



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL

JÚLIO CÉSAR BORBA MACHADO

**Estudo de implementação e priorização do tráfego de pedestres em interseção  
semáforizada localizada em Campina Grande - PB, utilizando microssimulador de  
tráfego**

CAMPINA GRANDE  
15 DE OUTUBRO DE 2021

JÚLIO CÉSAR BORBA MACHADO

**Estudo de implementação e priorização do tráfego de pedestres em interseção semaforizada localizada em Campina Grande - PB, utilizando microssimulador de tráfego**

Trabalho referente ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, para encerramento do componente curricular e conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Izabelle Marie Trindade Bezerra

Coorientador: Eng<sup>o</sup> Hélio da Silva Queiroz Júnior

CAMPINA GRANDE

15 DE OUTUBRO DE 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIAS E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL

FOLHA DE APROVAÇÃO

**Estudo de implementação e priorização do tráfego de pedestres em interseção  
semáforizada localizada em Campina Grande - PB, utilizando microssimulador de  
tráfego.**

Trabalho referente ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, para encerramento do componente curricular e conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Isabelle Marie Trindade Bezerra

Coorientador: Eng<sup>o</sup> Hélio da Silva Queiroz Júnior

Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

---

Profa. Dra. Isabelle Marie Trindade Bezerra - Universidade Federal de Campina Grande  
Orientadora

---

Eng<sup>o</sup> Hélio da Silva Queiroz Júnior - Universidade Federal de Campina Grande  
Coorientador

---

Prof. Dr. Walter Santa Cruz - Universidade Federal de Campina Grande

Examinador Interno

---

Prof. Dra. Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga - Universidade Federal da Paraíba

Examinadora Externa

CAMPINA GRANDE  
15 DE OUTUBRO DE 2021

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai, Júlio dos Santos Machado, a minha mãe, Edileuza Borba Machado e ao meu irmão, Jonatan Felipe Borba Machado que estiveram comigo do início ao fim desta jornada.

Dedico também a Edilza Rakel Nóbrega e Yanne Carolina de Araújo Vidal que foram duas amizades que fiz dentro da universidade que serão para o resto da vida.

Dedico ainda, a Edinaldo Ferreira dos Santos que me colocou em suas orações desde o dia que me mudei para Campina Grande-PB com o objetivo de me tornar engenheiro civil, serei eternamente grato por isso.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Izabelle Marie Trindade Bezerra por ter aceito ser minha orientadora. Uma pessoa de luz que guia seus alunos a se tornarem cada vez melhores.

Agradeço, também, ao Eng<sup>o</sup>. Hélio da Silva Queiroz Júnior pelo estudo realizado no qual foi base para meu trabalho. Pela disponibilidade e pela paciência de me auxiliar em todos os momentos que precisei.

## RESUMO

A mídia ao longo do tempo foi sedimentando a "necessidade" das pessoas possuírem automóveis, colocando-os como ícones de liberdade e sucesso. Isso foi um dos motivos para o aumento do número de automóveis. Logo, o aumento da frota gerou um desconforto dentro dos centros urbanos devido à falta de um planejamento adequado. Tal planejamento pode ser realizado por meio de microssimuladores, onde é possível melhorar a infraestrutura urbana ao modelar casos reais e encontrar parâmetros para serem modificados com o intuito de obter melhores resultados com menor custo para cada caso. Em função disso, esse trabalho objetivou procurar alternativas para priorizar a travessia de pedestres em uma interseção semaforizada localizada na cidade de Campina Grande – PB, com a utilização do microssimulador de tráfego PTV VISSIM. Nesse sentido, foram propostas duas soluções, a primeira propôs a implementação de semáforos para pedestres que habilitem duas faixas de pedestres na diagonal da interseção e a segunda propôs a proibição de algumas das permissões existentes na interseção, a fim de possibilitar o pedestre se locomover com segurança. Para a primeira solução, utilizou-se 3 (três) velocidades médias distintas de caminhadas para obter os tempos de vermelho adicional dos semáforos no qual fosse necessário para o pedestre realizar o percurso. Para a segunda solução, foi retirada 4 (quatro) permissões existentes, o que possibilitou uma travessia confortável. Ao estabelecer as duas soluções, deu-se início a calibração do caso real com a utilização dos parâmetros de calibração para o modelo de *car following* de Wiedemann 99 encontrados no estudo realizado por Queiroz Júnior (2020), como também, as características da interseção como número de vias, sentidos e quantidade de semáforos. Em seguida, foi realizada a calibração de cada solução e, assim, obteve-se as informações do tempo médio de viagem, comprimento médio de fila e o número médio de veículos em cada caso. Com isso, pôde-se concluir que o Modelo 1 da Solução 1 apresentou pouco impacto no tempo médio de viagem como, também, no comprimento médio de fila. E, devido a Solução 2, mesmo apresentando resultados melhores, necessita-se de um estudo envolvendo as interseções existentes no decorrer da Avenida Canal além da abordada neste estudo. Logo, a Solução 1 é a que apresentou resultados com maior credibilidade.

Palavras-chaves: pedestrianismo, microssimulador, interseção semaforizada.

## ABSTRACT

The media over time has consolidated the "need" for people to own automobiles, placing them as icons of freedom and success. This was one of the reasons for the increase in the number of automobiles. Then the increase in the fleet generated discomfort within urban centers due to the lack of adequate planning. Such planning can be carried out through microsimulators, where it is possible to improve the urban infrastructure by modeling real cases and finding parameters to be modified in order to obtain better results at a lower cost for each case. As a result, this work aimed to look for alternatives to prioritize pedestrian crossing at a traffic light intersection located in the city of Campina Grande – PB, using the PTV VISSIM traffic microsimulator. For that matter, two solutions were proposed, the first proposes the implementation of traffic lights for pedestrians that enable two crosswalks on the diagonal of the intersection and the second proposes the prohibition of some of the existing permissions at the intersection, in order to allow the pedestrian to move around with safety. For the first solution, 3 (three) different walking average speeds were used to obtain the additional red times of the traffic lights in which it was necessary for the pedestrian to complete the route. For the second solution, 4 (four) existing permits were removed, which allowed for a comfortable crossing. By establishing the two solutions, the calibration of the real case was started using the calibration parameters for the Wiedemann 99's car following model, which were found in the study by Queiroz Júnior (2020), as well as the characteristics of the intersection such as number of lanes, directions, number of traffic lights. Then, each solution was calibrated and, thus, information was obtained on the average travel time, average queue length and the average number of vehicles in each case. Thus, it can be concluded that Model 1 of Solution 1 had little impact on the average travel time, as well as on the average queue length. And, due to Solution 2, even with better results, a study involving the existing intersections along Avenida Canal is needed, in addition to the one addressed in this study. Therefore, Solution 1 is the one with the most credible results.

Keywords: pedestrianism, microsimulator, signalized intersection.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de car-following de acordo com Wiedemann (1974). .....	19
Figura 2: Fluxograma das etapas realizadas. ....	20
Figura 3: Trecho analisado entre a Avenida Canal, Avenida Quebra Quilos e Campo Sales. ....	21
Figura 4: Locação dos semáforos contidos na interseção e sentido das vias. ....	21
Figura 5: Interseção modelada no PTV Vissim. ....	22
Figura 6: Ciclo semafórico, caso real. ....	24
Figura 7: Barra de ferramenta, Network Objects .....	24
Figura 8: Faixa de pedestre diagonal (solução 1). ....	25
Figura 9: Movimentações possíveis nas vias integrantes da interseção estudada, sendo (a) Av Canal (CAT-CENT), (b) Av Canal (CENT-CAT) e (c) Rua Campos Sales. ....	28
Figura 10: Faixa de pedestre transversal (solução 2). ....	28
Figura 11: Tempo médio de viagem, Solução 1. ....	30
Figura 12: Gráfico do comprimento de fila, Solução 1. ....	31
Figura 13: Tempo médio de viagem, Solução 2. ....	33
Figura 14: Gráfico do comprimento de fila, Solução 2. ....	33
Figura 15: Localização da rotatória solicitada na Solução 2. ....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Largura média e número de faixas por via.....	22
Tabela 2: Inputs utilizados nas simulações.....	23
Tabela 3: Fatores de Equivalência para UCP. ....	23
Tabela 4: Modelo de calibração, Classe W99.....	23
Tabela 5: Tempo de fase para os semáforos da interseção, caso real. ....	24
Tabela 6: Resumo dos parâmetros utilizados .....	26
Tabela 7: Tempo de fase para os semáforos da interseção, modelo 1. ....	27
Tabela 8: Tempo de fase para os semáforos da interseção, modelo 2.....	27
Tabela 9: Tempo de fase para os semáforos da interseção, modelo 3. ....	27
Tabela 10: Resultados obtidos pelo "Data Collection Results", caso real. ....	29
Tabela 11: Resumo dos valores obtidos pelo "Data Collection Results". ....	29
Tabela 12: Resumo do aumento percentual do comprimento de fila com base no Caso Real. ....	31
Tabela 13: Resultados obtidos pelo "Data Collection Results", modelo 4. ....	32
Tabela 14: Resumo dos valores obtidos pelo "Data Collection Results". ....	32

# Sumário

1.0	INTRODUÇÃO .....	12
2.0	JUSTIFICATIVA.....	12
3.0	OBJETIVOS .....	13
3.1	Objetivo Geral .....	13
3.2	Objetivos Específicos .....	13
4.0	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1	Cidade .....	13
4.2	Mobilidade Urbana.....	14
4.3	Mobilidade a pé .....	15
4.4	Microsimuladores .....	17
5.0	METODOLOGIA .....	20
5.1	Caracterização da intersecção semaforizada.....	20
5.2	Calibração do simulador para o caso real .....	22
5.3	Calibração do simulador para a solução 1 .....	25
5.4	Calibração do simulador para a solução 2 .....	27
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	29
7.	CONCLUSÕES.....	35
8.	REFERÊNCIAS.....	36

## 1.0 INTRODUÇÃO

O consumismo é a ideologia que permeia a sociedade contemporânea, que visa mais os valores e significados dos produtos que consomem, do que a real satisfação das necessidades (SILVA; FLAIN, 2017). Além disso, o governo – em 2012 – cortou impostos e juros de carros, reduziu o IOF para financiamentos e aumentou o prazo para comprar os veículos a prazo, o que incentivou uma entrada expressiva de veículos nas vias urbanas.

Segundo Vasconcellos (2000), as condições das vias têm grande impacto nas condições do transporte e do trânsito, para viagens a pé e para meios motorizados. Logo, o aumento da frota gerou desconforto dentro dos centros urbanos devido ao número da frota ter aumentado sem um planejamento adequado.

Tal desconforto não se resume apenas aos veículos motorizados, mas também, aos pedestres que precisam disputar o espaço urbano para se locomover. Andar a pé é a forma mais antiga e sustentável de transporte. Esta forma de deslocamento é ignorada por muitos pensadores e tomadores de decisão nos grandes centros urbanos. Como consequência, a maioria das ações e políticas de circulação e transporte em nossas cidades não concede a devida atenção à mobilidade a pé e à infraestrutura necessária para tal, impondo condições de deslocamentos não condizentes com a qualidade merecida pelo cidadão que opta pela caminhada em suas viagens cotidianas (MALATESTA, 2016).

Como proposta para melhorar a infraestrutura e, conseqüentemente, as condições dos pedestres, o estudo das interações entre pedestres e veículos através de microssimuladores é de suma importância, pois é possível modelar casos reais e encontrar parâmetros para serem modificados com o intuito de obter melhores resultados.

## 2.0 JUSTIFICATIVA

Com a lei nº 12.587/2012 – conhecida como Lei da Mobilidade Urbana – o desenvolvimento urbano passa a ser tratado de forma a objetivar a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade. Esta que, por vezes, falta nas interseções semaforizadas, deixando o pedestre à mercê das "oportunidades", como a diminuição do fluxo de veículos, motoristas diminuindo a velocidade ou parando.

As travessias de pedestres representam o local onde ocorrem as principais interações entre veículos e pedestres. Estas interações são responsáveis por atrasos nos deslocamentos e maior exposição ao risco de acidentes. (JACOBSEN, 2011).

A forma mais eficiente, no momento, para buscar soluções no gerenciamento de tráfego é com o uso de simulações. Segundo Pinheiro (2018), grande parte das obras ou modificações associadas à Engenharia de Tráfego envolvem custos e tempo. Para solucionar isso, recorrem-se à utilização de modelos de tráfego, que busca simplificar ao máximo todas as tarefas envolvidas numa obra deste gênero.

No entanto, uma das principais dificuldades encontradas na elaboração dos modelos, é a possibilidade de escolha dos motoristas e pedestres. Um parâmetro de difícil coleta em campo, pois nem sempre fica claro se um pedestre que não violou o sinal vermelho o fez porque respeita a sinalização semafórica ou porque ele é um pedestre que não conseguiu achar uma brecha aceitável para a travessia (MARTÍN et al., 2019).

Logo, a representação do comportamento dos pedestres e motoristas devem ser considerados nas simulações e apresentar uma solução que contemplem as partes envolvidas. Para isso, a utilização de simuladores para testar condições diferentes se faz útil.

### 3.0 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Propor soluções de implementação e priorização do tráfego de pedestres em interseção semafórica localizada em Campina Grande - PB, utilizando microssimulador de tráfego.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar o comportamento do tamanho de filas dos veículos a partir da proposta de priorização do tráfego de pedestres;
- b) Simular a necessidade de ampliação do tempo de vermelho;
- c) Analisar a possibilidade da inclusão de semáforos para pedestres na interseção do objeto de estudo para implementação de uma faixa de pedestres na diagonal;
- d) Analisar a possibilidade de inclusão de faixas transversais na área da interseção para viabilizar a priorização dos pedestres.

### 4.0 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 4.1 Cidade

Para Rolnik (2017), a cidade é como um ímã antes mesmo de se tornar um local permanente de trabalho e moradia. Com a técnica do tijolo cozido, permitiu-se a realização de obras físicas das formas imaginadas, o que possibilitou a criação de ambientes como templos.

Com isso, o nomadismo se tornou cada vez menor e mais pessoas começaram a se concentrar em locais fixos por períodos mais longos. Ao passar do tempo, as cidades começam a ficar cada vez maiores e mais populosas, e a necessidade de possuir um ambiente mais estruturado para suportar tal número de pessoas se faz indispensável, surgindo o termo cidades planejadas.

Segundo Gelh (2013), uma cidade planejada para pessoas é uma cidade viva, segura, sustentável e saudável. Para que isso seja uma realidade, a cidade precisa ter

segurança nos espaços públicos e possuir ambientes bem planejados para o convívio e socialização. Ele destaca que algumas medidas de segurança implantadas pelos moradores como a utilização de muros altos, cercas elétricas e patrulhamento não favorecem a socialização, pois tornam o ambiente sem vida, sem atrativos.

Gelb (2013), ainda descreve que os espaços públicos necessitam de maior atenção, pois em sua grande maioria esses ambientes apresentam pouca manutenção, poluição excessiva e ausência de acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida. Todos esses fatores contribuem para minimizar as chances de as pessoas optarem pelo transporte a pé, reduzindo ainda mais o convívio social e cultural daquele local, o que aumenta a insegurança dos que por ali passam.

#### 4.2 Mobilidade Urbana

A mobilidade urbana é definida como a facilidade de deslocamento das pessoas e bens na cidade, tendo em vista a complexidade das atividades econômicas e sociais nela desenvolvidas (SEMOB, 2005). Logo, a mobilidade urbana pode ser entendida como a qualidade do ato de se locomover dentro do ambiente urbano afim de desenvolver relações sociais e/ou econômicas. Contudo, são encontrados alguns problemas advindos do crescimento rápido e sem organização ocasionando na má qualidade em todo o sistema de mobilidade seja ele por ônibus, metrô, outros transportes coletivos, carros ou até mesmo a pé.

Alguns dos problemas mais desagradáveis, incluindo expansão, congestionamento, dependência do petróleo e mudanças climáticas estão levando estados e localidades a recorrerem ao planejamento territorial e ao design urbano para controlar o uso de automóveis (EWING & CERVERO, 2010). O resultado causado pelo número excessivo de automóveis, são cidades poluídas, congestionadas, excessiva perda de tempo em deslocamentos, deseconomias, redução da qualidade ambiental e de vida urbana (ROCHA, 2003). Outro fato que mostra tal avanço desenfreado são os terrenos bem localizados nos centros urbanos transformando-se em estacionamentos privativos.

Um dos estudos que tem como objetivo organizar o tráfego nas cidades é o urbanismo funcional. Ele foi inspirado na Carta de Atenas, na versão de Le Corbusier, onde propõe a organização da cidade em segmentos espaciais, divididos por funções: habitação, trabalho, lazer e circulação. O sistema viário hierarquizado articula esses espaços funcionais, e a circulação dos veículos é concebida como independente em relação às edificações do seu entorno, gerando-se, a partir daí, a submissão da cidade ao poder do automóvel, que passa a determinar a estrutura das cidades atuais (ROCHA, 2003).

Contudo, em 2003, Rocha (2003) já mostrava a preocupação dos urbanistas modernos de que as ruas perdessem sua função social de convivência, recreio e se consolidariam, cada vez mais, como um espaço de uso exclusivo para o trânsito de veículos.

No entanto, há lugares em que a mobilidade urbana funciona melhor devido ao planejamento urbano. Por exemplo, nos países desenvolvidos, o planejamento se deu de

forma organizada, nos quais as pessoas de baixa renda eram alocadas no centro das cidades para que fossem evitados grandes deslocamentos até o local de trabalho. Porém, nos países subdesenvolvidos a ocupação aconteceu de forma acelerada e desordenada dentro dos centros urbanos, como também, o favorecimento de pessoas com maior poder aquisitivo que em sua maioria costumam morar mais perto do trabalho, ou seja, no centro. O que, naturalmente, ocasiona o aumento do valor dos imóveis e acaba forçando as pessoas com uma renda menor irem morar nas periferias das cidades.

Para conter e amenizar os problemas resultantes do crescimento das cidades, foi criada a lei nº 12.587/2012, denominada de Lei da Mobilidade Urbana onde institui os princípios, as diretrizes e os objetivos da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), ou seja, tanto a União quanto os estados ou municípios devem atender os requisitos impostos pela lei. O principal objetivo da Política Nacional de Mobilidade Urbana é contribuir para o acesso universal à cidade.

A lei organiza os meios de transporte em modos, os modos de transporte urbano são segregados em motorizado e não motorizado, os serviços de transporte urbano são classificados quanto ao objeto, característica do serviço ou natureza do serviço e também em relação a infraestruturas de mobilidade urbana. No presente trabalho, será dado enfoque ao modo de transporte urbano não motorizado da modalidade a pé.

#### 4.3 Mobilidade a pé

Em meados de 1975, no planejamento urbano dos transportes realizados para uma cidade, o andar a pé não era considerado como meio de deslocamento (TCBR, 1997). Pois andar a pé é uma condição tão natural do ser humano e, por ser um ato realizado quase que inconscientemente, seus princípios básicos muitas vezes sequer são percebidos (MALATESTA, 2007).

Contudo, mesmo com a introdução de novos modos de transporte, a condição de pedestre é permanente, pois, de maneira geral, ao se locomoverem, a maioria das pessoas são pedestres pelo menos em algum momento de seu trajeto (GHIDINI, 2011). A Organização Mundial de Saúde – OMS – conceitua pedestres da seguinte maneira:

O pedestre é qualquer pessoa andando a pé em pelo menos parte de sua jornada. Além da forma comum de andar, um pedestre pode estar usando diversas formas modificadas e auxiliares, como cadeira de rodas, patinetes motorizados, andadores, bengalas, skates e patins. [...]. Uma pessoa também é considerada pedestre quando está correndo, trotando, escalando, ou quando estiver sentada ou deitada na via (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2013: p. 9).

De acordo com Rocha (2003), caminhar pela cidade, não recebia a devida atenção, visto a influência da indústria automobilística no país, a qual foi responsável por tornar o veículo individual um símbolo de poder, de sucesso, de ascensão social, de liberdade e em ideal de consumo da sociedade, enquanto o transporte público coletivo é relegado a um plano secundário, e os modos não-motorizados eram, praticamente, ignorados.

A mobilidade a pé costuma ser tratada de forma genérica e superficial, pois a atenção recai sobre o transporte motorizado, mesmo dando prioridade para o transporte público. As propostas para a circulação dos pedestres são dirigidas para a área central da

cidade com a criação de "calçadas"; alargamento de calçadas; sinalização de travessias semaforizadas, entre outros (ROCHA, 2003).

Em função da desvalorização desse modal é possível observar que o resultado é uma cidade sem vida, onde – segundo Gehl (2013) – é uma cidade pouco convidativa, pois apresenta poucos aspectos de segurança, sustentabilidade e saúde. Ou seja, para se obter uma cidade viva, ela precisa emitir sinais amistosos e acolhedores com a promessa de interação social a partir da vivência em locais de lazer como praças, parques, teatros, etc. Gehl (2013) ainda menciona que o importante não são os números de pessoas ou tamanho da cidade, e sim a sensação de que o espaço da cidade é convidativo e popular, o que torna o espaço significativo.

Para a construção deste espaço convidativo, *Methorst et al.* (2010) sugere a criação de espaços urbanos amigáveis aos pedestres no qual se faz necessário conhecer suas necessidades, desejos e habilidades, além das características da caminhada. Tais informações contribuem para a elaboração de projetos mais próximos a realidade dos que ali vivem que podem incluir características sustentáveis aos espaços urbanos.

O conceito de “sustentabili(ci)dade” citado por Cardoso, Carvalho e Nunes (2019), une os conceitos de sustentabilidade, cidade, mobilidade e acessibilidade. Se baseia na premissa de que o espaço urbano pode se tornar mais democrático e inclusivo caso seja (re)pensado, (re)planejado e (re)construído a partir de processos que viabilizem condições de acessibilidade e mobilidade espaciais mais igualitárias à população, de modo a propiciar uma maior apropriação dos espaços públicos e acesso às diversas oportunidades oferecidas pelas cidades.

Com isso, a Lei da Mobilidade Urbana, nº 12.587/2012, traz em um dos seus fundamentos a necessidade de as cidades possuírem um desenvolvimento sustentável, nas dimensões socioeconômicas e ambientais, pois um dos problemas é a poluição causada pelo grande número de automóveis e as doenças dela decorrente. O setor de transporte está entre um dos setores que tem uma taxa relevante de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) como mencionado na 24ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 24) onde mostrou que 48% de todas as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente são oriundas do setor de transporte no país (ITDP, 2019). Tais gases contribuem para as mudanças climáticas, devido a emissão de material particulado.

Estudos epidemiológicos no Brasil têm evidenciado associações de material particulado com a incidência de doenças. *Pandya et al.* (2002) mostram que a exposição a níveis elevados da queima de combustíveis, incluindo o diesel, pode levar pessoas que não tem predisposição a asma, apresentarem sintomas parecidos, incluindo vias aéreas hiperreativas, limitação do fluxo aéreo e reversibilidade com broncodilatadores. Porém, ressalta que também há evidências epidemiológicas de que a exposição crônica ao escapamento de diesel em níveis ambientais mais baixos também pode estar associada a níveis elevados de sintomas respiratórios.

Segundo Benedet (2015), conseguir obter os custos da poluição, é muito complexo, em razão da necessidade de prever seus efeitos na saúde das pessoas e, posteriormente, quantificar os custos resultantes. Logo, ao considerar as dificuldades metodológicas e de coleta de informações, somados à dificuldade de se atribuir valor

monetário aos impactos, geram estimativas aproximadas do custo total do transporte, podendo-se apenas fazer inferências gerais a respeito de sua grandeza e magnitude.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, OMS (2010), a busca por formas alternativas de locomoção, como caminhadas, contribui tanto para a redução nos índices de poluição do ar quanto para o aumento nos índices de atividade física, o que reflete positivamente na saúde da população e ainda aponta que pessoas que se deslocam para o trabalho a pé, de bicicleta ou em transporte público têm menor incidência de sobrepeso e obesidade do que pessoas que dirigem para o trabalho.

O sedentarismo, por exemplo, custa à economia global US\$ 67,5 bilhões. Desse total, US\$ 58,8 bi são gastos anualmente em cuidados médicos decorrentes da inércia prolongada, além de US\$ 13,7 bi que são perdidos todos os anos em produtividade (DAS; HORTON, 2016). Ou seja, o transporte a pé, além de trazer economia na saúde pública. Um estudo europeu estimou que uma pessoa que deixou de dirigir por andar em uma jornada de 2,5 km até o trabalho recebe benefícios de saúde no valor de € 1300 por ano (VICTORIA WALKS, 2020). Bem como, a caminhada estimula a economia local, pois com mais pessoas caminhando a pé, o comércio local cresce, há geração de empregos e a renda per capita aumenta.

#### 4.4 Microssimuladores

Planejar a circulação rodoviária de uma cidade é um processo muito complexo e trabalhoso. Logo, a possibilidade de realizar simulações para representar o comportamento de pedestres foi algo de grande valia, visto que grande parte das obras ou modificações associadas à Engenharia de Tráfego envolvem custos e tempo. Assim, se tornou possível recorrer à utilização de modelos de tráfego para se ter uma ideia do resultado final (PINHEIRO, 2018). Ou seja, os simuladores permitem um estudo mais aprofundado e a possibilidade de construir um modelo que se aproxime ao máximo da realidade.

Contudo, os primeiros simuladores trabalhavam apenas com os veículos, mas – desde 2009 – com o VISSIM (PTV, 2009), já se consegue desenvolver modelos para representar o comportamento de pedestres. O PTV Vissim é um simulador de fluxo de tráfego micro/mesoscópico multimodal desenvolvido pela PTV Planung Transport Verkehr AG, no qual possibilita construir modelos e estudar cada aspecto dos tipos de transportes individualmente podendo prever os prováveis impactos de cada um sobre o outro, sendo denominado por microssimulações.

Estes modelos multimodais conseguem até avaliar qual a solução de gerenciamento de tráfego que minimiza os atrasos de todos os usuários, enquanto historicamente eram avaliados apenas os atrasos dos veículos (JACOBSEN, 2011).

Porém, uma das principais dificuldades encontradas na elaboração do modelo dos pedestres, é a possibilidade de escolha do mesmo. Este é um parâmetro de difícil coleta em campo, pois nem sempre fica claro se um pedestre que não violou o sinal vermelho o fez porque respeita a sinalização semaforica ou porque ele é um pedestre que não conseguiu achar uma brecha aceitável para a travessia (MARTÍN et al., 2019).

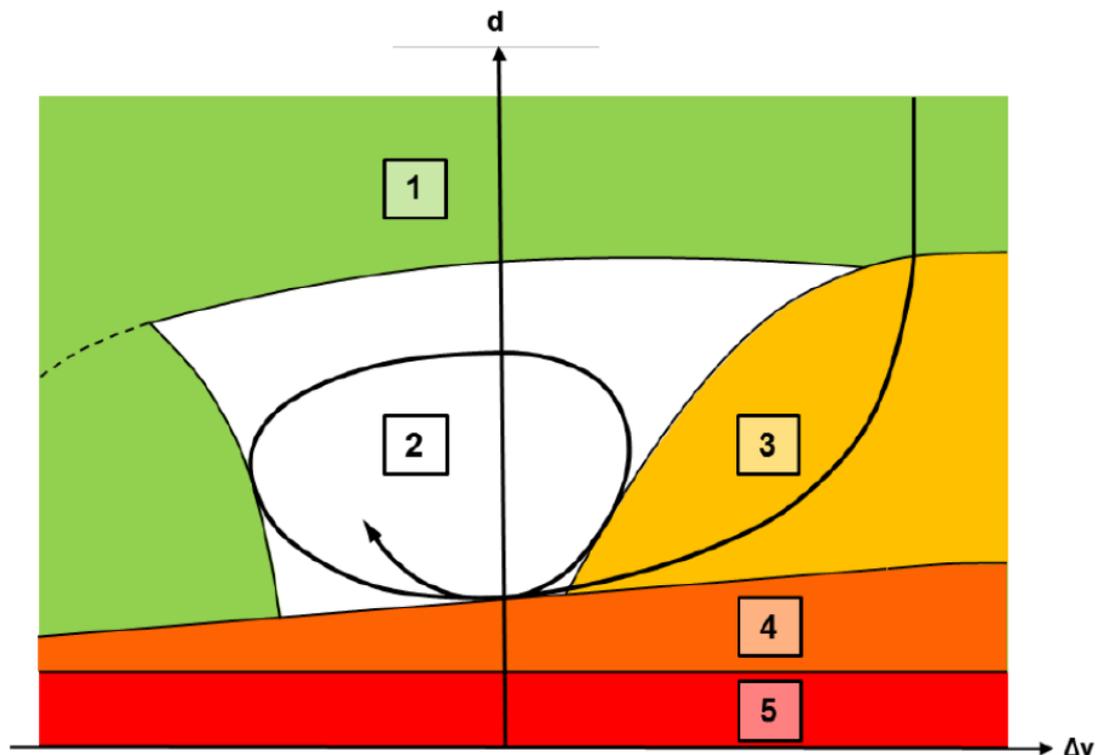
Ao avaliar os atrasos de pedestres e veículos, pode ser aplicado nos modelos o comportamento médio dos pedestres. Tal simplificação ainda permite obter resultados satisfatórios. Quando o modelo tem ênfase na segurança de pedestres, busca-se reproduzir da forma mais realista possível os processos de decisão de pedestres e motoristas em situações complexas. Um exemplo disso são pedestres atravessando vias nas brechas no fluxo de veículos e/ou veículos dando preferência à travessia de pedestres (JACOBSEN, 2011).

Em se tratando de simulação, ela pode ser realizada com o uso do microssimulador VISSIM e pode ser executada de duas formas: pelo modelo de Wiedemann 74 (WIEDEMANN E REITER, 1992) ou pelo modelo de força social (HELBING E MÖLNAR, 1995). O que difere um do outro é a abordagem quanto ao deslocamento do pedestre: no modelo de Wiedemann 74, os pedestres só podem se deslocar em uma direção; já no modelo de força social, os pedestres podem se deslocar em mais de uma direção (MARTÍN et al., 2019).

O VISSIM usa como base o modelo de percepção psicofísica desenvolvido por Wiedemann (1974). Tal modelo considera que um motorista ao descrever um movimento mais rápido, ele começará a desacelerar a partir do momento que perceber um veículo mais lento. Depois disso, o motorista irá acelerar novamente após ter tido uma nova percepção de velocidades, pois agora ele encontra-se a uma velocidade inferior ao do outro veículo. Em suma, há uma constante aceleração e desaceleração do veículo. O comportamento do veículo funciona em função da velocidade e da distância do obstáculo (PINHEIRO, 2018).

Para a realização destas simulações, se faz necessário a utilização de submodelos como o *car-following* (Figura 1) no qual busca representar o processo a partir do qual os condutores determinam a sua velocidade e espaçamento em relação aos veículos que estão à sua frente, tratando-se assim de um comportamento estímulo-resposta (Noronha, 2016). Os algoritmos que descrevem este fenômeno são responsáveis pelas interações/conflitos longitudinais que possam levar à ocorrência de colisões traseiras (Cunto e Loureiro, 2011).

Figura 1: Modelo de car-following de acordo com Wiedemann (1974).



Fonte: Pinheiro (2005).

Na Figura 1, tem-se a representação do modelo *car-following* de acordo com Wiedemann (1974), onde o eixo das abcissas representa a variação de velocidade e, no eixo das ordenadas, a distância. Os números presentes na figura têm o seguinte significado:

1. Situação de circulação livre;
2. Situação de seguimento;
3. Situação de aproximação;
4. Situação de frenagem;
5. Situação de colisão.

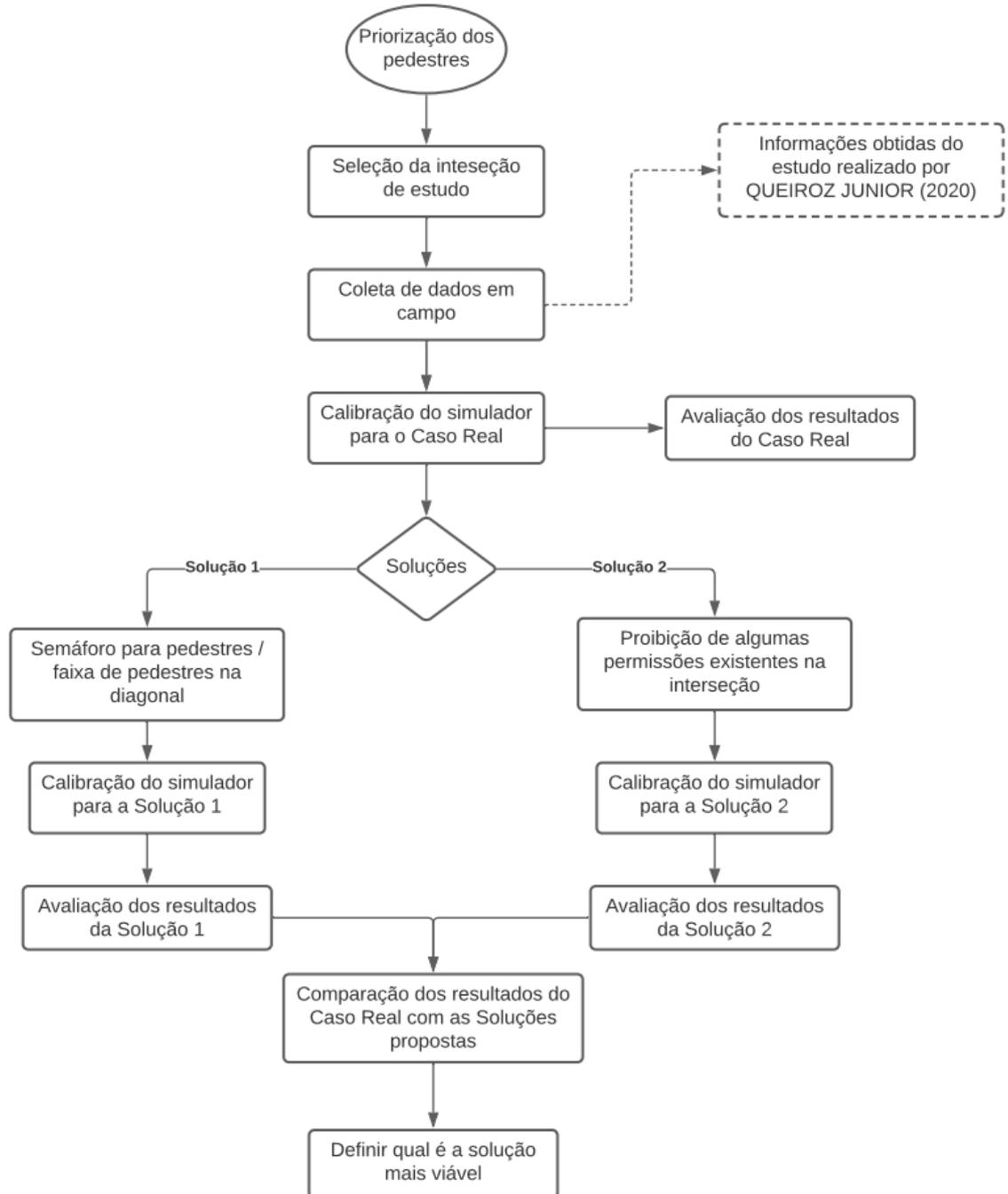
E a seta representa o modo de circulação do veículo que, começa em um estado de circulação livre e desimpedida, seguindo-se a percepção de um novo veículo a uma velocidade diferente e, por fim, entrando num estado de seguimento (pelotão) (PINHEIRO, 2018).

O modelo de força social implementado no VISSIM é uma adaptação do modelo original de Helbing e Mölnar (1995). Ele é composto por 20 parâmetros, dos quais 12 são referentes ao modelo original de Helbing e Mölnar (1995) e 8 são parâmetros globais do simulador. O programador tem a liberdade de criar grupos segundo o gênero (homem ou mulher), a faixa etária (criança, jovem, adulto ou idoso) e a dificuldade de locomoção (pessoa com mobilidade reduzida) (MARTÍN et al., 2019).

## 5.0 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido com a metodologia que seguiu as etapas descritas no fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma das etapas realizadas.



Fonte: Figura do autor.

### 5.1 Caracterização da intersecção semaforizada

A interseção definida para estudo está localizada na cidade de Campina Grande-PB e está situada entre a Avenida Canal, Avenida Quebra Quilos e Campo Sales como indicado na Figura 3.

Figura 3: Trecho analisado entre a Avenida Canal, Avenida Quebra Quilos e Campo Sales.



Fonte: Google Earth (2021).

A Figura 4 está indica a posição dos três semáforos existentes, como também, o sentido do fluxo nas vias. Na Avenida Canal (seta vermelha), encontram-se três faixas de rolamento no sentido único (Catolé-Centro), sendo uma delas exclusiva para ônibus. No outro sentido da Avenida Canal (seta azul) também há três faixas com sentido único (Centro-Catolé), sendo uma exclusiva para ônibus. A Rua Campos Sales (seta verde) possui duas faixas, uma em cada sentido. Por fim, a rua Quebra Quilos possui duas faixas com sentido único (seta amarela) como ilustrado na Figura 4. Nesta interseção constam quatro faixas de pedestres, sendo uma na rua Campo Sales, outra na Quebra Quilos e duas na Avenida Canal, como indicado na Figura 5 com uma imagem retirada da construção da simulação.

Figura 4: Locação dos semáforos contidos na interseção e sentido das vias.



Fonte: Google Earth (2021).

## 5.2 Calibração do simulador para o caso real

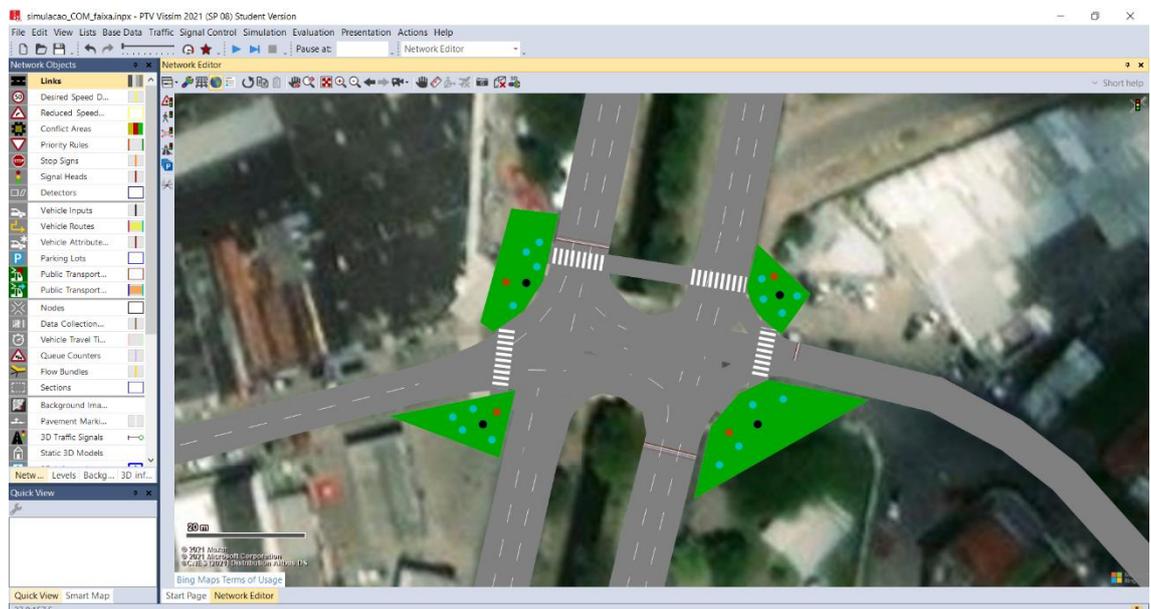
Para elaboração de um modelo que simulasse a situação real do tráfego na interseção, foi necessário a coleta de dados em campo com o objetivo de usá-los para calibração e validação desse modelo. O *software* usado para isso foi o PTV VISSIM 2021, no qual iniciou-se localizando a interseção e posteriormente foram sendo adicionadas outras informações, como as faixas de rolamento com suas respectivas larguras indicadas na Tabela 1. Também foi definido o sentido do fluxo dos veículos, a posição dos semáforos, das faixas de pedestres como ilustrado nas Figura 4 e 5.

Tabela 1: Largura média e número de faixas por via.

VIA	Nº DE FAIXAS	LARGURA MÉDIA DA FAIXA
AV. CANAL (CAT - CENT)	3	3,00
AV. CANAL (CENT - CAT)	3	3,00
RUA CAMPOS SALES	2	3,00
RUA QUEBRA QUILOS	2	3,00

Fonte: QUEIROZ JUNIOR (2020).

Figura 5: Interseção modelada no PTV Vissim.



Fonte: Figura do autor.

Para efetuar a simulação, os volumes médios dos veículos foram inseridos com o uso da ferramenta “*Vehicle Inputs*” usando os valores coletados por Queiroz Júnior (2020) que estão apresentados na Tabela 2, vale ressaltar que durante a coleta do volume médio dos veículos, o país estava passando pelo início da pandemia causada pelo coronavírus (COVID-19). O volume médio dos veículos coletado em campo foi convertido para Unidade de Carro de Passeio (UCP) a partir dos fatores de equivalência apresentados na Tabela 3 que são indicados no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (DENATRAN, 2007). Após conversão, os volumes médios para cada avenida

tiveram um acréscimo de 30% do tempo requerido para entrada da UCP na simulação, das variações nas leituras do volume de veículos por fase semafórica, como também, devido a função *input*, pois, em uma hora de ocorrência do trânsito, a variação foge da média observada e a adição de 30% cobre esta variação.

Tabela 2: *Inputs* utilizados nas simulações.

VIA	VOLUME	
	0%	30%
AV. CANAL (CAT - CENT)	1.132,0	1.472,0
AV. CANAL (CENT - CAT)	736,0	957,0
RUA CAMPOS SALES	340,0	442,0

Fonte: QUEIROZ JUNIOR (2020).

Tabela 3: Fatores de Equivalência para UCP.

TIPO DE VEÍCULO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA
Automóvel	1,00
Motocicleta	0,33
Ônibus	2,00
Caminhão (2 eixos)	2,00
Caminhão (3 eixos)	3,00

Fonte: DETRAN, 2007.

Em se tratando da velocidade usada para simulação, foi definido o valor de 40 km/h, devido as vias que configuram a interseção estudada serem consideradas coletoras, conforme Código de Trânsito Brasileiro, Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. O valor da velocidade desejada é adicionado através da ferramenta “*Vehicle Compositions*” encontrada na barra de menu.

A partir dos dados obtidos da calibração do caso real apresentado por Queiroz Júnior (2020) nesta interseção, foi possível determinar os parâmetros necessários do modelo *car-following* Wiedemann 99. Tais parâmetros possibilitam o *software* representar o comportamento real presenciado em campo. Os parâmetros utilizados na simulação estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Modelo de calibração, Classe W99.

PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO									
CC0	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7	CC8	CC9
1,5	0,9	4	-1,5	-0,8	0,8	3	0,25	2,5	2,25

Fonte: QUEIROZ JUNIOR (2020).

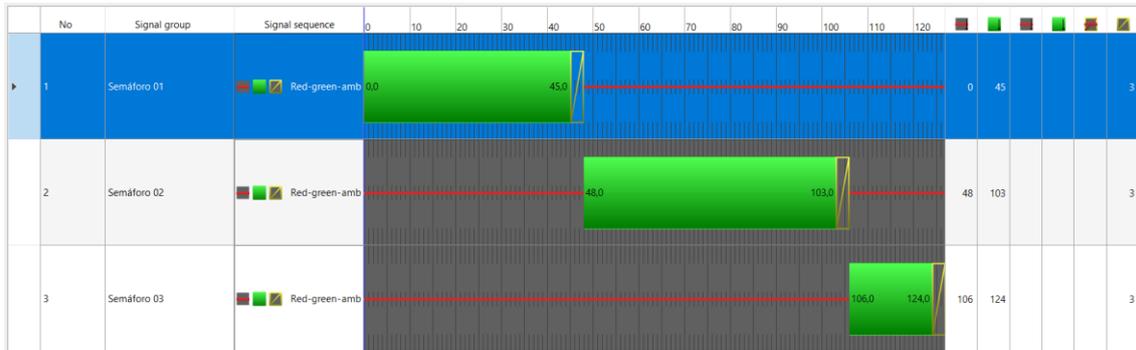
Em seguida, programou-se os semáforos de acordo com o caso real. Os tempos de verde, vermelho e amarelo para cada semáforo foram contabilizados em campo por Queiroz Júnior (2020), com o uso de cronômetros, de modo que os valores são apresentados na Tabela 5 e o ciclo semafórico ilustrado na Figura 6.

Tabela 5: Tempo de fase para os semáforos da interseção, caso real.

SEMÁFORO	TEMPO DE CLICLO (s)			
	VERDE	VERMELHO	AMARELO	TOTAL
01	45	79	3	127
02	55	69	3	127
03	18	106	3	127

Fonte: QUEIROZ JUNIOR (2020).

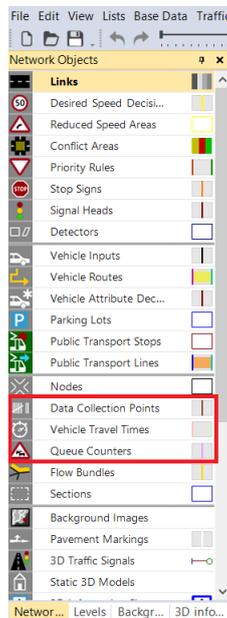
Figura 6: Ciclo semafórico, caso real.



Fonte: Figura do autor.

Assim, utilizou-se das ferramentas *Data Collection Points*, *Vehicle Travel Times* e *Queue Counters* indicadas na Figura 7. Cada uma dessas ferramentas foi locada no início do *link* (via) e finalizada no semáforo correspondente a via com o objetivo de coletar as informações necessárias para estudo.

Figura 7: Barra de ferramenta, Network Objects



Fonte: Figura do autor.

A ferramenta *Data Collection Points* possibilita a obtenção dos resultados de aceleração, distância percorrida, comprimento médio dos veículos, quantidade de

veículos em um dado intervalo de tempo, número de pessoas dentro dos veículos e média aritmética da velocidade dos veículos. E, para obter esses dados, a ferramenta *Data Collection Points* foi inserida em cima de cada semáforo.

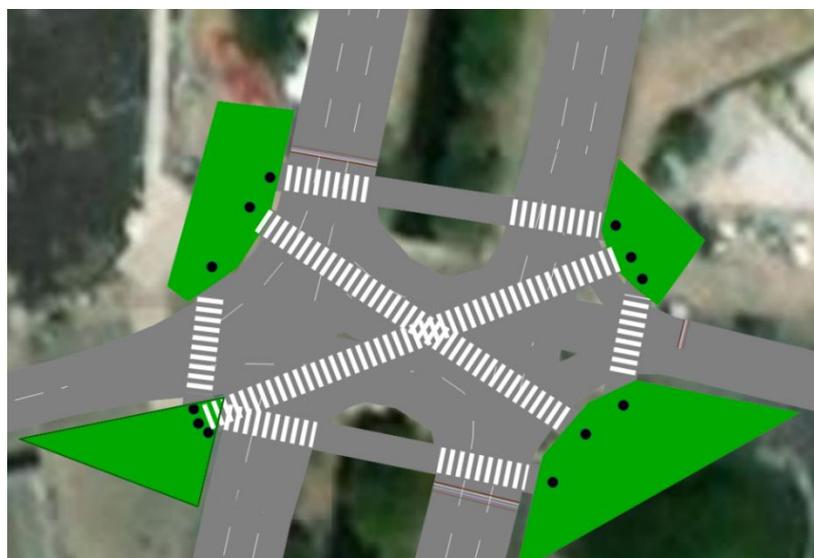
A ferramenta *Vehicle Travel Times* mostra o tempo médio que leva para o veículo percorrer a distância entre o início do *link* até o semáforo. E a ferramenta *Queue Counters* fornece o comprimento médio e máximo da fila. Para obter as informações do que acontece antes de cada semáforo, as ferramentas foram posicionadas no início de cada *link* e em cima de cada semáforo correspondente a via.

Com isso, foi possível obter pela simulação os resultados desejados para o caso real, como comprimento da via criada no *link*, o número médio de veículos que passou, o número médio de pessoas que estavam dentro dos veículos, a velocidade média dos mesmos, tempo médio de viagem e comprimento de fila que serão usados como parâmetros para comparações entre os outros modelos propostos.

### 5.3 Calibração do simulador para a solução 1

Após obter os resultados de comprimento de fila, tempo médio de viagem, número de veículos e passageiros, realizou-se uma nova configuração semafórica para inserção de duas faixa de pedestre na diagonal (Figura 8) com o objetivo de priorizar a travessia dos pedestres nesta interseção, visto que, ao invés dos pedestres efetuarem a travessia em duas instâncias (uma faixa por vez), ele pode utilizar da faixa disposta na diagonal e realizar o deslocamento de uma só vez, como proposto para solução 1. Foram propostos 3 modelos com tempos de vermelhos distintos para os semáforos 1, 2 e 3, baseando-se no tempo médio de caminhada dos pedestres, podendo assim, analisar o comportamento esperado com inserção do semáforo para pedestres.

Figura 8: Faixa de pedestre diagonal (solução 1).



Fonte: Figura do autor.

Ao utilizar o *Google Earth*, é possível identificar que a faixa transversal de maior comprimento possui, aproximadamente, 45 metros. E, segundo um estudo realizado por Duim & Antunes (2017), os idosos se deslocam com uma velocidade média de 0,90 m/s. Logo, com uma velocidade de 0,90 m/s, para percorrer uma distância de 45 metros, seriam necessários 50 segundos como mostrado a seguir (Equação 1) ao utilizar a função horária do espaço.

$$S = S_0 + v \cdot t \quad (\text{Eq. 1})$$

$$45[m] = 0 + 0,9[m/s] \cdot t$$

$$t = 50[s]$$

Onde:

$S$ : posição final;

$S_0$ : posição inicial;

$v$ : velocidade;

$t$ : tempo.

Após obter os dados para o caso real, foram inseridos semáforos para pedestre (indicados com pontos pretos na Figura 8) na interseção no qual viabiliza a implementação de uma faixa de pedestre diagonal. O tempo de verde para o semáforo de pedestres levou em conta a velocidade média desenvolvida pelos mesmos, onde foram adotadas três velocidades para comparar seus resultados e nomeando cada caso como modelo. As velocidades foram de 1,50 m/s, 1,20 m/s e 0,90 m/s. Para cada velocidade, levariam, respectivamente, 30 segundos, 37,50 segundos e 50 segundos para atravessar a faixa diagonal que possui 45 metros, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6: Resumo dos parâmetros utilizados

	<b>VELOCIDADE MÉDIA DE CAMINHADA (m/s)</b>	<b>TEMPO ADICIONAL DE VERMELHO (s)</b>
<b>CASO REAL (CR)</b>	-	-
<b>MODELO 1 (M1)</b>	1,50	30,00
<b>MODELO 2 (M2)</b>	1,20	37,50
<b>MODELO 3 (M3)</b>	0,90	50,00

Fonte: Tabela do autor.

A proposta é que haja semáforos para pedestres que, ao ficarem verde, todos os sinais para veículos (semáforo 1, semáforo 2 e semáforo 3) fiquem vermelhos pelo tempo necessário para a travessia dos pedestres em cada modelo. Logo, os novos tempos de vermelho estão listados nas Tabelas 7, 8 e 9.

Tabela 7: Tempo de fase para os semáforos da interseção, modelo 1.

<b>TEMPO DE CLICLO (s)</b>				
<b>SEMÁFORO</b>	<b>VERDE</b>	<b>VERMELHO</b>	<b>AMARELO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>01</b>	45	109	3	157
<b>02</b>	55	99	3	157
<b>03</b>	18	136	3	157

Fonte: Tabela do autor.

Tabela 8: Tempo de fase para os semáforos da interseção, modelo 2.

<b>TEMPO DE CLICLO (s)</b>				
<b>SEMÁFORO</b>	<b>VERDE</b>	<b>VERMELHO</b>	<b>AMARELO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>01</b>	45	116,50	3	164,50
<b>02</b>	55	106,50	3	164,50
<b>03</b>	18	143,50	3	164,50

Fonte: Tabela do autor.

Tabela 9: Tempo de fase para os semáforos da interseção, modelo 3.

<b>TEMPO DE CLICLO (s)</b>				
<b>SEMÁFORO</b>	<b>VERDE</b>	<b>VERMELHO</b>	<b>AMARELO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>01</b>	45	129	3	177,00
<b>02</b>	55	119	3	177,00
<b>03</b>	18	156	3	177,00

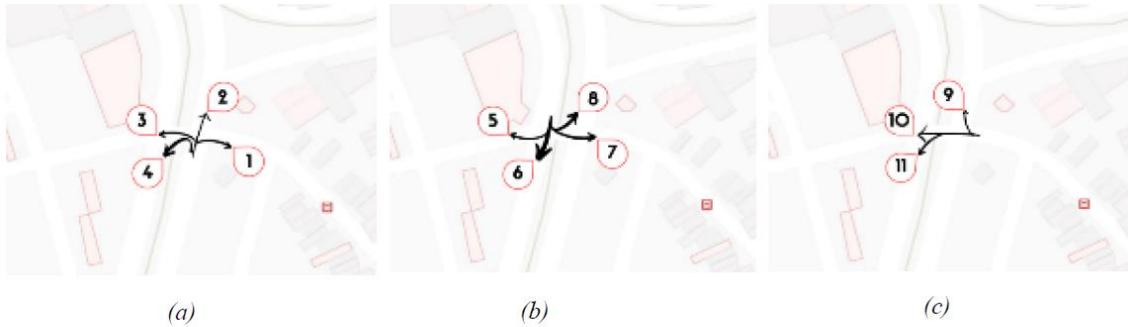
Fonte: Tabela do autor.

Com essa nova configuração de semáforo para cada modelo, é possível rodar a simulação e obter os resultados referente a esta modificação através das ferramentas *Data Collection Points*, *Vehicle Travel Times* e *Queue Counters*. Tornando-se assim possível analisar e comparar os resultados com o caso real.

#### 5.4 Calibração do simulador para a solução 2

A solução 2 (Modelo 4) tem como proposta modificar as permissões de movimentos existente para cada via (Av. Canal (CAT-CENT), Av. Canal (CENT-CAT) e a rua Campos Sales). As permissões atuais estão ilustradas na Figura 9.

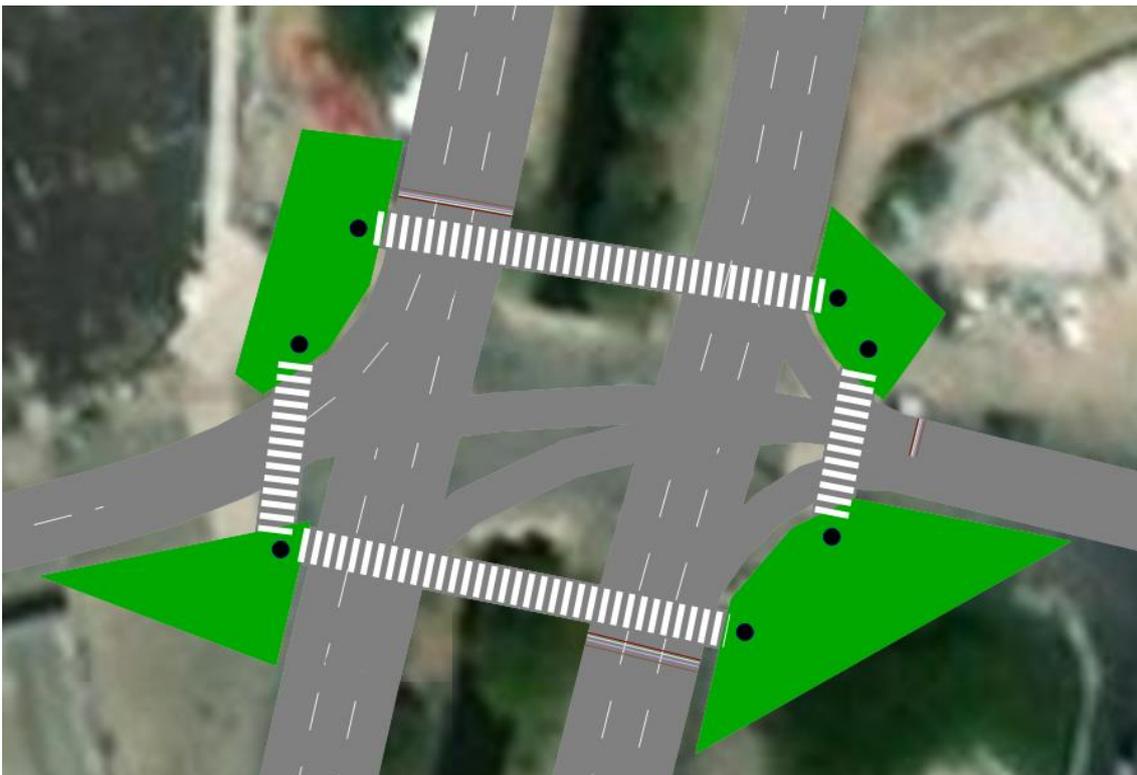
Figura 9: Movimentações possíveis nas vias integrantes da interseção estudada, sendo (a) Av Canal (CAT-CENT), (b) Av Canal (CENT-CAT) e (c) Rua Campos Sales.



Fonte: QUEIROZ JUNIOR (2020).

Devido ao elevado número de movimentações possíveis em cada via, o deslocamento dos pedestres fica prejudicado, pois depende se os motoristas vão ou não optar por aquele caminho. Então, a proposta é de retirar as movimentações 3, 4, 7 e 8 ilustradas na Figura 9. Com isso, a travessia por uma faixa de pedestres transversal (Figura 10) seria melhor habilitada, visto que aquele percurso não estaria mais sendo tão solicitado.

Figura 10: Faixa de pedestre transversal (solução 2).



Fonte: Figura do autor.

A calibragem foi realizada da mesma forma que o Caso Real, utilizando o volume de veículos de 30% (Tabela 2), o mesmo parâmetro de calibração de Wiedmann 99 (Tabela 4), e o mesmo tempo de ciclo para o Caso Real (Tabela 5), modificando apenas o número de movimentos possíveis como discutido anteriormente e implementando as ferramentas *Data Collection Points*, *Vehicle Travel Times* e *Queue Counters* para obter as informações advindas destas mudanças e comparar com o Caso Real e a Solução 1, para assim, definir qual proposta favorece melhor as duas partes, pedestres e motoristas.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram propostas 2 soluções que buscassem mudanças que para tornar a interseção mais inclusiva. A Solução 1 propõe a implementação de semáforos para pedestres que habilite uma faixa de pedestre diagonal, possibilitando os pedestres circularem pela interseção em estudo. A Solução 2 apresenta a possibilidade de diminuir a quantidade de movimentações possíveis para cada via, o que minimiza a solicitação de outras vias e permite um deslocamento seguro para os pedestres.

Para a Solução 1, com a Tabela 10, através do *Data Collection Points* foi possível perceber que a média do comprimento dos veículos é de 4,67 m e que há uma média de 1,4 pessoas por veículo para o caso real. Na Tabela 11, encontra-se o resumo dos resultados obtidos pelo *Data Collection Points*, onde é possível perceber que tanto o comprimento médio dos veículos como o número de pessoas por veículo se mantiveram próximo entre os modelos simulados.

Tabela 10: Resultados obtidos pelo "Data Collection Results", caso real.

<b>DATA COLLECTION MEASUREMENT EVALUATION</b>			
<b>Via</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Veículos</b>	<b>Pessoas</b>
Av. Canal (CAT-CENT)	5,24	49	103
Av. Canal (CENT-CAT)	4,45	48	48
Rua Campos Sales	4,37	28	28

Fonte: Tabela do autor.

Tabela 11: Resumo dos valores obtidos pelo "Data Collection Results".

<b>RESUMO DO "DATA COLLECTION RESULTS"</b>		
<b>Modelo</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Pessoas/Veículos</b>
Caso Real	4,67	1,43
Modelo 1	4,64	1,24
Modelo 2	4,64	1,23
Modelo 3	4,64	1,24

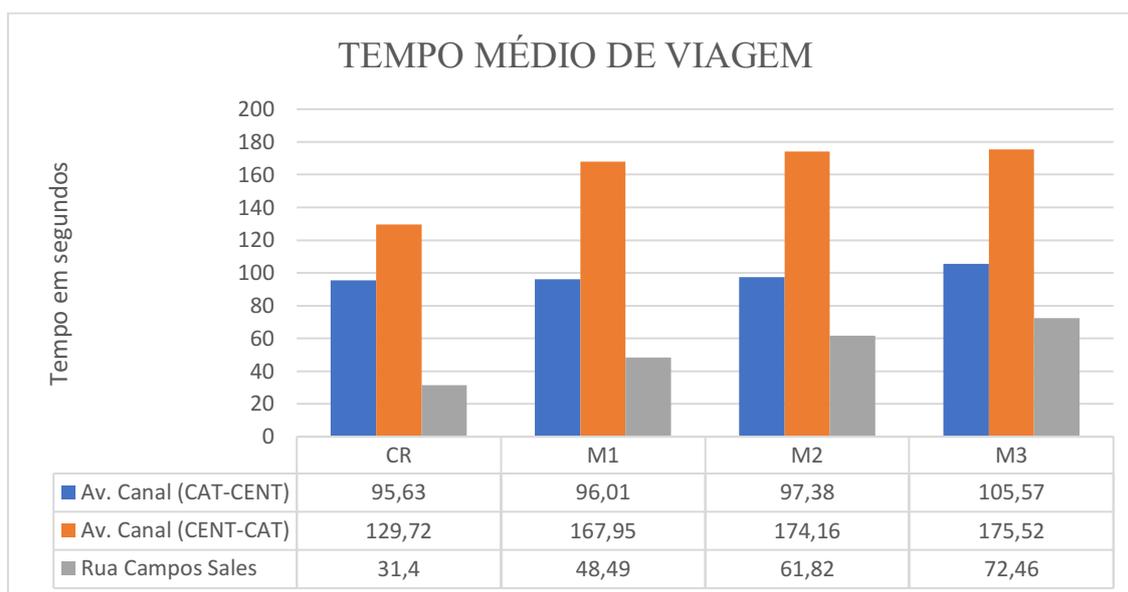
Fonte: Tabela do autor.

Com a média de pessoas por veículo é admissível dizer que há, aproximadamente 2 pessoas por veículo, e que os veículos possuem em média 4,65 m, logo, uma fila de 20 m é equivalente a, quase 5 veículos, o que implica em 10 pessoas esperando na fila dentro dos seus veículos enquanto o sinal está aberto para os pedestres atravessarem.

A partir dos resultados em gráficos, é possível identificar o comportamento durante as mudanças nos tempos de vermelho por meio do tempo médio de viagem e comprimento de fila dos automóveis.

Na Figura 11, é possível ver o comportamento referente ao tempo médio de viagem em cada via para a solução 1. Nota-se que o aumento do tempo médio de viagem é diretamente proporcional ao aumento do tempo de vermelho (Figura 11). Além do tempo médio de viagem, outro parâmetro analisado foi o comprimento de fila apresentado na Figura 12.

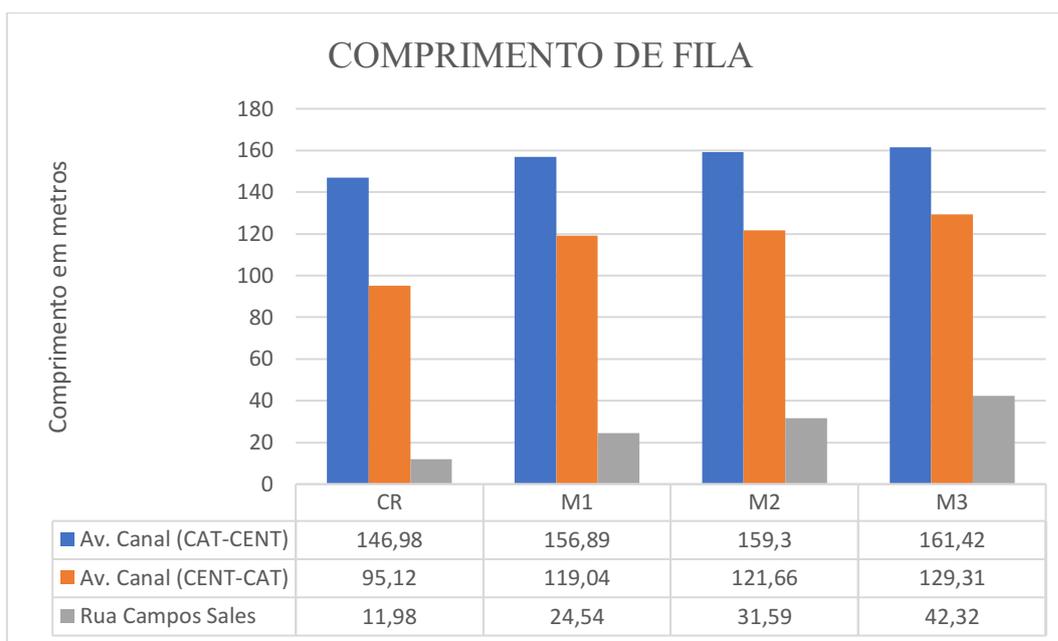
Figura 11: Tempo médio de viagem, Solução 1.



Fonte: Figura do autor.

Na Figura 12, nota-se que o comprimento de fila sem o semáforo exclusivo para pedestres (Caso Real) possui em torno de 146,98 m de comprimento. Ao adicionar o semáforo exclusivo para pedestres (Modelo 1), o comprimento de fila aumenta para 156,89 m, o que corresponde a um aumento de 9,91 m (6,74%) de fila.

Figura 12: Gráfico do comprimento de fila, Solução 1.



Fonte: Figura do autor.

Ao aumentar o tempo de vermelho adicional, o comprimento da fila também se torna maior. No caso da Av. Canal (CAT-CENT) ao comparar o tempo de vermelho adicional de 0 s (Caso Real) com o Modelo 3 (acréscimo de 50 s no tempo de vermelho), tem-se um aumento de 14,44 m de comprimento de fila o que equivale a aproximadamente 4 veículos – com comprimento médio de 4,65 m – e, uma estimativa de 8 pessoas nesta fila.

Na Avenida Canal (CENT-CAT) e na Rua Campos Sales, observou-se um aumento mais expressivo ao aumentar o tempo de vermelho, por exemplo, na Avenida Canal (CENT-CAT) encontra-se um comprimento de fila próximo a 129,31 m para o Modelo 3, enquanto para o Caso Real, um comprimento de 95,12 m, uma diferença de 35,94%. E na rua Campos Sales, para o Modelo 3, tem-se 42,32 m de fila e para o Caso Real, 11,98 m, o que implica em um aumento de 253,26% no tamanho do comprimento de fila. Na Tabela 12 encontra-se a diferença percentual entre os Modelos com relação ao Caso Real.

Tabela 12: Resumo do aumento percentual do comprimento de fila com base no Caso Real.

<b>DIFERENÇA PERCENTUAL DE AUMENTO</b>				
<b>VIA</b>	<b>CASO REAL</b>	<b>MODELO 1</b>	<b>MODELO 2</b>	<b>MODELO 3</b>
Av. Canal (CAT-CENT)	0,00%	6,74%	8,38%	9,82%
Av. Canal (CENT-CAT)	0,00%	25,15%	27,90%	35,94%
Rua Campos Sales	0,00%	104,84%	163,69%	253,26%

Fonte: Tabela do autor.

Com base nesses resultados e levando em consideração que modelos virtuais buscam representar o comportamento real da interseção, recomenda-se adotar um semáforo para pedestres com tempo de 30 s de tempo de verde (Modelo 1), pois, em todos os casos, obteve-se uma diminuição no comprimento de fila em relação a tempos maiores como visto na Tabela 12.

Para a Solução 2, nomeada de Modelo 4 (M4), os valores do comprimento médio de veículos como também os números de pessoas por veículo são mostrados nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13: Resultados obtidos pelo "Data Collection Results", modelo 4.

<b>DATA COLLECTION MEASUREMENT EVALUATION</b>			
<b>Via</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Veículos</b>	<b>Pessoas</b>
Av. Canal (CAT-CENT)	4,37	48	61
Av. Canal (CENT-CAT)	4,44	44	44
Rua Campos Sales	5,57	34	34

Fonte: Tabela do autor.

Tabela 14: Resumo dos valores obtidos pelo "Data Collection Results".

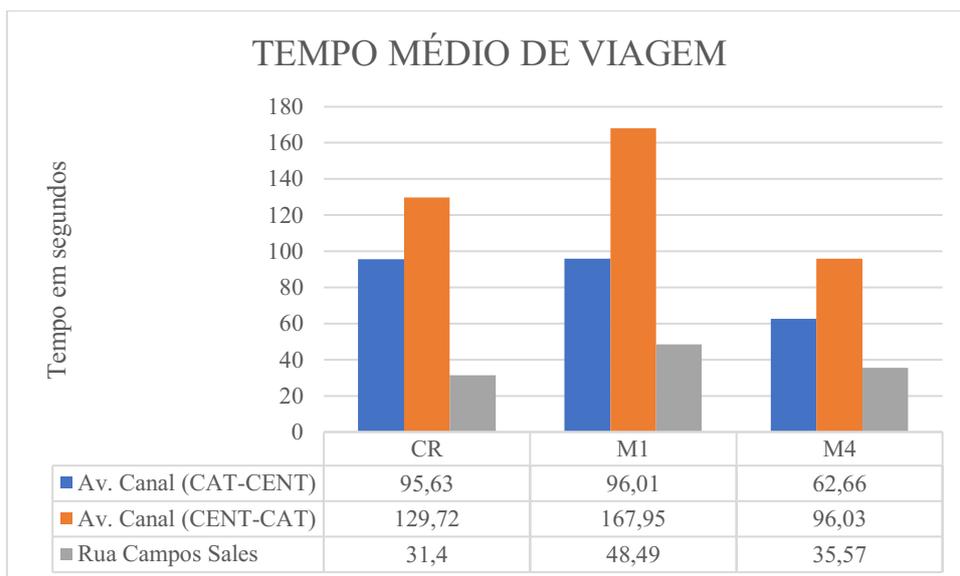
<b>RESUMO DO "DATA COLLECTION RESULTS"</b>		
<b>Modelo</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Pessoas/Veículos</b>
Caso Real	4,67	1,43
Modelo 1	4,64	1,24
Modelo 4	4,79	1,10

Fonte: Tabela do autor.

A comparação dos resultados dar-se-á entre o Caso Real, o Modelo 1 e o Modelo 4. Assim, será possível comparar as diferenças entre o melhor Modelo da Solução 1 e o Modelo da Solução 2.

Na Figura 13, é possível perceber um aumento no tempo médio de viagem entre o Modelo 1 e o Caso Real, já com relação ao Modelo 4, houve uma diminuição no tempo médio de viagem, ou seja, na Solução 2, leva-se menos tempo para percorrer a mesma distância que na Solução 1.

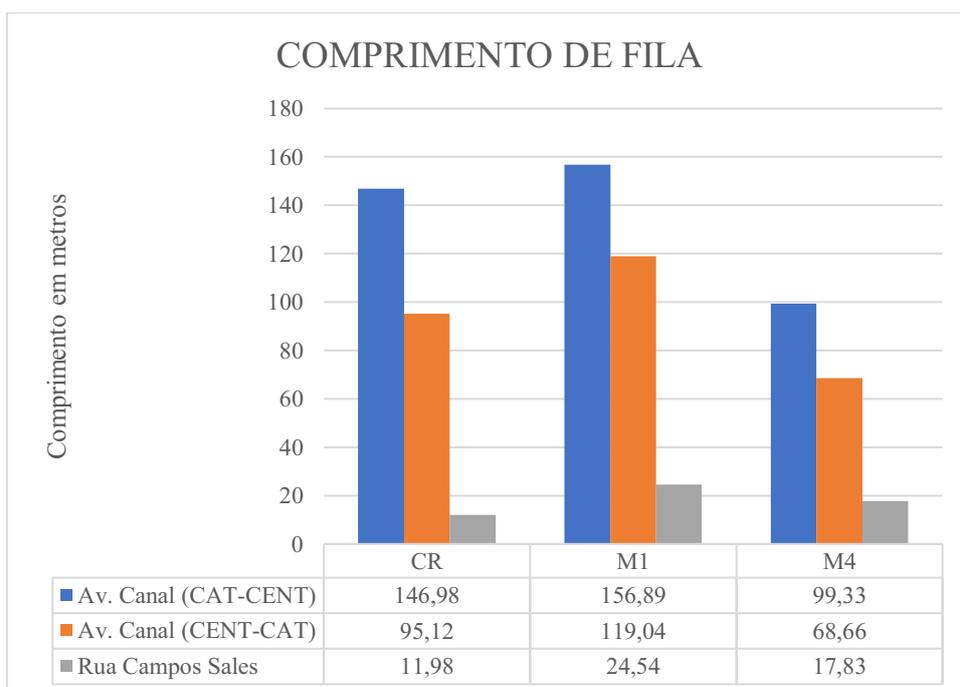
Figura 13: Tempo médio de viagem, Solução 2.



Fonte: Figura do autor.

No gráfico do comprimento de fila para a Solução 2 (Figura 14), pode-se notar um aumento no comprimento de fila entre o Modelo 1 e o Caso Real. Contudo, há uma diminuição entre Modelo 4 e o Caso Real, logo, o comprimento de fila é menor com a proposta da Solução 2.

Figura 14: Gráfico do comprimento de fila, Solução 2.



Fonte: Figura do autor.

Contudo, há um ponto a ser ressaltado nesta Solução 2 e nos resultados por ela apresentados. Por exemplo, ao analisar a Av. Canal (CAT-CENT), foi restringido os

movimentos 3 e 4 mostrados na Figura 9, ou seja, os motoristas que desejam entrar na Rua Quebra Quilos (movimento 3) ou fazem o retorno para a Av. Canal (CENT-CAT) (movimento 4) ou devem fazer o retorno na rotatória que existe mais à frente (Figura 15). Logo, é aceitável uma diminuição no comprimento de fila já que não haverá uma desaceleração por parte dos motoristas para fazer o contorno na interseção em estudo.

Figura 15: Localização da rotatória solicitada na Solução 2.



Fonte: Google Earth (2021).

Porém, a parcela de volume de veículos apresentada na Tabela 2 deveria ser reequilibrada, visto que nela está incluído o volume de veículos que decidem realizar as movimentações restritas na Solução 2. Logo, os resultados obtidos não são suficientes para determinar se ela é mais viável do que a Solução 1, pois, para obter resultados fiéis para implementação da Solução 2, tem de ampliar a seção de estudo e contemplar a rotatória e as solicitações existentes no decorrer do percurso.

## 7. CONCLUSÕES

Os *softwares* de simulação permitem realizar estudos prévios que simulem o que aconteceria no caso real, possibilitando visualizar o comportamento de propostas diferentes e comparar qual a mais viável para aquele determinado problema. Contudo, os modelos virtuais possuem uma certa margem de incerteza devido a infinidade de possibilidades existentes como, por exemplo, o comportamento dos veículos, acidentes ou até a abertura de um comércio que atraia atenção do público.

Mesmo com estas incertezas, ao optar pelo modelo virtual, evita-se a tentativa e erro de possíveis soluções adotadas, conseqüentemente, gasto de recursos financeiros com propostas menos eficientes.

Na Solução 1, foi proposto a implementação de semáforos para pedestres que habilitassem a instalação de duas faixas de pedestres na diagonal, possibilitando que os pedestres pudessem se locomover mais facilmente naquele local. A Solução 1 considerou 3 (três) modelos, cada um possuindo um tempo de ciclo diferente para os semáforos, o que permitiu analisar o comportamento dos veículos como tempo médio de viagem e comprimento médio de fila.

Os resultados apresentados na Solução 1 foram satisfatórios tanto para os pedestres como para os motoristas, ocasionando um aumento no tempo médio de viagem e comprimento de fila aceitáveis visto o conforto que traria aos pedestres.

Na Solução 2, foi proposto a modificação de permissões de movimentos existente, permitindo que os pedestres tenham mais liberdade para se locomoverem.

A Solução 2 apresentou valores menores no tempo médio de viagem e comprimento de fila, o que a tornaria mais viável, todavia, não há informações suficientes para corroborar sua real eficiência, visto que as mudanças afetariam uma região maior do que a interseção em estudo.

Desse modo, a Solução 1 é a que possui maior credibilidade entre elas, sendo a mais indicada como proposta para atender a demanda de pedestres e causando pouco impacto para os motoristas.

E, como proposta para trabalhos futuros, tem-se o estudo das interseções existentes no decorrer da Avenida Canal, desta forma, será possível obter as informações necessárias para verificar a real eficiência da proposta da Solução 2.

## 8. REFERÊNCIAS

BESSER, L., & DANNENBERG, A. (2005). Walking to public transit: Steps to help meet physical activity recommendations. *American Journal of Preventive Medicine*, 29(4), 273–280.

CARDOSO, Leandro; CARVALHO, Izabela Ribas Vianna de; NUNES, Nilson Tadeu Ramos. Caminhabilidade como instrumento de mobilidade urbana: reflexões sobre a realidade de Belo Horizonte. *Revista dos Transportes Públicos - ANTP*, [s. l.], ano 41, p. 73-94, 2. sem. 2019. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2019/7/29/rtp152-5.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

Centro de Estudos e Debates Estratégicos da Câmara dos Deputados (2015). O desafio da mobilidade urbana. Disponível em: [http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/25220/desafio\\_mobilidade\\_conle.pdf?sequence=1](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/25220/desafio_mobilidade_conle.pdf?sequence=1). Acesso em abril de 2021.

CUNTO, Flávio José Craveiro; LOUREIRO, Carlos Felipe Grangeiro. O uso da microssimulação na avaliação do desempenho da segurança viária. *Transportes*, [s. l.], v. 19, ed. 3, 2011. DOI 10.4237/transportes.v19i3.527. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/277114751\\_O\\_uso\\_da\\_microssimulacao\\_na\\_avaliacao\\_do\\_desempenho\\_da\\_seguranca\\_viaria](https://www.researchgate.net/publication/277114751_O_uso_da_microssimulacao_na_avaliacao_do_desempenho_da_seguranca_viaria). Acesso em: 30 abr. 2021.

DAS, Pamela; HORTON, Richard. Physical activity — time to take it seriously and regularly. *The Lancet*, [S. l.], v. 388, p. 1254-1255, 24 set. 2016. DOI [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31070-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31070-4). Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(16\)31070-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(16)31070-4/fulltext). Acesso em: 30 abr. 2021.

DENATRAN, D. (2007). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Brasília.

DUIM, E., et al., Walking speed of folder people and pedestrian crossing time. *Journal of Transport & Health* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jth.2017.02.001>.

ERWING, R. & CERVERO, R. (2010) Travel and the built environment: a meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*, 3(76), 87 -114. doi: 0.1080/0194436100376766.

EXPÓSITO MARTÍN, L.; PEREIRA BANDEIRA, T.; LOPES PINTO, D. G.; DE CASTRO NETO, M. M. Atraso de pedestres em travessias semaforizadas: uma comparação entre as modelagens pelo HCM e pelo microssimulador VISSIM. *TRANSPORTES*, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 128–140, 2019. DOI: 10.14295/transportes.v27i1.1581. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1581>. Acesso em: 30 abr. 2021.

FARIA, H. M. Andar a pé: mobilidade urbana e sustentabilidade nas regiões metropolitanas brasileiras. *RUA*, Campinas, SP, v. 22, n. 1, p. 127–150, 2016. DOI: 10.20396/rua.v22i1.8646073. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rua/article/view/8646073>. Acesso em: 21 abr. 2021.

GEHL, Jan. Cidades para pessoas. 1º. ed. [S. l.]: Perspectiva, 12 de agosto de 2013. 280 p. ISBN 8527309807.

GHIDINI, Roberto. A caminhabilidade: medida urbana sustentável. Revista dos Transportes Públicos ANTP. São Paulo, v. 33, 2011.

ITDP - INSTITUTE FOR TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT POLICY (2019). Mobilidade de baixo carbono. Boletim nº 1. Disponível em: <[http://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/02/MobiliDADOS\\_Boletim1.pdf](http://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/02/MobiliDADOS_Boletim1.pdf)>. Acesso em: 29/05/2021.

JACOBSEN, André Cademartori. Microsimulação. Microsimulação da travessia de pedestres. 2011. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/32007>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

MALATESTA, Maria Ermelina Brosch. Andar A Pé: A Mobilidade Sustentável E As Políticas Públicas. InSitu – Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 18-37, ago. 2016. ISSN 2446-9696. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.fiamfaam.br/index.php/situs/article/view/404>>. Acesso em: 21 abril de 2021.

MALATESTA, Maria Ermelina Brosch. Andar a pé: um transporte desvalorizado nos grandes centros urbanos. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, [s. l.], ano 38, 1. quadrimestre 2016. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2016/5/24/rtp-142-10.pdf>. Acesso em: 13 maio 2021.

METHORST, Rob; MONTERDE-I-BORT, Hector; RISSER, Ralf; SAUTER, Daniel; TIGHT, Miles; WALKER, Jim. (2010). PQN Final Report (Pedestrians' Quality Needs-Final Report).

NORONHA, Henrique Dela Bruna. Estudo comparativo de dois microsimuladores de tráfego - Aimsun e Vissim. 2016. Trabalho de conclusão de curso (TCC) (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/164574>. Acesso em: 30 abr. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. Segurança de Pedestres: Manual de Segurança Viária Para Gestores e Profissionais da Área. Brasília, Distrito Federal: OPAS, 2013.

PANDYA, R. J.; SOLOMON, Gina; KINNER Amy; BALMES John R. Diesel exhaust and asthma: hypotheses and molecular mechanisms of action. Environ Health Perspect. 2002 Feb; v.110 Suppl 1(Suppl 1):103-12. doi: 10.1289/ehp.02110s1103. PMID: 11834468; PMCID: PMC1241152.

PINHEIRO, Diogo Rafael Ribeiro. Microsimulação de tráfego aplicada a um caso de estudo da cidade do porto. 2018. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2017/2018 - Departamento de Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da

Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2018., [S. l.], 2018. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/116488>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

ROCHA, Francisco Ulisses Santos. A mobilidade a pé em salvador. Cadernos PPGA-AU/UFBA, [s. l.], v. 2, ed. n. 1, 17 nov. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/ppgau/article/view/1402>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

SECRETARIA NACIONAL DE TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA DO MINISTÉRIO DAS CIDADES (SEMOB). Estatuto da mobilidade urbana: texto básico de fundamentação do anteprojeto de lei – Documento para discussão. Brasília (mimeo), 2005.

SILVA, Maria Beatriz Oliveira da; FLAIN, Valdirene Silveira. Capitalismo e consumismo: os desafios do consumo sustentável na sociedade contemporânea. Revista da Ajuris, [s. l.], v. 44, ed. 143, 2017. Disponível em: <http://ajuris.kinghost.net/OJS2/index.php/REVAJURIS/article/view/621>. Acesso em: 13 maio 2021.

TC/BR - TECNOLOGIA E CONSULTORIA BRASILEIRA S/A. Estudo de demanda do Transporte coletivo de Salvador. Relatório. Salvador: Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros de Salvador, 1997.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas. 3 ed. São Paulo. Annablume, 2000.

VICTORIA WALKS (org.). 10 irresistible reasons to walk more. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.victoriawalks.org.au/10reasonstowalk/>. Acesso em: 1 maio 2021.

XPÓSITO MARTÍN, L.; PEREIRA BANDEIRA, T.; LOPES PINTO, D. G.; DE CASTRO NETO, M. M. Atraso de pedestres em travessias semaforizadas: uma comparação entre as modelagens pelo HCM e pelo microssimulador VISSIM. TRANSPORTES, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 128–140, 2019. DOI: 10.14295/transportes.v27i1.1581. Disponível em: <<https://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1581>>. Acesso em: 14 abr. 2021.