

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL

**ANÁLISE DA RUA SENADOR PINHEIRO MACHADO DE
CACHOEIRA DO SUL MEDIANTE A ENGENHARIA DE
TRÁFEGO**



Cachoeira do Sul, RS

2020

Reitor

Paulo Afonso Burmann

Vice-Reitor

Paulo Bayard Gonçalves

Diretor do Campus

Rogério Brittes da Silva

Vice-diretor do Campus

Lucas Delongui

Autores:

Acadêmicos:

Caroline Alves da Silveira

Ester Peres dos Santos

Gabriel da Silva Moreira

Jardel Carpes Meurer

Joel Santiago Sampaio

Juliana Aguiar Macedo

Fernando Pires da Silva

Letícia Oestreich

Mateus Tonellotto de Souza

Raquel Cristina Ferreira Silva

Valter Herculano Machado Lisboa

Docentes:

Alejandro Ruiz-Padillo

Felipe Caleffi

Cachoeira do Sul, RS

2020

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rua Senador Pinheiro Machado – Cachoeira do Sul – RS.....	8
Figura 2 - Ponto que mostra o limite entra a infraestrutura e paralelepípedo e asfalto do trecho de estudo.....	9
Figura 3 – Georreferenciamento da rede de estudo.	20
Figura 4 – Exemplo de matriz O-D.....	21
Figura 5 – Representação geoespacial da matriz origem/destino	21
Figura 6 – Proposta de modificação de sinalização do trecho da Pinheiro Machado, entre as interseções com as ruas Avenida Brasil e Juvêncio Soares, para unidirecional	25
Figura 7 – Proposta de modificação de sinalização do trecho da Pinheiro Machado, entre as interseções com as ruas Juvêncio Soares e Aníbal Loreiro, para unidirecional.....	26
Figura 8 – Proposta de modificação de sinalização do trecho da Pinheiro Machado, entre as interseções com as ruas Aníbal Loreiro e General Osório, para unidirecional	27
Figura 9 – Ilustração de uma faixa de travessia de pedestres. Fonte: BRASIL, 2007.	28
Figura 10 - Grafos de descida na sentido norte-sul.....	30
Figura 11 - Grafo de subida no sentido sul-norte.....	31
Figura 12 - Resultado do equilíbrio da rede para o cenário atual no ano base.....	32
Figura 13 - Resultado do equilíbrio da rede para o cenário proposto no ano base.	33
Figura 14 – Resultado do equilíbrio da rede para o cenário atual no ano 5.....	35
Figura 15 – Resultado do equilíbrio da rede para o cenário proposto no ano 5	35
Figura 16 – Resultado do equilíbrio da rede para o cenário atual no ano 10.....	35
Figura 17 – Resultado do equilíbrio da rede para o cenário proposto no ano 10	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de conversão para unidade de carros de passeio	20
Tabela 2 - Matriz O-D para o ano 0.	22
Tabela 3 - Matriz O-D para o ano 5 (considerando crescimento de 2% ao ano)	22
Tabela 4 - Matriz O-D para o ano 10 (considerando crescimento de 2% ao ano)	22
Tabela 5 - Tempos de viagens totais gerados para os cenários no ano base	33
Tabela 6 – Tempos de viagens totais gerados para os cenários no ano 5	36
Tabela 7 – Tempos de viagens totais gerados para os cenários no ano 10	36

SUMÁRIO

1.	CONTEXTUALIZAÇÃO	7
2.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	8
3.	ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL DA VIA	10
3.1.	Sinalização viária	10
3.1.1.	Coleta de dados	11
3.1.2.	Problemas e recomendações	12
3.2.	Simulação do comportamento da rede	19
3.2.1.	Coleta de dados	19
3.2.2.	Matrizes origem/destino	21
4.	ESTUDO DE MUDANÇA DA VIA A UNIDIRECIONAL	23
4.1.	Implicações na sinalização	23
4.1.1.	Modificações na sinalização vertical	23
4.1.2.	Modificações na sinalização horizontal	28
4.2.	Simulação do equilíbrio da rede	29
4.2.1.	Cenários simulados	30
4.2.2.	Resultados das simulações	31
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
5.1.	Considerações sobre a situação atual	39
5.1.1.	Em relação com a sinalização	39
5.1.2.	A partir das simulações de equilíbrio da rede	39
5.2.	Considerações sobre a proposta de mão única	40
5.2.1.	Em relação com a sinalização	40
5.2.2.	A partir das simulações do equilíbrio da rede	41
6.	REFERÊNCIAS	42

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O Campus da UFSM em Cachoeira do Sul (UFSM-CS) conta desde 2014 com o único curso de graduação no Estado do Rio Grande do Sul com atribuições para formar engenheiros de Transportes e Logística. O Laboratório de Mobilidade e Logística (LAMOT), laboratório de ensino, pesquisa e extensão ligado ao curso, desde sua criação em 2016, fomenta a aplicação de metodologias ativas para desenvolvimento de atividades práticas em ambiente real para execução de projetos ou resolução de problemas em várias das disciplinas específicas e profissionalizantes.

Visando ligar mais ainda essas atividades práticas a casos reais e que, portanto, seus resultados sejam úteis para a sociedade, o LAMOT e a Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul assinaram em novembro de 2019 um Acordo de Cooperação Técnica para propiciar estudos técnicos de auxílio na implementação de ações do Plano Municipal de Mobilidade Urbana. Alinhados às áreas temáticas deste Plano, aprovado pela Prefeitura em maio de 2019, os estudos podem tratar sobre aspectos de serviços de transporte público coletivo, circulação viária, infraestruturas do sistema de mobilidade urbana, segurança viária, operação e disciplinamento do transporte de mercadorias e áreas de carga e descarga, polos geradores de viagens, estacionamentos públicos, entre outros.

Concretamente na área de engenharia de tráfego, o Plano de Mobilidade prevê a “realização de estudos de engenharia de tráfego que tornem o deslocamento do transporte coletivo mais efetivo, eficaz e eficiente”. Assim, em várias disciplinas da área de Transportes do Curso de Engenharia de Transportes e Logística, os alunos, com orientação dos seus professores, aplicam os conhecimentos adquiridos na sala de aula diretamente nas ruas de Cachoeira do Sul. No semestre 2019/2, nas disciplinas de Engenharia de Tráfego II e Equilíbrio em Redes de Transporte, foi abordada de forma conjunta a solicitação da Prefeitura de estudo da rua Senador Pinheiro Machado, uma das principais vias de tráfego da área central da cidade, tanto na situação atual como na simulação de cenários com incremento de fluxo devido a futuras modificações no tráfego da cidade, assim como caso passasse a atuar como via de mão única.

Após a realização dos trabalhos pertinentes dentro das citadas disciplinas, o presente relatório apresenta os resultados do citado estudo, assim como propostas sugeridas ao Poder Municipal, responsável pela organização e atuação no trânsito nas ruas da cidade, para melhorar o tráfego da rua desde o ponto de vista da segurança e eficiência.

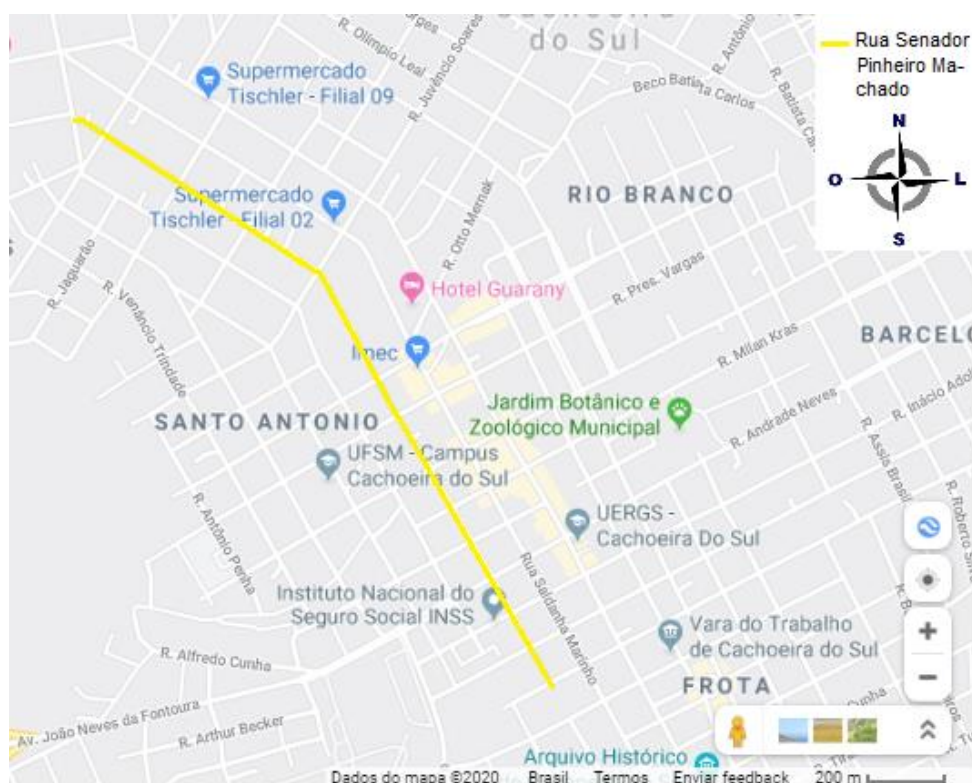
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Rua Senador Pinheiro Machado é uma via localizada no eixo de ligação entre a parte alta e a parte baixa do município de Cachoeira do Sul. É utilizada como uma rota alternativa de para os deslocamentos bairro-centro da cidade, onde se localiza a principal zona comercial da cidade. A velocidade máxima da via está estabelecida genericamente como de 40 km/h.

Recentemente foi feito um estudo sobre segurança viária em Cachoeira do Sul através de uma coleta de dados de boletins de ocorrência de três anos (2015, 2016 e 2017). Nesta pesquisa constatou-se que a rua Senador Pinheiro Machado ocupa a 4ª posição num ranking das 15 vias com o maior número de acidentes da cidade. Outro ponto a ser considerado é que 57% dos acidentes de trânsito envolvendo vítimas aconteceram em ruas pavimentadas, como é o trecho em estudo (LAMOT, 2018, p. 43-44).

O trecho analisado da rua Senador Pinheiro Machado é de aproximadamente 1,9 km de extensão, entre os cruzamentos com a avenida Brasil e a rua General Osório, no qual constitui uma via coletora de grande importância na malha viária da área central da cidade (Figura 1). Atualmente a rua apresenta 2 faixas de rolamento com 3,3 metros cada para tráfego bidirecional, e mais 2 faixas de estacionamento com 2 metros de cada lado em boa parte de sua extensão.

Figura 1 - Rua Senador Pinheiro Machado – Cachoeira do Sul – RS. Fonte: *Google Maps*.



A infraestrutura da Rua Senador Pinheiro Machado é de pavimento asfáltico entre seu extremo norte, o cruzamento com a Avenida Brasil, e a interseção com a Avenida Presidente Vargas, a partir de onde é de paralelepípedo (conforme é possível visualizar na Figura 2), hasta seu encontro com o Colégio Marista Roque, na rua General Osório, onde é interrompida pela quadra que conforma o citado Colégio. Além disso, a rua tem como características não haver circulação de linhas de transporte público urbano e a maior parte do seu uso do solo é destinada ao uso residencial, de acordo com o Plano Diretor Municipal de 1983.

Figura 2 - Ponto que mostra o limite entra a infraestrutura e paralelepípedo e asfalto do trecho de estudo. Fonte: *Google Street View*.



3. ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL DA VIA

Há alguns anos, as cidades têm sofrido com os impactos causados na mobilidade pelo uso intensivo do transporte motorizado particular. A falta de infraestrutura destinada para o tráfego ou a má gestão da mesma fez com que houvesse altos níveis de congestionamentos e criasse então disputas por espaços urbanos. Como se não bastasse o caos já vivenciado, a cada ano há um incremento no número de viagens das cidades, dada pelo aumento da taxa de motorização. Nos países da América Latina a taxa de motorização vem crescendo consideravelmente com variações de 4,2 a 10,3% ao ano.

Nesse contexto, as intervenções de medidas de engenharia de tráfego são na maioria das vezes empregadas para a disciplinar os conflitos entre os usuários das vias rurais ou urbanas. De acordo com os objetivos do estudo, foram aplicadas técnicas de engenharia de tráfego do via de estudo, para análise de aspectos como os fluxos de veículos e os dispositivos de controle de tráfego, de acordo com a legislação aplicável (fundamentalmente o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997) e os documentos técnicos relacionados publicados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes – DNIT, como o Manual de Estudos de Tráfego e os diferentes volumes do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

3.1. Sinalização viária

Os dispositivos de controle de tráfego são definidos como símbolos, sinais, marcações no pavimento, dentre outros elementos, que são colocados ao longo da via de transporte rodoviário para mobilizar trânsito de veículos e pedestres tornando o trajeto eficiente e seguro para todos. Dentre algumas das funções que os dispositivos de controle de tráfego podem desenvolver destacam a redução de velocidade, redução de conflitos, auxílio na segurança viária, melhora da operação da via, otimização do espaço viário, informação ao usuário ou fiscalização de motoristas infratores.

O uso dos dispositivos de controle de tráfego garante um adequado funcionamento do trânsito, sempre que estejam de acordo com o comportamento do tráfego da região onde o são implantados. Para cumprir esses objetivos de forma eficiente, é preciso levar em consideração alguns fatores:

- Legalidade, sempre obedecendo o Código de Trânsito Brasileiro – CTB – e a legislação complementar.

- **Suficiência:** a quantidade de sinais deve ser compatível a necessidade, além de permitir fácil percepção do que realmente é importante e adaptação dos usuários às diversas situações viárias.
- **Padronização:** de acordo com os critérios e diretrizes legalmente estabelecidas.
- **Clareza na transmissão das mensagens** para que sejam de fácil compreensão.
- **Precisão e confiabilidade:** deve corresponder à situação existente e assegurar a continuidade das mensagens até o destino pretendido.
- **Visibilidade e legibilidade:** ser vista à distância necessária e lida em tempo hábil para a tomada de decisão.
- **Manutenção e conservação:** ou seja, permanecer limpa, conservada, fixada e visível.

De acordo com os manuais oficiais, os dispositivos de controle de tráfego se dividem entre sinalização horizontal, sinalização vertical, elementos de canalização do tráfego, semáforos e dispositivos eletrônicos de tráfego. Todos os tipos de dispositivos são regulamentados, de forma que com uma padronização do modo como deve ser utilizado e quando deve ser utilizado, seja visível e compreensível a todos os condutores de veículos, passageiros e pedestres.

3.1.1. Coleta de dados

Para realizar a coleta de dados foi feita uma pesquisa de campo por toda extensão do trecho para ter uma real interação com a via. Durante a visita fotografou-se todos pontos importantes e sensíveis para o projeto, registrando como estão os dispositivos de controle de tráfego na rua e os possíveis pontos de conflito, com especial ênfase nas interseções, pois nelas as correntes de tráfego desejam ocupar o mesmo lugar no mesmo tempo, às vezes apresentando gargalos e diminuindo a capacidade da via.

No caso específico do trecho em análise, os principais dispositivos presentes consistem em elementos de sinalização horizontal e de sinalização vertical. Ao que se diz respeito à sinalização vertical, são classificadas em sinalização vertical de regulamentação, de advertência e de indicação. Por sua vez, a sinalização horizontal tem as funções de organizar o fluxo de pedestres e veículos e complementar a sinalização vertical.

3.1.2. Problemas e recomendações

Nessa seção são apresentados os resultados da análise sobre a sinalização viária compreendido ao longo da Rua Senador Pinheiro Machado. Em geral, destacam os problemas de falta de manutenção da sinalização, assim como algumas incongruências dos dispositivos com os usos pretendidos pela via ou que comprometem a segurança dos usuários. Os problemas e as recomendações serão apresentados para os problemas encontrados em cada caso.

Defeito na proibição de estacionamento próximo a interseções



Problema: Ausência de sinalização horizontal e vertical que proíba estacionamento próximo das esquinas nas interseções.

Recomendação: Implantação, sobretudo, de sinalização horizontal de proibição de estacionamento no espaço adequado próximo às esquinas e reforço, se necessário, com sinalização vertical.

Inexistência de faixas delimitadoras



Problema: Ausência de sinalização horizontal como linha de continuidade e marcas de canalização. Demarcações pontilhadas que pareciam dividir a faixa do mesmo sentido estavam bem apagadas, quase imperceptíveis para visualização.

Recomendação: Implantação de sinalização horizontal e repintura em alguns pontos.

Sinalização vertical inclinada



Problema: Algumas placas de regulamentação apresentam-se caídas ou inclinadas ao longo da via.

Recomendação: Retirá-las e colocá-las novamente retas nos mesmos locais, verificando a necessidade de troca dos postes, se necessário.

Oxidação e sujeira na sinalização vertical



Problema: Placas de sinalização em estado precário; algumas com um nível de oxidação avançado, outras sujas e outras com a tinta descascando.

Recomendação: Troca de tais placas por novas e manutenção para isso não continuar acontecendo.

Vegetação prejudicando visibilidade de sinalização vertical



Problema: Quando não podados os galhos da árvore, a vegetação pode impedir que o motorista enxergue as placas, assim como as próprias árvores por estarem as placas colocadas atrás delas.

Recomendação: Cuidado para manter sempre cortados os galhos que possam impedir a boa visibilidade dos condutores de veículos e reposicionar as placas quando necessário.

Grelhas de coleta de pluviais dificultam manobras de veículos



Problema: As grelhas de coleta de águas pluviais fazem com que os veículos tenham dificuldades na manobra em interseções da via.

Recomendação: Realizar manutenção das grelhas e deixá-las no nível do pavimento.

Ondulação transversal com cores erradas



Problema: As lombadas apresentam-se apenas na cor amarela.

Recomendação: Repintura das mesmas onde essas sejam com listras pretas e amarela na diagonal, de acordo com o estabelecido pela legislação.

Uso de tachões indevido



Problema: Os tachões são usados para dividir faixas de sentido oposto.

Recomendação: Trocar os tachões por tachas.

Falta de visibilidade do motorista para com o pedestre



Problema: O motorista tem dificuldade para enxergar o pedestre no início da faixa de segurança.

Recomendação: Recuar o estacionamento para um pouco mais longe da faixa.

Placa “PARE” acompanhada de outra placa



Problema: A placa “PARE” encontra-se no mesmo suporte que outra placa que indica “proibida conversão à direita”.

Solução: A placa que proibi conversão à direita deve ser colocada em outro suporte.

Falta de padrão na sinalização vertical de transporte universitário



Problema: Duas placas para parada de Transporte Universitário oferecendo o mesmo tipo de informação, porém com padrões diferentes. Além disso, a placa oxidada está obsoleta já que os transportes que carregam universitários não param mais neste lugar.

Solução: Retirada da placa oxidada e padronização da que está no local correto.

Sinalização vertical de indicação de modo incorreto



Problema: A placa de indicação está com tamanho e número de informações incorreto.

Solução: Substituição da placa por outra com padrão de acordo com as normas.

3.2. Simulação do comportamento da rede

No contexto atual de aumento da frota de veículos e dos conflitos entre os usuários das vias, o planejamento dos transportes constitui numa análise que busca adequar as necessidades de demandas por transporte adequando-a às capacidades de infraestrutura de transporte existentes. As simulações em redes de transporte buscam, através do embasamento matemáticos e modelagem, dar suporte para a tomada de decisão sobre os impactos gerados das atuações nos sistemas de transporte na qualidade ou eficiência dos mesmos. A vantagem da simulação está na capacidade de estimar um modelo que representará as situações observadas dentro da realidade do estudo, permitindo que o planejador possa fazer observações e análises a respeito e assim tomar decisões que sejam fundamentadas em conceitos e não somente sobre seu conhecimento empírico sobre o assunto.

Assim, com a simulação do equilíbrio da rede de transporte da malha viária de Cachoeira do Sul na região de estudo pretendeu-se proporcionar argumentos fundamentados aos tomadores de decisão sobre o comportamento da rede viária atual, para depois compará-la com diferentes cenários futuros. A simulação foi feita utilizando-se dos princípios de equilíbrio do usuário através do algoritmo de Frank Wolfe através da ferramenta Jupyter com a linguagem de programação em Python.

3.2.1. Coleta de dados

O problema de como o tráfego se comporta tem merecido a atenção de pesquisadores por um longo período, não apenas pelo seu interesse teórico, mas por causa de suas importantes implicações práticas. Por meio da coleta de dados de tráfego, é possível desenvolver matrizes de origem e destino (O-D), que representam a distribuição espacial das viagens dos veículos entre as zonas em uma rede de transporte e realizar estudos específicos, como previsão de demanda de viagens futuras e gestão de transporte e controle.

A rede de estudada (Figura 3) é formada por 37 nós, considerados os pontos de maior importância e fluxo de veículos, ao longo e no entorno da rua Senador Pinheiro Machado. Para obtenção dos dados necessários, foram realizadas contagens manuais, que podem ser realizadas em curtos períodos de tempo e em qualquer lugar sem quaisquer instrumentos. As contagens manuais realizaram-se no horário de pico da manhã ou tarde em um período de 15 minutos, onde os veículos foram divididos em carros, motocicletas, caminhões e ônibus, e em seguida

foram convertidos para unidade de carros de passeio (ucp) de acordo com os pesos evidenciados na Tabela 1.

Figura 3 – Georreferenciamento da rede de estudo. Fonte: os autores.

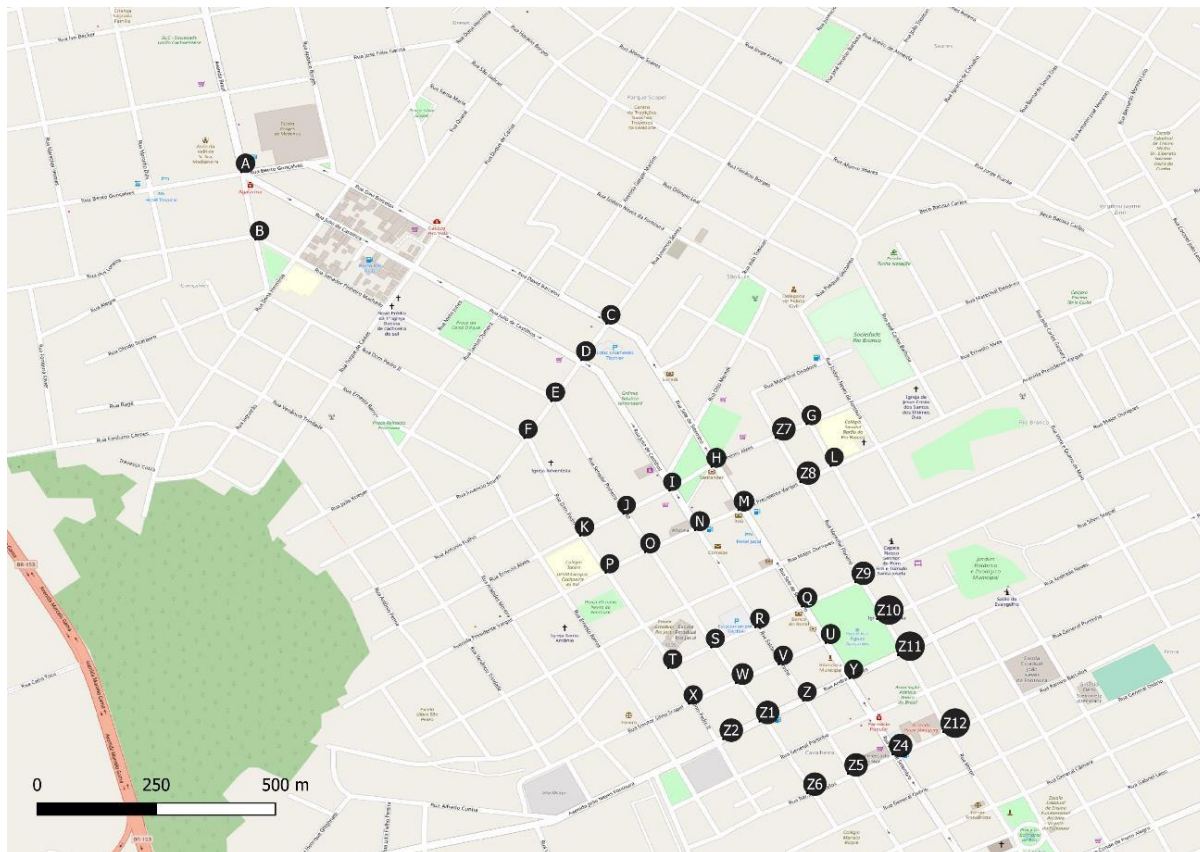


Tabela 1 - Fatores de conversão para unidade de carros de passeio. Fonte: BRASIL, 2006.

Tipo	Fator de conversão para ucp
Carros	1,0
Motocicletas	0,5
Caminhões	1,5
Ônibus	2,0

Após a conversão dos dados, as contagens de 15 minutos foram extrapoladas para que fossem padronizadas em 1 hora. Juntados os dados de todos os nós da rede, iniciou-se o processo de identificação da Matriz O-D do local.

3.2.2. Matrizes origem/destino

Dada a área de estudo definiram-se as zonas de tráfego (ZT), onde cada uma possui um grau de atratividade (A_i) e de produção P_i de viagens. A demanda de viagens entre essas zonas é representada por uma matriz denominada de matriz origem destino (O-D) onde as linhas são as origens e as colunas os destinos (Figura 4). Cada célula (t_{ij}) dessa matriz (T) é representada pela demanda de viagens partindo da zona i até a zona j que podem ser estimadas de várias formas como o modelo gravitacional ou coleta de dados *in loco* nas interseções.

Figura 4 – Exemplo de matriz O-D. Fonte: os autores.

$$T = \begin{pmatrix} O \setminus D & Zona1 & Zona2 & Zona3 \\ Zona1 & t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ Zona2 & t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ Zona3 & t_{31} & t_{33} & t_{33} \end{pmatrix}$$

Para realização deste trabalho foi fundamental a utilização da matriz origem e destino, pois essa permite realizar a alocação dos veículos ao longo da rede que ilustra os padrões de fluxos. Através da matriz origem/destino representaram-se os principais nós que influenciariam no fluxo da respectiva área, que no caso, seriam as entradas e saídas consideradas da rede em questão. Na Figura 5 encontra-se o mapa da rede com suas origens e destinos.

Figura 5 – Representação geoespacial da matriz origem/destino. Fonte: os autores.



Parte da base de dados que estruturou a matriz origem e destino já havia sido coletada por integrantes das disciplinas de engenharia de tráfego em semestre anteriores. No entanto, ressalta-se que para melhor composição e precisão dos dados disponibilizados na matriz, foi realizada também a contagem do volume de tráfego dos principais nós pelos integrantes da disciplina de Equilíbrio em Redes de Transportes no segundo semestre de 2019. A seguir nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentadas as matrizes O-D obtidas.

Tabela 2 - Matriz O-D para o ano 0. Fonte: os autores.

O-D	A	B	G	L	Z5/Z4	Z2
A	0	0	102	102	1215	0
B	0	0	30	30	290	0
G	40	40	0	0	80	0
L	40	40	0	0	80	0
Z5/Z4	702	234 (25%)	92	92	0	0
Z2	390	130 (25%)	40	40	0	0

Tabela 3 - Matriz O-D para o ano 5 (considerando crescimento de 2% ao ano). Fonte: os autores

O-D	A	B	G	L	Z5/Z4	Z2
A	0	0	112,6163	112,6163	1341,458	0
B	0	0	33,12243	33,12243	320,1835	0
G	44,16324	44,16324	0	0	88,32648	0
L	44,16324	44,16324	0	0	88,32648	0
Z5/Z4	775,0649	258,355	101,5755	101,5755	0	0
Z2	430,5916	143,5305	44,16324	44,16324	0	0

Tabela 4 - Matriz O-D para o ano 10 (considerando crescimento de 2% ao ano). Fonte: os autores

O-D	A	B	G	L	Z5/Z4	Z2
A	0	0	124,3374	124,3374	1481,078	0
B	0	0	36,56982	36,56982	353,5083	0
G	48,75976	48,75976	0	0	97,51952	0
L	48,75976	48,75976	0	0	97,51952	0
Z5/Z4	855,7338	314,5005	112,1474	112,1474	0	0
Z2	475,4077	174,3161	48,75976	48,75976	0	0

4. ESTUDO DE MUDANÇA DA VIA A UNIDIRECIONAL

Depois do reconhecimento da situação da sinalização na via analisada, foram estruturadas propostas visando a sinalização caso fosse permitido apenas um sentido de tráfego. Foi considerado então que rua permitiria apenas o fluxo no sentido Norte (em direção à zona norte e à Avenida Brasil). As alterações sugeridas abrangem a sinalização vertical e horizontal existentes, adaptando-as a sinalização existente ou, se necessário, implantando novos dispositivos para o controle do tráfego no decorrer via. Do mesmo modo, foram realizadas simulações do equilíbrio da rede para verificar a idoneidade dessa mudança proposta pela Prefeitura.

4.1. Implicações na sinalização

4.1.1. Modificações na sinalização vertical

De maneira geral, a alteração no sentido da rua Senador Pinheiro Machado não implicaria grandes mudanças na sinalização vertical da via. A mais evidente será a remoção das placas destinadas ao tráfego no sentido Sul, tais placas (se ainda apresentarem boas condições de visibilidade e estiverem dentro dos padrões) poderão ser realocadas para alguma outra via da cidade que careça de sinalização. No entanto, placas de advertência, como a destinada a alertar sobre a existência de faixa de travessia de pedestres (A-32b), faixa de travessia de escolares (A-33b) ou lombada (A-18) podem ser mantidas no local, no intuito de reforçar o alerta ao trânsito com placas nos dois lados da via, obviamente essas placas precisarão ser redirecionadas ao fluxo único da via.

Vale lembrar os problemas encontrados atualmente na sinalização vertical, como já citado neste relatório. Se possível for, as placas devem ser colocadas dentro do padrão exigido pelo Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Tais renovações das placas podem ser feitas no momento em que ocorrer a transição para um único sentido, assim será oportuno substituir algumas placas como a que indica estacionamento para clientes da farmácia na esquina com a rua Aníbal Loreiro, hoje encoberta pela arborização local (a nova placa deverá ser posicionada virada ao sentido contrário, uma vez que atualmente atende ao fluxo veicular no sentido Sul).

Há também a questão das placas proibindo o estacionamento de caminhões próximo ao cruzamento com a rua Juvêncio Soares, onde (no outro lado da via) acontecem frequentemente operações de carga e descarga no depósito de um supermercado. A explicação para existência

de tais placas provavelmente se deve ao grande número de veículos estacionados no outro lado da vida (à direita do tráfego que rumo ao norte), entretanto há duas dessas placas em um intervalo de poucos metros, tornando confusa a sinalização. O recomendado, no caso de fluxo único, seria manter apenas uma placa, estando esta posicionada no início da quadra (à esquerda do fluxo no sentido norte).

No fim da via (ao norte), onde o fluxo da rua Senador Pinheiro Machado deixa de ter a preferência, a interseção com a Avenida Brasil é controlada por meio de sinalização vertical. Para o fluxo proveniente da Pinheiro Machado tem-se uma placa de “dê a preferência”. A escolha dessa sinalização está de acordo com o que diz o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. A proporção dos fluxos para validar essa sinalização aparentemente é adequada e a angulação existente entre as vias permite isso. Porém, a visibilidade é bastante problemática no local e entende-se que uma placa de “PARE” seria a mais adequada. Mesmo que o decidido ainda seja manter uma placa de “dê a preferência”, sua substituição se faz necessária, pois, além de estar bastante desgastada, suas dimensões não são as adequadas. Sua tarja deve ser de, no mínimo, 15 centímetros e seu lado ao menos 90 centímetros.

Por último, salienta-se que a alteração no sentido da Pinheiro Machado tornará necessária a implantação de placas de proibição de conversões à esquerda/direita nas ruas que interceptam a via. Tais proibições de manobra devem impedir que condutores tomem o sentido Sul na rua.

Na sequência, apresenta-se um esboço da proposta de sinalização vertical nas interseções da via, com foco na sinalização de regulamentação já se considerando a Pinheiro Machado como mão única (Figuras 6, 7 e 8). Vale a pena lembrar que o restante da sinalização vertical (sinalização de advertência, indicação de estacionamento e proibição de estacionamento) não está presente nas figuras a seguir, mas como previamente citado, também requer atenção e eventuais melhorias em um futuro próximo. Os códigos nas imagens usados para representação das placas seguem as nomenclaturas e padrões dos manuais de sinalização vertical.

Figura 6 – Proposta de modificação de sinalização do trecho da Pinheiro Machado, entre as interseções com as ruas Avenida Brasil e Juvêncio Soares, para unidirecional. Fonte: os autores.

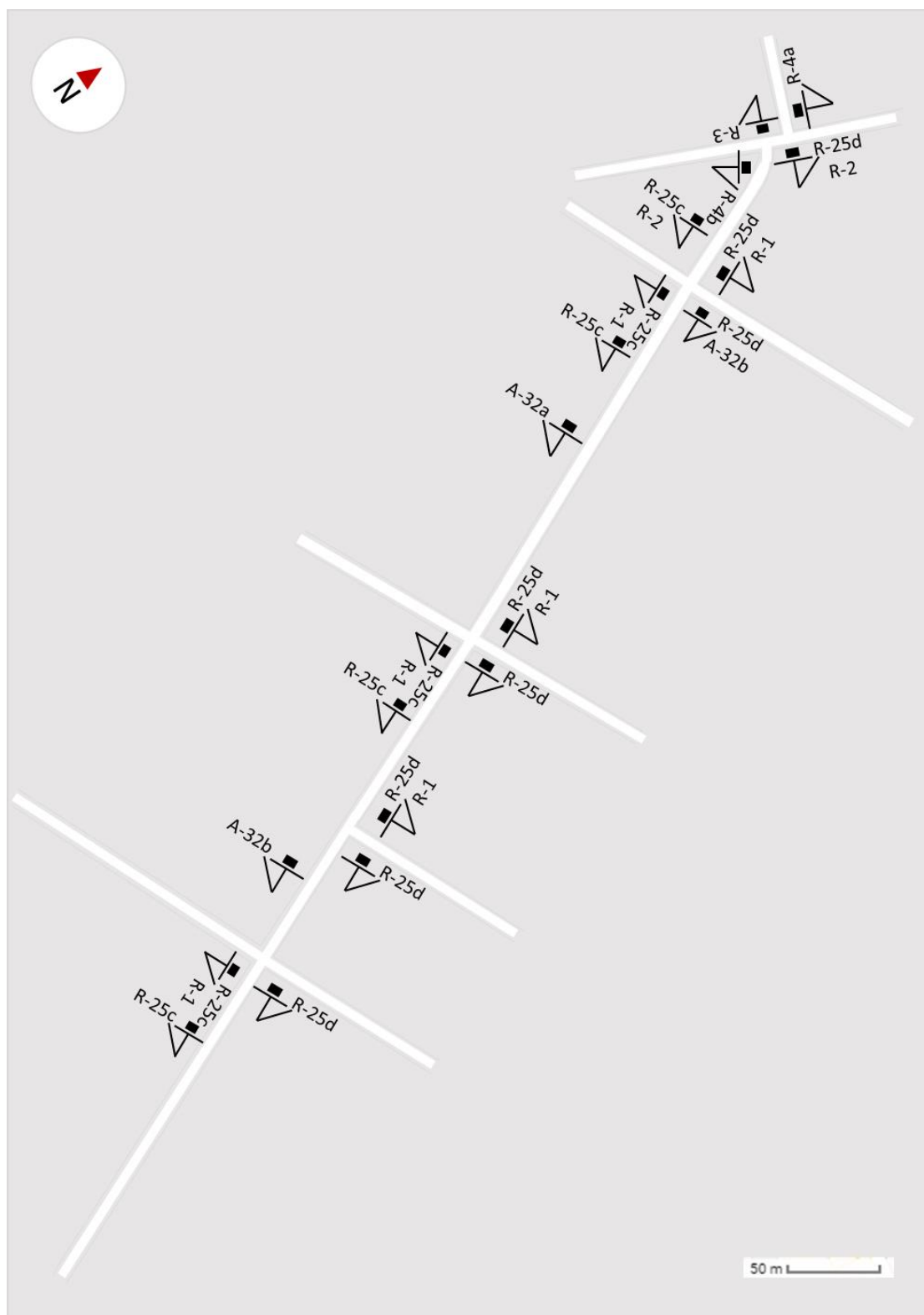


Figura 7 – Proposta de modificação de sinalização do trecho da Pinheiro Machado, entre as interseções com as ruas Juvêncio Soares e Aníbal Loreiro, para unidirecional. Fonte: os autores.

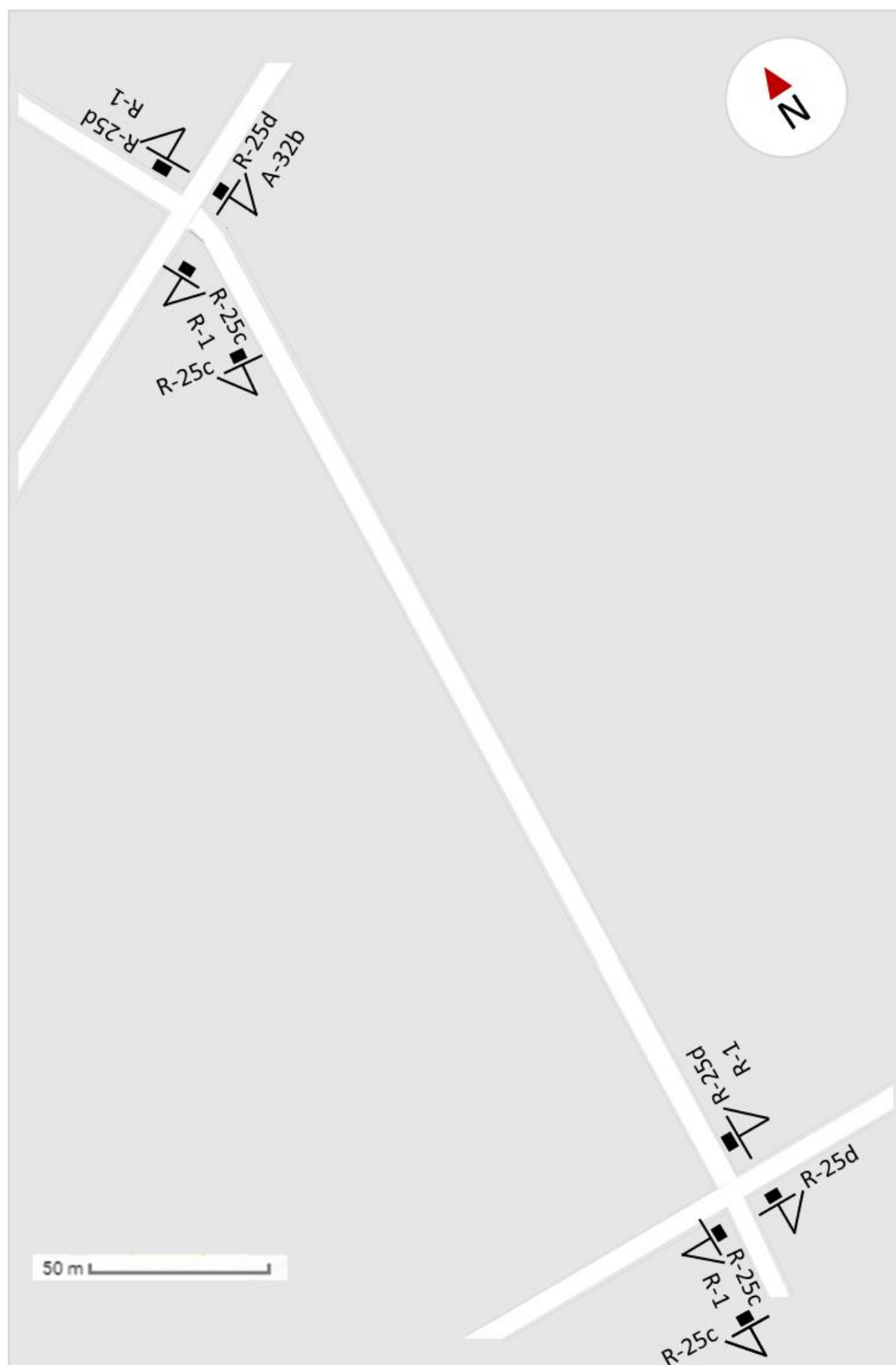
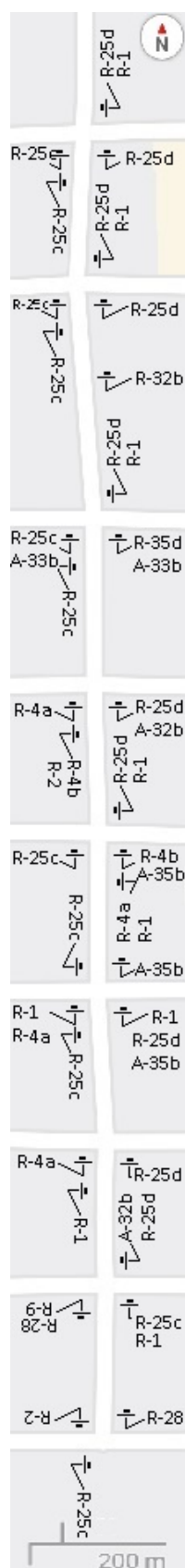


Figura 8 – Proposta de modificação de sinalização do trecho da Pinheiro Machado, entre as interseções com as ruas Aníbal Loreiro e General Osório, para unidirecional. Fonte: os autores.

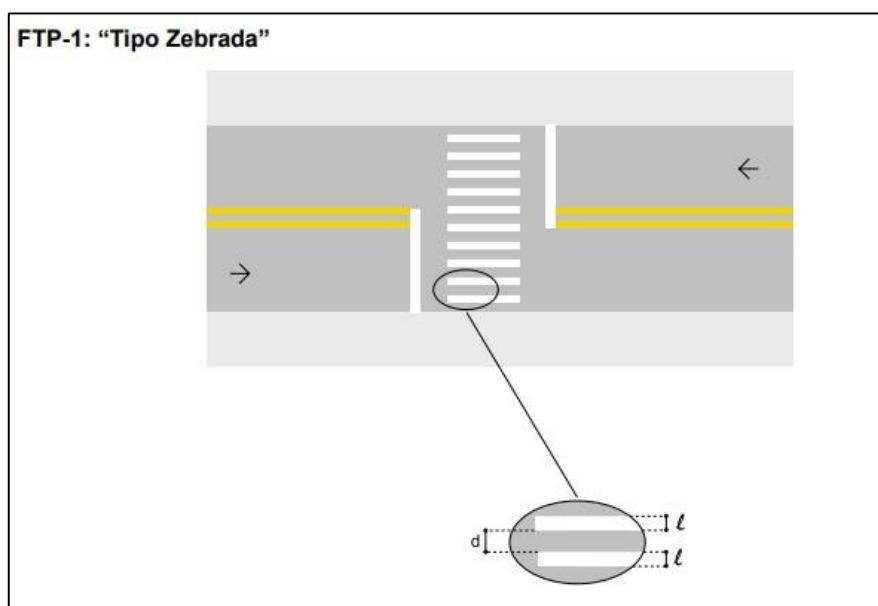


4.1.2. Modificações na sinalização horizontal

O principal destaque na sinalização horizontal se dá às faixas de pedestres, começando pelas das interseções com as ruas Presidente Vargas e Aníbal Loreiro que necessitam uma mudança de lado no cruzamento. Ambas estão posicionadas na parte mais ao norte da interseção, de modo que com o tráfego exclusivamente no sentido proposto não faria sentido manter tal posicionamento. Logo, novas faixas deverão ser pintadas na parte sul de cada interseção, com o reposicionamento das respectivas placas de advertência que acompanham a travessia.

A faixa recomendada para tais situações seria a FTP 1 (Faixa de Travessia de Pedestres 1). Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, suas marcas longitudinais devem ter ao menos 3 metros de comprimento. Ainda sobre suas dimensões, a largura das faixas (l) deve ser de, no mínimo, 30 centímetros, sendo assim recomendado um espaçamento (d) de 40 centímetros entre as faixas (Figura 9).

Figura 9 – Ilustração de uma faixa de travessia de pedestres. Fonte: BRASIL, 2007.



Ainda na mesma questão, o mesmo reposicionamento de faixa de pedestres se fará necessário no cruzamento com a rua Juvêncio Soares. A presente faixa já não conta com o melhor posicionamento, causando determinado transtorno ao trânsito e não dando ao pedestre a devida segurança no decorrer da travessia. Tal interseção já foi alvo de estudos do Laboratório de Mobilidade e Logística anteriormente e, conforme ressaltado por Oestreich (2017), a

inclinação da via associada à curva junto do cruzamento interfere na visibilidade que o motorista tem da faixa de pedestres atual, colocando em risco a segurança viária local.

Sua mudança de posicionamento para a porção sul da interseção também beneficiaria o tráfego proveniente da via secundária (no caso, da rua Juvêncio Soares), dando a ele mais chances para adentrar na interseção. As características geométricas dessa nova faixa podem ser semelhantes às apresentadas anteriormente para as outras interseções, com a largura das faixas superior a 30 centímetros e espaçamento maior que 40. A diferença fica por conta do comprimento, tratando-se de um trecho com uma certa inclinação, de modo que é recomendável que a extensão dessas faixas seja maior que na anterior. Um maior comprimento facilita na questão da visibilidade e, segundo o que consta no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, 4 metros seria o recomendado. A presença dessa nova faixa deve ser ainda reforçada por sinalização vertical, contando com placa do tipo A-32b.

Um redimensionamento no comprimento das linhas verticais das faixas de pedestres também é indicado para as travessias da Escola Cândida e em frente à CDL, levando em consideração as recomendações do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, que indica um comprimento de 4 metros para tais linhas verticais em caso de uma via com greide considerável.

A rigor das recomendações previstas, cabe alertar novamente sobre o uso indevido de tachões, que se fazem presentes em determinados pontos da via. O ideal seria a retirada dos mesmos, substituindo-os por tachas.

Outro importante detalhe a ser salientado é a questão da lombada presente entre as interseções com as ruas Juvêncio Soares e Santos Dumont. Além da mesma precisar de retoques na pintura de acordo com as normas previstas no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, como já apontado anteriormente, cabe também uma checagem mais detalhada para aferir se o dimensionamento da saliência é condizente com as regras do mesmo manual.

4.2. Simulação do equilíbrio da rede

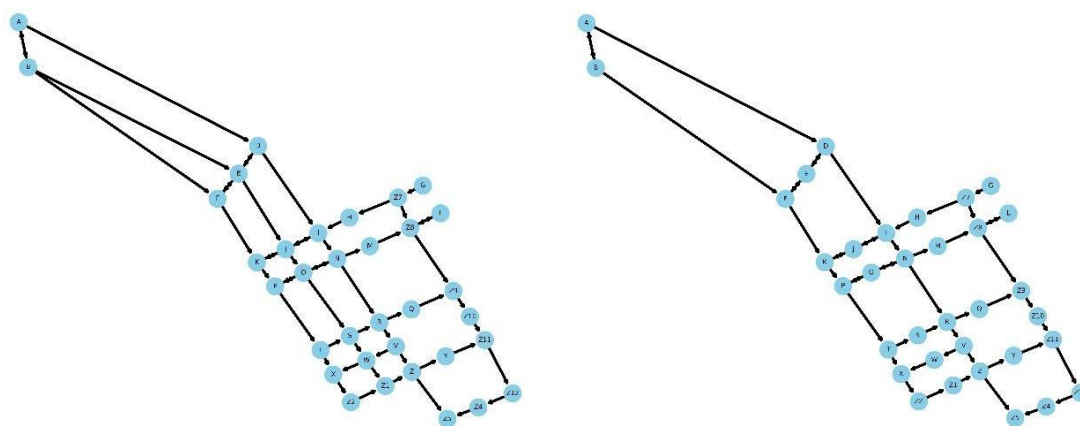
Como pode ser observado, a mudança do trecho analisado da rua Senador Machado Pinheiro para mão única não implica grandes problemas desde o ponto de vista da sinalização da via. Porém, é importante verificar se tal mudança é adequada para o trânsito da região central de Cachoeira do Sul como um todo, para o qual o presente estudo se utilizou da simulação de cenários do equilíbrio da rede estudada. A formulação dos cenários utilizados para as

simulações do equilíbrio da rede de tráfego foi delimitada conforme a Figura 3, onde constam todas as vias consideradas na área de estudo. Por limitações computacionais (possibilidade de *loopings* devido ao algoritmo) a modelagem foi dividida em dois passos, primeiramente uma simulação do tráfego no sentido norte-sul, e apesar de representarem fluxos simultâneos, posteriormente foi realizada a simulação do tráfego para o sentido sul-norte.

4.2.1. Cenários simulados

Com o intuito de verificar a viabilidade da proibição do sentido norte-sul da rua Senador Pinheiro Machado a simulação foi executada considerando duas situações. Primeiramente, uma com a utilização da rua Senador Pinheiro Machado no sentido norte-sul permitida (cenário atual), e o outro onde sua utilização foi proibida, sendo utilizada apenas no sentido sul-norte (cenário proposto), conforme ilustrado na Figura 10. Essas considerações foram feitas como forma de verificar os impactos e a viabilidade da proibição do uso da Rua Senador Pinheiro no sentido norte-sul associada ao aumento da capacidade viária da rua no sentido sul-norte.

Figura 10 - Grafos de descida na sentido norte-sul. Fonte: os autores.



(a) Grafo desce com Pinheiro Machado.

(b) Grafo desce sem Pinheiro Machado.

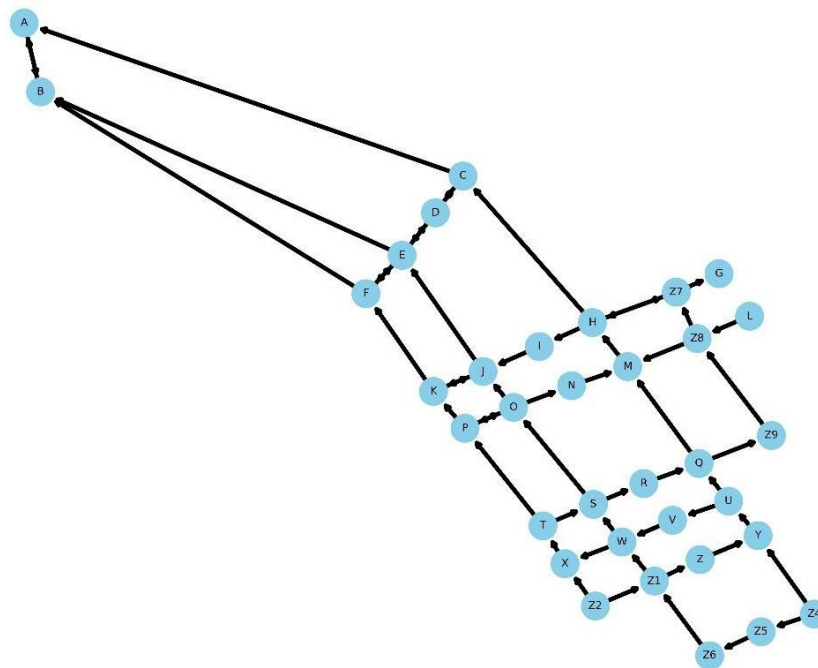
Assim, pretendeu-se verificar o comportamento da malha viária em estudo diante das modificações propostas tendo como base a situação atual. As modificações propostas buscam alterar a forma de operação desta via, aumentando significativamente a capacidade no sentido oposto ao sentido bloqueado com o intuito de diminuir o fluxo de veículos existente nas vias que compõem seu entorno. A viabilidade dessas modificações foram testadas através do uso de simulação e o equilíbrio da rede foi determinado para dois cenários:

- (I) Cenário atual: que compreende a situação apresentada nas Figuras 10(a) e 11

em que a rua Pinheiro Machado possui os dois sentidos de fluxo de veículos, portanto, uma faixa de tráfego para cada sentido;

- (II) Cenário proposto: situação em que a rua Pinheiro Machado abrangerá somente um dos sentidos de fluxo de veículos tendo, portanto, duas faixas de tráfego para o sentido sul-norte que compreende a subida. Assim, o sentido norte-sul não apresentará fluxo de veículos, então conforme apresentado na Figura 10(b), os vértices da rua Pinheiro Machado são desconsiderados.

Figura 11 - Grafo de subida no sentido sul-norte. Fonte: os autores.



4.2.2. Resultados das simulações

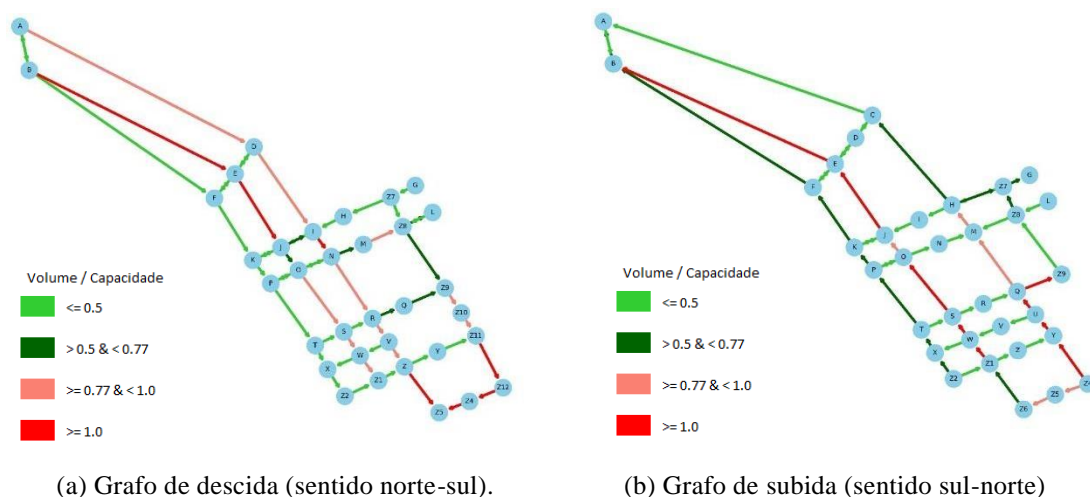
Com posse da capacidade e tempo de fluxo livre para cada vértice do grafo e as demandas em cada nó de entrada e saída, o equilíbrio da rede foi gerado utilizando o algoritmo de Frank Wolfe, um algoritmo de otimização iterativo de primeira ordem utilizado para a otimização convexa restrita. A modelagem computacional foi gerada através da ferramenta Jupyter com a linguagem de programação em Python. O equilíbrio foi determinado para dois cenários: Cenário atual e Cenário proposto.

A relação entre volume e capacidade explica o grau de saturação da via. Nas Figuras 12 e 13 foram representadas as saturações para ambos os cenários considerados na análise. Um grau de saturação menor ou igual a 0,5 representa uma trafegabilidade dos veículos próximo ao

fluxo livre, entre 0,5 e 0,77 se denomina o limite máximo para o início do congestionamento, entre 0,77 a 1,0 representa o momento do congestionamento onde os veículos trafegam em marcha lenta, e maior do que 1 é o congestionamento em que os veículos ficam parados.

No cenário que representa a situação atual da rede viária, conforme a Figura 12(a), já se percebem alguns vértices saturados ou próximos ao nível máximo de saturação. Para o grafo do sentido de descida, existem 7 vértices com um nível de saturação maior do que 1. Estes estão relacionados especificamente aos vértices que ligam os nós B-E e E-J que representam a rua Pinheiro Machado, o conjunto de nós I-N e Z-Z5 da rua Júlio de Castilhos, Z12-Z4 e Z4-Z5 da rua Ramiro Barcelos, e o conjunto Z11-Z12 pertencente a rua Moron

Figura 12 - Resultado do equilíbrio da rede para o cenário atual no ano base. Fonte: os autores.

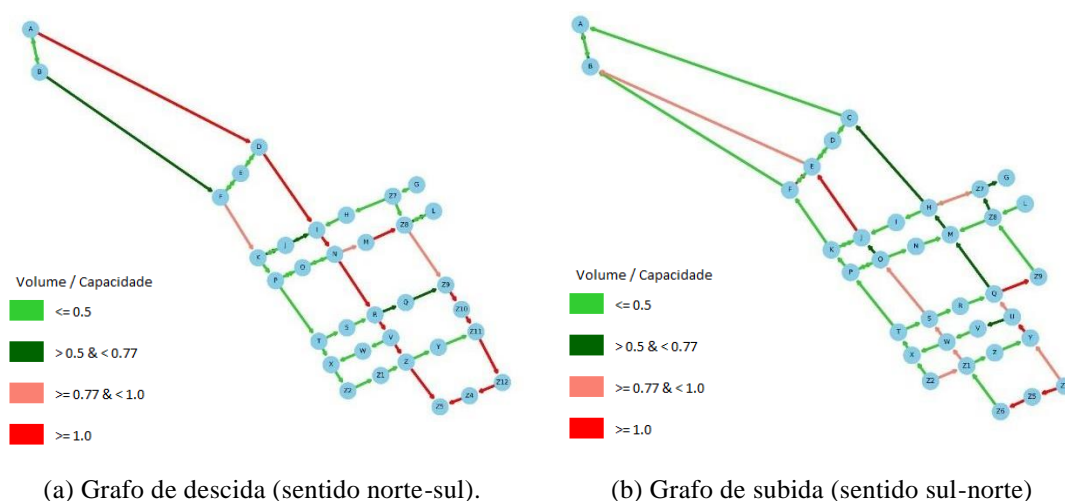


Com relação ao grau de saturação dos vértices pertencentes ao grafo de subida do cenário atual, conforme a Figura 12(b), existem 9 vértices com um congestionamento superior a 1. Esse é um indicativo de que as condições de trafegabilidade para o sentido sul-norte (subida) são um pouco piores do que o sentido norte-sul (descida). Esses vértices são pertencentes aos conjunto de nós Z4-Y, Y-U, U-Q que correspondem um trecho da rua Sete de Setembro, os nós Z1-W, W-S, S-O e J-E pertencentes a rua Pinheiro Machado e o conjunto de nós Q-Z9 da avenida Presidente Vargas.

O equilíbrio da rede gerado para o cenário proposto em que considera-se a rua Pinheiro Machado com as duas faixas de tráfego em um único sentido da direção sul-norte é apresentado na Figura 13. Em um primeiro momento, a percepção é de que tornando a rua Pinheiro Machado como mão única para a subida, haveria uma melhoria nos tempos de viagens totais do grafo de subida e, portanto, os níveis de saturação cairiam. Por outro lado, restringir a passagem de

veículos em uma via, como é o que ocorre nesse cenário para o grafo de descida, agrava um pouco a situação dos congestionamentos e aumentaria o tempo de viagem total do grafo. Esses resultados são esperados, no entanto, para que a medida apresentada no cenário proposto seja realmente viável, a melhoria nos tempos de viagens totais para subida com uma capacidade duplicada precisam superar as perdas ocasionadas pela restrição da passagem nesses vértices que agora possuem uma capacidade igual a zero.

Figura 13 - Resultado do equilíbrio da rede para o cenário proposto no ano base. Fonte: os autores.



Comparando os resultados apresentados na Figura 12(b) e 13(b), percebe-se sutilmente uma melhoria dos níveis de saturação no cenário proposto para o grafo de subida, a melhora é vista em alguns vértices com uma diminuição dos graus categorizados dos níveis de congestionamento. No entanto, conforme pode ser visto na Tabela 5, os tempos de viagens totais para a descida sofrem uma penalização de 128,25 horas para 146,8 horas com um aumento de 12% nos tempos de viagens totais, enquanto que para a descida, em que ocorre a aumento da capacidade da rua Pinheiro Machado os ganhos de apenas 2%. Isso mostra que as perdas com relação a retirada da rua Pinheiro Machado para o grafo de descida parecem ser maiores do que os ganhos com a duplicação da capacidade com a rua Pinheiro Machado no grafo de subida no cenário proposto.

Tabela 5 - Tempos de viagens totais gerados para os cenários no ano base. Fonte: os autores

	Cenário atual	Cenário proposto
	Tempo total de viagem (em horas)	
Grafo de descida (sentido norte-sul)	128,25	146,8
Grafo de subida (sentido sul-norte)	100,68	98,57

Uma variante desse cenário de modificação dos sentidos do tráfego foi estudada no trecho entre as interseções com as ruas Ramiro Barcelos e General Osório (*link* entre os nós W e Z1), que corresponde ao final sul da via, sendo mantido como mão dupla. O trecho em questão é um importante roteiro dos responsáveis pelos alunos da Escola Marista Roque Gonçalves, pois o portão de entrada e saída da escola é feito pela Rua General Osório, e com isto a área destinada ao embarque e desembarque dos alunos é pelo lado direito dos veículos, e portanto não necessitam atravessar a rua para ingressar na escola, além de que possui uma marquise que se estende até o bordo da pista, fazendo com que as crianças fiquem protegidas das intempéries do tempo para quem utiliza esta forma de ingresso na escola. E, durante a observação das condições do trecho, foi constatado o baixo fluxo de veículos e baixo número de veículos estacionados nesse trecho, fazendo que seja utilizada basicamente por moradores e por condutores que querem chegar a escola nos horários da entrada e saída, e, portanto, sendo caracterizada quanto a sua funcionalidade de uso local.

A simulação desse cenário, com esse trecho mantendo a mão dupla, não apresentou nenhuma diferença nos resultados para a descida, pois a rota para chegar até “W-Z1” continua sendo a mesma, então acaba não alterando o comportamento da rede nesse sentido. Porém, para o sentido sul-norte, se o resto da via for mão única, e apenas “W-Z1” mão dupla, há uma redução de capacidade nesta quadra. Dessa forma, o equilíbrio da rede altera um pouco, e este trecho “W-Z1” fica com uma relação volume-capacidade mais elevada, indicando congestionamento neste trecho.

Considerando o aumento da demanda por viagens ao longo do tempo, os mesmos cenários foram gerados para uma projeção de 5 e 10 anos como forma de compreender como que a rede viária irá se comportar futuramente. A demanda por viagens foi estimada considerando o aumento das viagens com base no aumento da frota veicular. O crescimento da frota foi calculado a partir da determinação de uma taxa de crescimento da frota com base nos dados dos últimos anos, esses dados foram obtidos do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN. O resultado do equilíbrio para os cenários no ano 5 e 10 é apresentado nas Figuras 14, 15, 16 e 17. Os tempos de viagens totais da rede viária dos grafos de subida e descida para o cenário atual e o cenário proposto considerando o ano 5 e 10 são apresentados nas Tabelas 6 e 7

Figura 14 – Resultado do equilíbrio da rede para o cenário atual no ano 5. Fonte: os autores.

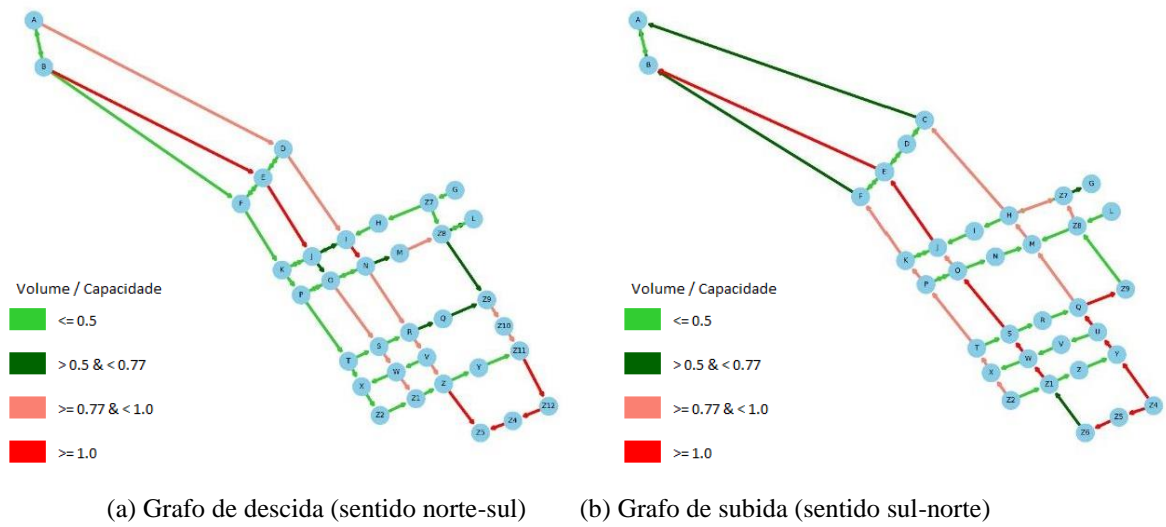


Figura 15 – Resultado do equilíbrio da rede para o cenário proposto no ano 5. Fonte: os autores.

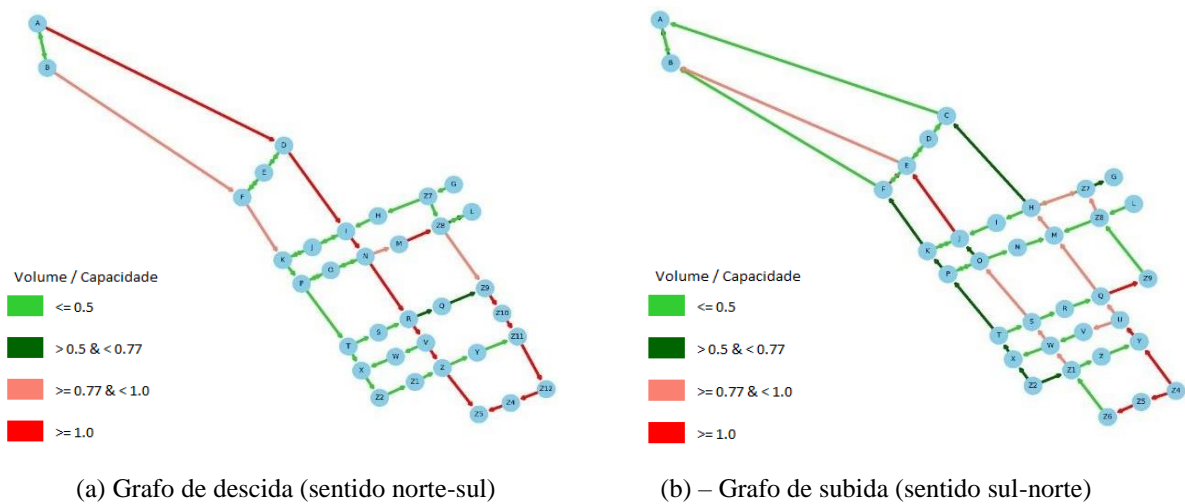


Figura 16 – Resultado do equilíbrio da rede para o cenário atual no ano 10

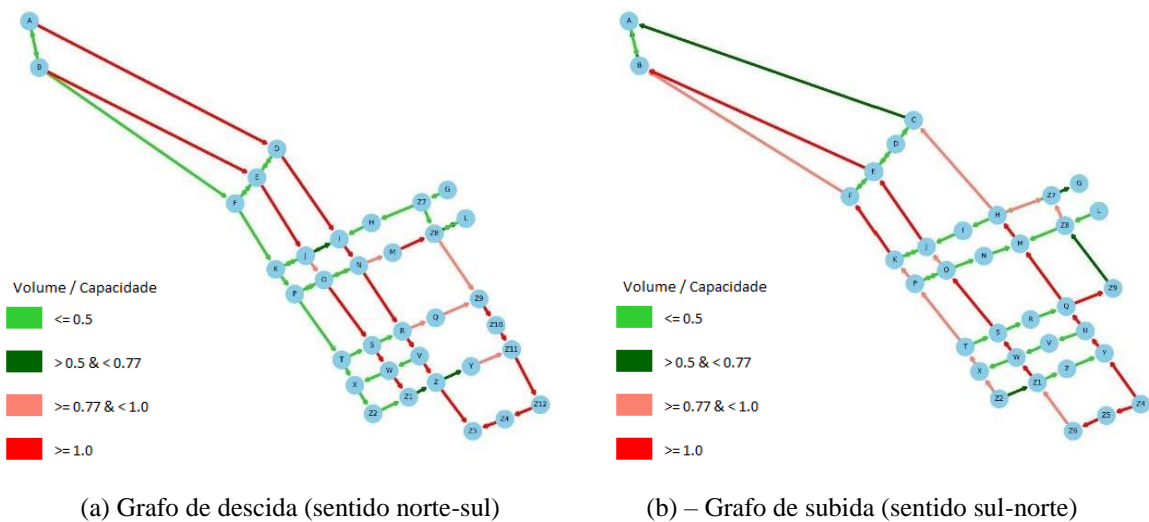
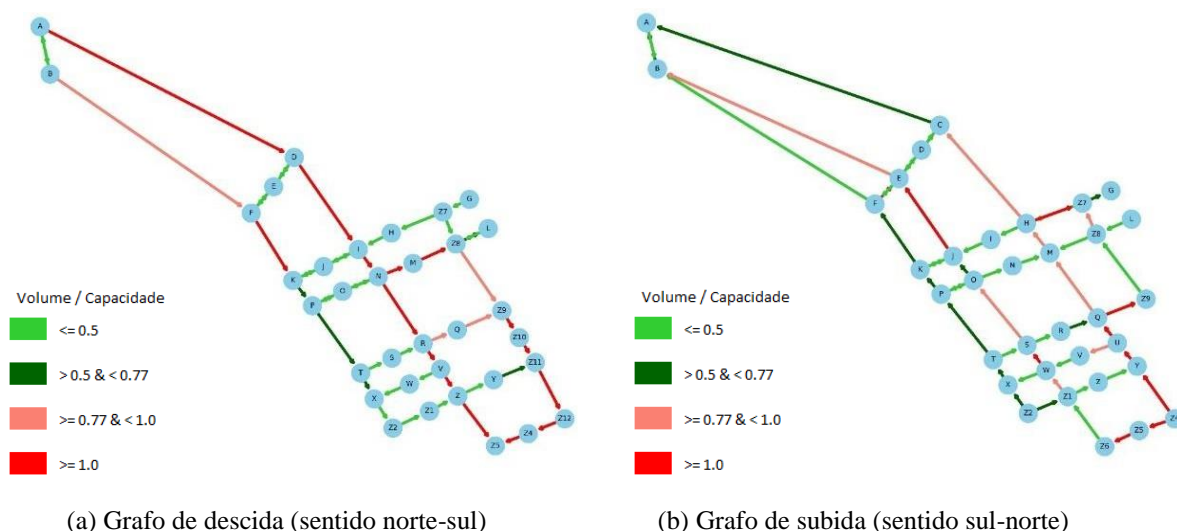


Figura 17 – Resultado do equilíbrio da rede para o cenário proposto no ano 10



Analisando os resultados obtidos dos cenários em uma situação futura, como era de se esperar, nota-se somente um agravamento da situação do tráfego na rede viária, com um aumento do nível de saturação das vias. A duplicação da capacidade da rua Pinheiro Machado para o grafo de subida do sentido sul-norte reduz em 3,75% os tempos de viagens no ano 5 e 6,25% no ano 10. Enquanto que para o grafo de descida no sentido norte-sul, a retirada da Rua Pinheiro Machado provoca um aumento nos tempos de viagens de 13,59% no ano 5 e 8,78% no ano 10. Esses dados novamente comprovam que permitir o tráfego na rua Pinheiro Machado em um único sentido do fluxo de veículos, especificamente no grafo de subida no sentido sul-norte não é uma opção viável no contexto da malha viária como um todo.

Tabela 6 – Tempos de viagens totais gerados para os cenários no ano 5. Fonte: os autores

	Cenário atual	Cenário proposto
Tempo total de viagem (em horas)		
Grafo de descida (sentido norte-sul)	149,14	172,6
Grafo de subida (sentido sul-norte)	119,04	114,58

Tabela 7 – Tempos de viagens totais gerados para os cenários no ano 10. Fonte: os autores

	Cenário atual	Cenário proposto
Tempo total de viagem (em horas)		
Grafo de descida (sentido norte-sul)	185,42	203,28
Grafo de subida (sentido sul-norte)	141,54	132,7

Nesse contexto, outras medidas devem ser exploradas para a melhoria da tráfegabilidade como um todo na malha viária de Cachoeira do Sul. Conforme o equilíbrio da rede gerado para o cenário atual apresentado na Figura 13 e a alocação dos fluxos de veículos na malha viária apresentado na Tabela 2 as preferências dos usuários para se deslocar no sentido norte-sul parecem se concentrar nas vias Saldanha Marinho e Pinheiro Machado, o que contribuiu para os altos níveis de saturação constatados. Por outro lado, a via paralela a Pinheiro Machado, a rua Dom Pedro II recebe um baixo fluxo de veículos.

Isso ocorre pois, atualmente, do ponto de vista do usuário, a via Dom Pedro II não é atrativa para se deslocar, influenciada diretamente pelos tempos de viagens maiores do que as suas paralelas. Uma breve comparação disso pode ser retirada da Tabela 2, ao comparar os tempos de viagens em percorrer o nó F até o nó Z12 passando pelos vértices da rua Dom Pedro II, o tempo de viagem total é de 88,87 segundos (1 minuto e 48 segundos) enquanto que percorrer o percurso entre o nó E até o nó Z11 passando pelos vértices da rua Pinheiro Machado, um trecho paralelo e semelhante, os tempos de viagens em fluxo livre são de 55 segundos, ou seja, é possível percorrer a rua Pinheiro Machado com metade do tempo que se percorre a rua Dom Pedro II.

As diferenças nos tempos de viagens em fluxo livre para os dois percursos é influenciada pelas diferentes condições do pavimento e na largura das vias, enquanto a Pinheiro Machado possui revestimento asfáltico, a Dom Pedro II possui uma pavimentação de paralelepípedo. Essas condições interferem diretamente nas diferenças entre as capacidades das vias. Assim, melhorar as condições do pavimento na Dom Pedro II poderia contribuir para um aumento na capacidade da via e auxiliar na redução dos níveis de saturação das vias mais congestionadas. Da mesma forma que melhorar as condições de outras vias que atualmente são pouco utilizadas, como forma de ampliar a capacidade delas e ampliar as opções de rotas para os usuários pode contribuir para a melhoria da tráfegabilidade na malha viária de Cachoeira do Sul, especialmente com o aumento da demanda por viagens futuras.

Como observações mais pontuais, é com relação ao vértice do conjunto de nós I-N, onde o mesmo possui de forma isolada um grau de saturação maior do que 1, enquanto que os vértices anteriores e posteriores possuem uma saturação que varia entre 0,77 a 1. Nesse vértice em questão existe um semáforo, e por isso, ele sofreu penalização no tempo de fluxo livre dos veículos o que interferiu na relação entre volume e capacidade no local gerando um grau de saturação superior. Esses resultados sugerem a revisão dos tempos

semafóricos do local, como forma de permitir o fluxo mais contínuo e então melhorar o grau de saturação nesse trecho. Tal medida poderia melhorar as condições de saturação do trecho da Júlio de Castilhos com um todo.

Por fim, o vértice do conjunto de nós Z-Z5 que ainda pertence ao mesmo segmento viário comentado anteriormente, no entanto agora denominado Pinheiro Machado. Esse vértice também apresentou um nível de saturação superior ao restante dos vértices dessa via, como pode ser visto na Figura 13(a). Ao observar a situação *in loco*, nota-se que especificamente nesse vértice ocorre uma diminuição de uma das faixas de tráfego. No segmento representado pelos vértices anteriores a mesma possui duas faixas no sentido de tráfego e no vértice Z-Z5 a mesma passa por uma redução de uma de suas faixas de tráfego para permitir o estacionamento nos dois lados da via. Essa prática provocou um gargalo nesse ponto da via, gerando um congestionamento superior a 1. A remoção do estacionamento em um dos lados da via, como já ocorre nos vértices anteriores e posteriores ao vértice Z-Z5 pode contribuir para melhorar as condições de trafegabilidade no trecho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De posse de todas as informações anteriormente informadas, foi possível estabelecer propostas para melhorar o tráfego e a segurança dos usuários na área de estudo.

5.1. Considerações sobre a situação atual

A seguir se resumem as principais conclusões do estudo realizado mediante a aplicação das técnicas de engenharia de tráfego no trecho da rua Senador Pinheiro Machado e seu entorno. Ressalta-se que as medidas apontadas nesse relatório devem ser tomadas o antes possível para evitar a saturação da via analisada e as adjacentes perante um previsível aumento da frota de veículos circulando na cidade, assim como para prevenir riscos à segurança viária.

5.1.1. Em relação com a sinalização

Em geral, a análise do estado da sinalização horizontal, vertical e auxiliar no trecho estudado da rua Senador Pinheiro Machado ressaltou a necessidade de tarefas urgentes de manutenção dos dispositivos, como repintura das marcas viárias, substituição e recolocação de placas e tachas para atender aos padrões da legislação vigente. Isso deve ser garantido de forma periódica visando as condições idôneas para os usuários.

Salienta-se também que o estacionamento a menos de 5 metros de uma esquina é proibido, respeitando o que prevê o CTB. A indicação de estacionamento proibido será realizada através da pintura amarela no meio-fio dentro desse espaço. Os demais locais com proibição de estacionamento também devem contar com a pintura amarela. Onde for permitido o estacionamento, a pintura deve ser na cor branca.

No limite norte da via, na interseção com a Avenida Brasil, deve-se ter um estudo específico acerca de soluções para o problema da visibilidade no local e um reposicionamento da faixa de pedestres ali presente. Podem ser analisados avanços nas calçadas para dentro da via, de maneira a alinhar as duas e amenizar o problema causado pela angulação da via sobre a faixa de travessia. Pode-se também debater o uso de recursos de canalização do tráfego como, por exemplo, ilhas, com intuito de reduzir as dificuldades de visibilidade existentes no local.

5.1.2. A partir das simulações de equilíbrio da rede

A utilização da simulação em redes de transportes como uma ferramenta que dá suporte para a tomada de decisão sobre o planejamento de transportes em uma determinada região

constitui-se em uma prática que contribui para a fundamentação de medidas que possam ser realmente eficientes. Neste trabalho, a simulação foi utilizada como uma ferramenta para a geração do equilíbrio da rede de transportes considerando a malha viária de região central de Cachoeira do Sul, no entorno da rua Senador Pinheiro Machado. O modelo computacional utilizado foi o algoritmo de Frank Wolfe. A simulação permitiu gerar o comportamento da malha viária com base nas demandas no cenário atual.

Assim, a partir da simulação realizada para o equilíbrio da rede constatou-se que a melhoria da infraestrutura viária nas demais vias da malha viária, como na rua Dom Pedro II contribui para a distribuição das viagens devido ao aumento da capacidade na malha viária. Outras medidas como adequação de tempos semafóricos e regulamentação de áreas para estacionamento também apresentam-se como medidas que podem contribuir para a melhoria da trafegabilidade na região.

5.2. Considerações sobre a proposta de mão única

Além da análise da situação atual da via, o presente trabalho estudou as implicações que teria uma possível mudança do trecho da rua Senador Pinheiro Machado a via de mão única no sentido sul-norte, a proposta da Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul. A seguir, se destacam as principais conclusões desse estudo.

5.2.1. Em relação com a sinalização

Além das citadas intervenções pontuais na sinalização necessárias para indicar adequadamente a via como de único sentido, direção sul-norte, cabe aqui destacar a “sinalização contínua” no trecho. A proposta foi elaborada considerando a pista de rolamento com 10,6 metros, assim pode-se manter as duas faixas de tráfego (agora no mesmo sentido) com 3,3 metros cada e uma faixa destinada ao estacionamento de veículos em cada lado com 2 metros.

As faixas longitudinais que delimitam o estacionamento devem ser retocadas, no intuito de deixar mais visível os limites das faixas. A linha amarela contínua, localizada no centro da pista deve então ser substituída por uma tracejada branca, indicando que o fluxo das duas faixas está num mesmo sentido.

Outro ponto a se destacar é o ponto de parada do ônibus dos estudantes da UNISC (Universidade de Santa Cruz do Sul) na rua Pinheiro Machado, próximo a interseção com a rua Juvêncio Soares, no sentido sul (que seria o excluído). Inclusive há uma placa mais desgastada

que indicava o antigo ponto de parada desse ônibus (próximo à CDL), hoje obsoleta, deve ser retirada independentemente do sentido adotado no fluxo. Na proposta, não foi sugerido nenhum ponto novo. Isso deve ser discutido com a UNISC para rever o trajeto.

5.2.2. A partir das simulações do equilíbrio da rede

Como resultados das simulações do equilíbrio da rede, constatou-se que a adoção da rua Pinheiro Machado com as duas faixas de tráfego em um único sentido da direção sul-norte não contribui para a melhoria da trafegabilidade considerando a malha viária como um único sistema. Embora haja uma diminuição dos tempos de viagens com a duplicação da capacidade para o sentido sul- norte, há um aumento muito superior nos tempos de viagens totais com a retirada da rua Pinheiro Machado para o sentido norte-sul.

Portanto, dita mudança não é recomendada, sugerindo-se que a melhora da via foque na configuração de tráfego atual, mas investindo nos aspectos de sinalização viária e redução de conflitos relatados no presente estudo.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050:2009. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**: instituído pela Lei nº 9.503, de 23-9-97. 3. ed. Brasília: Denatran, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. **Manual de Brasileiro de Sinalização de Trânsito**. Vol 1. 1. ed. Brasília: Contran, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. **Manual de Brasileiro de Sinalização de Trânsito**. Vol 4. 1. ed. Brasília: Contran, 2007.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Estudos de Tráfego** (IPR. Publ., 723). Rio de Janeiro, 2006. 384 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN. **Estatísticas – Frota de veículos**. Disponível em: <http://www.infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estat%C3%ADsticas-frota-de-ve%C3%ADculos-denatran.html> . Acesso em 14 nov. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília, 2013. 37 p.

CACHOEIRA DO SUL. **Plano de Mobilidade de Cachoeira do Sul. PlanMob**. Prefeitura Municipal. Abril de 2019.

CAMPOS, V. **Planejamento de Transportes: Conceitos e Modelos**. Interciência, 1º edição, 174 páginas, 2013.

GAKENHEIMER, R. Urban mobility in the developing world. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 33, n. 8, p. 671-689, 1999.

GONZÁLEZ, P. H.; CLÍMACO, G.; SIMONETTI, L.; GOMES, H. A.; RIBEIRO, G. M. Heurísticas para o problema de localização de contadores de tráfego em redes de transporte. **XXX ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. 2016

HIDALGO, D. Transporte Sostenible Para América Latina: Situación actual y perspectivas. **Foro de transporte sostenible para América Latina**. Bogotá, 2011.

LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA (LAMOT). **Subsídios para o planejamento da mobilidade da comunidade acadêmica da UFSM-CS no novo campus.** Cachoeira do Sul, 2018.

OESTREICH, L. **Aplicações de Métodos da Engenharia de Tráfego: Análise de uma Interseção.** Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul. Cachoeira do Sul, 2017.

SIMÕES, F.; SIMÕES, E. Sistema Viário e Trânsito Urbano: **Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar.** Disponível em: <<http://www.crea-pr.org.br>>. Acesso em: 17 set. 2019.