

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

Jardel Carpes Meurer

**PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO VIÁRIA DA
INTERSEÇÃO DAS RUAS SALDANHA MARINHO E
RAMIRO BARCELOS EM CACHOEIRA DO SUL, RS,
BRASIL**

Cachoeira do Sul, RS
2021

Jardel Carpes Meurer

**PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO VIÁRIA DA INTERSEÇÃO DAS
RUAS SALDANHA MARINHO E RAMIRO BARCELOS EM CACHOEIRA
DO SUL, RS, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Engenharia de Transportes e Logística**.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Caleffi

Cachoeira do Sul, RS
2021

Jardel Carpes Meurer

**PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO VIÁRIA DA INTERSEÇÃO DAS
RUAS SALDANHA MARINHO E RAMIRO BARCELOS EM CACHOEIRA
DO SUL, RS, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Engenharia de Transportes e Logística**.

Aprovado em 18 de agosto de 2021.

Felipe Caleffi, Dr. (UFSM)
(Presidente/ Orientador)

Alejandro Ruiz Padillo, Dr. (UFSM)

João Rodrigo Guerreiro Mattos, Dr. (UFSM)

Cachoeira do Sul, RS
2021

AGRADECIMENTOS

Esse ciclo se encerra, e portanto eu gostaria de agradecer a todos que contribuíram, mas em especial agradeço:

- ao meu professor orientador Dr. Felipe Caleffi por fazer com que de fato esse trabalho se concretizasse sugerindo melhorias;
- à minha mãe Zulema por sempre me apoiar a continuar estudando e por isso estou conseguindo terminar esse trabalho;
- aos meus irmãos Joice, Lucas e Marcelo por serem fonte de inspiração;
- aos meus amigos, em especial, Jonas, Lucas e Argel por sempre me apoiarem a ajudarem quando precisei;
- aos professores Dr. Lucas Tavares Cardoso e Dr Glauber Rodrigues de Quadros pela oportunidade de participar de seus projetos de pesquisa e monitorias onde aprendi muito sobre matemática e pude desenvolver uma amizade;
- aos professores Dr. Alejandro Ruiz Padillo e João Rodrigo Guerreiro Mattos por participarem da banca avaliadora podendo contribuir para a melhoria desse trabalho;
- ao Eng. George H. Schreiner com que pude aprender muito acerca dos aspectos práticos da engenharia;
- aos meus colegas Alexandre, Giovana e Raquel por me auxiliarem nas contagens de tráfego realizadas nesse trabalho;
- à UFSM por ser uma Universidade Pública, Gratuita e de Qualidade que permitiu desenvolver esse estudo;
- aos meus colegas, aos professores e aos funcionários da UFSM - Campus Cachoeira do Sul com quem tive contato durante todos esses anos.

RESUMO

PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO VIÁRIA DA INTERSEÇÃO DAS RUAS SALDANHA MARINHO E RAMIRO BARCELOS EM CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL

AUTOR: Jardel Carpes Meurer

ORIENTADOR : Felipe Caleffi

Interseções urbanas são pontos da malha viária responsáveis por um grande número de acidentes e atrasos de viagem. Este trabalho tem como objetivo sugerir melhorias em relação a circulação e segurança viária na interseção entre as ruas Saldanha Marinho e Ramiro Barcelos na cidade de Cachoeira do Sul. Essas duas vias são de grande importância para a rede viária da cidade. O trabalho inicia-se com uma revisão bibliográfica acerca de sistemas de transportes e engenharia de tráfego. Realizou-se então contagens de tráfego na interseção para avaliá-la em relação a sua capacidade atual utilizando o método do HCM 2010. Verificou-se também o tipo de interseção não semaforizada sugerida para o local através das normas suecas. Com os mesmos dados consultou-se também a viabilidade de implantação de sinalização semaforica através dos métodos sugeridos pela MUTCD. Encontrou-se que o nível de serviço da aproximação da Ramiro Barcelos é F e que uma interseção semaforizada não é justificada, entretanto uma interconexão é recomendada. Por fim realizam-se sugestões gerais e duas sugestões específicas mais conservadoras.

Palavras-Chave: Engenharia de tráfego. Interseções. Segurança Viária.

ABSTRACT

PROPOSALS FOR ROAD REQUALIFICATION AT THE INTERSECTION OF STREETS SALDANHA MARINHO AND RAMIRO BARCELOS IN CACHOEIRA DO SUL, RS, BRAZIL

AUTHOR: Jardel Carpes Meurer

ADVISOR : Felipe Caleffi

Urban intersections are points in the road network responsible for a large number of accidents and travel delays. This work aims to suggest improvements in relation to circulation and road safety at the intersection between Saldanha Marinho and Ramiro Barcelos streets in the city of Cachoeira do Sul. These two roads are of great importance for the city's road network. The work begins with a literature review about transport systems and traffic engineering. Traffic counts were then carried out at the intersection to rate it in relation to its current capacity using the method present in HCM 2010. The type of unsignalized intersection suggested for the location through Swedish standards was also verified. With the same data, the feasibility of implementing traffic light signaling through the methods suggested by MUTCD was also consulted. It was found that the level of service of the Ramiro Barcelos approach is F and that a signalized intersection is not justified, however an interconnection is recommended. Finally, general suggestions and two less radical specific suggestions are made.

Keywords: Traffic Engineering. Intersections. Road Safety.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 – Procedimento Metodológico.....	15
Figura 2 – Exemplo de movimento convergente.....	20
Figura 3 – Exemplo de movimento divergente.....	21
Figura 4 – Exemplo de cruzamento.....	21
Figura 5 – Exemplo de entrelaçamento.....	22
Figura 6 – Exemplo de movimento não conflitante.....	22
Figura 7 – Etapa 1 da programação semafórica.....	25
Figura 8 – Etapa 3 da programação semafórica.....	26
Figura 9 – Exemplo de interseção do tipo 1 - interseção mínima.....	27
Figura 10 – Exemplo de interseção do tipo 2 - interseção do tipo gota.....	27
Figura 11 – Exemplo de interseção do tipo 3 - interseção com faixa para conversão à direita.....	28
Figura 12 – Exemplo de interseção do tipo 4 - interseção com faixa para conversão à esquerda.....	28
Figura 13 – Exemplo de interseção do tipo 5 - interseção canalizada.....	28
Figura 14 – Exemplo de interseção do tipo 6 - rotatória.....	29
Figura 15 – Exemplo de interseção do tipo 7 - interconexão.....	29
Figura 16 – Gráfico para escolha da interseção no Reino Unido.....	30

ARTIGO 2

Figura 1 – Imagem aérea da área de estudo.....	37
Figura 2 – Esquema dos fluxos da interseção.....	38
Figura 3 – Gráfico da justificativa C.....	42
Figura 4 – Gráfico da justificativa D.....	42
Figura 5 – Diagrama dos fluxos utilizado no método.....	43
Figura 6 – Gráfico da etapa A.....	43
Figura 7 – Gráfico da etapa B.....	44
Figura 8 – Gráfico da etapa C.....	44
Figura 9 – Gráfico da etapa D.....	45
Figura 10 – Esquema distância de visibilidade.....	46
Figura 11 – Interseção em estudo - SO.....	48
Figura 12 – Interseção em estudo - NO.....	48
Figura 13 – Interseção em estudo - NE.....	49
Figura 14 – Croqui da interseção.....	49
Figura 15 – Triângulo de visibilidade da interseção.....	50
Figura 16 – Histograma veicular da Saldanha Marinho no período da manhã.....	51
Figura 17 – Histograma veicular da Ramiro Barcelos no período da manhã.....	51
Figura 18 – Histograma veicular da Saldanha Marinho no período do meio dia.....	52

Figura 19 – Histograma veicular da Ramiro Barcelos no período do meio dia	52
Figura 20 – Fluxograma dos volumes na interseção na hora pico	53
Figura 21 – Verificação da justificativa C	56
Figura 22 – Gráfico da etapa A	57
Figura 23 – Gráfico da etapa B	58
Figura 24 – Gráfico da etapa C	59
Figura 25 – Gráfico da etapa D	59
Figura 26 – Proposta 1	60
Figura 27 – Proposta 2	61

LISTA DE TABELAS**ARTIGO 2**

Tabela 1 – Headways críticos base	39
Tabela 2 – Headways no pelotão base	40
Tabela 3 – Distâncias de visibilidade para giro à esquerda	47
Tabela 4 – Determinação dos fluxos em <i>veic/h</i>	54
Tabela 5 – Níveis de serviço para faixas	55
Tabela 6 – Volumes aplicados nas Normas Suecas.	56

LISTA DE QUADROS**ARTIGO 2**

Quadro 1 – Fatores de conversão para <i>ucp</i>	38
Quadro 2 – Volumes na hora de pico da manhã	53
Quadro 3 – Volumes na hora de pico do meio dia	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	TEMA	10
1.2	JUSTIFICATIVA	10
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.4	OBJETIVOS	11
1.5	DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES	11
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2	ARTIGO 1 - MÉTODOS PARA ESCOLHA DE INTERSEÇÕES	13
3	ARTIGO 2 - ANÁLISE DA CAPACIDADE E DO TIPO DE INTERSEÇÃO ENTRE AS RUAS SALDANHA MARINHO E RAMIRO BARCELOS, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL .	35
4	DISCUSSÃO	64
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Segundo dados do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2020) os veículos no Brasil passaram de cerca de 54,5 milhões de veículos em 2008 para aproximadamente 101 milhões em 2018. Ou seja, nesse intervalo de tempo houve um aumento no número de veículo por volta de 85%. Já em Cachoeira do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, nesse mesmo período passou-se de 29587 para 51912 veículos que significa um aumento em torno de 75%. Nas pequenas cidades onde não existe uma infraestrutura adequada esse aumento eleva o tempo de viagem.

A cidade de Cachoeira do Sul é uma cidade localizada no centro do estado do Rio Grande do Sul possuindo cerca de 83 mil habitantes de acordo com o censo de 2010 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020). O seu principal eixo de crescimento se deu na direção Norte, perpendicular ao rio Jacuí e paralelo à BR-153. Nesse eixo encontram-se vias como a Av. Brasil, rua Sete de Setembro, rua Júlio de Castilhos e rua Saldanha Marinho.

Em 2019 através de uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS) e a Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul se deu a criação do **Plano de Mobilidade Urbana de Cachoeira do Sul (PLANMOB)** onde um de seus objetivos é “Tornar a mobilidade urbana um fator de inclusão social e de desenvolvimento econômico mitigando suas externalidades.” (CACHOEIRA DO SUL, 2019). Nas vias citadas anteriormente encontram-se várias interseções com problemas diversos. Como por exemplo, a interseção das cinco esquinas que em 2019 por meio de um estudo realizado pela mesma parceria sugeriu-se a troca dos semáforos por uma rotatória que foi implantada em 2020.

1.2 JUSTIFICATIVA

A rua Saldanha Marinho é uma via coletora de grande importância na malha viária da cidade, pois passa por diversos polos geradores de viagens e liga a zona Norte ao único hospital. A rua Ramiro Barcelos também é uma via coletora pavimentada que se inicia em uma interseção com a rua Feliciano Fortes e termina na edificação do 13º Grupo de Artilharia de Campanha (13º GAC).

Em condições normais o ponto de encontro dessas duas vias é um local muito movimentado, porque próximo a esse existe um ponto de parada de ônibus, um supermercado e uma escola de ensino médio. Devido a esse movimento ocorrem muitos acidentes não relatados oficialmente e aumentos nos tempos de viagens nesse local.

O Brasil (2005) expõe que quando uma interseção de quatro ramos passa do tipo

mínima (somente sinalização de regulamentação) para os tipos que possuem canalização o percentual da redução de acidentes fica compreendido entre 10 e 20%. Essa redução no número de acidentes impacta diretamente na qualidade de vida das pessoas e na economia da cidade.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Com o que foi exposto acima surge naturalmente como problema de pesquisa a seguinte questão: Como melhorar a circulação e segurança viária da interseção das ruas Saldanha Marinho e Ramiro Barcelos através da engenharia de tráfego?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Tem-se como principal objetivo desse trabalho analisar a interseção das ruas Saldanha Marinho e Ramiro Barcelos na cidade de Cachoeira do Sul - RS, propondo melhorias de circulação e segurança viária.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- a) contabilizar os fluxos que utilizam a interseção;
- b) analisar a interseção em relação à capacidade e a sua classificação;
- c) verificar a necessidade da implantação de sinalização semafórica na interseção;
- d) analisar questões de segurança viária;
- e) propor melhorias na interseção em relação à geometria, sinalização e outros fatores que sejam julgados necessários.

1.5 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES

Nesse trabalho será abordada apenas a análise da interseção entre as ruas Saldanha Marinho e Ramiro Barcelos na cidade de Cachoeira do Sul.

O método adotado para a escolha do tipo de interseção foi o **normas suecas** encontrado no Manual de Interseções do DNIT, entretanto no mesmo manual existem dois métodos com o mesmo nome. O primeiro utiliza-se de critérios mais detalhados entretanto não é replicável para a interseção em estudo. Isso ocorre pois os gráficos utilizados possuem apenas velocidades superiores às encontradas na interseção analisada.

Já o segundo, denominado de antigo pelo próprio manual, utiliza-se apenas dos fluxos no horário de pico, portanto é aplicável no caso avaliado.

Outra limitação é que o desenvolvimento desse trabalho ocorre em um período atípico (pandemia do COVID-19) portanto é provável que o número de viagens está reduzido principalmente por haver uma escola nas proximidades onde não estão ocorrendo atividades curriculares presenciais. Esse decréscimo afeta todo o estudo pois provavelmente a interseção está sendo subdimensionada devido ao tráfego passante na interseção ser menor do que o habitual. Já acerca da segurança viária é provável que não se tenham todos os registros de acidentes ocorridos na interseção no período especificado anteriormente.

Além disso, se tratando de uma interseção específica em um município com determinadas características socioeconômicas e culturais é de extrema dificuldade replicar os resultados obtidos nesse trabalho em outras interseções no mesmo ou em outros municípios.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em dois artigos onde o primeiro traz uma revisão sucinta sobre sistemas de transporte, engenharia de tráfego e interseções. No 2º artigo realizar-se-á um estudo de caso de uma interseção no município de Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

2 ARTIGO 1 - MÉTODOS PARA ESCOLHA DE INTERSEÇÕES

METHODS FOR CHOOSING INTERSECTIONS

Jardel Carpes Meurer¹, Felipe Caleffi²

RESUMO

Interseções urbanas são pontos da malha viária responsáveis por um grande número de acidentes e atrasos no tempo de viagem. Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca de engenharia de tráfego, tendo como foco as interseções. Inicia-se com uma revisão bibliográfica sobre sistemas de transportes, conceitos fundamentais da engenharia de tráfego e classificações de interseções. Discute-se sobre os métodos para verificar a necessidade de uma interseção semaforizada ou prioritária e seu tipo. Sugere-se ao final melhorias para os métodos para escolha do tipo de interseção.

Palavras-Chave: Engenharia de tráfego. Interseções. Segurança Viária.

ABSTRACT

Urban intersections are points in the road network responsible for a large number of accidents and delays in travel time. This work aims to realize a literature review on traffic engineering, focusing on intersections. It begins with a literature review on transport systems, fundamental concepts of traffic engineering and intersection classifications. Discuss methods of verifying the need for a signalized intersection or unsignalized intersection and its type. Finally, improvements to the methods for choosing the type of intersection are suggested.

Keywords: Traffic Engineering. Intersections. Road Safety.

¹Acadêmico do Curso de Engenharia de Transportes e Logística, autor; Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul.

²Professor orientador da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul.

1 INTRODUÇÃO

Quando realizamos uma viagem através de algum veículo em algum ponto ocorrerá a junção dessa via com outra através de algum cruzamento, esse cruzamento se dá o nome de interseção. As interseções, apesar de serem extremamente importantes pois ligam duas vias ou mais, são um dos principais pontos de gargalos e de acidentes. Naturalmente a engenharia de tráfego surge para mitigar esses impactos. Para isso são realizados estudos como modificações do layout da interseção, implantação de semáforos, implantação de sistemas inteligentes, reequilíbrio do uso da malha viária, etc.

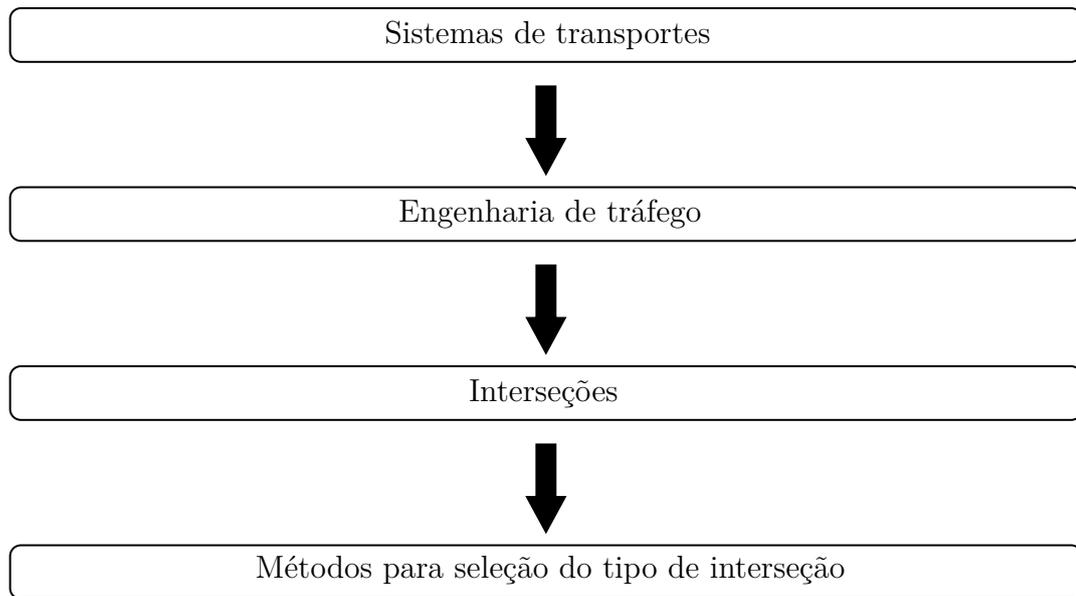
Este trabalho tem como principal objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca dos parâmetros necessários para o projeto de uma interseção para futuramente aplicar uma interseção real. Essa revisão será de fundamental importância para realizar um estudo de uma interseção no município de Cachoeira do Sul.

Na primeira parte desse trabalho são desenvolvidos conceitos como sistemas de transportes, conceitos básicos de oferta e demanda. Já a segunda parte é focada na Engenharia de Tráfego onde são discutidas as variáveis mais comuns em projetos desse tipo como, por exemplo, o veículo de projeto, o fluxo (ou volume), velocidade e distância de visibilidade. Também são abordados alguns conceitos básicos de segurança viária. O trabalho termina expondo os tipos de interseções de acordo com a classificação do Manual de Interseções do DNIT e o método inglês da escolha do tipo de interseção.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre aspectos da engenharia de tráfego principalmente relacionados às interseções. Na Figura 1 podemos ver um esquema dessa pesquisa.

Figura 1: Procedimento Metodológico



Fonte: Autores.

3 SISTEMAS DE TRANSPORTES

O transporte surgiu naturalmente com a necessidade dos humanos precisarem realizar atividades para conseguirem sobreviver, seja caçar, coletar, cultivar, etc. Mesmo com o avanço da tecnologia ainda é necessário desenvolver certas atividades fins como trabalhar, estudar, ir ao supermercado, etc. Schmitt e Gollnick (2016) definem o transporte como as atividades que permitem o movimento de pessoas ou bens e que todo sistema de transporte é constituído pelos seguintes elementos:

- a) usuário - pessoa ou produto que é transportado;
- b) veículo - objeto onde a pessoa ou produto é transportado, por exemplo os automóveis, aviões, trens, etc;
- c) via/infraestrutura - meio por onde o veículo trafega, são exemplos as rodovias, rotas aéreas, ferrovias, etc;
- d) sistemas de controle ou operação - conjunto de procedimentos, regulamentações, objetos, etc, que determinam o modo de operação do sistema, podem ser citados como exemplos a sinalização de trânsito, o controle aéreo e o sistema de controle de trens baseado em comunicação (CBTC em inglês).

3.1 Demanda

Na definição econômica a demanda trata sobre a possível compra de um produto. Fazendo-se uma analogia aos transportes, a demanda trata sobre a geração de viagens.

Segundo Cascetta (2009, p. 1, tradução nossa):

[...] demanda de viagens, por sua vez, é resultado das interações entre as diversas atividades econômicas e sociais localizadas em uma determinada área. Modelos matemáticos de sistemas de transporte representam, para um sistema de transporte real ou hipotético, os fluxos de demanda, o funcionamento dos elementos físicos e organizacionais, as interações entre eles e seus efeitos no mundo externo. Modelos matemáticos e os métodos envolvidos em sua aplicação a sistemas reais de grande escala são assim, ferramentas fundamentais para avaliar e/ou projetar ações que afetam os elementos físicos (por exemplo, uma nova ferrovia) e/ou componentes organizacionais (por exemplo, um novo horário) dos sistemas de transporte.

O TRB (2010) destaca que a demanda é a variável que determina quantos veículos/pessoas gostariam de utilizar uma determinada instalação (rodovia, passeio público, transporte coletivo, etc). Ainda ressalta que a demanda varia no tempo, ou seja, varia de acordo com o ano, mês, dia da semana, hora do dia, etc. Essa variação é causada principalmente pelo objetivo da viagem. Podem ser citados como exemplos as viagens diurnas em dias da semana da casa para o trabalho ou vice e versa. Já nos finais de semana um dos principais objetivos é o lazer. Essa diferença altera fortemente a demanda e a quantidade de fluxo observada *in loco*.

3.2 Oferta

Por outro lado, a oferta fala sobre quantas viagens é possível em um sistema de transportes. Um conceito de extrema importância relativo a oferta é o da **capacidade**. A capacidade é definida como o fluxo máximo esperado que pode atravessar um ponto ou seção de uma instalação sob condições predominantes e em um tempo determinado. A capacidade declarada de uma instalação pode ser superada em algumas situações extraordinárias, pois ela pode variar de um dia para o outro (TRB, 2010).

Segundo a Companhia de Engenharia de Tráfego (1977) existem fatores físicos e de tráfego que afetam a capacidade. Entre os físicos estão a largura da faixa, o afastamento lateral, existência de acostamento ou de faixas auxiliares, condição da superfície (pavimentação), alinhamento e greide. Sobre os de tráfego podem ser citados: a composição do tráfego, a distribuição de faixas e a interrupção do tráfego.

4 ENGENHARIA DE TRÁFEGO

Nessa seção serão abordadas as variáveis de projeto, as interseções em nível e semaforizadas e segurança viária. A engenharia de tráfego é o ramo da engenharia de transportes que busca a segurança e fluidez dos deslocamentos de bens e pessoas. As principais ferramentas utilizadas pela engenharia de tráfego são a sinalização viária, redesenho da geometria, implantação de semáforos, etc.

Já Slinn, Matthews e Guest (2005, p. 7, tradução nossa) complementam que

A engenharia de tráfego é usada para melhorar uma situação existente ou, no caso de uma nova instalação, para garantir que a instalação seja projetada de forma correta, segura e adequada para as demandas que irão ser colocadas nela. Em uma situação existente, temos que conhecer as demandas e padrões de movimento atuais, para que a nova intervenção possa ser desenhada de forma adequada.

Roess, Prass e McShane (2004) ressaltam que o principal objetivo da engenharia de tráfego é a segurança e posteriormente a velocidade, conforto, conveniência, economia e a compatibilidade ambiental.

4.1 Variáveis de projeto

Para estudar, analisar e projetar uma interseção rodoviária são necessários alguns elementos. Esses elementos são denominados de variáveis de projeto, as principais estarão nas próximas subseções.

4.1.1 Veículo de projeto

As características físicas dos veículos e a proporção entre eles impactam no projeto de uma via. Se denomina como veículo de projeto o veículo que conseguirá ter condições de dirigibilidade e conforto nas instalações projetadas (BRASIL, 2010).

Já Roess, Prass e McShane (2004, p. 28, tradução nossa) afirmam que:

Os veículos de projeto são empregados principalmente no projeto de curvas de rodovias e meios-fios de interseção, e são usados para ajudar a determinar as larguras de faixa apropriadas e características de projeto específicas como superlargura em curvas. A chave para tal uso, entretanto, é a seleção de um veículo de projeto apropriado para vários tipos de instalações e situações. Em geral, o projeto deve considerar o maior veículo que provavelmente usará a instalação com uma frequência razoável.

4.1.2 Fluxo

O fluxo (ou volume) é a demanda concretizada de fato. Segundo Immers e Logghe (2002, p. 6, tradução nossa) “O fluxo q pode ser comparado à descarga ou ao fluxo de uma corrente. A taxa de fluxo representa o número de veículos que passam por uma determinada seção transversal por unidade de tempo.”

Normalmente o fluxo é representado pela unidade $veic/h$ (veículos por hora) ou ucp/h (unidades de carros de passeio por hora). A segunda forma é uma maneira de ponderar o fluxo de acordo com os tipos de veículos através de fatores de conversão. Por exemplo, um volume de 10 caminhões/h é diferente de um composto por 10 bicicletas/h.

O fluxo é uma variável muito volátil pois muda de acordo com o horário, dia da semana, mês, etc. A teoria do fluxo de veículos pode ser subdividida em dois grandes grupos, o de contínuo (ou ininterrupto) e interrompido. Em vias rurais ocorrem basicamente somente o primeiro tipo pois não é necessário parar, exceto devido pela própria corrente de fluxo. Já no perímetro urbano ocorre basicamente o segundo pois existem condicionantes como interseções com prioridade, semáforos, travessia de pedestres, etc.

Note-se que a capacidade de uma instalação é dada na mesma unidade que a do volume. Portanto a capacidade será afetada pelo regime do fluxo, ou seja, em geral, com as mesmas condições geométricas uma via urbana terá capacidade menor do que uma via rural.

As contagens volumétricas direcionais classificatórias registram o número de veículos por sentido bem como seu tipo. Essas pesquisas são empregadas para cálculo de capacidade, justificativa de controle de trânsito, estudo de acidentes, projeto geométrico, etc (BRASIL, 2006).

4.1.3 Velocidade

A velocidade é uma variável física que descreve quanto espaço um objeto percorre em um determinado tempo. Matematicamente é definida como a derivada da posição em relação ao tempo (eq. (1)):

$$v(t) = \frac{ds(t)}{dt} \Rightarrow \bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde:

- a) v - velocidade;
- b) s - posição;
- c) t - tempo;
- d) \bar{v} - velocidade média.

Roess, Prass e McShane (2004) dizem que existem duas formas de computar a velocidade de uma corrente de tráfego, a velocidade média no tempo (eq. (2a)) e a velocidade média no espaço (eq. (2b)), definidas como:

$$\bar{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d}{t_i} \right)}{n} \quad (2a)$$

$$\bar{v}_s = \frac{nd}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (2b)$$

Onde:

- a) d - distância definida;
- b) t_i - tempo do i -ésimo veículo para percorrer a distância d ;
- c) n - número de veículos da amostra.

Em geral $\bar{v}_t \geq \bar{v}_s$.

4.1.4 Distância de visibilidade necessária

A distância visível pelo motorista no plano vertical e horizontal de uma via é denominada de distância de visibilidade. É a característica mais importante na segurança viária na operação de uma rodovia e subdividida em distância de visibilidade de parada e de ultrapassagem (O'FLAHERTY, 1997).

A distância de visibilidade necessária de parada é dada pela seguinte expressão:

$$D_p = \frac{vt_r}{3,6} + \frac{v^2}{254(f \pm i)} \quad (3)$$

Onde:

- a) D_p - distância de visibilidade de parada em m ;
- b) v - velocidade em km/h ;
- c) t_r - tempo de percepção e reação em s (tempo PIEV), usualmente $2 s$;
- d) f coeficiente de atrito longitudinal;
- e) i - greide da via, utiliza-se $-i$ para rampas descendentes e $+i$ para ascendentes.

Note-se que a primeira parcela do lado direito da igualdade da equação (3) trata sobre a distância percorrida até o motorista pisar no freio. Já a segunda é a distância necessária para a frenagem.

4.2 Interseções

Define-se interseção como a área em que duas ou mais vias se unem ou se cruzam, abrangendo todo o espaço destinado a facilitar os movimentos dos veículos que por ela circulam. As interseções são classificadas em duas categorias gerais, conforme os planos em que se realizam os movimentos: interseções em nível e interseções em níveis diferentes. (BRASIL, 2005, p. 39)

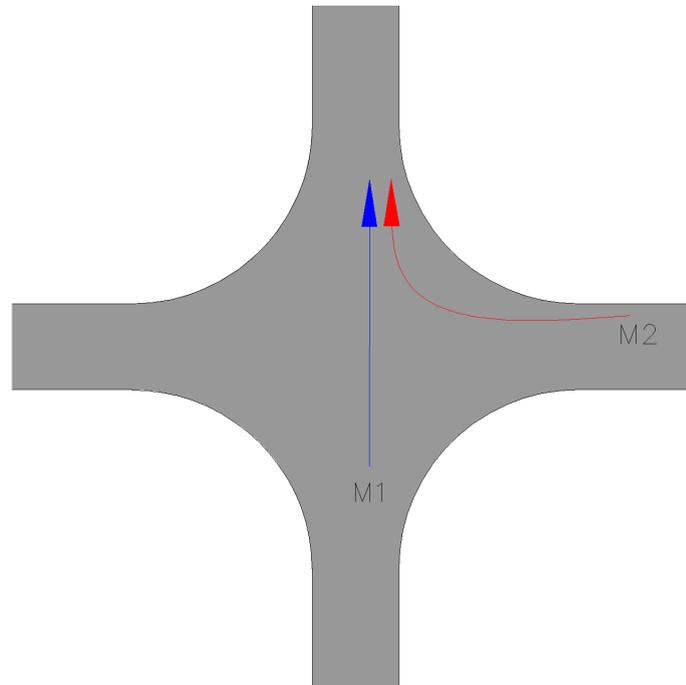
4.2.1 Movimentos conflitantes

Segundo (CONTRAN, 2014) em uma interseção os trechos das vias por onde os veículos chegam são chamadas de aproximações. Dentro de cada interseção existe uma zona denominada de área de conflito que é onde ocorrem os movimentos conflitantes

causados pelos veículos de diferentes aproximações. Esses movimentos são classificados em:

- a) convergente - movimento onde duas correntes de tráfego oriundas de duas aproximações distintas se unem (Figura 2);

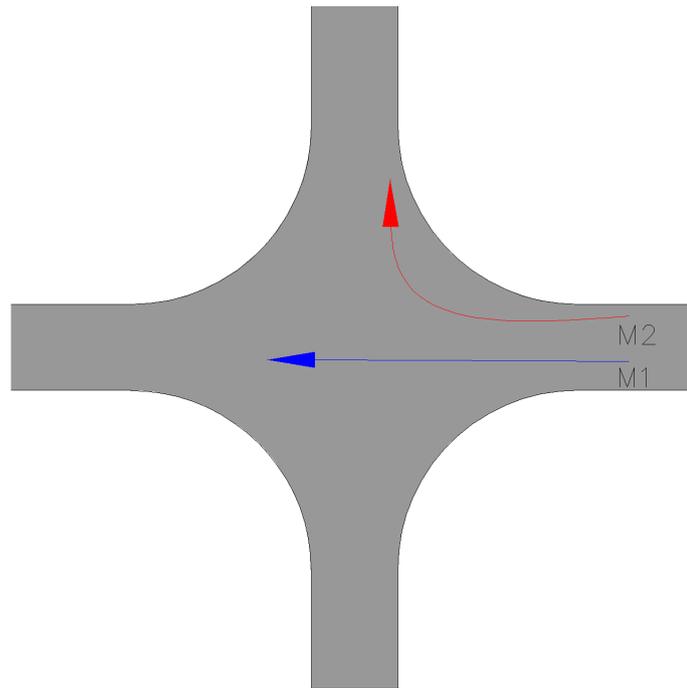
Figura 2: Exemplo de movimento convergente



Fonte: Autores.

- b) divergente - movimento onde uma corrente de tráfego se separa em duas (Figura 3);

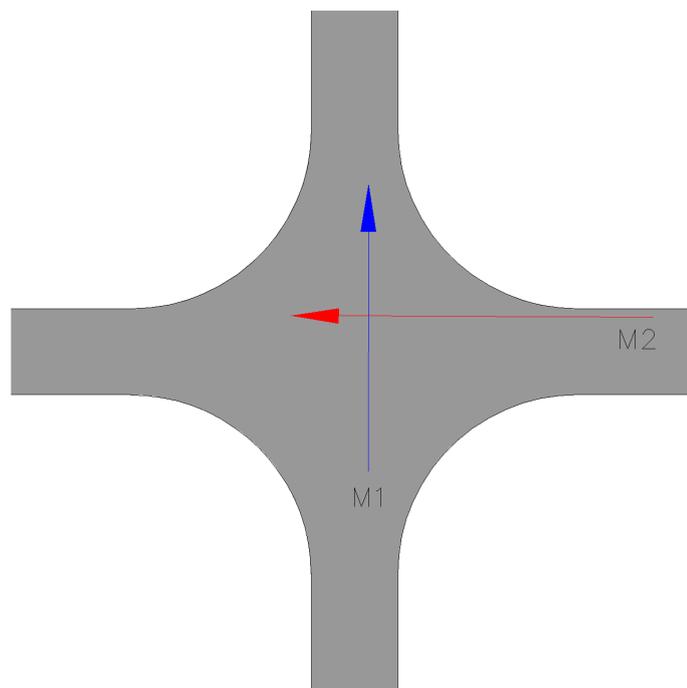
Figura 3: Exemplo de movimento divergente



Fonte: Autores.

c) cruzamento - como diz o nome, quando duas correntes de tráfego se cruzam formando determinado ângulo (Figura 4);

Figura 4: Exemplo de cruzamento

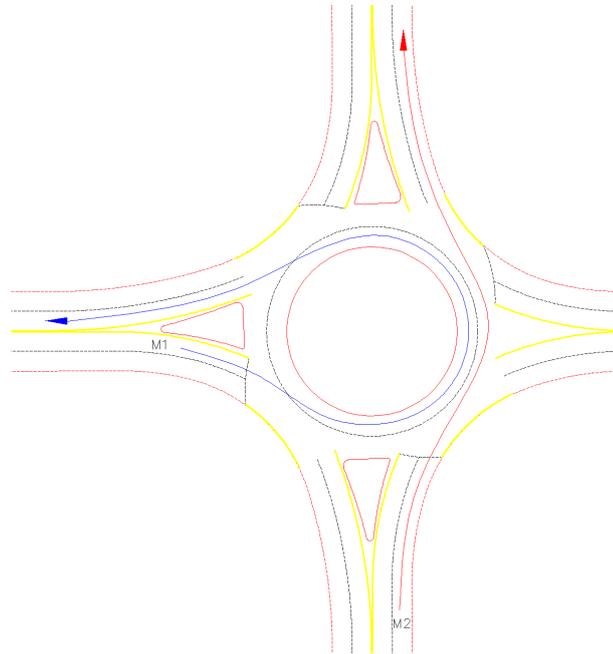


Fonte: Autores.

d) entrelaçamento - movimento onde ocorre sucessivamente uma convergência e

uma divergência (Figura 5);

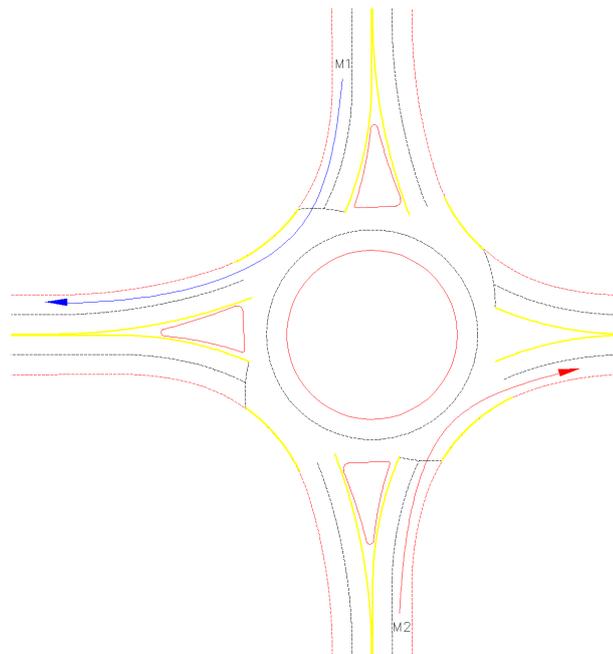
Figura 5: Exemplo de entrelaçamento



Fonte: Autores.

e) não conflitante - movimentos que não se enquadram em nenhum dos anteriores (Figura 6).

Figura 6: Exemplo de movimento não conflitante



Fonte: Autores.

4.2.2 *Interseções prioritárias*

Paiva (2012, p. 3) define interseções prioritárias como

[...] interseções de nível, normalmente de três ou quatro ramos, podendo ter mais, formados pela junção ou interseção de duas ou mais estradas públicas, onde uma das estradas, chamada de prioritária, tem prioridade sobre as outras. A estrada não prioritária é regulada por sinais verticais, que em simultâneo com marcação horizontal, usada apenas em determinados casos, definem facilmente a prioridade dos condutores.

Em geral, no Brasil, esse tipo de interseção é o mais utilizado pois seu custo de implantação é barato. É o tipo de interseção em que existe uma placa de pare (R-1) ou de dê a preferência (R-2) nas aproximações secundárias.

4.2.3 *Interseções semaforizadas*

A sinalização semafórica é um subsistema da sinalização viária composto por indicações luminosas acionadas alternada ou intermitentemente por meio de sistema eletromecânico ou eletrônico com a finalidade de transmitir diferentes mensagens aos usuários da via pública, regulamentando o direito de passagem ou advertindo sobre situações especiais nas vias. (CONTRAN, 2014).

4.2.3.1 Critérios de implantação

A FHWA (2009) fala que estudos para implantação de semáforos incluem a análise de fatores de circulação e de segurança da interseção existente com objetivos de melhorar essa condições. São justificativas para a implantação as seguintes:

- a) volume veicular em 8 horas - compara as 8 horas de maior volume em um dia com fluxos mínimos estipulados e a interrupção do fluxo da via principal;
- b) volume veicular em 4 horas - considera o volume veicular das 4 horas mais carregadas em um dia e compara com fluxos mínimos;
- c) volume da hora de pico - semelhante aos itens acima, compara o volume da hora de pico com volumes mínimos para a implantação;
- d) volume de pedestres - justifica a necessidade da implantação caso os pedestres experimentem atrasos excessivos para atravessarem as aproximações devido aos volumes nas vias principal e secundária;
- e) travessia de escolares - semelhante ao item anterior entretanto aplicável somente próximo a escolas;
- f) coordenação semafórica - implantação antes de outro semáforo para gerar uma

“onda verde”;

- g) segurança viária - quando há números suficientes de acidentes evitáveis por semáforo em determinado intervalo de tempo e quando outras alternativas não solucionaram a implantação é justificada;
- h) controle da rede viária - a instalação de semáforo pode ser justificada em algumas interseção caso ocorra a concentração e organização da rede viária;
- i) interseção perto de outra interseção em nível - essa justifica se refere a um local onde nenhuma das condições descritas nas outras oito são atendidas, mas a proximidade dessa interseção com outra controlada por uma placa de pare ou dê a preferência é o principal motivo a se considerar em instalar um semáforo.

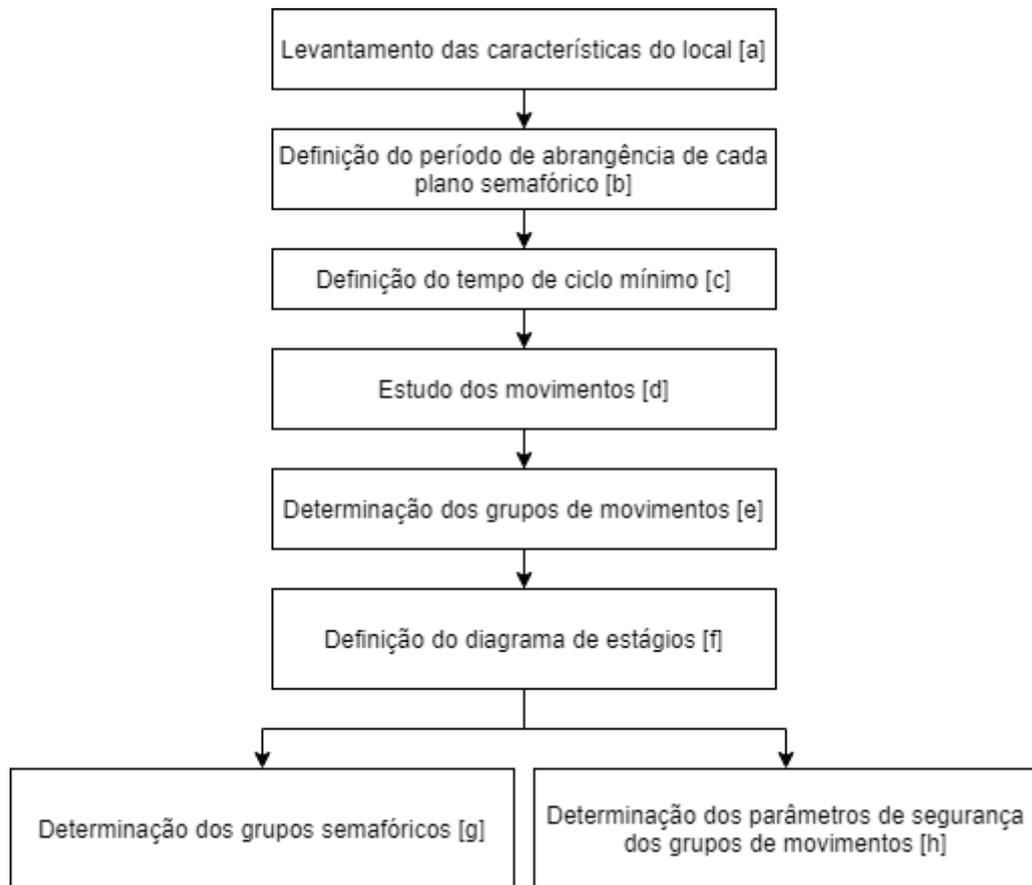
Aqui no Brasil, o CONTRAN (2014) utiliza-se de fluxogramas levando em consideração critérios baseado nos pedestres ou nos veículos, bem como algumas das justificativas citadas acima.

4.2.3.2 Programação semafórica

CONTRAN (2014) utiliza quatro etapas para a programação semafórica.

- a) etapa 1 (Figura 7 - nessa etapa são observadas características físicas, a velocidade e o histórico de acidentes do local. Também são contabilizados os volumes, definidos os grupos de movimentos, de estágios e semafóricos e calculados os tempos de amarelo e vermelho;

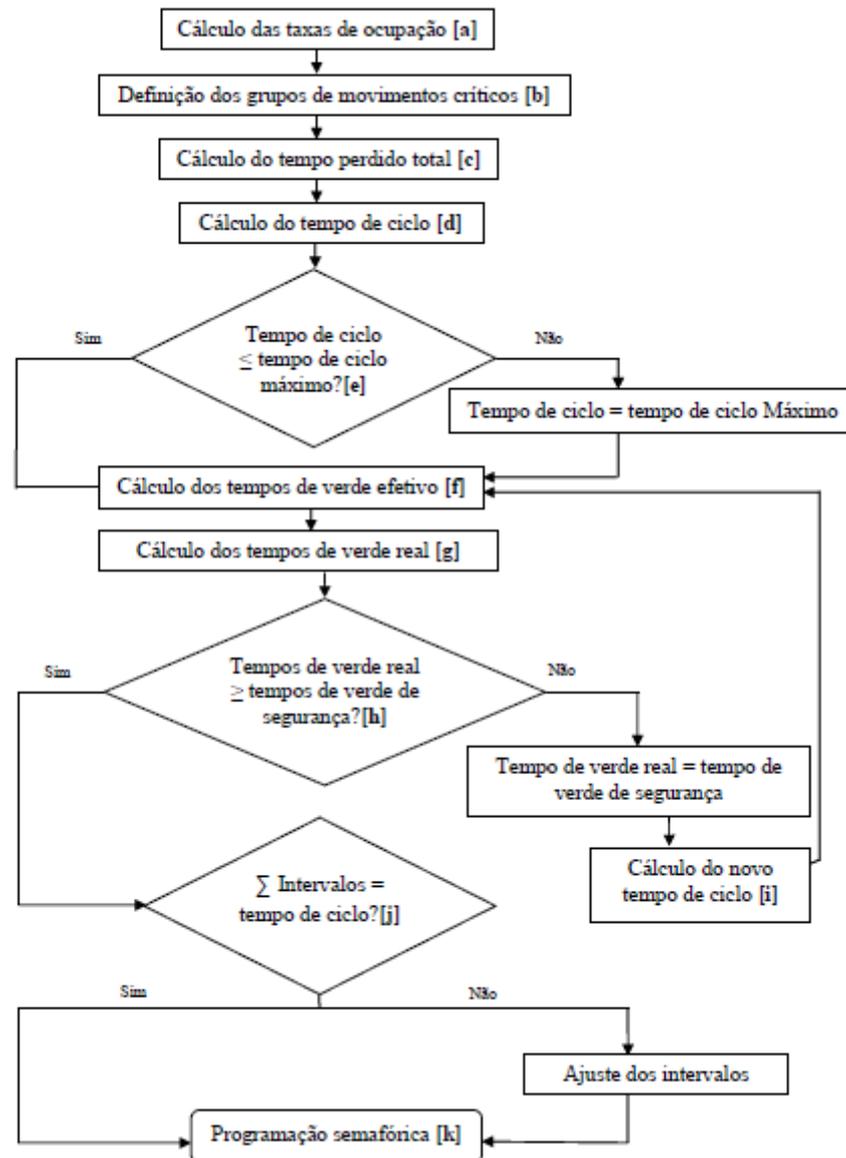
Figura 7: Etapa 1 da programação semafórica



Fonte (CONTRAN, 2014, p. 109).

- b) etapa 2 - nessa etapa são determinados os volumes horários para cada grupo de movimento, seu fluxo de saturação e seus tempos perdidos se houver sinalização semafórica existente;
- c) etapa 3 (Figura 8) - nessa etapa são calculados os tempos de entreverdes e verdes;

Figura 8: Etapa 3 da programação semafórica



Fonte (CONTRAN, 2014, p. 112).

d) etapa 4 - nessa etapa verifica-se a implantação do semáforo e caso não seja satisfatória realiza-se os ajustes necessários.

4.2.4 Escolha do tipo de interseção

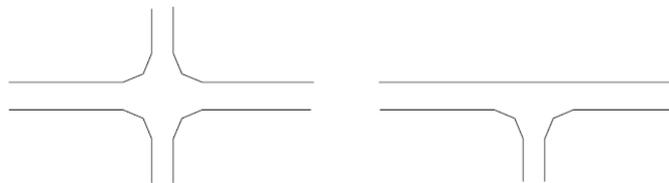
A escolha entre os tipos de interseções é normalmente realizada utilizando critérios como capacidade, segurança, questões ambientais e construtivas, limitações físicas, custo e uniformidade. Muitos países tem formas diferentes de escolher o tipo de interseção adequada devido ao ponderamento dos critérios acima, (SANCA, 2002).

4.2.4.1 Normas suecas

Existem vários métodos para selecionar o layout básico de uma interseção. No nosso país o Brasil (2005) recomenda utilizar as normas suecas para a escolha do tipo de interseção. Nesse método os tipos de interseções são classificados em 1 a 7, onde as do tipo de 1 a 5 possuem poucas intervenções, são elas:

- a) tipo 1 (mínima)(Figura 9) - esse tipo não possui nenhuma espécie de canalização, podendo apenas contar com sinalização de regulamentação;

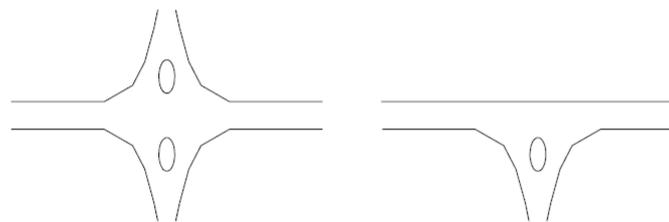
Figura 9: Exemplo de interseção do tipo 1 - interseção mínima



Fonte (BRASIL, 2005, p. 509).

- b) tipo 2 (gota)(Figura 10) - nesse caso já ocorre canalização na pista secundária assim ajudando a controlar melhor as conversões e facilitando a travessia de pedestres em dois tempos;

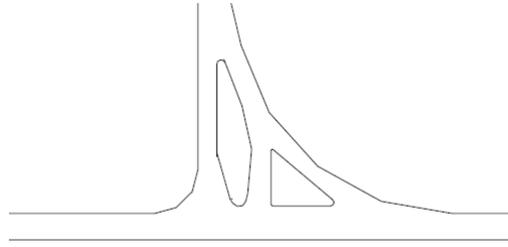
Figura 10: Exemplo de interseção do tipo 2 - interseção do tipo gota



Fonte (BRASIL, 2005, p. 509).

- c) tipo 3 (faixa para conversão à direita) (Figura 11) - aparecem ilhas de canalização tanto na pista secundária como na principal com faixas adicionais para conversão à direita;

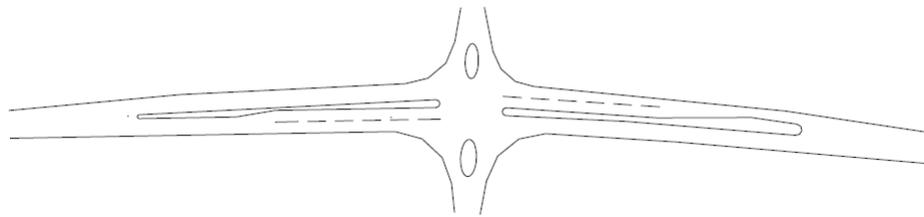
Figura 11: Exemplo de interseção do tipo 3 - interseção com faixa para conversão à direita



Fonte (BRASIL, 2005, p. 509).

- d) tipo 4 (faixa para conversão à esquerda) (Figura 12) - aparecem ilhas de canalização tanto na pista secundária como na principal com faixas adicionais para conversão à esquerda;

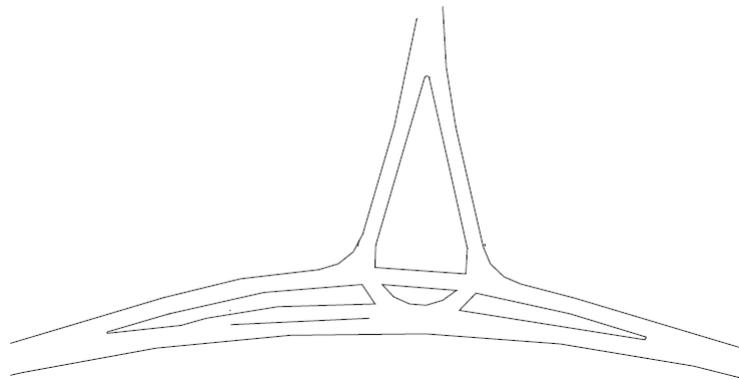
Figura 12: Exemplo de interseção do tipo 4 - interseção com faixa para conversão à esquerda



Fonte (BRASIL, 2005, p. 509).

- e) tipo 5 (canalizada/separação de conflitos) (Figura 13) - aparecem ilhas de canalização tanto na pista secundária como na principal com faixas adicionais para conversões;

Figura 13: Exemplo de interseção do tipo 5 - interseção canalizada

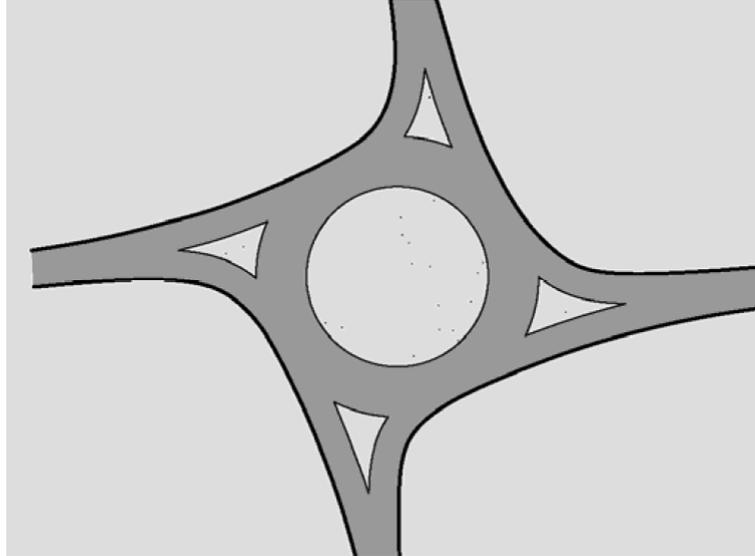


Fonte (BRASIL, 2005, p. 509).

- f) tipo 6 (rotatória) (Figura 14) - tipo de interseção onde ocorre uma ilha central em formato circular. Esse tipo de interseção serve também como medida de

traffic calming pois todos veículos que se aproximam da interseção devem reduzir a velocidade pois todas as aproximações perdem a prioridade;

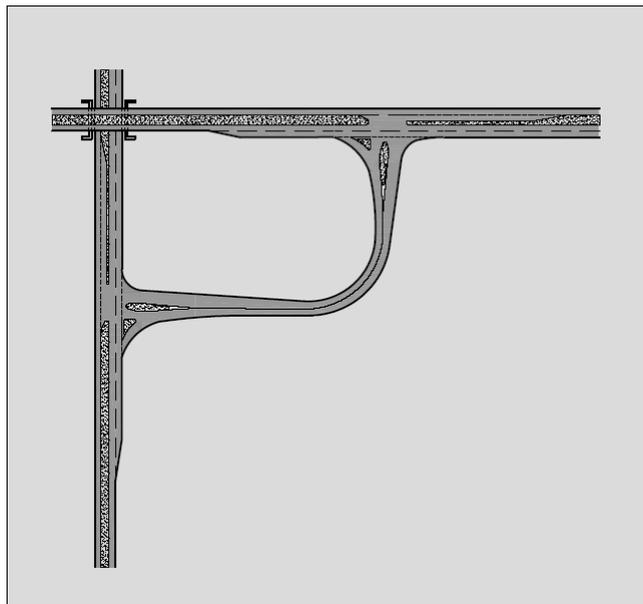
Figura 14: Exemplo de interseção do tipo 6 - rotatória



Fonte (BRASIL, 2005, p. 106).

g) tipo 7 (níveis diferentes) (Figura 15) - chamadas também de interconexões ocorrem em níveis diferentes eliminando-se total ou parcialmente os movimentos conflitantes de cruzamento.

Figura 15: Exemplo de interseção do tipo 7 - interconexão

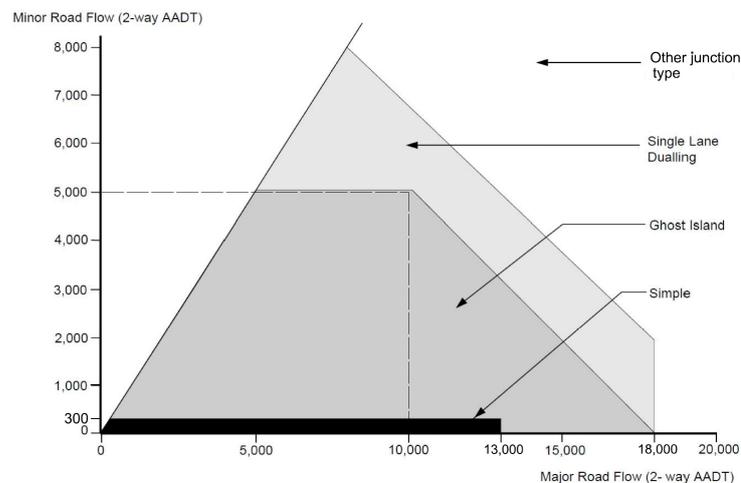


Fonte (BRASIL, 2005, p. 107).

4.2.4.2 Método inglês

Já a escolha entre os tipos de interseções no Reino Unido se dá através de um gráfico (Figura 16) onde se entram os fluxos diários máximos em um período de um ano nos dois sentidos das rodovias principal (eixo X) e secundária (eixo Y). Após isso verifica-se em qual área do gráfico se encontra o ponto resultante e o tipo de interseção apropriada. (HIGHWAYS ENGLAND, 2020).

Figura 16: Gráfico para escolha da interseção no Reino Unido



Fonte: (HIGHWAYS ENGLAND, 2020, p. 11).

Caso caia na área de cor preta então a interseção é do tipo mínima (Figura 9), se na área cinza escuro será do tipo com faixa exclusiva (somente pintura) para conversão à esquerda (no original é à direita pois lá o tráfego se dá pela faixa da direita). Se cair na área cinza claro será equivalente ao nosso tipo 4 claro, i.e, faixa exclusiva para giro à esquerda com separação física (Figura 12). Outras soluções mais específicas serão adotadas caso caiam na zona branca.

4.3 Segurança Viária

Pontos negros (Black Spots) são definidos como locais, geralmente em interseções, com um número de acidentes muito maior do que em outros lugares com condições semelhantes. A concentração desses acidentes é parcialmente causada por projetos incorretos ou inadequados. E conseqüentemente o redesenho das interseções com muitos acidentes busca como objetivos melhorar a visibilidade e a simplificação das conversões, assim reduzindo os acidentes. (ELVIK et al., 2009).

De acordo com Torres et al. (2017) acidentes ocorridos próximos de escolas em vias mais largas e de maior hierarquia viária têm uma maior probabilidade de terem vítimas feridas ou mortas. Alguns dos principais fatores que sugerem influenciar na

severidades desses acidentes foram: o comprimento médio de quadra (possibilidade de maior velocidade), interseções de 4 vias e semáforos. Onde os dois primeiros aumentam a severidade dos acidentes e esse último reduzindo-a.

Já segundo Kindler et al. (2003) nas interseções onde não existem curvas horizontais ou verticais, as obstruções visuais da via podem limitar a distância de visibilidade da interseção. Essa limitação faz com que a capacidade de um motorista na via principal de ver a interseção é crítica, assim como a capacidade de um motorista parado na aproximação secundária de ver a estrada principal. Em ambos os casos, essa visão pode ser comprometida ou obstruída por obstruções à beira da estrada e causar acidentes como colisões traseiras ou angulares.

5 TRAFFIC CALMING

Traffic calming é a combinação de medidas principalmente físicas que reduzem os efeitos negativos causados pelos veículos, alterando o comportamento do motorista e melhorando as condições para os usuários não motorizados, (EWING; INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS, 1999).

Elvik (2001) afirma que estudos apontam que as medidas de traffic calming reduzem, em média, o número de acidentes em cerca de 15%, sendo que esse valor sobe para 25% em vias locais.

BHTrans ([20-?]) indica como possíveis medidas de traffic calming para redução de velocidade: deflexões verticais, deflexões horizontais, restrições na pista, rotatórias, redução dos raios de giro, regulamentação de prioridade e sinalização viária.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pôde ser visto nesse trabalho existem diversos fatores que impactam no projeto de uma interseção. Apenas para a escolha do tipo de interseção deve-se inicialmente decidir-se se será do tipo semaforizada ou não. Caso seja do primeiro tipo, deve-se verificar se atende os requisitos básicos, depois definir os movimentos conflitantes, os grupos de movimentos, o tempo de ciclo e os tempos de estágios. Caso seja uma interseção prioritária deve-se verificar em qual tipo ela se encaixa de acordo com o método escolhido. Pois dependendo do método escolhido a interseção poderá ser de dois tipos diferentes. Apesar de serem práticos, os dois métodos citados nesse texto apresentaram uma deficiência. Essa deficiência está em que eles só utilizam o volume de tráfego para a escolha do tipo de interseção. Outro ponto importante a se notar é que esse métodos não utilizam os números de acidentes. Entretanto o método que o Manual de Interseções (2005) do DNIT recomenda principalmente utiliza-se do número de acidentes, entretanto o mesmo não é aplicável para velocidades intermediárias ($v \leq 60km/h$). É interessante ver também que grande parte dos

acidentes é causada pelo excesso de velocidade e pela falta de visibilidade. E que também medidas de traffic calming podem auxiliar na redução do número de acidentes. Por fim sugere-se que os métodos de escolha de interseção utilizassem, além do fluxo, fatores que dependem da zona circunscrita, i.e., se é uma zona residencial, comercial, industrial, etc.

REFERÊNCIAS

- BHTRANS. **Medidas moderadoras de tráfego**. Belo Horizonte, [20-?]. 275 p. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/imagens/authenticated%2C%20editor_a_bhtrans/manual_traffic_calming.pdf>.
- BRASIL. **Manual de projeto de interseções**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.
- _____. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro, 2010.
- CASCETTA, E. **Transportation Systems Analysis**. 2nd. ed. Boston: Springer, 2009.
- COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Noções básicas de engenharia de tráfego**. São Paulo, 1977. 128 p.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização: sinalização semafórica**. [S.l.], 2014. v. 5.
- ELVIK, R. Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. **Accident analysis and prevention**, Elsevier Ltd, England, v. 33, n. 3, p. 327–336, 2001. ISSN 0001-4575.
- ELVIK, R. et al. **Handbook of Road Safety Measures**. 2nd. ed. [S.l.]: Emerald Group, 2009. ISBN 1848552505,9781848552500.
- EWING, R. H.; INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. **Traffic calming: State of the practice**. [S.l.]: Emerald Group, 1999.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways**. 2nd. ed. Washington, D.C., 2009. Disponível em: <https://mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2009/pdf_index.htm>.
- GOOGLE. Maps. [S.l.], 2021. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-30.0469975,-52.8936836,85m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- HIGHWAYS ENGLAND. **CD 123 Geometric design of at-grade priority and signal-controlled junctions**. 2nd. ed. United Kingdom, 2020.
- IMMERS, L.; LOGGHE, S. **Traffic flow theory**. Heverlee, Belgium: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Section Traffic and Infrastructure, Kasteelpark Arenberg, 2002.
- KINDLER, C. E. et al. **IHSDM: Intersection diagnostic review model knowledge base report**. Technical Report of Federal Highway Administration No. FHWA-RD-02-045, Virginia, 2003.
- O'FLAHERTY, C.A. (Edit.). **Transport Planning and Traffic Engineering**. 4th. ed. [S.l.]: Elsevier, 1997.

PAIVA, D. J. S. **Metodologias para avaliação das condições de circulação em interseções prioritárias**. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, 2012.

ROESS, R. P.; PRASS, E. S.; MCSHANE, W. R. **Traffic Engineering**. 3rd. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2004.

SANCA, M. **Application of Design for Safer Urban Roads and Junctions: Selected Countermeasures**. Dissertação (Mestrado) — Linköping University, Sweden, 2002.

SCHMITT, D.; GOLLNICK, V. **Air Transport System**. 1st. ed. Vienna: Springer, 2016.

SLINN, M.; MATTHEWS, P.; GUEST, P. **Traffic engineering design: principles and practice**. 2nd. ed. Boston: Elsevier, 2005.

TORRES, T. B. et al. Prevalência de fatores associados à severidade dos acidentes em entorno de escolas. **TRANSPORTES**, v. 25, p. 102–114, out. 2017.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway Capacity Manual**. 5th. ed. Washington, D.C., 2010. v. 1.

3 ARTIGO 2 - ANÁLISE DA CAPACIDADE E DO TIPO DE INTERSEÇÃO ENTRE AS RUAS SALDANHA MARINHO E RAMIRO BARCELOS, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL

Analysis of capacity and type of intersection between the streets Saldanha Marinho and Ramiro Barcelos, Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil

Jardel Carpes Meurer¹, Felipe Caleffi²

RESUMO

Interseções são os principais gargalos nas malhas viárias urbanas. O propósito desse estudo é realizar uma avaliação da interseção entre as ruas Saldanha Marinho e Ramiro Barcelos no município de Cachoeira do Sul em relação a capacidade, tipo de interseção (semaforizada ou não) e distância de visibilidade. Para isso realizaram-se contagens de tráfego na interseção e analisou-se sua capacidade utilizando o método indicado pelo HCM 2010. Já para a classificação da interseção utilizaram-se as Normas Suecas encontradas no Manual de Interseções do DNIT. Constatou-se que o nível de serviço da aproximação pela Ramiro Barcelos é F e que é necessário uma interconexão no local. Entretanto pelos métodos da MUTCD uma interseção semaforizada não é justificada. Por fim realizaram-se duas propostas de intervenções mais conservadoras devido ao custo e o espaço físico necessário para uma interconexão.

Palavras-Chave: Engenharia de tráfego. Interseções. Segurança Viária.

ABSTRACT

Urban intersections are the main bottlenecks in urban road networks. The purpose of this study is to realize an evaluation of the intersection between Saldanha Marinho and Ramiro Barcelos streets in the city of Cachoeira do Sul in relation to capacity, type of intersection and visibility distance. For this, traffic counts were performed at the intersection and its capacity was analyzed using what was indicated by the HCM 2010. For the classification of the intersection, the Swedish Norms found in the DNIT Intersections Manual were used. Note that the level of service of the approach by Ramiro Barcelos is F and that an interconnection is required on this site. Finally, two less radical proposals were made for interventions due to the cost and the physical space required for an interconnection.

Keywords: Traffic Engineering. Intersections. Road Safety.

¹Acadêmico do Curso de Engenharia de Transportes e Logística, autor; Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul.

²Professor orientador da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional e de renda cada vez mais se vê veículos trafegando nas ruas, esse acréscimo faz com que as vias atendam uma demanda as vezes superior do que sua oferta. Esse efeito é costumeiramente acompanhado pelos congestionamentos, aumentando assim os tempos de viagens. Uma das formas de reduzir esses tempos de viagens é remodelar as interseções existentes. Quando cogita-se essa alteração deve-se inicialmente responder se a interseção existente é a mais adequada, para depois então propor sugestões.

Esse presente trabalho tem como principal objetivo verificar se a interseção existente entre as ruas Saldanha Marinho e Ramiro Barcelos do município de Cachoeira do Sul é a recomendada para seu volume de tráfego. Caso o método escolhido indicar o contrário sugerir-se-á medidas mitigadoras. Outros objetivos desse trabalho são verificar a capacidade da aproximação secundária, a distância de visibilidade e a necessidade de implantação semafórica.

Escolheu-se avaliar essa interseção visto que as duas são de grande importância para a malha viária do município, ou seja, possuem um grande volume diário. O trabalho inicialmente traz os métodos utilizados para a caracterização da área de estudo, contagem dos veículos, verificação da capacidade e necessidade de semáforos, classificação da interseção e da distância de visibilidade. A segunda parte aborda os resultados obtidos e na terceira parte são realizadas propostas de pequenas intervenções.

2 METODOLOGIA

Nessa seção serão descritos os métodos utilizados nesse trabalho.

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo ocorreu na interseção das ruas Saldanha Marinho e Ramiro Barcelos no município de Cachoeira do Sul - RS (Figura 1). Essa interseção possui grande volume pois possui no seu entorno polos geradores de viagens como um posto de gasolina, um supermercado, um shopping e uma escola.

A rua Saldanha Marinho é uma das principais vias do município, sendo uma via coletora pavimentada e parte de linhas do transporte coletivo. Ela se inicia no término da interseção da rua Júlio de Castilhos com a rua Aníbal Loureiro e termina HCB. Já a rua Ramiro Barcelos também é uma via coletora pavimentada que se inicia em uma interseção com a rua Feliciano Fortes e termina na edificação do 13º Grupo de Artilharia e Campanha (13º GAC). Essa interseção possui na Saldanha Marinho movimento único no sentido Norte-Sul podendo seguir em frente ou realizar conversão à direita. A Ramiro

Barcelos possui também, nesse trecho, sentido único no sentido Leste-Oeste. Podendo seguir em frente e realizar conversão à direita para ingressar na Saldanha Marinho.

Para se caracterizar a área de estudo utilizou-se de imagens de satélite, bem como visitas à campo. Para a criação de um croqui da interseção utilizou-se de trena para realizar as medições e de um software CAD.

Figura 1: Imagem aérea da área de estudo



Fonte: (GOOGLE. Maps, 2021) editada pelos autores.

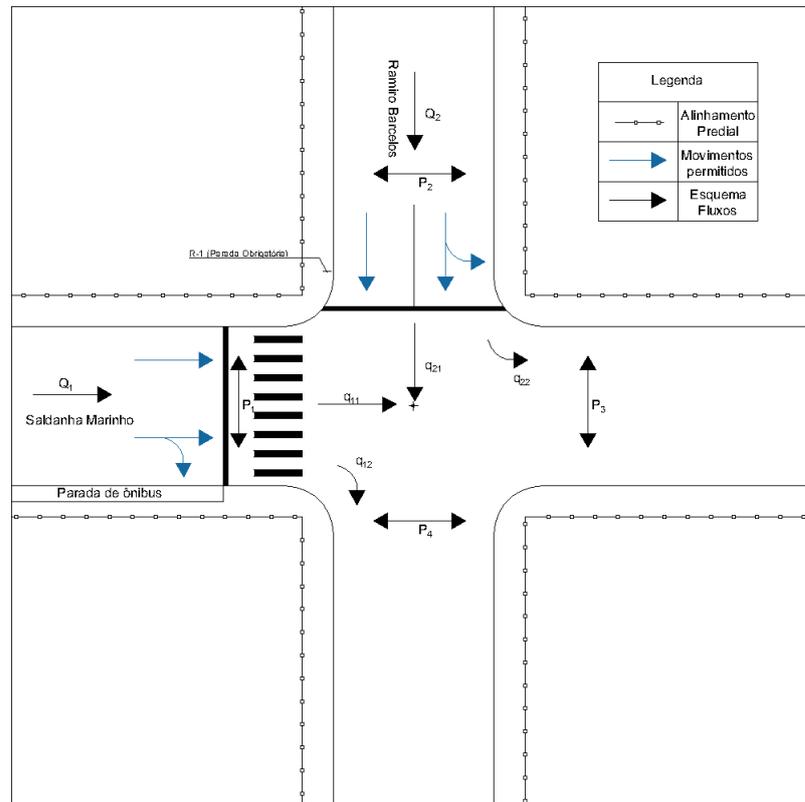
O croqui obtido é de fundamental importância para a verificação da capacidade e distância de visibilidade.

2.2 Contagem de veículos e pedestres

A contagem de veículos ocorreu no dia 29/04/2021 nos prováveis horários de pico, ou seja, das 7:05 às 9:05 das 11:15 às 13:15, entretanto nesse dia não foi possível a contagem no pico da tarde. Essa contagem foi do tipo manual, classificatória e direcional conforme o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT. Os veículos foram classificados em veículos de passeio (até 9 passageiros), motocicletas, bicicletas, ônibus (mais que 9 passageiros) e caminhões em intervalos de 5 minutos.

Já a contagem dos pedestres foi semelhante à dos veículos, entretanto foram contabilizados apenas os pedestres que atravessaram próximo às aproximações.

Figura 2: Esquema dos fluxos da interseção



Fonte: Autores.

Após a contagem tabulou-se os dados através de uma software de planilha eletrônica e utilizou-se de fatores de conversão (Quadro 1) para transformar veículos por hora (*veic/h*) em unidades de carro de passeio por hora (*ucp/h*).

Quadro 1: Fatores de conversão para *ucp*

Veículo	Bicicleta	Motocicleta	Veículo leve	Ônibus	Caminhão
Fator de equivalência	0,33	0,5	1	2	2,5

Fonte: (BRASIL, 2005, p. 512, adaptada pelo autor).

2.3 Verificação da capacidade atual

Para a verificação da capacidade atual utilizou-se o método encontrado no HCM 2010 que funciona da seguinte forma:

- determinação dos movimentos prioritários;
- determinar os fluxos dos movimentos (multiplica-se o volume dos 15 minutos mais carregados por 4);

c) determinar os fluxos conflitantes através das eq. (4a) e (4b):

$$v_{c,22} = P_2 + 0,5q_{11} + q_{12} + P_4 \quad (4a)$$

$$v_{c,23} = P_2 + P_3 + q_{12} \quad (4b)$$

onde:

- $v_{c,xy}$ é o volume conflitante do movimento xy ;
- P_x é o número de pedestres que atravessam a interseção segundo a figura 2;
- q_{xy} é o volume do movimento xy segundo a figura 2.

d) determinar os headways críticos e os headways de pelotões - se dá através das seguintes expressões:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV}P_{HV} + t_{c,G}G - t_{3,LT} \quad (5)$$

onde:

- $t_{c,x}$:= headway crítico do movimento x ;
- $t_{c,base}$:= headway crítico base (Tabela 1);

Tabela 1: Headways críticos base

Movimento Veicular	Headway Crítico Base $t_{c,base}$ (s)		
	Duas faixas	Quatro faixas	Seis faixas
Conversão à esquerda pela principal	4.1	4.1	5.3
Retorno pela principal	N/A	6,4 (Largo) 6,9 (Estreito)	5.6
Conversão à direita pela secundária	6.2	6.9	7.1
Cruzar pela secundária	1 estágio: 6,5	1 estágio: 6,5	1 estágio: 6,5*
	2 estágios, 1º estágio: 5,5	2 estágios, 1º estágio: 5,5	2 estágios, 1º estágio: 5,5*
	2 estágios, 2º estágio: 5,5	2 estágios, 2º estágio: 5,5	2 estágios, 2º estágio: 5,5*
Conversão à esquerda pela secundária	1 estágio: 7,1	1 estágio: 7,5	1 estágio: 6,4
	2 estágios, 1º estágio: 6,1	3 estágios, 1º estágio: 6,5	4 estágios, 1º estágio: 7,3
	3 estágios, 2º estágio: 6,1	4 estágios, 2º estágio: 6,5	5 estágios, 2º estágio: 6,7

Fonte: (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010, p. 19-15, tradução nossa).

- $t_{c,HV}$:= fator de ajuste para veículos pesados (1,0 para via principal com uma faixa por sentido; 2,0 para via principal com 2 ou 3 faixas por sentido);
- P_{HV} := proporção de veículos pesados por movimento em decimais;
- $t_{c,G}$:= fator de ajuste para o ranking do movimento (0,1 para conversões a direita a partir da via secundária e 0,2 para conversões a esquerda e seguir em frente a partir da via secundária);
- G := inclinação da via em %;

- $t_{3,LT}$:= fator de ajuste para a geometria da interseção (0,7 para conversão a esquerda a partir da secundária em interseções em T).

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} P_{HV} \quad (6)$$

onde:

- $t_{f,x}$:= headway de pelotão do movimento x ;
- $t_{f,base}$:= headway de pelotão base (Tabela 2);

Tabela 2: Headways no pelotão base

Movimento Veicular	Headway Pelotão Base $t_{f,base}$ (s)		
	Duas faixas	Quatro faixas	Seis faixas
Conversão à esquerda pela principal	2.2	2.2	3.1
Retorno pela principal	N/A	2,5 (Largo) 3,1 (Estreito)	2.3
Conversão à direita pela secundária	3.3	3.3	3.9
Cruzar pela secundária	4.0	4.0	4.0
Conversão à esquerda pela secundária	3.5	3.5	3.8

Fonte: (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010, p. 19-16, tradução nossa).

- fator $t_{f,HV}$:= de ajuste para veículos pesados (0,9 para via principal com uma faixa por sentido; 1,0 para via principal com 2 ou 3 faixas por sentido);
 - P_{HV} := proporção de veículos pesados por movimento em decimais.
- e) capacidade potencial - a capacidade potencial $C_{p,x}$ de um movimento x é computada de acordo com a eq. (7);

$$C_{p,x} = v_{c,x} \frac{\exp\left\{\frac{-v_{c,x}t_{c,x}}{3600}\right\}}{1 - \exp\left\{\frac{-v_{c,x}t_{f,x}}{3600}\right\}} \quad (7)$$

- f) cálculo da capacidade dos movimentos - calcula a capacidade para cada movimento da interseção; Para o problema em questão como não existem faixas adicionais de conversão a esquerda na via principal então as capacidades dos movimentos é igual a capacidade potencial.
- g) ajuste da capacidade para faixas compartilhadas - no caso de uma faixa compartilhar dois movimentos obtém-se a capacidade da faixa compartilhada da seguinte forma:

$$C_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{C_{m,y}}\right)}$$

onde:

- C_{SH} := capacidade da faixa compartilhada;
- v_y := volume do movimento y na faixa compartilhada avaliada;

– $C_{m,y}$:= capacidade do movimento y na faixa avaliada.

Para encontrar o atraso dos movimentos de rank 2 a 4 se utiliza a eq. (8).

$$d_x = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right)\left(\frac{v_x}{C_{m,x}}\right)}{450T}} \right] + 5 \quad (8)$$

Onde:

- d_x - atraso do movimento x em $(s/veic)$;
- v_x - volume do movimento x em $veic/h$;
- $C_{m,x}$ - capacidade do movimento x em $veic/h$;
- T - período de análise dos movimentos em h ($15min = 0,25h$).

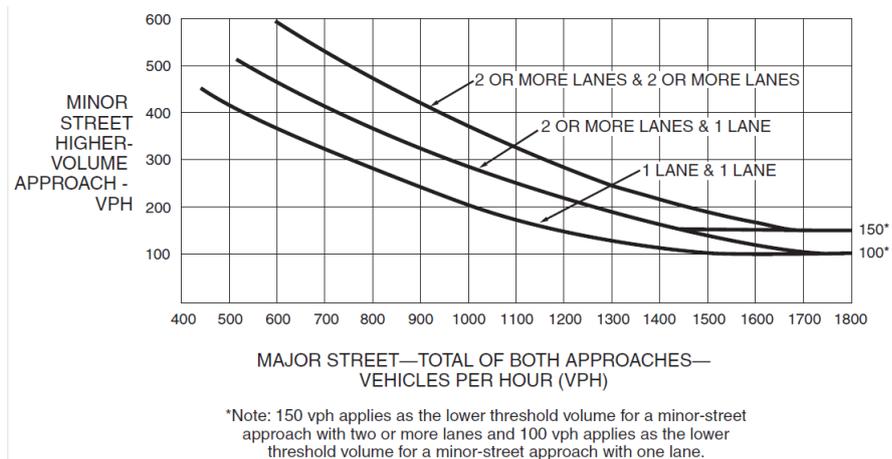
2.4 Verificação da necessidade de implantação de semáforos

Para verificar a necessidade da implantação de sinalização semafórica verificou-se apenas os critérios do volume de hora de pico e volume dos pedestres encontrados no Manual on Uniform Traffic Control 2009 (MUTCD 2009). Os outros critérios não foram verificados devido às restrições tais como: o tempo de contagem foi inferior ao exigido (critério a, b e g), não estar em uma interseção com escola (critério e), não possuir semáforos próximos para coordenação semafórica (critério f), rede viária não precisar ser controlada por semáforo nas proximidades (critério h) e o critério i depende da negativa dos outros.

2.4.1 Justificativa C - volume da hora de pico

Essa justificativa utilizou os fluxos da hora pico da via principal (em ambas aproximações) e da aproximação mais carregada da via secundária. Caso esses valores estejam acima da linha do gráfico (Figura 3) de acordo com o número de faixas correspondente então é justificada a implantação de semáforo.

Figura 3: Gráfico da justificativa C

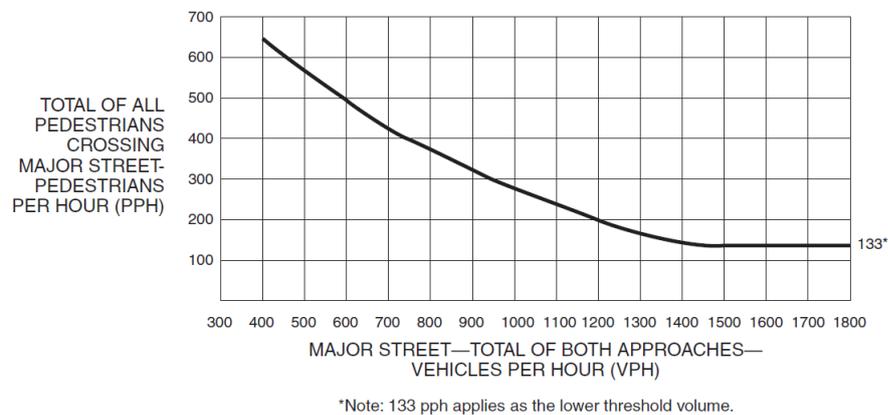


Fonte: (FHWA, 2009, p. 441).

2.4.2 Justificativa D - volume de pedestres

Semelhante ao caso anterior utilizou-se o fluxo de pedestres que atravessam a via principal na hora pico e o volume da via principal em ambas aproximações. Caso o ponto encontrado esteja acima do gráfico (Figura 4) é justificada a implantação.

Figura 4: Gráfico da justificativa D

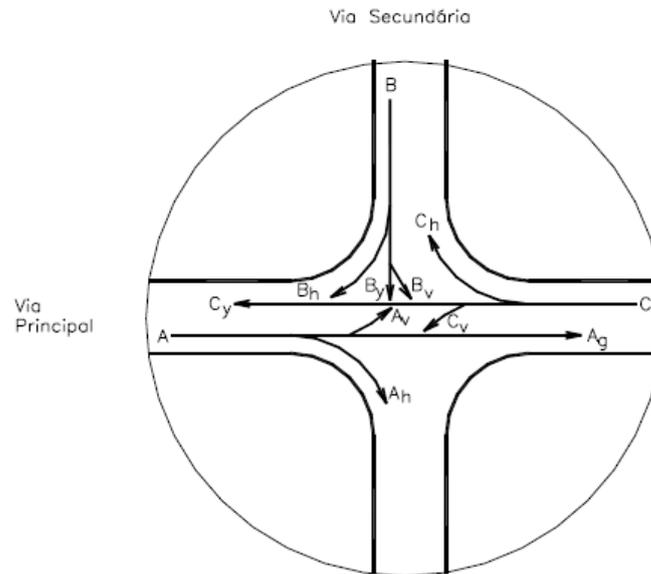


Fonte: (FHWA, 2009, p. 444).

2.5 Classificação da interseção

Para a classificação do tipo de interseção o Brasil (2005) recomenda utilizar o método das normas suecas, ele funciona da seguinte forma: Cria-se um fluxograma dos volumes da interseção conforme a Figura 5.

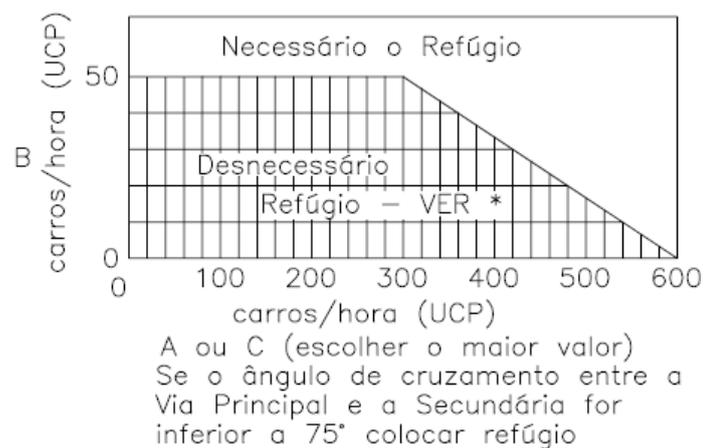
Figura 5: Diagrama dos fluxos utilizado no método



Fonte (BRASIL, 2005, p. 511).

Após criado o fluxograma, verifica-se a necessidade de colocação de ilhas nas aproximações da via secundária utilizando o gráfico da Figura 6.

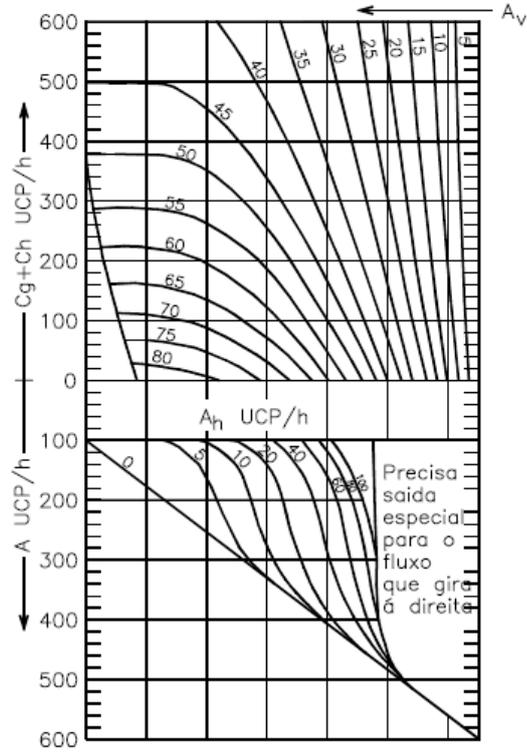
Figura 6: Gráfico da etapa A



Fonte (BRASIL, 2005, p. 513).

Caso não seja necessário colocar ilhas nas vias secundária a interseção é do tipo mínima. Senão deve-se utilizar o gráfico da Figura 7. Nesse gráfico verifica-se a necessidade de implantação de faixas adicionais para conversão à esquerda e à direita na via principal.

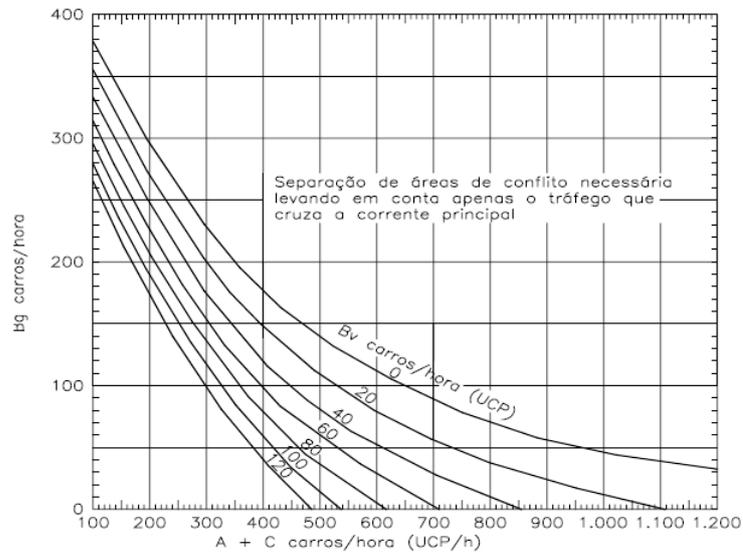
Figura 7: Gráfico da etapa B



Fonte (BRASIL, 2005, p. 514).

Após a etapa B, utilizando-se do gráfico da etapa C (Figura 8) obtém-se como resultado a necessidade ou não da separação de conflitos.

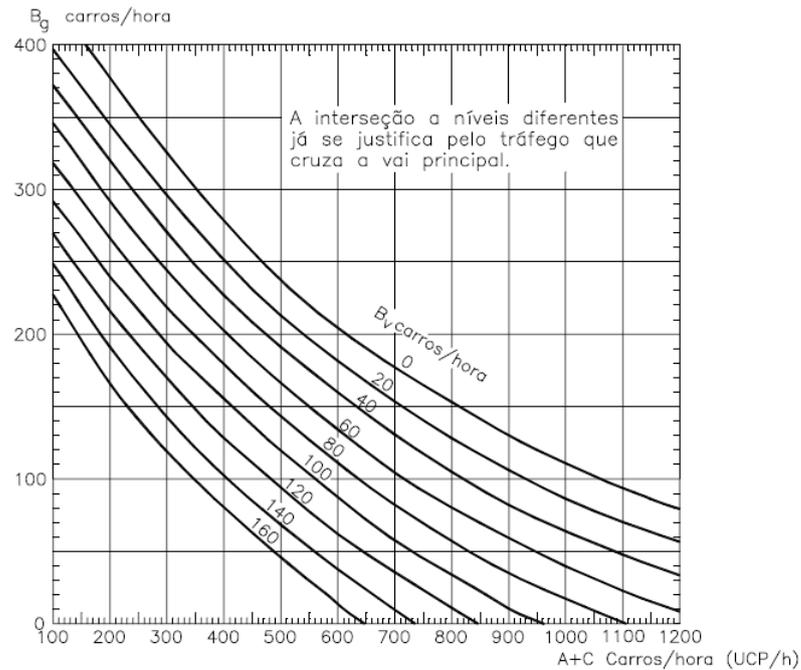
Figura 8: Gráfico da etapa C



Fonte (BRASIL, 2005, p. 515).

Caso seja necessária a separação de conflitos, parte-se para a etapa D onde utiliza-se o gráfico da Figura 9. Nessa etapa será verificada a necessidade de implantar uma interconexão.

Figura 9: Gráfico da etapa D



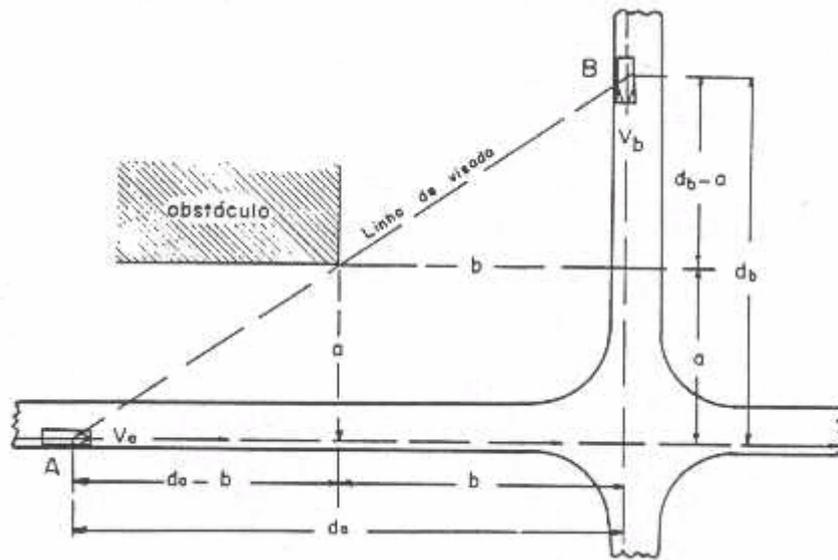
Fonte (BRASIL, 2005, p. 516).

Vale lembrar que em algumas situações apesar do método indicar uma interconexão ela pode ser substituída por uma rotatória se houverem fatores condicionantes suficientes (custo, estética, limitações físicas, etc).

2.6 Verificação da distância de visibilidade

Verificou-se as distâncias de visibilidade utilizando-se do esquema da Figura 10, do croqui da interseção (Figura 14) e da equação (3).

Figura 10: Esquema distância de visibilidade



Fonte: (DAER-RS, 1991, p. 56).

Realizou-se primeiro o cálculo da distância de parada mínima do veículo que percorre a via principal e secundária, i.e.:

$$d_{x_{min}} = \frac{v_x t_r}{3,6} + \frac{v_x^2}{254f}, \text{ onde } x \text{ pode ser } a \text{ ou } b \quad (9)$$

Após isso por semelhança de triângulos, encontrou-se $d_{B_{min,real}}$, ou seja, $d_{B_{min,real}} = \frac{a d_{a_{min}}}{d_{a_{min}} - b}$ e comparou-se com $d_{B_{min}}$ calculado pela equação (9). Caso $d_{B_{min,real}} < d_{B_{min}}$ então a interseção não pode ser do tipo mínima.

Para verificar a distância de visibilidade para tomada de decisão, i.e., girar a esquerda pela via secundária ou cruzar a via principal utilizou-se a tabela 3

Tabela 3: Distâncias de visibilidade para giro à esquerda

Veículo de projeto	Distâncias de visibilidade necessárias para um veículo parado girar à esquerda em uma rodovia de duas faixas e dois sentidos de tráfego, sem canteiro central (m)										
	Velocidade diretriz da rodovia principal (km/h)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Aproximações com greide até 3%											
VP	40	65	85	105	125	145	165	190	210	230	250
CO/O	55	80	105	130	160	185	210	240	265	290	315
SR/RE	65	95	130	160	190	225	255	290	320	350	385
Aproximações com greide de 4%											
VP	45	65	85	105	130	150	170	195	215	235	255
CO/O	55	80	110	135	160	190	215	245	270	295	325
SR/RE	65	100	130	165	195	230	260	295	325	360	390
Aproximações com greide de 5%											
VP	45	65	90	110	130	155	175	200	220	240	265
CO/O	55	85	110	140	165	195	220	250	275	305	330
SR/RE	65	100	130	165	200	230	265	300	330	365	395
Aproximações com greide de 6%											
VP	45	70	90	115	135	160	180	205	225	250	270
CO/O	55	85	110	140	170	195	225	255	280	310	335
SR/RE	65	100	135	170	200	235	270	305	335	370	405

Fonte: (BRASIL, 2005, p. 216).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Área de estudo e distâncias de visibilidade

Após a visita em campo realizou o registro de fotografias da interseção (Figuras 11, 12, 13). É interessante notar que na figura 11 existe uma rocha que foi colocada devido ao número de colisões com a grade da esquina.

Figura 11: Interseção em estudo - SO



Fonte: Autores.

Já na figuras 12 e 13 pode-se ver um ônibus parado, bem como a faixa de pedestre.

Figura 12: Interseção em estudo - NO



Fonte: Autores.

Nota-se também que não existem separações das faixas, indicando apenas uma faixa de trânsito na Saldanha Marinho.

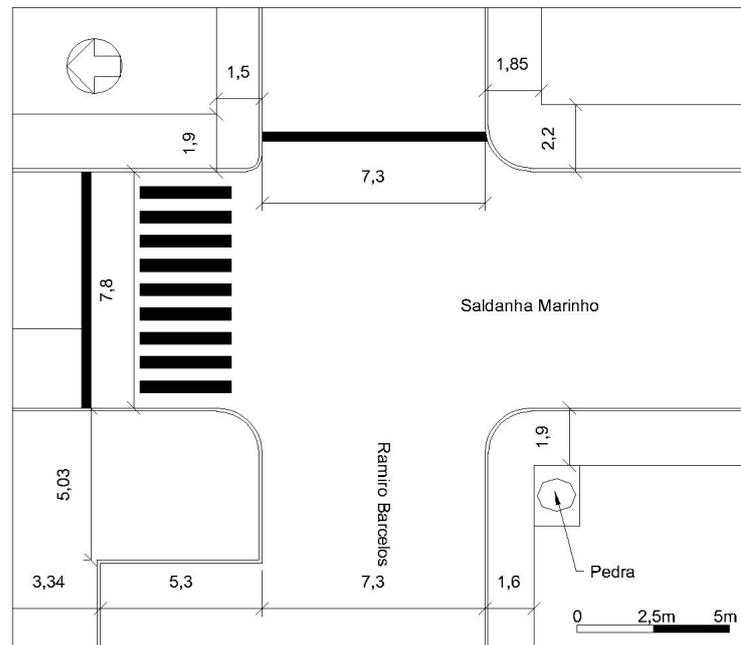
Figura 13: Interseção em estudo - NE



Fonte: Autores.

Como produto das medições obteve-se o croqui da interseção (Figura 14).

Figura 14: Croqui da interseção

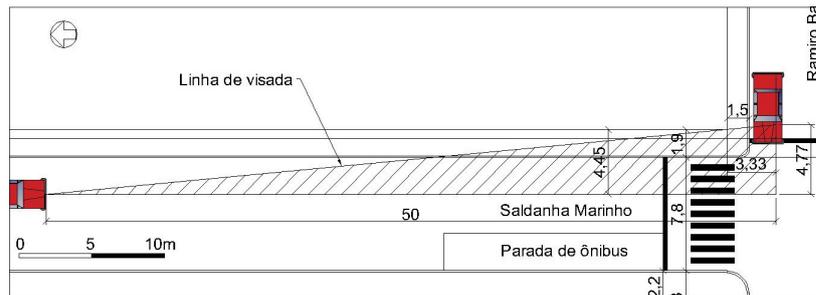


Fonte: Autores.

Podemos ver no croqui (Figura 14) que as vias são relativamente estreitas para a classificação funcional delas (coletoras). Notou-se também que substituindo na eq. (9) o valor de $d_{Am\grave{a}in} = 50m$ (valor encontrado no Manual de Brasileiro de Sinalização Volume I), como a Saldanha Marinho possui uma parada de ônibus sem demarcação considerou que ela possua uma largura de $2,70m$, portanto o valor de a foi calculado como $a = L_{calçadas} + \frac{L_{Saldanha} - L_{parada}}{2} = 1,9 + \frac{7,8 - 2,7}{2} = 4,45m$. Já para o valor de

b considerou-se que a Ramiro Barcelos possui duas faixas de rolamento e o que veículo se encontra no centro da faixa da direita, portanto $b = L_{calçada_R} + \frac{L_{Ramiro}}{4} = 1,5 + \frac{7,3}{4} = 3,325m$. Substituindo, temos que $d_{b_{min,real}} = \frac{ad_{a_{min}}}{d_{a_{min}} - b} = \frac{4,45 \cdot 50}{50 - 3,325} = 4,77m$. Como $d_{b_{min,real}} = 4,77m < 50m$ que é o valor mínimo para uma via de 40km/h, a interseção não pode ser mínima.

Figura 15: Triângulo de visibilidade da interseção



Fonte: Autores.

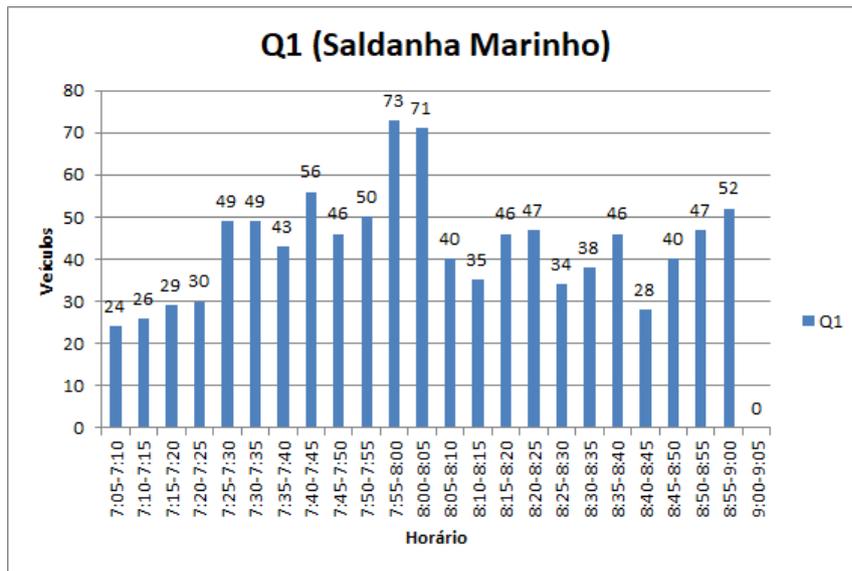
Semelhantemente, para verificarmos o valor d_b para giro a esquerda utilizamos $d_a = 105$ (Tabela 3) e $b = L_{calçada_R} + \frac{3}{4} \frac{L_{Ramiro}}{4} = 6,975m$, portanto, $d_b = 4,77m$. Apesar dos valores de d_b serem suficientes na maioria dos casos eles deveriam ser um pouco maiores.

Considere agora que o veículo que ande na Saldanha Marinho ande à 50cm do meio fio da esquerda, portanto $a = 2,4m$ e conseqüentemente $d_b = 2,57m$, valor extremamente pequeno. Esse fato obriga os veículos que se aproximam pela Ramiro Barcelos a invadir a pista da Saldanha Marinho podendo causar acidentes.

3.2 Contagens

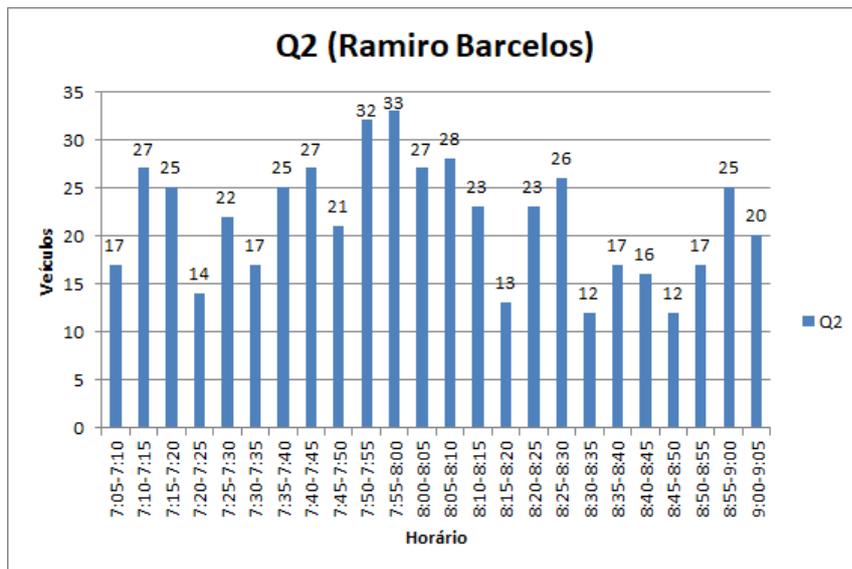
Com a contagem realizada, tabulou-se os dados através de uma planilha eletrônica. Após isso desenvolveu-se histogramas do volume veicular durante os períodos de contagem. Nas Figuras 16, 17, 18 e 19 encontram-se os números de veículos contabilizados a cada 5 min no eixo Y e os períodos horários no eixo X.

Figura 16: Histograma veicular da Saldanha Marinho no período da manhã



Fonte: Autores.

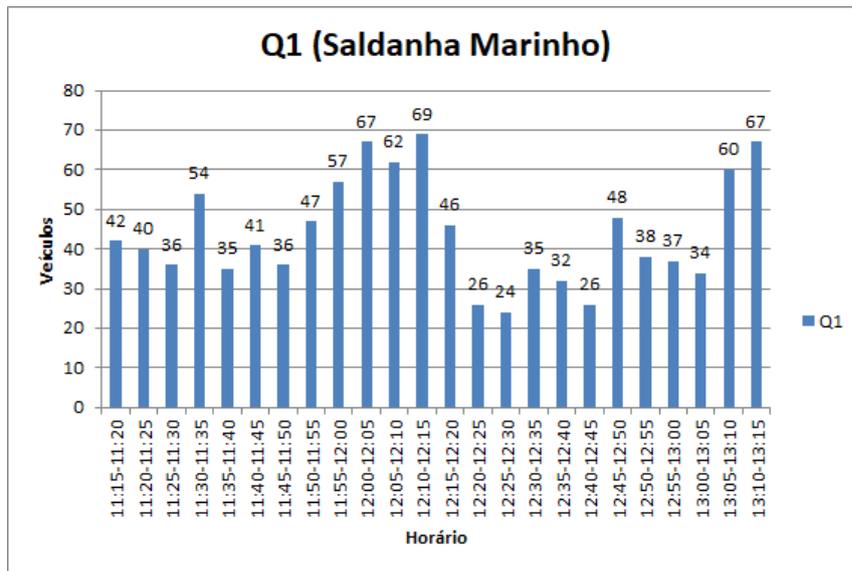
Figura 17: Histograma veicular da Ramiro Barcelos no período da manhã



Fonte: Autores.

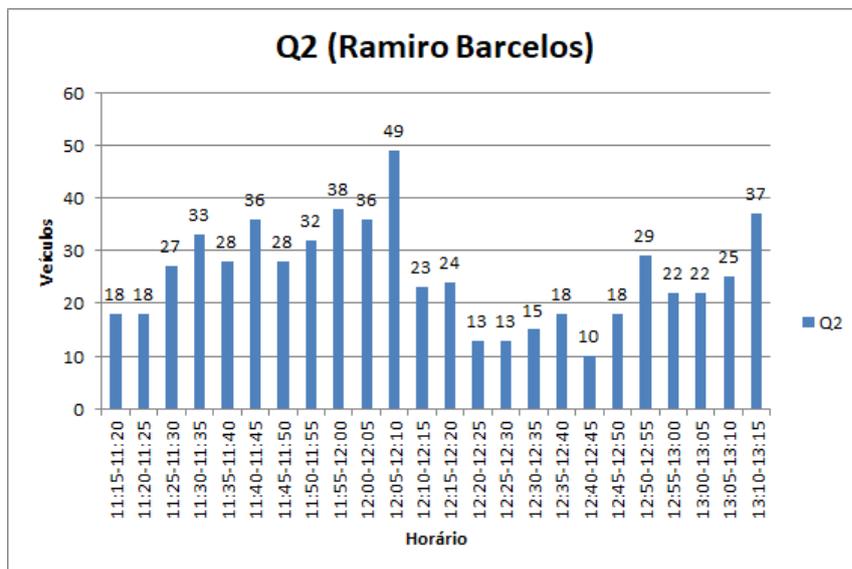
Veja que o volume do período matutino (Figuras 16 e 17) se comporta como o esperado, i.e., crescendo com sua hora pico próxima às 8:00h, ou seja, viagens de casa para o trabalho.

Figura 18: Histograma veicular da Saldanha Marinho no período do meio dia



Fonte: Autores.

Figura 19: Histograma veicular da Ramiro Barcelos no período do meio dia



Fonte: Autores.

Já acerca do período próximo do meio dia é interessante notar que as Figuras 18 e 19 mostraram claramente a distribuição das viagens, começando com um número expressivo de viagens por volta das 12:00h que se traduz que as pessoas estão se deslocando para almoçar. Então ocorreu um período de vale e em seguida um aumento no número de viagens que possivelmente se trata das pessoas retornando ao trabalho.

Para descobrir a hora pico da interseção somou-se os veículos que entraram na interseção pelas aproximações Q_1 e Q_2 para cada intervalo contabilizado. Encontrou-se que o horário de pico da interseção na parte da manhã foi das 7:25 às 8:25 (Quadro 2).

Quadro 2: Volumes na hora de pico da manhã

Horário de pico manhã	Saldanha Marinho						Ramiro Barcelos					
	veic/h		ucp/h		pedestres/hora		veic/h		ucp/h		pedestres/hora	
Movimento	q_{11}	q_{12}	q_{11}	q_{12}	P_1	P_3	q_{22}	q_{23}	q_{22}	q_{23}	P_2	P_4
Quantidade	72	533	69	519,46	39	17	254	37	236,49	35,5	23	20

Fonte: Autores.

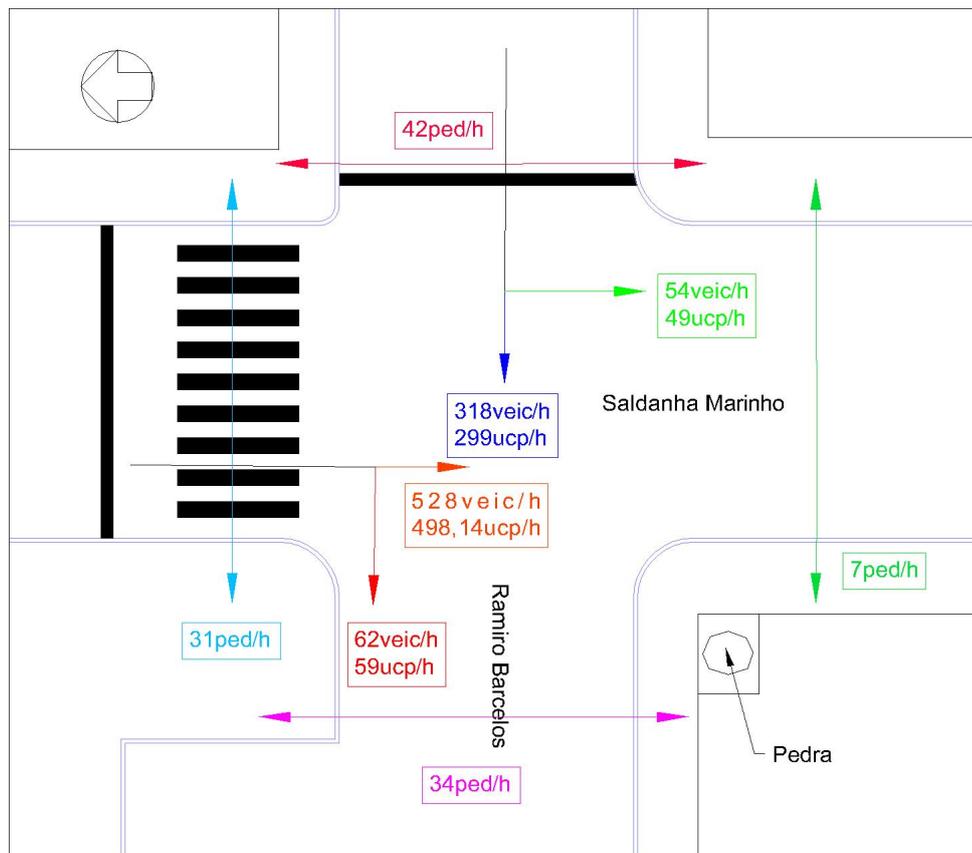
De maneira análoga, a hora de pico próxima ao meio dia foi das 11:20 às 12:20 (Quadro 3).

Quadro 3: Volumes na hora de pico do meio dia

Horário de pico meio dia	Saldanha Marinho						Ramiro Barcelos					
	veic/h		ucp/h		pedestres/hora		veic/h		ucp/h		pedestres/hora	
Movimento	q_{11}	q_{12}	q_{11}	q_{12}	P_1	P_3	q_{22}	q_{23}	q_{22}	q_{23}	P_2	P_4
Quantidade	62	528	59	498,14	31	7	318	54	299	49	42	34

Fonte: Autores.

Figura 20: Fluxograma dos volumes na interseção na hora pico



Fonte: Autores.

A Figura 20 traz uma representação esquemática dos fluxos que utilizam a interseção durante a hora pico, bem como os pedestres que atravessam os ramos. Pode-se notar que,

como esperado, a aproximação que possui maior volume é a Saldanha Marinho. Entretanto, ao contrário do esperado, as pessoas atravessam mais a Ramiro Barcelos que não possui faixa de travessia de pedestres.

3.3 Análise da capacidade

Como explicado anteriormente para a verificação da capacidade utilizou-se o método encontrado no HCM 2010. Os volumes dos 15 min mais carregados estão na Tabela 4.

Tabela 4: Determinação dos fluxos em $veic/h$

	q_{11}	q_{12}	q_{22}	q_{23}	P_1	P_2	P_3	P_4
q_{15min}	23	163	109	14	10	14	4	11
$4q_{15min}$	92	652	436	56	40	56	16	44

Fonte: Autores.

Utilizando-se dos dados da Tabela 4 e das eq. (4a) e (4b), obteve-se:

$$v_{c,22} = P_2 + 0,5q_{11} + q_{12} + P_4 = 56 + 0,5(92) + 652 = 754veic/h \quad (10a)$$

$$v_{c,23} = P_2 + P_3 + q_{12} = 56 + 16 + 652 = 724veic/h \quad (10b)$$

Na resolução da eq. (5) constatou-se que P_{HV} era muito baixo nos 15 minutos de pico, portanto foi desprezado. Semelhantemente o greide das pistas como não puderam ser mensurados também foram desprezados, portanto:

$$t_{c,22} = t_{c,base} + t_{c,HV}P_{HV} + t_{c,G}G - t_{3,LT} = 6,5s \quad (11a)$$

$$t_{c,23} = t_{c,base} + t_{c,HV}P_{HV} + t_{c,G}G - t_{3,LT} = 7,1s \quad (11b)$$

Semelhantemente para o cálculo do tempo de headway de pelotão obteve-se:

$$t_{f,22} = t_{f,22} = t_{f,base} + t_{f,HV}P_{HV} = 4,0s \quad (12a)$$

$$t_{f,23} = t_{f,23} = t_{f,base} + t_{f,HV}P_{HV} = 3,5 \quad (12b)$$

Substituiu-se então os valores encontrados nas eq. (10a), (11a), (12a), (10b), (11b), e (12b) na eq. (7). Como não foi possível separar os volumes da faixa compartilhada, admitiu-se a capacidade do movimento sendo igual a sua capacidade potencial. Portanto:

Tabela 5: Níveis de serviço para faixas

Atraso (s/veic)	Nível de serviço pela razão volume/capacidade	
	$v/c \leq 1$	$v/c > 1$
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Fonte: (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010, p. 19-2, tradução nossa).

$$C_{p,22} = 754 \left[\frac{e^{-\frac{754(6,5)}{3600}}}{\left(1 - e^{-\frac{754(4,0)}{3600}}\right)} \right] = 341veic/h \quad (13a)$$

$$C_{p,23} = 724 \left[\frac{e^{-\frac{724(7,1)}{3600}}}{\left(1 - e^{-\frac{724(3,5)}{3600}}\right)} \right] = 344veic/h \quad (13b)$$

Já para o cálculo do atraso substituiu-se $v_{22} = 436veic/h$, $v_{23} = 56veic/h$, $C_{m,22} = 341veic/h$ e $C_{m,23} = 344veic/h$ na eq. (8). Os resultados obtidos foram $d_{22} = 178s$ e $d_{23} = 17,5s$. Comparando esse valores com os indicados na tabela 5, notamos que o movimento de seguir em frente da Ramiro Barcelos tem nível de serviço F, enquanto que o de movimento a esquerda possui nível de serviço C.

3.4 Sinalização semafórica

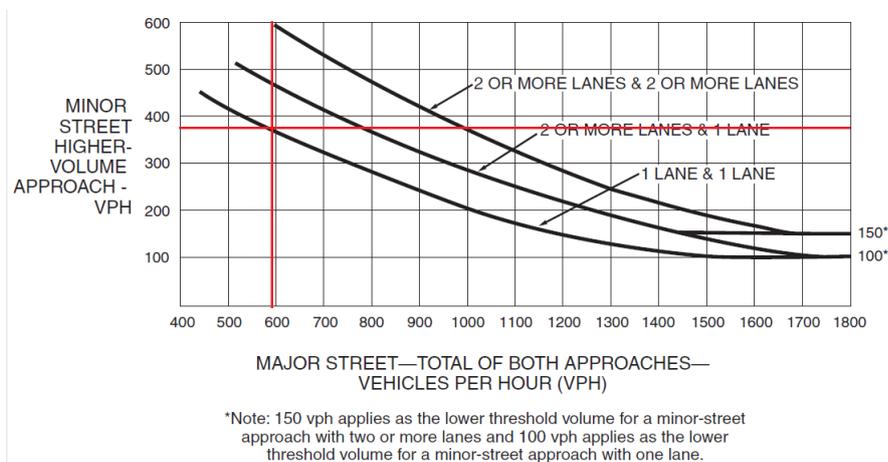
Para verificar se a implantação de semáforos é justificada, utilizou-se as Figuras 3 e 4. Substituindo os valores em $veic/h$ no gráfico obteu-se a figura 21.

Tabela 6: Volumes aplicados nas Normas Suecas

Movimento	Volume (ucp/h)
A_h	59,00
A_y	498,14
A	557,14
B_y	299,00
B_v	49,00
B	348,00

Fonte: Autores.

Figura 21: Verificação da justificativa C



Fonte: (FHWA, 2009, p. 441), adaptada pelos Autores.

Como pode ser visto na Figura 21 a implantação de semáforos só seria justificada nessa interseção caso houvesse apenas uma faixa em cada aproximação, entretanto a Ramiro Barcelos possui duas faixas.

De maneira análoga verificou-se a justificativa D. De acordo com a Figura 4 é necessário no mínimo $133ped/h$ independente do volume veicular. Como não houve $133ped/h$ somando-se P_1 e P_3 em qualquer intervalo de hora durante o período de estudo esse critério não foi satisfeito. Portanto tendo em base os critérios expostos anteriormente não é justificada a implantação de semáforos.

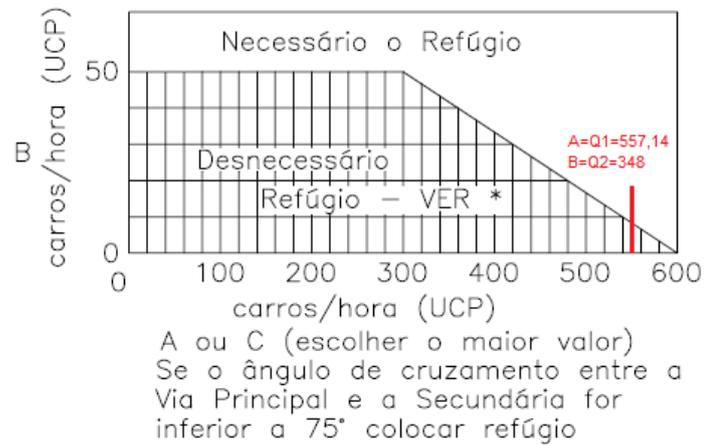
3.5 Escolha do tipo de interseção

Para a escolha do tipo de interseção, conforme dito anteriormente, utilizou-se das Normas Suecas encontradas no apêndice do Manual de Interseções de 2005 do DNIT. Comparando o fluxograma da Figura 20 com o da Figura 5. Obteve-se a Tabela 6.

Substituindo o valor de A no eixo ' X ' e o de B no eixo ' Y ' como o ponto resultante está acima da curva (Figura 22) então é necessário a implantação de refúgios na aproximação

da via secundária (Rua Ramiro Barcelos).

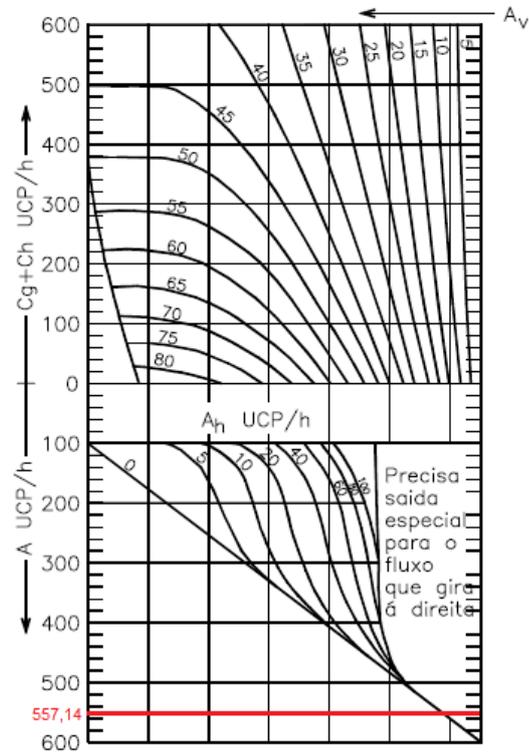
Figura 22: Gráfico da etapa A



Fonte (BRASIL, 2005, p. 513, adaptada pelos autores).

Em seguida para verificar a necessidade de faixa para quem gira à direita a partir da Saldanha Marinho traça-se uma reta paralela ao eixo das abcissas no valor de 517,14ucp/h (Figura 23) e notou-se que independente do valor do volume que gira a direita é necessária faixa exclusiva para conversão a direita.

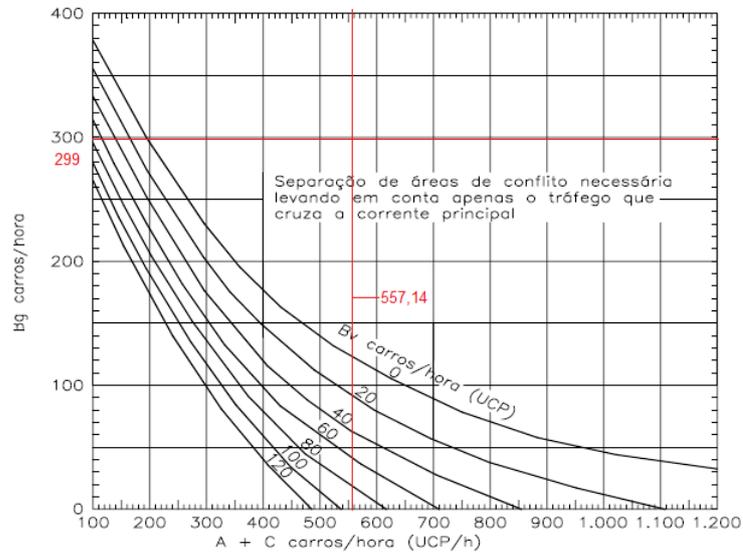
Figura 23: Gráfico da etapa B



Fonte (BRASIL, 2005, p. 514, adaptada pelos autores).

Semelhantemente para descobrir se é preciso separar os conflitos da interseção traçam-se duas retas perpendiculares, uma ao eixo das abcissas no valor de A e outra ao das ordenadas no valor de B_g . Como o valor do ponto ficou acima de todas as curvas (Figura 24) então é necessária a separação de conflitos na interseção.

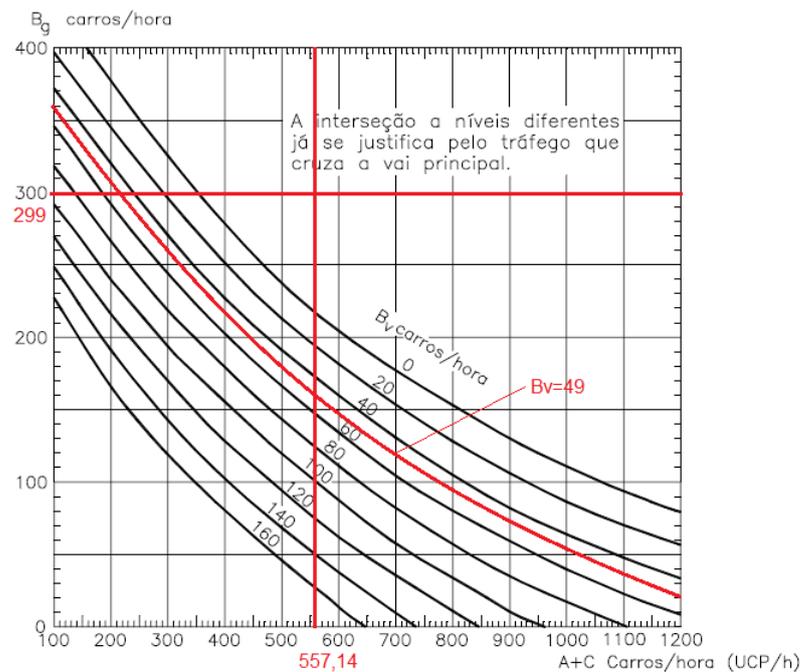
Figura 24: Gráfico da etapa C



Fonte (BRASIL, 2005, p. 515, adaptada pelos autores).

A etapa D é idêntica a etapa C alterando apenas os valores limites. Como resultado das substituição obteve-se a Figura 25.

Figura 25: Gráfico da etapa D

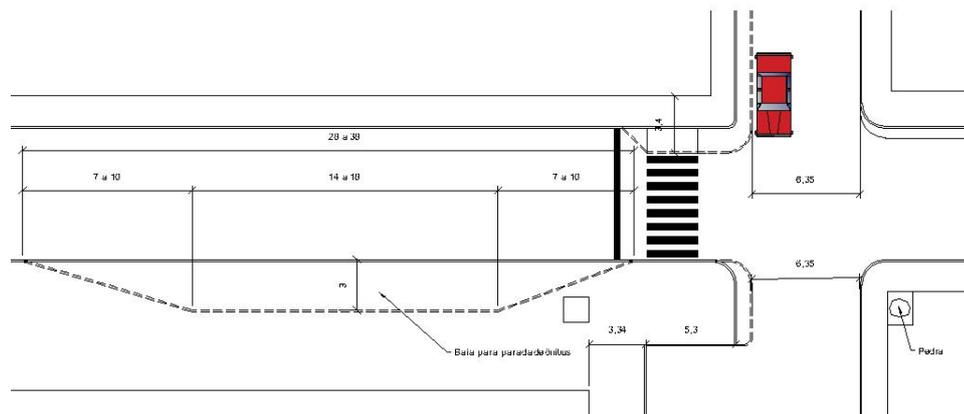


Fonte (BRASIL, 2005, p. 516, adaptada pelos autores).

Apesar da Figura 25 justificar a implantação de uma interconexão nesse local essa solução não é muito viável no momento atual. Isso se deve principalmente à falta de espaço físico aumentando em muito o custo de desapropriação e de construção dessa interconexão.

a largura da pista para reduzir a velocidade próxima a interseção e aumentar a distância de visibilidade. Caso essa solução seja adotada seria interessante suprimir a parada de ônibus nesse local, ou caso não seja possível, deslocar a faixa de pedestre para trás do ônibus, de forma que não obstrua a visão dos pedestres/motoristas pelo ônibus parado.

Figura 27: Proposta 2



Fonte: Autores.

Semelhante à proposta 1, a proposta 2 (Figura 27) também reduz a largura das pistas. Na aproximação da Saldanha Marinho cria-se um avanço no passeio, que como dito anteriormente, não reduziria excessivamente a capacidade da Saldanha Marinho, visto que a mesma não possui largura suficiente para estacionamento e 2 faixas de rolamento. Ela também adiciona uma baia para ônibus, esse recuo permite que os motoristas tenham uma melhor visibilidade dos pedestres que desejam atravessar a pista.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se que este trabalho foi desenvolvido em um período atípico (pandemia COVID 19) onde há grandes chances de o volume de tráfego contabilizado estar menor do que o habitual. Entretanto vale destacar que apesar dessa possibilidade nesse trabalho ficou claro que a distribuição das viagens está de acordo com o esperado, ainda mais evidente no período do meio dia onde há um acréscimo próximo às 12:00 (viagem trabalho - casa), depois um período de vale e o aumento novamente do volume (viagem casa - trabalho).

Outro ponto interessante a se destacar é que foi constatado um grave problema de visibilidade para os motoristas que se aproximam da interseção pela rua Ramiro Barcelos. Apesar de não ter-se conseguido dados acerca de acidentes há uma grande chance que os mesmos que ocorrem no local sejam causados principalmente por esse fato aliado à altas velocidades. O fato que reforça essa ideia é a instalação da rocha próxima a interseção, provavelmente como medida para evitar danos materiais. Entretanto isso pode aumentar a gravidade dos acidentes.

Já em relação à capacidade dos movimentos da Ramiro Barcelos, como não ocorreu a contagem por faixa é provável que o valor do atraso experimentado pelos motoristas que queiram cruzar a Saldanha Marinho seja inferior ao calculado e que o dos que queiram converter à esquerda seja superior. Isso se deve porque a faixa da esquerda permite os movimentos de seguir em frente ou girar à esquerda.

Apesar dos critérios da MUTCD não justificarem a sinalização semafórica, seria interessante realizar outras contagens em intervalos maiores ou quando terminar esse período atípico para verificar essa necessidade. Caso a mesma seja justificada é indispensável colocar também na interseção entre as ruas Sete de Setembro e Ramiro Barcelos para melhor a coordenação da rede. Como melhorias para a interseção aconselha-se a executar medidas menos onerosas como algumas de *Traffic Calming* aliadas com o aumento da calçada da parte Oeste da rua Saldanha Marinho e do afunilamento da Ramiro Barcelos. Apesar dessas medidas não resolverem os problemas de atrasos na Ramiro Barcelos elas são fundamentais para aumentar a distância de visibilidade e reduzir as velocidades próximas a interseção. Outro ponto importante é remover a rocha ou instalar outro dispositivo como gradil para caso ocorra um sinistro reduzir as chances de fatalidades. Também aconselha-se a regulamentar os horários de carga e descarga num empreendimento comercial próximo a interseção. Por último sugere-se ainda outras pesquisas complementares como tornar a Ramiro Barcelos apenas como saída e a viabilidade da remoção de estacionamentos para aumentar a capacidade da Saldanha Marinho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Manual de projeto de interseções**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM - RS. **Normas de Projetos Rodoviários**: Projeto geométrico de interseções. Porto Alegre, 1991. v. 2.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways**. 2nd. ed. Washington, D.C., 2009. Disponível em: <https://mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2009/pdf_index.htm>.

GOOGLE. Maps. [S.l.], 2021. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-30.0469975,-52.8936836,85m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway Capacity Manual**. 5th. ed. Washington, D.C., 2010. v. 3.

4 DISCUSSÃO

No 1º artigo realizou-se uma revisão bibliográfica acerca da engenharia de tráfego, tendo como foco as interseções. Nele foi possível classificá-las e determinar critérios para implantação de sinalização semafórica. Também descreveu as principais variáveis utilizadas em um projeto de interseção, bem como os conceitos de oferta, demanda e capacidade. Esse artigo foi fundamental para dar um embasamento utilizado no segundo artigo.

Já o segundo artigo tratou de um estudo de caso de uma interseção do município de Cachoeira do Sul no estado do Rio Grande do Sul. O principal objetivo desse trabalho era melhorar a capacidade e a segurança viária da interseção entre as ruas Saldanha Marinho e Ramiro Barcelos. Para isso realizaram-se contagens onde contatou-se um elevado tráfego nos horários pesquisados, entretanto esse volume provavelmente seja maior. Esse possível aumento é devido ao fato de que durante a realização das contagens haviam restrições de circulação no município. Com as contagens em mãos calculou-se a capacidade dos movimentos da via secundária onde observou-se que a mesma possui níveis de serviço F para o movimento de seguir em frente e C para girar à esquerda, isso reflete no fato de que essa aproximação provavelmente congestionava em alguns períodos do dia. Também verificou-se a necessidade de instalação de semáforos entretanto ela não foi justificada segundo os critérios da MUTCD. Apesar dos critérios consultados não justificarem a implantação de sinalização semafórica, provavelmente se não houvessem as restrições de circulação o número de pedestres seria maior justificando-a. Notou-se também que não há faixa de travessia de pedestres no local onde os pedestres mais atravessam, portanto seria interessante o estudo da implantação de uma no local. Por fim utilizou-se das Normas Suecas encontradas no Manual de Interseções do DNIT (2005) para verificar qual o tipo de interseção mais adequado para os volumes das aproximações. Como resultado obteve-se que o ideal seria uma interconexão, entretanto sugeriu-se inicialmente medidas mitigadoras principalmente do tipo traffic calming. Vale destacar que essas sugestões não resolveram os problemas de capacidade e atrasos, entretanto elas auxiliam na redução dos conflitos e prováveis acidentes. Portanto para a resolução do problema de capacidade, sugerem-se outros estudos em escala maior, como por exemplo mudanças de sentido das vias, etc.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização da revisão bibliográfica sobre engenharia de tráfego obteve-se alguns padrões de interseções bem como a existência de diversos fatores que impactam no seu projeto. Elas foram classificadas em semaforizadas ou não semaforizadas e que caso sejam do primeiro tipo é necessário verificar certos critérios para sua implantação. Já para as interseções prioritárias no Brasil se utiliza das Normas Suecas para a escolha do seu layout, no entanto poderiam existir outros métodos para a escolha do tipo de interseção. Apesar desses métodos serem práticos eles só levam em consideração o volume de tráfego. Seria interessante que além do fluxo utilizassem variáveis como número de acidentes por ano na interseção (caso seja uma existente) e fatores que dependem do tipo de zona, ou outros critérios pertinentes.

Como esse trabalho foi desenvolvido em um período atípico (pandemia COVID 19) é extremamente provável de que o fluxo contabilizado seja menor do que o normal. Mas apesar dessa possibilidade nesse trabalho a distribuição das viagens ficou de acordo com o esperado. Isso ficou evidente no período do meio dia onde ocorreu um pico-vale-crescimento que é comum se pensarmos que as pessoas viajam do trabalho para casa almoçar e retornam novamente ao trabalho.

Destaca-se que foi constatado um grave problema de visibilidade para os motoristas que se aproximam da interseção pela rua Ramiro Barcelos. Como não se conseguiu dados sobre os acidentes na interseção é provável que os que tenham acontecido nesse ponto foram causados principalmente por esse fato em conjunto com altas velocidades. Outro fator que pode aumentar o número de acidentes é que conforme o atraso dos veículos que se aproximam pela Ramiro Barcelos é muito grandes, eles se arriscam em brechas menores.

A interseção semaforizada não foi justificada pelos critérios da MUTCD, entretanto a mesma pode ser justificada por outros critérios. Caso seja instalado semáforos nessa interseção é indispensável colocar também na interseção entre as ruas Sete de Setembro e Ramiro Barcelos para melhor a coordenação da rede.

Sugeriu-se também a execução de medidas de *Traffic Calming* aliadas com o aumento das calçadas e do afunilamento da Ramiro Barcelos. Essas medidas foram sugeridas aumentar a distância de visibilidade e reduzir as velocidades de chegada. Também aconselhou-se a remover a rocha ou instalar outros dispositivos como o gradil para reduzir as chances de fatalidades em algum sinistro. Caso seja viável a desapropriação segundo os resultados obtidos é necessário a instalação de no mínimo uma rótula vazada como interseção. Por fim fica para próximos estudos a remoção da aproximação pela Ramiro Barcelos e a verificação dessa mudança no equilíbrio da rede e a análise da interseção utilizando-se de microsimulação.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Manual de projeto de interseções**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

CACHOEIRA DO SUL. **Plano de Mobilidade Urbana de Cachoeira do Sul**. Cachoeira do Sul, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. [S.l.], 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 dez. 2020.