	yellow	green	yellow	red	yellow	
laneConnector2	red	yellow	red	yellow	red	yellow	green	yellow	
laneConnector8	red	yellow	red	yellow	red	yellow	green	yellow	
laneConnector10	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	
laneConnector23	green	yellow	red	yellow	red	yellow	red	yellow	

Fonte: Anylogic (2020).

Para o parâmetro 1, foi usado o valor de 40 segundos e informado que ficará com sinal verde para os veículos que estão trafegando pela Av. Expedicionário José Pedro Coelho Nordeste-Sudoeste, o restante dos conectores de pista fica com sinal vermelho, conforme figura 27.

Figura 27 - Parâmetro 1 do semáforo



Fonte: Anylogic (2020).

No parâmetro 2, foi usado o valor de 28 segundos e informado que ficará com sinal verde para os veículos que estão trafegando pela Av. Presidente Tancredo Neves sentido Sudeste-Noroeste faixa esquerda e faixa direita, o restante dos conectores de pista fica com sinal vermelho, conforme figura 28.

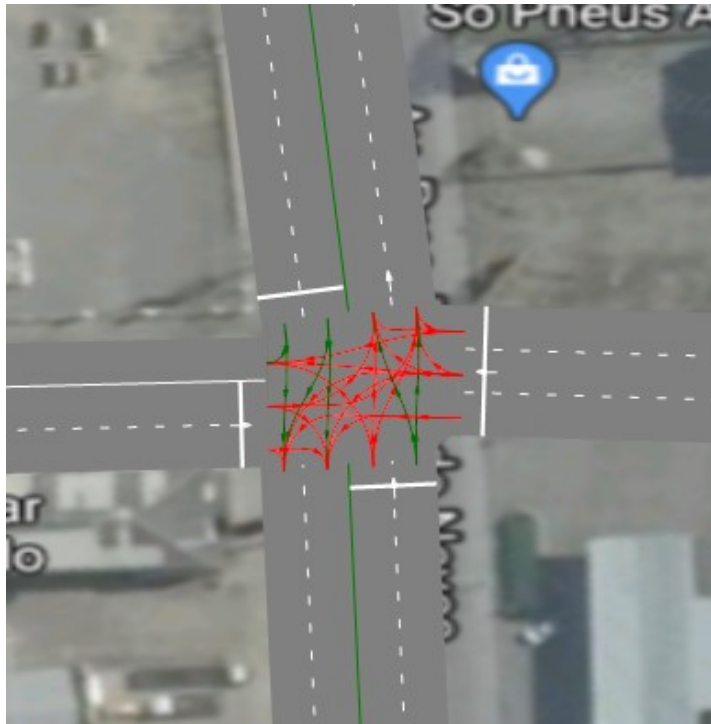
Figura 28 - Parâmetro 2 do semáforo



Fonte: Anylogic (2020).

Para o parâmetro 3, foi usado o valor de 40 segundos e informado que ficará com sinal verde para os veículos que estão trafegando pela Av. Presidente Tancredo Neves, sentido Sudeste-Noroeste faixa direita e os veículos que estão trafegando pela Av. Expedicionário Jose Pedro Coelho, sentido Noroeste-Sudeste, o restante dos conectores de pista fica com sinal vermelho, conforme figura 29.

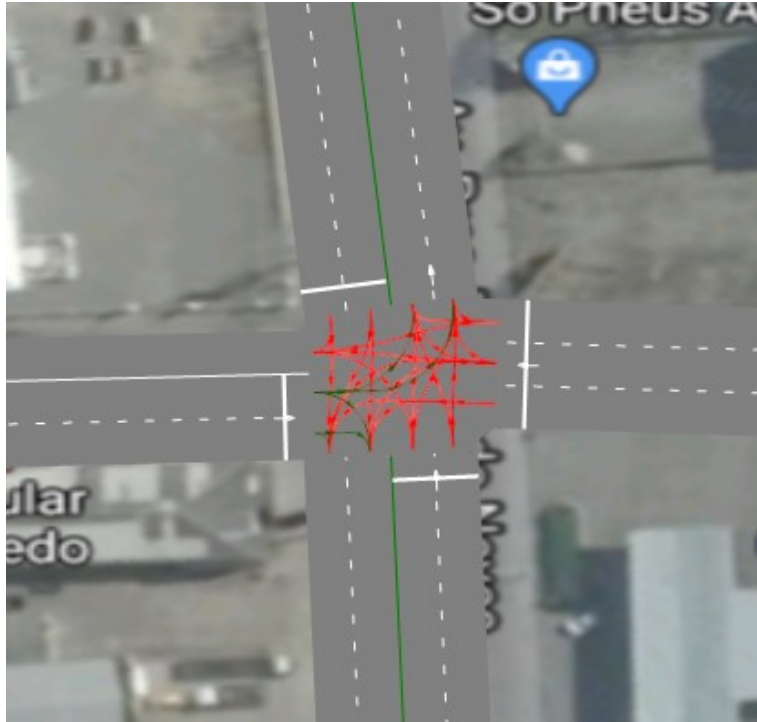
Figura 29 - Parâmetro 3 do semáforo



Fonte: Anylogic (2020).

No parâmetro 4, foi usado o valor de 23 segundos e informado que ficará com sinal verde para os veículos que estão trafegando pela Av. Expedicionário Jose Pedro Coelho, sentido Sudoeste-Nordeste, o restante dos conectores de pista fica com sinal vermelho, conforme figura 30.

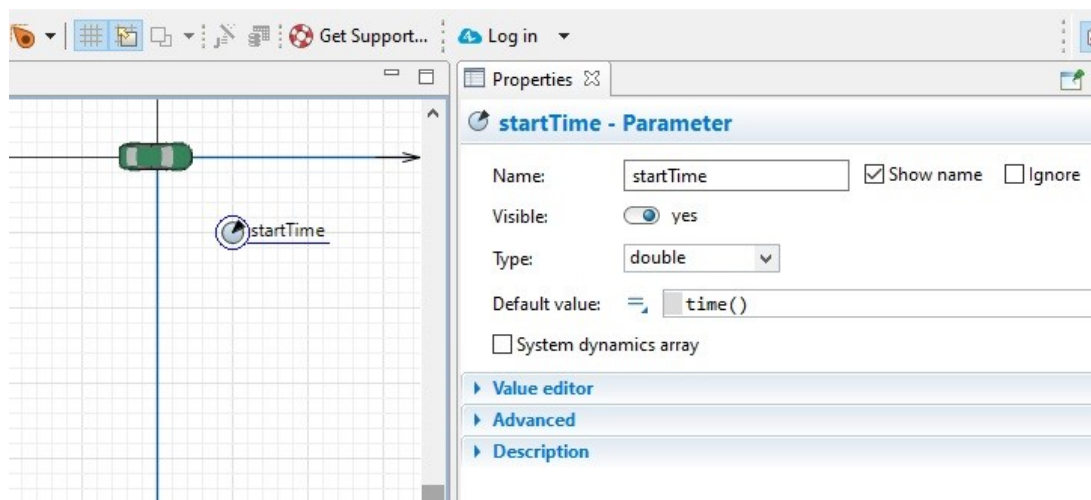
Figura 30 - Parâmetro 4 do semáforo



Fonte: Anylogic (2020).

Para conseguir realizar a simulação, fez-se necessário a criação de “carros padrões” usando a ferramenta *CarType*, que possibilita ser inserido no modelo e fornece o tempo de chegada de carro (Figura 31).

Figura 31 - Ferramenta CarType

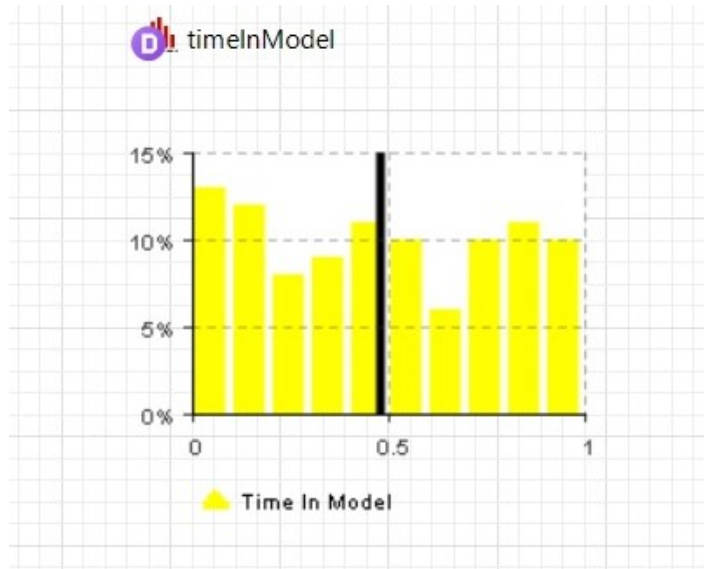


Fonte: Anylogic (2020).

Após está etapa, foi criado um histograma de dados e através do comando “*main.timeInModel.add(time()-startTime);*” obtém-se a diferença entre o tempo corrente e o

horário que o carro chegou ao modelo, registrando a duração média que um carro permanecerá no modelo (Figura 32).

Figura 32 - Histograma



Fonte: Anylogic (2020).

Com esses dados é possível a visualização do sistema atual, que condiz com a realidade apresentada no cruzamento. Usando como base no estudo o fator hora pico, foi executado o modelo, deixando rodar por 15 minutos para possibilitar diversos ciclos, sendo assim, foi possível verificar a criação de filas maiores, como pode se identificar na Figura 33.

Figura 33 - Modelagem do sistema atual



Fonte: Anylogic (2020).

Foi possível analisar a média de duração de tempo em que o carro permanece no modelo, ou seja, o tempo que o carro leva em média para percorrer o trajeto proposto, independente do sentido a ser percorrido. Esse valor médio é a medida de indicador de performance dos controles dos semáforos, que foi a base da pesquisa, para assim, alcançar a melhor otimização dos tempos dos semáforos estudados.

Com base nos dados reais fornecidos, o software ANYLOGIC[®] retorna o valor de tempo médio dos veículos no modelo, sendo este, atualmente, de 167,87 segundos na atual configuração dos semáforos.

Após obter o tempo médio em que os veículos permanecem no trajeto, foi realizada a otimizações dos tempos dos semáforos. A figura 34 ilustra que o ANYLOGIC[®] efetuou 500 iterações, com o objetivo de diminuir o tempo médio dos veículos no modelo, a melhor iteração encontrada foi a de número 180, alterando o valor dos 4 parâmetros configurados na ferramenta *Traffic Light*.

Figura 34 - Otimização semáforo

	Current	Best
Iterations completed:	500	180
Objective: ↓	177.232	136.555
Parameters	Copy best	
p1	51	53
p2	50	57
p3	47	58
p4	26	12

Fonte: Anylogic (2020).

A tabela 11 mostra um comparativo do tempo dos parâmetros dos semáforos atuais com o tempo dos parâmetros otimizados pelo ANYLOGIC®.

Tabela 11 - Comparação de parâmetros dos semáforos

Parâmetros	Atual (segundos)	Otimizado (Segundos)	Diferença (Segundos)
p1	40	53	13
p2	28	57	29
p3	40	58	18
p4	23	12	-11

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao finalizar a otimização, ele retorna o melhor resultado obtido para as fases de abertura e fechamento dos semáforos. Com esses resultados, representados na tabela 11, foi realizada novamente a simulação, utilizando o tempo otimizado de abertura e fechamento. A simulação com os novos parâmetros fornecerá uma nova média de tempo percorrido, sendo este, já com o tempo de abertura e fechamento dos semáforos alterados, onde observa-se que esta média diminuiu para 136,55 segundos, dando uma melhora de 18,66%. A figura 35 demonstra que a densidade e as filas diminuiriam.

Figura 35 - Modelagem do sistema otimizado



Fonte: Anylogic (2020).

4.3 MELHORIA PROPOSTA

Com base nos dados coletados e na análise dos resultados obtidos na pesquisa, esta etapa definiu medidas com a finalidade de otimizar o tempo médio dos motoristas que transitam pelo cruzamento das Avenidas Presidente Tancredo Neves e Expedicionário José Pedro Coelho. Visando a possível melhoria na otimização dos tempos de abertura e fechamento dos semáforos, foi possível verificar a efetividade da proposta de implementação de semáforos inteligentes neste trajeto.

Conforme já citado anteriormente, o estresse causado pelo trânsito afeta também a saúde da população, o que torna o estudo de mobilidade urbana uma ferramenta essencial para o bem-estar coletivo. Sabendo que o número de veículos continua crescendo e que a realidade do trânsito daqui a alguns anos já não será a mesma, uma proposta de mudança no tempo fixo dos semáforos atuais não seria viável a longo prazo. Essa proposta levaria em consideração o tempo de maior fluxo de veículos na via, conhecido como hora de pico, mas desconsideraria as horas em que o fluxo não é elevado, fazendo com que esse sistema não seja eficiente.

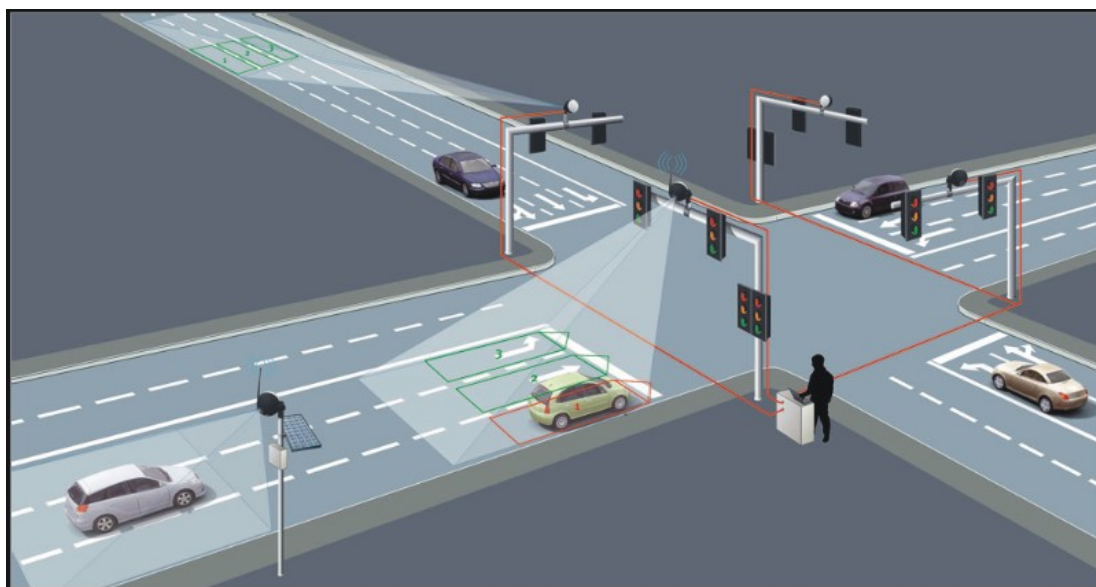
Devido a variações no sentido do fluxo de veículos e pedestres nos horários de pico, o uso de semáforos com tempo fixo pode não ser o ideal. Este problema pode ser resolvido ou amenizado utilizando semáforos inteligentes. Já que o semáforo é um bom controlador de trânsito que permite diminuir os conflitos entre os veículos e aumentar a capacidade de escoamento, além de organizar o trânsito (ARAÚJO, 2006 *apud* REGO; SEMENTE, 2017, p.1).

O semáforo inteligente proporcionara o menor tempo de espera possível, onde sempre irá liberar a via com um maior fluxo, funcionando a todo momento, não somente em horário de pico, como foi realizada a pesquisa. O semáforo com inteligência artificial sempre vai em busca de um menor tempo médio percorrido no trecho.

Um dos modelos de semáforos inteligente disponíveis no mercado, é o modelo que usa câmeras, ele funciona como um robô que controla o tempo do sinal. Com sua inteligência artificial, consegue comandar o trânsito e decide se o sinal vai abrir ou fechar de acordo com o movimento em cada via do cruzamento. A ideia é dar mais fluidez no trânsito, prometendo fazer a todo momento o ajuste dependendo das condições de trânsito.

Para efeitos de caso, assemelha-se à situação da cidade de Salvador, na Bahia (Figura 36). O semáforo inteligente, implantado pela Transalvador, tem a capacidade de se adequar às condições de mobilidade de cada trecho através de câmeras e sensores que fazem a leitura do fluxo de veículos, fazendo com que os condutores tenham mais comodidade para trafegar pelas ruas da capital baiana.

Figura 36 - Representação do projeto de um semáforo inteligente



Fonte: Alô Alô Bahia (2017).

Nos equipamentos que não têm a inteligência artificial com câmeras e sensores, os tempos de abertura e fechamento do sinal de trânsito são programados antecipadamente, com base na análise do fluxo de carros. Porém, durante o dia, a quantidade de veículos varia, fazendo com que o motorista permaneça com o semáforo fechado, mesmo que não tenha movimento no sentido contrário. Já no caso dos semáforos inteligentes, eles mesmo irão apurar se uma via tem maior fluxo para deixar, por exemplo, o tempo de abertura do sinal maior. Na outra via, onde o tiver um menor volume de veículos, o sinal passará mais tempo no vermelho.

Os equipamentos têm a habilidade de combinar o tempo semafórico de forma automática, devido ao seu sistema autoadaptativo, que possibilita adequar em tempo real as condições de tráfego do momento. Para tanto, é utilizado o registro de informações coletado em cada câmera, como o número de veículos, de forma a escolher os melhores tempos semafóricos de cada via.

Na prática, as informações da câmera (Figura 37) são processadas via *software* e permitem que o semáforo aumente ou diminua o tempo de sinal aberto, de acordo com o volume de carros na via, o que permite mais agilidade, menos congestionamentos, melhor fluxo de veículos e menor tempo possível de deslocamento no trecho.

Figura 37 - Câmera do semáforo inteligente



Fonte: Carvalho (2017).

Desta forma, com a instalação de semáforo inteligente obtém-se um menor tempo médio percorrido no trecho do cruzamento entre as Av. Expedicionário José Pedro Coelho e Av. Presidente Tancredo Neves Neves, obtendo, conseqüentemente, menor congestionamentos e melhor fluidez do fluxo de veículos, conforme resultado da otimização efetuada.

5 CONCLUSÃO

Ao final da análise do cruzamento das Avenidas Presidente Tancredo Neves e Expedicionário José Pedro Coelho, localizado no município de Tubarão/SC, observou-se a necessidade de modificação do sistema existente, tendo em vista sobretudo a melhoria da segurança e a fluidez do trânsito para os usuários desse trecho. Através deste estudo, foi observado a significativa importância que profissionais capacitados, atuando nas áreas de planejamento de mobilidade urbana, trazem para a população, pois impactam diretamente na qualidade de vida.

Foi destacado também que um dos fatores para o crescimento frenético da frota de veículos do país, é a falta de recursos direcionados ao planejamento de mobilidade urbana, desta forma resultando em um transporte coletivo ineficiente e longas filas em congestionamento, principalmente nos centros urbanos.

Após levantamentos feitos *in loco*, foi constatado que o fluxo de veículos no trecho é maior nos horários de pico, tornando-se assim, um fator gerador de filas, causados basicamente por configuração semafórica ineficaz. Para solução dessa problemática, foi abordado a aplicação de semáforos inteligentes. Através de simulações computadorizadas, pôde-se perceber que um semáforo com inteligência para estudar o trânsito em tempo real, reduz em 18,66% o tempo médio para percorrer o trajeto em sua maior hora pico, se comparado com semáforos convencionais, que atuam com tempo de abertura e fechamento fixos.

Com base no que foi exposto, é possível afirmar que o presente trabalho atingiu os objetivos traçados inicialmente, e que o modelo de simulação de gerenciamento de tráfego aplicado conseguiu gerar os resultados que possibilitam a melhora na fluidez do trânsito. É importante ressaltar a sugestão para trabalhos futuros para melhoria da mobilidade urbana do trecho estudado e também vários outros pontos ao longo do município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALÔ ALÔ BAHIA. **Semáforos inteligentes começam a funcionar na segunda**. 2017. Disponível em: <https://aloalobahia.com/notas/semaforos-inteligentes-comecam-a-funcionar-na-segunda>. Acesso em: 25 jun. 2020.

ANYLOGIC. **Software**. 2020. Disponível em: <https://www.anylogic.com/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

ARAÚJO, Saulo Cirineu. **Controlador de tráfego: semáforo inteligente**. 2006. Monografia (Graduação em Engenharia de Computação) – Centro Universitário de Brasília, Brasília-DF, 2006. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/123456789/3290/2/20218680.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS DETRANS. **Brasil já tem 1 carro a cada 4 habitantes, diz Denatran** [Brasília, 2019]. Disponível em: <http://www.and.org.br/brasil-ja-tem-1-carro-a-cada-4-habitantes-diz-denatran/>. Acesso em: 27 ago. 2019.

BALAGO, Rafael. **Aplicativo: Mensalidade dá acesso livre a carro, ônibus, metrô e bicicletas na Finlândia** [Balneário Camboriú, 2018]. Disponível em: <https://www.pagina3.com.br/negocios/2018/jul/27/2/aplicativo-mensalidade-da-acesso-livre-a-carro-onibus-metro-e-bicicletas-na-finlandia>. Acesso em: 01 out. 2019.

BARAT, Josef. **Logística, Transporte e Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Editora CLA, 2007. 101 p.

BORGES, Stella. **Paulistano passa 45 dias por ano preso no trânsito, segundo pesquisa** [2016]. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/brasil/paulistano-passa-45-dias-por-ano-preso-no-transito-segundo-pesquisa-20139401>. Acesso em: 01 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Contran. Denatran. **Manual brasileiro de sinalização de trânsito**. Volume v – sinalização semaforica [2014]. Disponível em: http://www.sinaldetransito.com.br/normas/manual_de_sinalizacao_semaforica_DENATran.pdf. Acesso em: 18 out. 2019

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. DNIT. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 384p.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. DNIT. **Manual de estudos de tráfego** [2020]. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego. Acesso em: 04 jan. 2020.

CARNEIRO, Rafael. Como Helsinque alcançou o futuro da mobilidade urbana antes de qualquer outra cidade. **Revista Época Negócios**. 2018. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2018/07/como-helsinque-alcancou-o-futuro-da-mobilidade-urbana-antes-de-qualquer-outra-cidade.html>. Acesso em: 01 out. 2019.

CARVALHO, Daniel. Semáforos inteligentes serão instalados em mais 13 pontos. **Portal News**. 2016. Disponível em: http://www.portalnews.com.br/_conteudo/2016/11/cidades/45426-mogi-deve-ganhar-13-semaforos-inteligente.html. Acesso em: 30 jun. 2020.

CASTRO, A. et al. Identificação e rastreamento de veículos utilizando fluxo óptico. **Colloquium Exactarum**, Presidente Prudente, v. 7, n.2, p.73-88, Abr-Jun. 2015. DOI: 10.5747/ce.2015.v07.n2.e117. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/293013645_IDENTIFICACAO_E_RASTREAMENTO_DE_VEICULOS_UTILIZANDO_F_LUXO_OPTICO. Acesso em: 30 nov. 2019

DANTAS, Tiago. **Perigos do trânsito para a saúde** [2019]. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/saude-bem-estar/perigos-transito-para-saude.htm>. Acesso em: 14 set. 2019.

DOURADO, Rafaela Costa Martins de Mello; MONTINI, Alessandra de Ávila. Modelos de previsão de trânsito: uma contribuição para a gestão pública do tráfego na cidade de São Paulo. **FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, Franca, v.17, n.3 - p.305-321, 2014. Disponível em: <http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/facefpesquisa/article/download/904/735>. Acesso em: 04 mar. 2020.

ESTRADAS. **Pesquisa mostra crescimento no tráfego de veículos na grande São Paulo**. 2019. Disponível em: <https://estradas.com.br/pesquisa-mostra-crescimento-no-trafego-de-veiculos-na-grande-sp>. Acesso em: 01 out. 2019.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management**. 2007. Disponível em: <https://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl07012/>. Acesso em: 01 jun. 2020.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em arena**. 2. ed. Santa Catarina: Visual Books, 2008.

GOOGLE EARTH PRO. **Software**. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/versions/>. Acesso em: 20 jun. 2020.

HARREL, Charles R. et al. **Simulação: Otimizando Sistemas**. 2. ed. São Paulo: IMAM, 2002.

HISTORY. **First electric traffic signal** [2009]. Disponível em: <https://www.history.com/this-day-in-history/first-electric-traffic-signal-installed>. Acesso em: 25 set. 2019.

ILHÉUS EM RESUMO. **Semáforo inteligente diminui congestionamentos em Ilhéus** [Ilhéus, 2017]. Disponível em: <https://www.ilheusemresumo.com.br/v1/2017/07/28/semaforo-inteligente-diminui-congestionamentos-em-ilheus>. Acesso em: 10 out. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Mobilidade urbana no Brasil. Infraestrutura social e urbana no Brasil: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas**. Brasília: Ipea. 2010a. p. 549-592. Disponível em: <http://goo.gl/oEFuzx>. Acesso em: 29 set. 2019

KOJIKOVSKI, Gian. Recife tem o pior trânsito do país de acordo com estudo. **Revista Exame** [2017]. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/brasil/recife-tem-o-pior-transito-do-pais-de-acordo-com-estudo/>. Acesso em: 05 out. 2019.

LIMA, Renan Paiva de Souza. Mobilidade urbana. In: GLOBO. **Educação.Geografia** [2015]. Disponível em: <http://educacao.globo.com/geografia/assunto/atualidades/mobilidade-urbana.html>. Acesso em: 01 out. 2019.

LOBOS, J. Tecnologia e estrutura organizacional: formulação de hipóteses para pesquisa comparativa. **Revista de Administração de Empresas**. Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 7-16, mar./abr. 1976. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262431861_Tecnologia_e_estrutura_organizacional_formulacao_de_hipoteses_para_pesquisa_comparativa. Acesso em: 13 out. 2019.

MOBILIZE. Helsinque, cidade que já alcançou a mobilidade do futuro [Ilhéus, 2018]. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/11134/helsinque-cidade-que-ja-alcançou-a-mobilidade-do-futuro.html?print=s>. Acesso em: 02 nov. 2019

PARANAIBA, Guilherme; OLIVEIRA, Junia. Belo Horizonte é a capital brasileira com o mais carro por habitantes. **Estado de Minas Gerais**. 2018. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2018/12/03/interna_gerais,1009971/belo-horizonte-e-a-capital-brasileira-com-mais-carros-por-habitante.shtml. Acesso em: 18 out. 2019.

PENA, Rodolfo Alves. Mobilidade urbana no Brasil: A busca pela mobilidade urbana é um desafio enfrentado pela maioria das grandes cidades no Brasil, que esbarram em problemas como o privilégio aos transportes individuais. **Brasil Escola**. 2016. Disponível em: <https://brasilestela.uol.com.br/geografia/mobilidade-urbana-no-brasil.htm>. Acesso em: 04 out. 2019.

PRIBERAM. **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa**. 2020. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/>. Acesso em: 03 jan. 2020.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2019.

REGO, Rosana Cibely B.; SEMENTE, Rodrigo S. **Sistema de controle de semáforo baseado na densidade de tráfego**. 2017. <https://docplayer.com.br/49640423-Sistema-de-controle-de-semaforo-baseado-na-densidade-de-traffic.html>. Acesso em: 20 jun. 2020.

SALVADOR. Secretaria de Comunicação. **Semáforos inteligentes vão melhorar fluidez do tráfego em Salvador em tempo real** [2017]. Disponível em: <http://www.comunicacao.salvador.ba.gov.br/index.php/todas-as-noticias-4/49936-semaforos-inteligentes-vaio-melhorar-fluidez-do-traffic-em-salvador-em-tempo-real>. Acesso em: 01 out. 2019.

SCARINGELLA, Roberto Salvador. A crise da mobilidade urbana em São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 15, n. 1, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/spp/v15n1/8589.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SINDIPEÇAS. Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. Denatran. **Relatório da frota circulante edição 2019**. Disponível em: https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2019/RelatorioFrotaCirculante_Maio_2019.pdf. Acesso em: 29 out. 2019

SILVESTRI JUNIOR, Fabio. **Análise de influência de acréscimo de veículos no tráfego urbano no acesso norte do município de Tubarão, a partir da conclusão da Rodovia Ivane Fretta**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2019.

SINDICATO DOS ENGENHEIROS NO ESTADO DO CEARÁ. **Semáforo inteligente desenvolvido no Brasil** [Fortaleza, 2018]. Disponível em: <https://sengece.org.br/semaforo-inteligente-desenvolvido-no-brasil/>. Acesso em: 14 set. 2019.

TANSCHKEIT, Paula. Finlândia se prepara para o futuro da mobilidade compartilhada e sob demanda. **The City Fix Brasil** [2016]. Disponível em: <https://thecityfixbrasil.com/2016/07/14/finlandia-se-prepara-para-o-futuro-da-mobilidade-compartilhada-e-sob-demanda/>. Acesso em: 27 ago. 2019.