

**UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS –  
UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DANIEL DOUGLAS BENFICA SILVA PAZ  
HOSLUNIS ROCHA DE MELO  
LUIZ FELIPE MOURA LIMA  
PEDRO AUGUSTO VIEIRA ANTUNES**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE INTERVENÇÃO  
SEMÁFORICA NO CRUZAMENTO DA AVENIDA  
JUSCELINO KUBITSCHEK COM AVENIDA F  
LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE ANÁPOLIS.**

**ANÁPOLIS / GO  
2022**

**DANIEL DOUGLAS BENFICA SILVA PAZ  
HOSLUNIS ROCHA DE MELO  
LUIZ FELIPE MOURA LIMA  
PEDRO AUGUSTO VIEIRA ANTUNES**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE INTERVENÇÃO  
SEMAFÓRICA NO CRUZAMENTO DA AVENIDA  
JUSCELINO KUBITSCHEK COM AVENIDA F  
LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE ANÁPOLIS.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA  
JUNIOR**

**ANÁPOLIS / GO  
2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

PAZ, Daniel Douglas Benfica Silva; MELO, Hoslunis Rocha; LIMA, Luiz Felipe Moura; ANTUNES, Pedro Augusto Vieira.

Estudo da viabilidade de intervenção semaforica no cruzamento da Av. Juscelino Kubitscheck com Av. F localizados no município de Anápolis.

60P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2022).

TCC - UniEVANGÉLICA  
Curso de Engenharia Civil.

1. Trânsito e Veículos  
3. Congestionamento  
I. ENC/UNI

2. Código de Trânsito Brasileiro  
4. Intervenção  
II. Bacharel

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PAZ, Daniel Douglas Benfica Silva; MELO, Hoslunis Rocha de; LIMA, Luiz Felipe Moura; ANTUNES, Pedro Augusto Vieira. **Estudo da viabilidade de intervenção semaforica no cruzamento da Av. Juscelino Kubitscheck com Av. F localizados no município de Anápolis.** TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 2022.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Daniel Douglas Benfica Silva Paz  
Hoslunis Rocha de Melo  
Luiz Felipe Moura Lima  
Pedro Augusto Vieira Antunes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo da viabilidade de intervenção semaforica no cruzamento da av. Juscelino Kubitscheck com Av F, localizados no município de Anápolis.

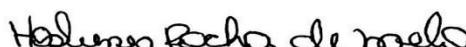
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2022.

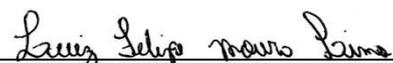
É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



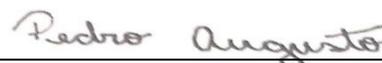
Daniel Douglas Benfica Silva Paz  
E-mail: benficasilva@hotmail.com



Hoslunis Rocha De Melo  
E-mail: hoslunis@gmail.com



Luiz Felipe Moura Lima  
E-mail: luifelipepl@gmail.com



Pedro Augusto Vieira Antunes  
E-mail: pedrovantunes@gmail.com

**DANIEL DOUGLAS BENFICA SILVA PAZ  
HOSLUNIS ROCHA DE MELO  
LUIZ FELIPE MOURA LIMA  
PEDRO AUGUSTO VIEIRA ANTUNES**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE INTERVENÇÃO  
SEMAFÓRICA NO CRUZAMENTO DA AVENIDA  
JUSCELINO KUBITSCHEK COM AVENIDA F  
LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE ANÁPOLIS.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA JUNIOR, Mestre (UniEVANGÉLICA)  
(ORIENTADOR)**

  
\_\_\_\_\_  
**EDUARDO DOURADO ARCOLO, Mestre (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

  
\_\_\_\_\_  
**ANDERSON DUTRA E SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 03 de JUNHO de 2022.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e do pensamento.

A minha esposa por apoiar a minha dedicação diária ao presente trabalho e à minha filha que mesmo tendo apenas 3 anos teve a paciência de me esperar concluir essa etapa, a minha mãe e irmão que foram fundamentais em cada etapa da minha vida e ao meu sogro e sogra por acreditarem em mim e me incentivar a nunca desistir, podendo eu hoje colher os frutos disso.

Ao meu orientador Prof. Glediston Nepomuceno Junior, por nos ajudar neste projeto de pesquisa entendendo a responsabilidade e importância de uma análise sincera, pela orientação semanal durante todos esses meses, e pelo apoio que não faltou em nenhum momento.

Aos professores da Universidade UniEvangélica que durante a minha missão tanto me auxiliaram, com seus conhecimentos expandiram minhas ideias na área da engenharia civil, fazendo com que cada vez mais eu me apaixonasse por essa profissão.

Daniel Douglas Benfica Silva Paz

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido saúde para poder ir em busca dos meus objetivos, por Ele ter me ajudado a trilhar dias difíceis. Agradeço aos meus pais, Honório Pereira De Melo e Luziene Rocha De Melo, que sempre foram o meu apoio, estando perto ou longe sempre fizeram o possível por mim.

Aos meus amigos, que sempre me deram conselhos para continuar os estudos, mesmo quando tudo parecia difícil. A minha namorada que foi o meu amparo em dias difíceis, que me passava segurança para poder continuar.

Aos meus companheiros no trabalho de conclusão de curso, que batalhamos juntos um dando força aos outros para podermos enfim concluirmos essa etapa em nossas vidas.

A todos os professores a qual de maneira extraordinária, me passaram um pouco de seu conhecimento, em especial o nosso orientador Glediston Nepomuceno Junior, por aceitar o desafio de direcionar nossa pesquisa e estudo.

Hoslunis Rocha De Melo

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido força e saúde para poder ir em busca dos meus objetivos. Agradeço aos meus pais, Luís Leite de Lima e Maria da Conceição Moura Leal Lima, que sempre foram o meu apoio e Porto Seguro.

Aos meus amigos, que sempre me deram conselhos para continuar os estudos, mesmo quando tudo parecia difícil. A minha namorada que foi umas das minhas maiores apoiadoras e conselheiras, que me passava segurança para poder continuar.

Aos meus companheiros no trabalho de conclusão de curso, que batalhamos juntos um dando força aos outros para podermos enfim concluirmos essa etapa em nossas vidas.

A todos os professores a qual de maneira extraordinária, me passaram um pouco de seu conhecimento, em especial o nosso orientador Glediston Nepomuceno Junior, por topar o desafio de direcionar nossa pesquisa e estudo.

Luiz Felipe Moura Lima

## **AGRADECIMENTOS**

Eu venho aqui agradecer as pessoas que me apoiaram durante este período, que me deram forças para chegar a este momento. Agradeço a meus pais Patrícia e Marcus Antônio pela força que me deram e por serem uma grande Inspiração, agradeço também as minhas irmãs Ana Elisa e Bruna Melissa pelo apoio e por acreditarem em mim.

Quero agradecer também ao meu primo Arthur Vieira que muitas vezes me ajudou. Agradeço aos meus professores e colegas de classe por me proporcionarem um ambiente acadêmico agradável na qual estudo. Agradeço também aos familiares e colegas aqui não citados, que me ajudaram e peço a Deus por todos. Obrigado!

Pedro Augusto Vieira Antunes

## RESUMO

Os objetivos da pesquisa aqui apresentada por meio deste trabalho têm como foco principal o estudo da interseção no trânsito entre a Avenida Juscelino Kubitscheck e a Avenida F, bem como sua melhoria. A metodologia deste estudo é constituída basicamente de uma pesquisa de campo caracterizada como descritiva, usando o método de enumeração de automóveis a partir dos dados fornecidos pela CMTT. Como o ponto específico passa por reestruturação, os dados foram coletados no local, utilizando assim parâmetros baseados em previsão demandada e em hipóteses sobre as características de tráfego. Com os resultados do estudo observou-se uma grande quantidade de automóveis, em todos os horários, e foi observado um volume elevado de veículos em determinados horários. Com base no Highway Capacity Manual HCM (2000), e os Manuais do DENATRAN, coletou-se dados quantitativos para serem analisados. Em decorrência dos resultados obtidos, observou-se a necessidade de intervenção semafórica. A proposta final consiste em um projeto que possa analisar e dar um resultado satisfatório do tráfego no local, reduzindo congestionamentos e acidentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tráfego. Avenida. (HCM) (2000).

## **ABSTRACT**

The objectives of the research presented here through this work have as focus the study of the intersection between Avenida Juscelino Kubitscheck and Avenida F, as well as its improvement. The methodology of this study is basically constituted of field research characterized as descriptive, using the method of enumeration of automobiles from the data provided by the CMTT. As the specific point undergoes restructuring, the data were collected in proximity to the site, using parameters based on demand forecast and on hypotheses about traffic characteristics. With the results of the study, many cars were observed, at all the time, and it was observed that if the intersection does not undergo changes, over time the road will not meet the necessary requirements since it is a commercial area. Based on the Highway Capacity Manual HCM (2000), and the DENATRAN Manuals, volumetric and qualitative data were collected to be analyzed. As a result of the results obtained, the need for traffic light intervention was observed. The final proposal consists of a project that can analyze and give a satisfactory result of the traffic in the place, reducing congestion and accidents.

**KEYWORDS:** Traffic. Avenue. DENATRAN. Highway Capacity Manual (HCM) (2000).

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cores da Sinalização de regulamentação .....	18
Figura 2 – Características dos Sinais R-1 e R- .....	19
Figura 3 – Sinalização de regulamentação .....	19
Figura 4 – Sinalização de advertência .....	20
Figura 5 – Placas de advertência .....	20
Figura 6 – Placas de orientação de distância .....	21
Figura 7 – Faixa transversal de pedestres .....	21
Figura 8 – Marcação de área de conflito .....	22
Figura 9 – Estrutura de sustentação com braço projetor, para semáforos sobre a via.....	23
Figura 10 – Estrutura de sustentação com Coluna para semáforos na lateral da via.....	23
Figura 11 – Prioridade de fluxos em interseções de três ramos .....	28
Figura 12 – Exemplos de acidentes em cruzamento sem intervenção semafórica.....	29
Figura 13 – Exemplo da variação horária do volume em um dia útil .....	38
Figura 14 – Exemplo da variação diária do volume ao longo da semana .....	38
Figura 15 – Exemplo da variação mensal do volume ao longo do ano .....	39
Figura 16 – Nível de Serviço A.....	44
Figura 17 – Nível de serviço B.....	44
Figura 18 – Nível de serviço C.....	45
Figura 19 – Nível de serviço D.....	45
Figura 20 – Nível de serviço E .....	46
Figura 21 – Nível de serviço F .....	46
Figura 22 – Localização de Anápolis no Estado .....	47
Figura 23 – Evolução da frota veicular de Anápolis-GO entre (2006 a 2020).....	48
Figura 24 – Mapa do Município de Anápolis – GO.....	49
Figura 25 – Localização do cruzamento em relação à BR – 153 .....	50
Figura 26 – Cruzamento entre Avenida Juscelino Kubitscheck e Avenida F.....	50
Figura 27 – Cruzamento estudado entre a Avenida Juscelino Kubitscheck e Avenida F .....	51
Figura 28 – Sinalização horizontal e vertical Avenida Juscelino Kubitscheck.....	52
Figura 29 – Sinalização horizontal da Avenida F.....	53
Figura 30 – Movimentos do ponto de contagem.....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cores e sinais em focos de forma circular .....	24
Quadro 2 – Cores e sinais em focos de forma quadrada .....	25
Quadro 3 – Lentes dos focos semaforicos .....	26
Quadro 4 – Movimentos e brechas .....	31
Quadro 5 – Consequências da implantação da sinalização semaforica.....	32
Quadro 6 – Avaliação da efetiva necessidade de implantação da sinalização semaforica .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões Recomendadas (m).....	22
Tabela 2 – Brechas críticas.....	35
Tabela 3 – Critérios para determinação de nível de serviço.....	37
Tabela 4 – Fatores de equivalência para veículos pesados em autoestradas e rodovias de pista dupla - trechos genéricos .....	40
Tabela 5 – Fatores de equivalência para veículos pesados em autoestradas e rodovias de pista dupla – aclives .....	40
Tabela 6 – Fatores de equivalência para veículos pesados em autoestradas e rodovias de pista dupla – declives .....	41
Tabela 7 – Fatores de ajuste da largura da faixa e do acostamento.....	42
Tabela 8 – volume de veículos no período de 15min .....	54
Tabela 9 – Ajuste e volume .....	55
Tabela 10 – brechas críticas.....	55
Tabela 11 – Intervalo de segmento.....	56
Tabela 12 – volume de movimento .....	56
Tabela 13 – Cálculo da capacidade potencial e impedância .....	56
Tabela 14 – Capacidade da faixa compartilhada .....	57
Tabela 15 – Níveis de serviço.....	57
Tabela 16 – legenda de níveis de serviço .....	57

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
HCM	Highway Capacity Manual (Manual de Capacidade Rodoviária)
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
CEP	Código de Endereço Postal
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DICT	Delegacia de Investigação de Crimes de Trânsito
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	13
1.2 OBJETIVOS.....	14
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>14</b>
1.3 METODOLOGIA.....	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 HISTÓRICO.....	16
2.2 SISTEMA VIÁRIO .....	16
<b>2.2.1 Vias .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2 Sinalização .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.3 Sinalização horizontal.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.4 Sinalização Semafórica .....</b>	<b>22</b>
2.2.4.1 Formas, cores e sinais.....	24
2.2.4.2 Tipos de semáforo .....	26
2.2.4.2.1 Sinalização Semafórica de Regulamentação.....	26
2.2.4.2.2 Sinalização Semafórica de Advertência.....	26
2.3 PESQUISA DE TRÁFEGO .....	26
<b>2.3.1 Metodologia .....</b>	<b>26</b>
2.4 PARÂMETROS DE TRÁFEGO UTILIZADO .....	27
<b>2.4.1 Prioridades de fluxos.....</b>	<b>27</b>
2.5 MOVIMENTO E CONFLITO .....	28
<b>2.5.1 Conflitos .....</b>	<b>28</b>
<b>2.5.2 Movimento .....</b>	<b>29</b>
2.6 TAXA DE FLUXO .....	30
<b>2.6.1 Vantagens.....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.2 Desvantagens .....</b>	<b>30</b>
<b>3 O TRÂNSITO E SUAS DIRETRIZES FUNDAMENTAIS .....</b>	<b>31</b>
3.1 CRITÉRIOS GERAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	31
3.2 METODOLOGIA HCM .....	33

<b>3.2.1</b>	<b>Volume e geometria.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Brechas críticas e intervalo de segmento .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Comprimento de fila .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Atraso de total .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Determinação do nível de serviço .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3</b>	<b>FLUXO DE TRÁFEGO .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Taxa de fluxo .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Velocidade.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Horário de pico.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4</b>	<b>NÍVEL DE SERVIÇO.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Volume de serviço .....</b>	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>ANÁPOLIS .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Histórico de crescimento.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Sistema de transporte .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Malha viária.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Intersecção – Avenida Juscelino Kubitscheck e Avenida F .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Avenida Juscelino Kubitscheck .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Avenida F .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Critérios .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2</b>	<b>ANÁLISE DE OPERAÇÃO DE TRÁFEGO .....</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXO A - CONTAGEM DE VEÍCULOS NOS HORÁRIOS DE PICO.....</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Conforme o art. 1º, § 1º do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) “Considera-se trânsito a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga e descarga” (DENATRAN, 1998, p. 19).

A busca por uma qualidade de vida melhor é algo presente em ações humanas, individuais ou coletiva, políticas ou técnicas. A preservação do meio ambiente, os nossos recursos naturais, é de extrema necessidade para garantir melhores condições de vida hoje e no futuro. Também, a qualidade de vida deve estar presente em áreas urbanas, propiciando a pessoas condições de moradia, oferta de trabalho, estudo, lazer, centros comerciais e de saúde, entre outras possibilidades (SIMÕES & SIMÕES, 2016).

O Trânsito urbano, hoje, é um dos problemas mais críticos enfrentados pela sociedade, a grande quantidade de veículos nas vias urbanas e as imprudências por parte dos motoristas acarretam congestionamentos, poluição e acidentes. Os órgãos do Sistema Nacional de Trânsito têm o dever de oferecer o trânsito em condições seguras e uma das formas é através de políticas de mobilidade urbana sustentáveis (SIMÕES & SIMÕES, 2016).

Para se avaliar a qualidade de vida urbana, é indispensável o estudo da mobilidade urbana e o que a ela está associado, com o intuito de reduzir os problemas através de políticas públicas, visando a melhoria da movimentação de mercadorias e pessoas, melhorando assim a qualidade de vida geral (VASCONCELLOS *et al.*, 2011).

Segundo os dados divulgados pelo DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito), nos últimos anos a quantidade de veículos na cidade de Anápolis vem tendo um crescimento considerável. Em 2011, Anápolis possuía uma frota de aproximadamente 184 mil automóveis. Esse número chegou a 295 mil nos 10 anos seguintes, caracterizando um crescimento de 60% nesse período.

Pensando nisso, o presente estudo examinará a intersecção da Av. F com a Av. Juscelino Kubitschek localizado no Bairro JK Nova Capital, na cidade de Anápolis – GO, onde o estudo tem por sua finalidade a verificação da necessidade de ser instalado um semáforo.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

A necessidade da implantação de uma intervenção semafórica, se deve ao fato da melhoria constante da segurança no trânsito, visando a diminuição de acidentes e maior

conforto de veículos e pedestres. Segundo o Manual Brasileiro de Trânsito, volume V – Sinalização Semafórica (CONTRAM, 2014).

Um levantamento feito pela Delegacia de Investigação de Crimes de Trânsito (DICT), no ano de 2020, Anápolis teve um recorde para o município, foram mais de 103 óbitos registrados em decorrência do trânsito. Esse número reflete diretamente aos cofres públicos, totalizando um enorme prejuízo, já que uma das principais causas de invalidez permanente são causados por acidentes de trânsito, ou seja, milhares e milhares de pessoas que faziam parte da força de trabalho do país, ficam na dependência do recebimento de pensão por parte do estado brasileiro. Um levantamento divulgado pelo Conselho Federal de Medicina apontou que, em 10 anos, os acidentes de trânsito deixaram mais de 1,6 milhão de feridos e o custeio de tratamento dos mesmos para o SUS (Sistema Único de Saúde), ficou na casa de R\$ 3 bilhões.

Pensando na melhoria para motoristas e pedestres, o estudo visa uma possível melhoria com a implantação de um semáforo na intersecção da Avenida Juscelino Kubitscheck com a Avenida F, no município de Anápolis-GO.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Examinar a eventualidade de instalação de semáforo entre a Av. F com a Av. Juscelino Kubitscheck em Anápolis – GO.

### 1.2.2 Objetivos específicos

1. Extrair os dados relacionados a fluência veicular na intersecção;
2. Examinar os dados extraídos em referência ao método HCM 2000;
3. Expor o resultado de implantação, ou não, de intervenção semafórica.

## 1.3 METODOLOGIA

Visando esta pesquisa, será exercido um levantamento a partir do: Código de trânsito brasileiro, Manual brasileiro de sinalização de trânsito e normas vigentes do DETRAN, e HCM 2000. O estudo consiste em coletar informações sobre o tempo de espera veicular em decorrência da intersecção em questão. com intuito de entender e propor soluções para fluência

das vias. O local escolhido possui vários problemas de circulação o que, ocasiona acidentes frequentes.

Através deste estudo serão mostrados os locais se concentra o maior volume de automóveis em espera, e onde apresenta as maiores problemáticas relacionadas ao tráfego, diante disso será levantado elementos para estudo, e a partir da captura de informações será possível determinar os pontos de urgência para intervenções, mudança em direções da via, sistema binário, instrução de semáforo e entre outros fatores que contribuem para a uma melhor fluência do trânsito. E após este estudo, os dados coletados serão introduzidos em uma planilha para a compreensão dos problemas do cruzamento estudado, e propor a melhor solução para este.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este será dividido em 5 capítulos:

Capítulo 1: introduz de uma forma abstrata como abordaremos ao assunto de sinalização semafórica.

Capítulo 2: descreve os elementos viários, parâmetros de tráfego e os tipos de movimentos através de fotos tabelas e planilhas.

Capítulo 3: é apresentado os critérios necessários para implantação semafórica além de apresentar a metodologia de estudo.

Capítulo 4: foi apresentado o estudo de caso do cruzamento em estudo, com seus respectivos pontos críticos.

Capítulo 5: compartilha de nossas considerações finais a este estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 HISTÓRICO

A origem do fenômeno trânsito perde-se no tempo, visto que é primitiva levando em conta que toda a atividade humana está relacionada ao deslocamento de um local para outro. Somente com o desenvolvimento das civilizações antigas passou a haver a necessidade da implantação de normas para regulamentar a utilização das vias. Mas ainda o meio de locomoção mais antigo é o próprio ato de caminhar, o homem com sua força matriz se deslocava por longas distâncias carregando seus bens sobre os ombros ou arrastando-os, até que perceberam que poderiam domesticar os animais e utilizar sua força para o transporte de carga (FRANZ & SEBERINO, 2012).

O primeiro carro chegou ao Brasil após a Revolução Industrial, no ano de 1897, importado da França. Com sua chegada e conseqüente crescimento do fluxo de veículos, surgiu a preocupação do Poder Público em organizar o trânsito, tornando-o mais seguro. Com o passar do tempo, os automóveis tornaram-se, cada vez mais, um bem de consumo de fácil acesso. Surgiu-se, então, a necessidade das cidades se adequarem constantemente para receber, cada vez mais, um volume maior de veículos (MOLETA, 2015).

O primeiro semáforo foi instalado na cidade de Houston do estado de Texas no ano de 1921 no EUA, logo após, foi instalado o primeiro sistema de semáforo coordenado, também, na mesma cidade, em 1992 (FRANZ & SEBERINO, 2012).

De acordo com Soares (1975), tem-se o início da implantação da Engenharia de Tráfego, no Brasil, em meados da década de 50, na cidade do Rio de Janeiro; destacando também seu avanço em 1966 com a implantação do novo Código Nacional de Trânsito.

### 2.2 SISTEMA VIÁRIO

Sistema Viário é o conjunto que engloba todas as avenidas e ruas de uma cidade, aliando-se às normas de deslocamentos de pessoas e veículos compõe o sistema de trânsito urbano (SIMÕES & SIMÕES, 2016).

### 2.2.1 Vias

Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (2008), via é uma superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento, ilha e canteiro central.

O Código de Trânsito Brasileiro (2008) classifica as vias conforme a sua utilização, classificando em Vias Urbanas e Vias Rurais. Vias de caráter urbano são aquelas cujo estão situadas em áreas urbanas, que possuem edificações e são abertas à circulação pública; podendo ser classificadas da seguinte forma:

- De trânsito rápido: possuem acessos especiais com trânsito livre e sem interseção em nível e podem chegar a 80 km/h;
- Coletoras: coletam e distribuem o trânsito que trafega pelas vias arteriais e locais e podem chegar a 40 km/h;
- Arteriais: conectam o trânsito entre regiões das cidades, possuem interseção em nível e podem apresentar sinalização semafórica para controle do fluxo e podem chegar a 60 km/h;
- Locais: Acessam áreas restritas, possuem interseção em nível e não são semaforizadas e podem chegar a 30 km/h.

As vias rurais são classificadas apenas por serem pavimentadas ou não pavimentadas, distinguindo-se em rodovias para as vias rurais pavimentadas e estradas para as não pavimentadas.

- Estradas: são vias, em geral, que não possuem pavimento, e sem nomenclatura específica; estas são destinadas a pequenos fluxos e velocidades baixas, permitem o trânsito ao mesmo tempo veículos, pessoas e animais;
- Rodovias: são vias que são exigidos os pavimentos e nomenclatura de acordo com sua classificação em federais, estaduais e municipais. Estas são destinadas a grandes fluxos e velocidades altas, possuem separação de tráfego.

### 2.2.2 Sinalização

De acordo com o Código Brasileiro de Trânsito (CTB, 2010), sinalização é o agrupamento formado pelos sinais de trânsito e dispositivos de segurança que são colocados nas vias públicas a fim de garantir sua utilização adequada, gerando melhoria no fluxo de

trânsito e aumentando a segurança de veículos e pedestres. A sinalização viária ainda pode ser classificada em sinalização vertical e sinalização horizontal.

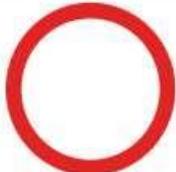
a. Sinalização Vertical

Sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária, onde são utilizados sinais sobrepostos em placas fixadas na posição vertical, ao lado ou suspensas sobre as vias, pintadas ou em formas luminosas transmitindo mensagens de caráter permanente ou, eventualmente ao segundo CTB (2010).

b. Sinalização de Regulamentação

A sinalização vertical de regulamentação tem por sua finalidade informar sobre as condições, proibições ou restrições para o uso das vias. Suas mensagens são de caráter definitivo, o desrespeito a elas constitui infrações. O padrão das placas é em sua grande maioria circulares na cor branca e borda vermelha, contendo exceções como a placa de dê a referência (R-2) na forma triangular e a placa de parada obrigatória (R-1) no formato octogonal, representado nas Figuras 1, 2 e 3.

**Figura 1 – Cores da Sinalização de regulamentação**

Forma		Cor	
 OBRIGAÇÃO/ RESTRIÇÃO	 PROIBIÇÃO	fundo	branca
		símbolo	preta
		tarja	vermelha
		orla	vermelha
		letras	preta

Fonte: CONTRAN (2007a).

Figura 2 – Características dos Sinais R-1 e R-2

Sinal		Cor	
Forma	Código		
	R-1	Fundo	Vermelha
		Orla interna	Branca
		Orla externa	Vermelha
		Letras	Branca
	R-2	Fundo	Branca
		Orla	Vermelha

Fonte: CONTRAN (2007a).

Figura 3 – Sinalização de regulamentação



Fonte: CONTRAN (2007a).

c. Sinalização de Advertência

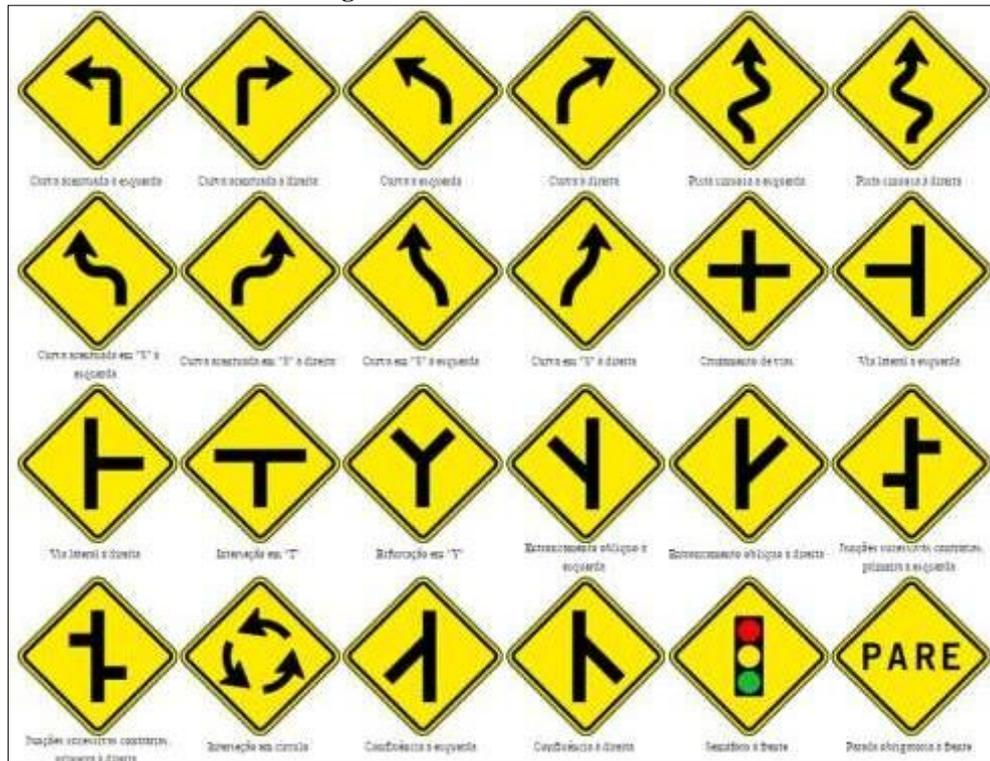
A sinalização vertical de advertência tem como característica transmitir informações aos condutores e pedestres, com a finalidade de adotarem comportamento adequado, de modo que aumente a proteção dos usuários e como forma de orientação aos usuários, representada nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Sinalização de advertência

Forma	Cor	
	fundo	amarela
	símbolo	preta
	orla interna	preta
	orla externa	amarela
	legenda	preta

Fonte: CONTRAN (2007b).

Figura 5 – Placas de advertência



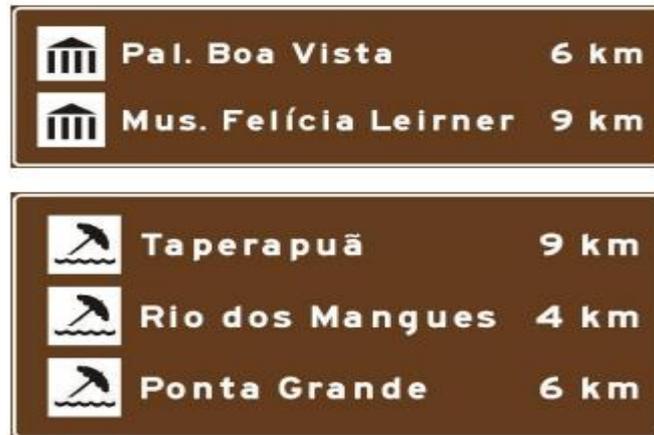
Fonte: CONTRAN (2007b).

#### d. Sinalização de Indicação

A sinalização indicativa tem o intuito de indicar direções, distâncias, localizações, pontos turísticos ou auxiliares, além de transmitir mensagens educativas, a fim de ajudar o condutor em seu deslocamento.

A Figura 6 mostra uma representação de placas de orientação de distância de atrativos turísticos: informa aos seus usuários a distância até chegada em determinados pontos turísticos.

**Figura 6 – Placas de orientação de distância**



Fonte: CONTRAN (2014a).

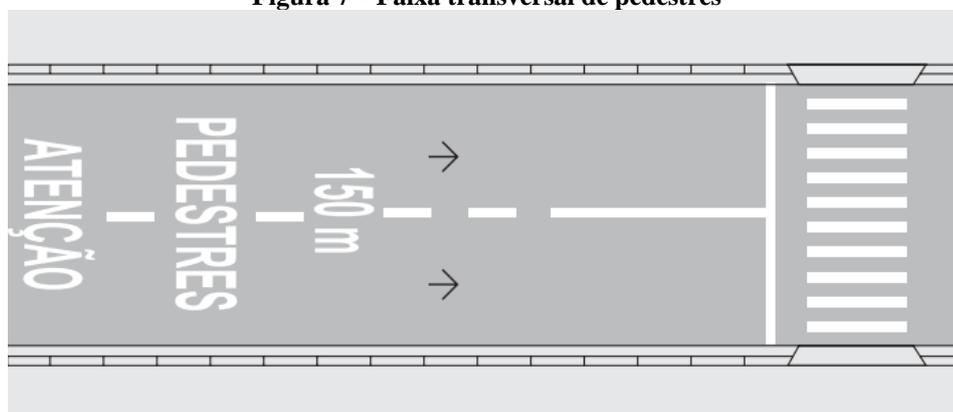
### 2.2.3 Sinalização horizontal

A sinalização Horizontal é composta por marcas, símbolos e legendas, que são pintadas sobre o Pavimento. Tem a finalidade de orientar os condutores das vias sobre comportamentos adequados, assim podendo trazer mais segurança e fluidez do trânsito, organizar o fluxo de tráfego, canalizar e orientar os usuários sobre os comportamentos adequados (CONTRAN, 2007c).

#### a. Faixa de Travessia de Pedestres – FTP

De acordo com o CONTRAN (2007, p. 47), A faixa de pedestres é: “A FTP delimita a área destinada à travessia de pedestres e regulamenta a prioridade de passagem dos mesmos em relação aos veículos, nos casos previstos pelo CTB”. A Figura 7 apresenta um esquema sobre a disposição da Faixa de Pedestre antecedida por uma sinalização Educativa para os condutores da via.

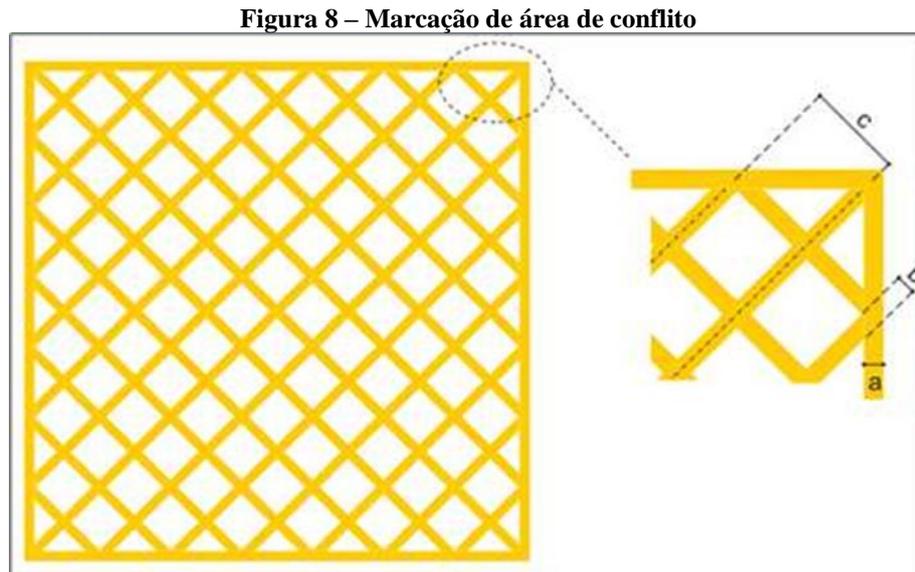
**Figura 7 – Faixa transversal de pedestres**



Fonte: CONTRAN (2007).

b. Marcação de Área de Conflito – MAC

A MAC (Marcação de área de conflito), tem como definição indicar os condutores sobre a área da pista em que não devam parar os veículos, assim prejudicando a circulação. A MAC é pintada com tinta amarela, tendo faixas de 0,10 m nas larguras internas, 0,15 m nas bordas externas e 2,20 m entre os eixos das linhas internas. Conforme é exemplificado nas Figuras (8) e Tabela 1.



Fonte: CONTRAN (2007c).

**Tabela 1 – Dimensões Recomendadas (m)**

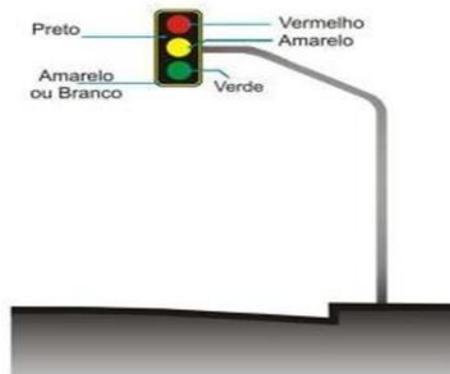
Largura da linha da borda externa - a	0,15
Largura das linhas internas - b	0,12
Espaçamento entre os eixos das linhas internas - c	2,50

Fonte: CONTRAN (2007c).

#### 2.2.4 Sinalização Semafórica

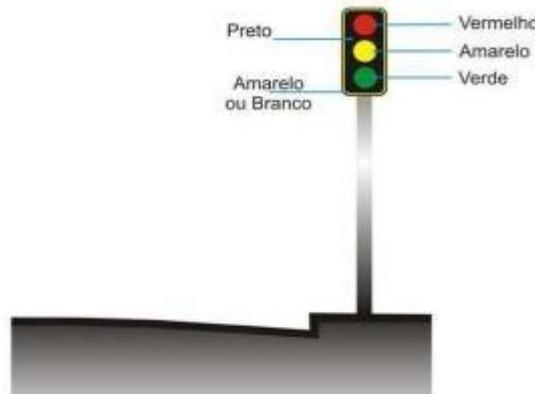
Constituída por indicações luminosas que são acionadas alternadamente ou interrompido através de sistemas eletromecânicos ou eletrônicos. O subsistema da Sinalização Semafórica é formado por indicações luminosas que podem ser fixadas em uma coluna em redor da via ou suspenso por intermédio de uma coluna com braço projetor, a controladora que é um dispositivo eletrônico ou eletromecânico fica responsável pelo acionamento dos feixes luminosos. Conforme é exemplificado nas Figuras (9 e 10).

**Figura 9 – Estrutura de sustentação com braço projetor, para semáforos sobre a via**



Fonte: CONTRAN (2014b).

**Figura 10 – Estrutura de sustentação com Coluna para semáforos na lateral da via**



Fonte: CONTRAN (2014b).

A sinalização semafórica assim com as sinalizações de trânsito em geral, tem a existência de princípios e padrões a seguirem, conforme apresentado a seguir:

- Legalidade: enquadrar-se dentro do código de trânsito brasileiro e legislação complementar;
- Suficiência: Permitir a fácil compreensão sobre o que é importante de modo ágil e fácil, através das sinalizações compatíveis com a necessidade;
- Padronização: Respeitar os padrões estabelecidos na norma, assim respeitando que em situações semelhantes os critérios para os respectivos sinais sejam seguidos;
- Clareza: Repassar mensagens claras e de fácil entendimento, evitando conflitos de indicações sobre a permissão de passagem;
- Precisão e Confiabilidade: Transmitir confiança e precisão a situação existente, atendendo a requisitos técnicos quanto a seguridade da via, alternando o direito de passagens de movimentos que são discordantes;

- Visibilidade e Legibilidade: Possibilitar a Visibilidade dos condutores a uma distância e em período hábil para tomada de decisões;
- Manutenção e Conservação: O equipamento deve estar em estado de boa conservação, limpo e visível. Quando necessário sofrer alguma alteração, tal como reprogramação e remoção, de forma que possa conduzir de maneira ordenada o trânsito.

#### 2.2.4.1 Formas, cores e sinais

Os sinais advindos dos semáforos têm o propósito de transportar mensagens específicas de acordo com as formas, cores e sinais (Quadro 1 e 2)

**Quadro 1 – Cores e sinais em focos de forma circular**

FORMA	COR	SINAL	SIGNIFICADO	AÇÃO DO USUÁRIO DA VIA	
Circular	Vermelha		Indica a proibição do direito de passagem	Obrigatoriedade do condutor em parar o veículo	
	Amarela		Indica o término do direito de passagem.	O condutor deve parar o veículo salvo se não for possível imobilizá-lo em condições de segurança.	
	Verde		Indica a permissão do direito de passagem.	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha, podendo efetuar os movimentos de acordo com a indicação luminosa e observar as normas de circulação e conduta.	
	Amarela (intermitente)		Adverte da existência de situação perigosa ou obstáculo.	O condutor deve reduzir a velocidade e observar as normas de circulação e conduta.	
	Amarela com seta (opcional)			Indica término do direito de passagem em semáforo direcional.	O condutor deve parar o veículo salvo se não for possível imobilizá-lo em condições de segurança.
					
					
	Vermelha			Indica a proibição do direito de passagem de acordo com a direção e sentido da seta apresentada na indicação luminosa.	Obrigatoriedade do condutor em parar o veículo de acordo com a indicação luminosa.
					
					

Verde		Indica a permissão do direito de passagem, de acordo com a direção e sentido da seta apresentada na indicação luminosa.	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha, podendo efetuar os movimentos de acordo com a indicação luminosa e observar as normas de circulação e conduta.
			
			
Vermelha		Indica para o ciclista a proibição do direito de passagem.	Obrigatoriedade do ciclista em parar o veículo.
Verde		Indica para o ciclista a permissão do direito de passagem.	O ciclista tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha.

Fonte: CONTRAN (2014b).

**Quadro 2 – Cores e sinais em focos de forma quadrada**

FORMA	COR	SINAL	SIGNIFICADO	AÇÃO DO USUÁRIO DA VIA
Quadrada	Vermelha		Indica para o pedestre a proibição da travessia	O pedestre <b>não deve</b> iniciar a travessia
	Vermelha (intermitente)		Indica para o pedestre o término do direito de iniciar a travessia. Sua duração deve permitir a conclusão das travessias iniciadas no tempo de verde.	O pedestre <b>não deve</b> iniciar a travessia. O pedestre que já iniciou a travessia no tempo de verde deve concluí-la, atentando para o fato de que os veículos estão prestes a receber indicação luminosa verde.
	Verde		Indica para o pedestre a permissão do direito de travessia	O pedestre tem a permissão de iniciar a travessia
	Vermelha		Indica, por meio do símbolo "X", a proibição de circular na faixa   sinalizada	O condutor <b>não deve</b> circular pela faixa sinalizada
	Verde		Permite a circulação na faixa indicada pela seta	O condutor tem a permissão de circular pela faixa sinalizada

Fonte: CONTRAN (2014b).

As formas e dimensões das lentes são estabelecidos pela resolução N° 160/04 do CONTRAN (Anexo II do CTB) (Quadro 3).

**Quadro 3 – Lentes dos focos semafóricos**

<b>SEMÁFOROS DESTINADOS A</b>	<b>FORMA DO FOCO</b>	<b>DIMENSÃO DA LENTE (mm)</b>
Veículos automotores	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Bicicletas	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Faixas reversíveis	Quadrada	Lado de 300 (mínimo)
Advertência	Circular	Diâmetro de 200 ou 300
Pedestre	Quadrada	Lado de 200 ou 300

Fonte: CONTRAN, 2014b.

#### 2.2.4.2 Tipos de semáforo

##### 2.2.4.2.1 Sinalização Semafórica de Regulamentação

Destina-se em controlar o trânsito numa convergência ou parte inteira da via, através dos indicadores luminosos, mudando a preferência de passagens do curso de automóveis e pedestres.

##### 2.2.4.2.2 Sinalização Semafórica de Advertência

Esta sinalização tem a incumbência de advertir os condutores sobre a existência de empecilhos ou alguma situação perigosa, devendo o condutor reduzir a aceleração e colocar-se em segurança.

## 2.3 PESQUISA DE TRÁFEGO

### 2.3.1 Metodologia

O HCM (2000) é um método criado e desenvolvido através de pesquisas realizadas nos Estados Unidos na década de 90, que se tornou referência mundial para a avaliação da qualidade de serviço. A metodologia explica e fortalece o conceito de nível de serviço, esta versão ainda traz orientações de como analisar os resultados das estimativas de qualidade de serviço levando em consideração os impactos econômicos e ambientais e ainda oferece vários

procedimentos que juntos garantem condições para a execução de uma análise global da qualidade de serviço.

O HCM (2000) adota três variáveis para descrever o tráfego: volume, densidade e velocidade. No entanto, para a análise de interseções em áreas urbanas, que possuem a qualificação da fluência, em interrompido e ininterrupto, adota-se a variável volume para o recolhimento de dados e análise do comportamento da via. Denomina-se ininterrupto quando não possui elementos que causem interrupção do tráfego de veículos assim como são as vias principais em uma intersecção e um trecho qualquer de uma rodovia; e interrompido quanto possui algum elemento que limite ou controle de veículos como as sinalizações semafóricas.

O fluxo interrompido é mais complexo devido a esses mecanismos de interrupção que causam diferentes impactos no fluxo geral. O estado operacional nessas condições é definido por medidas de volume, taxa de fluxo, capacidade, conflitos e atrasos. As variáveis para o método descrito são determinadas para uma intersecção bidirecional controlada, denominada *two-way stop-controlled* (TWSC).

## 2.4 PARÂMETROS DE TRÁFEGO UTILIZADO

### 2.4.1 Prioridades de fluxos

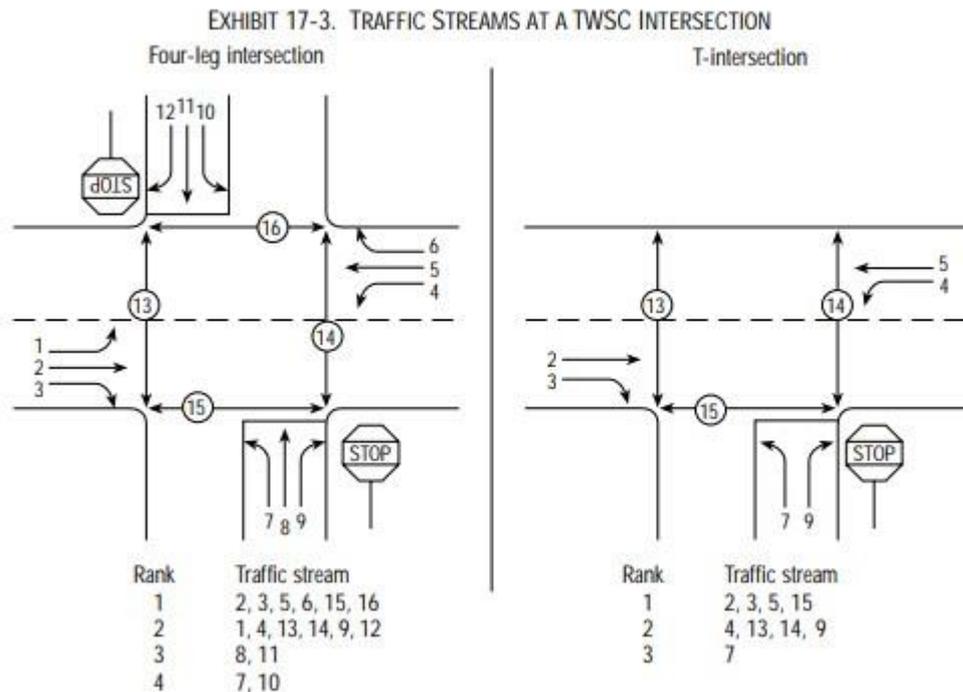
De acordo com o HCM (2000), alguns movimentos do cruzamento possuem preferências de passagem com relação aos outros, ou seja, eles possuem prioridade absoluta. Assim, é necessário que sejam identificados os direitos de passagem na intersecção, classificados conforme a seguinte hierarquia, dividida em quatro grupos.

- Grupo 01: concessão de passagem prioritário, composto pelos movimentos 2, 3, 5 e 6 da Figura 11. Esses movimentos não sofrem impedância por parte nenhum outro existente no curso de tráfego, são eles movimentos de seguir em frente pela via principal ou virar-se à direita para a via secundária a partir da principal;
- Grupo 02: composto pelos movimentos 1, 4, 9 e 12, as correntes de tráfego desse grupo atravessam as correntes de tráfego do grupo 1. São movimentos de virar à esquerda para a via secundária a partir da principal, ou movimentos de virar à direita para a principal a partir da secundária;
- Grupo 03: os atrasos sofridos por este grupo se dão devido ao fluxo de conflito da via principal, ou seja, em decorrência do deslocamento de virar à esquerda a partir

do trajeto principal. Esse grupo é formado pelos movimentos 8 e 11 da Figura 11, siga em frente na via secundária;

- Grupo 4: o grupo com os maiores atrasos da intersecção e dependente das brechas de acesso dos outros três grupos. Formado pelos movimentos 7 e 10 da Figura 11, virar à esquerda a partir da secundária.

**Figura 11 – Prioridade de fluxos em intersecções de três ramos**



Fonte: HCM (2000).

## 2.5 MOVIMENTO E CONFLITO

### 2.5.1 Conflitos

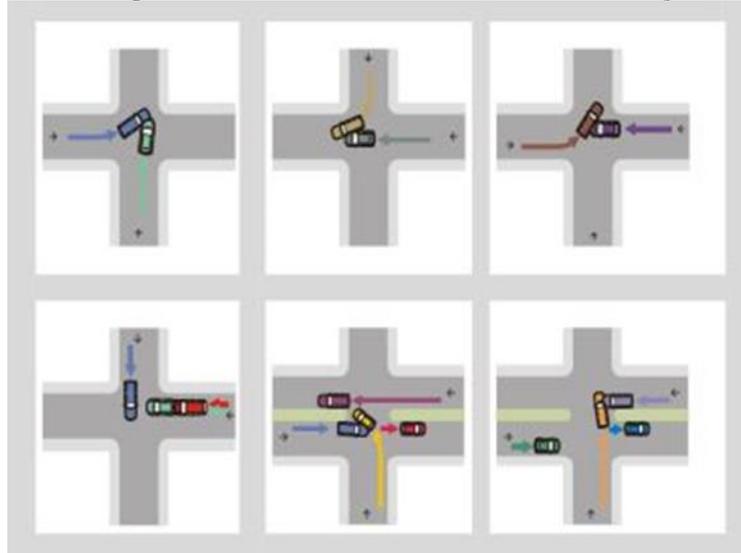
Segundo CONTRAN (2014b) o gerenciamento de conflito consiste em analisar três etapas:

- 1) Estudo preliminar e rotineiro da intersecção até a identificação dos problemas;
- 2) Identificar as prováveis causas;
- 3) Apresentar as propostas e medidas para a solução do problema.

Soares (1975) afirma que a sinalização viária é fundamental em cruzamentos urbanos e um controle adequado deve atingir os objetivos de evitar acidentes, utilizar toda a capacidade possível do cruzamento, favorecer as vias principais e proteger os pedestres.

A sinalização semafórica é uma das soluções para os conflitos em interseções. A Figura 12 ilustra alguns possíveis acidentes com veículos numa interseção não controlada por semáforo. Ainda assim, antes da implantação deve-se avaliar a aplicação de medidas alternativas tais como definição de preferência de passagem, adequação das sinalizações horizontais e verticais, alteração de circulação, proibição de estacionamento e direcionamento de pedestre para locais de travessia seguros (CONTRAN, 2014b)

**Figura 12 – Exemplos de acidentes em cruzamento sem intervenção semafórica**



Fonte: COTRAN (2014).

### 2.5.2 Movimento

Segundo o DNIT (2005), um grupo de veículos circulando pela mesma faixa de tráfego e com sentido igual, fundamentam as correntes de tráfego. O trânsito é composto por inúmeras correntes de tráfego por onde milhares de veículos circulam dia a dia com visando chegar a um determinado destino, seja ele trabalho, residência, escola, hospitais, atrativos turísticos, dentre outras possibilidades. Os projetistas devem atentar-se a diversos fatores como: dimensões e número de faixas, frequência de interseções, distância de visibilidade e sinalização.

A classe de intersecção adotada é responsável pelos movimentos dos veículos de cada corrente de tráfego. Esses movimentos podem ser classificados em:

- Movimentos de cruzamento: é quando a curso dos veículos de uma corrente de tráfego passa perpendicularmente nos intervalos de outra corrente;
- Movimentos convergentes: é quando se juntam automóveis de duas ou mais correntes e formam uma única, para isso é necessário regular a passagem dos veículos convergentes ou que eles aguardem por intervalos;

- Movimentos divergentes: é quando os veículos de uma mesma corrente de tráfego se separam em trajetórias independentes. É o movimento mais simples entre todos tendo em vista que os automóveis que divergem não precisam aguardar por intervalos adequados ou terem uma redução significativa da velocidade;
- Movimentos de entrecruzamento: é quando duas ou mais correntes de tráfego se tornam uma só e depois se separam em trajetórias independentes.

## 2.6 TAXA DE FLUXO

Este tem como definição a relação ao quantitativo de veículos que trafegam em uma certa seção da via, com intervalos inferiores à uma hora, normalmente efetuada a contagem a cada 15 minutos dentro do período estabelecido. O fluxo é uma variável que possibilita o dimensionamento do tempo;

Observando-se e realizando a contagem de acordo com o horário de pico, obtemos a capacidade de um sistema viário

### 2.6.1 Vantagens

Visa diminuir colisões entre veículos e atropelamentos, possibilitar uma segurança para pedestres no cruzamento das vias.

### 2.6.2 Desvantagens

Neste quesito ocorre o gasto em sinalização e em todos seus equipamentos necessários para o processo, e um tempo de espera relacionado aos semáforos.

### 3 O TRÂNSITO E SUAS DIRETRIZES FUNDAMENTAIS

#### 3.1 CRITÉRIOS GERAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Um dos principais aspectos da sinalização semafórica, é a decisão de implantar ou não semáforos na intersecção. Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (2014), existem alguns critérios necessários para a decisão.

Objetivando-se melhor compreensão sobre as possíveis causas e soluções em intersecções, é interessante a análise no quadro 4.

**Quadro 4 – Movimentos e brechas.**

PROBLEMA	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES POSSÍVEIS	EXEMPLOS DE MEDIDAS QUE PODEM SER ADOTADAS
Fila excessiva de veículos para transpor uma intersecção	O condutor não enxerga as brechas no fluxo a ser transposto e não as aproveita	- Melhoria das condições de visibilidade	Remoção de interferências visuais;
			Adequação de geometria para melhor posicionamento dos veículos
	Não há brechas suficientes para a transposição pela quantidade de veículos que desejam fazê-lo	- Melhor aproveitamento das brechas existentes	Aumento da capacidade da aproximação, através de proibição de estacionamento ou alargamento de pista;
			Alteração de geometria
			Implantação de sinalização semafórica
			Implantação de mini rotatórias
	Muitos movimentos conflitantes	- Alternância do direito de passagem	Implantação de sinalização semafórica
			Proibição de movimentos
			Implantação de rotatória ou mini rotatória
			Alteração de circulação
Ocorrência de acidentes ou risco potencial de acidentes	O condutor não enxerga as brechas e transpõe a intersecção em condições impróprias	- Melhoria das condições de visibilidade	Implantação de sinalização semafórica
			Remoção de interferências visuais
	Não há brechas para transposição	- Alternância do direito de passagem	Avanço do alinhamento da via perpendicular por meio de construção de avanço de calçada e implantação de linha de retenção ou de continuidade do alinhamento
			Implantação de rotatória ou mini rotatória
	As velocidades de aproximação são		Implantação de sinalização de regulamentação de velocidade

	elevadas ou há dificuldade para avaliar a velocidade de aproximação de veículos da transversal	- Redução da velocidade de aproximação	Implantação de fiscalização de velocidade	
			Implantação de redutores de velocidade	
			Implantação de sinalização semafórica	
	As normas de preferência de passagem não são respeitadas		- Definição das regras por meio de sinalização	Definição da preferencial por meio de sinal R-1 – Parada Obrigatória ou R-2 – Dê a Preferência
				Redefinição da via preferencial – inversão da sinalização de preferência de passagem
				Implantação de sinalização semafórica de advertência
				Implantação de rotatória ou mini rotatória
				Implantação de sinalização semafórica de regulamentação
	Muitos movimentos conflitantes		- Redução dos conflitos	Proibição de movimentos por meio de sinalização
				Implantação de rotatória ou mini rotatória
				Alteração de circulação
				Implantação de sinalização semafórica (pares de vias com mão única de circulação, em sentidos opostos)

Fonte: CONTRAN (2014b).

A relevância de uma análise correta é primordial, pois a utilização da sinalização via semáforo quando feita de maneira justificada, obtém-se vários pontos positivos se comparado ao trânsito do local, porém não havendo justificativa no mesmo pode ocorrer alguns conflitos. Pela análise em questão segue o quadro 5, referente a essas consequências

**Quadro 5 – Consequências da implantação da sinalização semafórica**

<b>IMPLANTAÇÃO JUSTIFICADA</b>	<b>IMPLANTAÇÃO NÃO JUSTIFICADA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento da segurança viária</li> <li>✓ Melhoria da fluidez do trânsito, na medida em que promove distribuição adequada dos tempos destinados a cada movimento</li> <li>✓ Controle do direito de passagem dos movimentos de veículos e pedestres com a consequente redução de conflitos</li> <li>✓ Redução de atrasos</li> <li>✓ Credibilidade por parte dos usuários em relação à sinalização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento de ocorrência de acidentes de trânsito</li> <li>✓ Imposição de atrasos excessivos</li> <li>✓ Indução ao desrespeito à sinalização devido à ociosidade na operação</li> <li>✓ Descrédito em relação à sinalização</li> <li>✓ Gastos desnecessários de recursos públicos</li> </ul>

Fonte: CONTRAN (2014b).

É indispensável estudos que comprovem a carência de um semáforo, que tem sua importância tanto para o uso imediato quanto para estudos futuros. No quadro 6 a seguir veremos as etapas a serem seguidas.

**Quadro 6 – Avaliação da efetiva necessidade de implantação da sinalização semafórica**

<b>AVALIAÇÃO DA EFETIVA NECESSIDADE DE IMPLANTAÇÃO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA</b>
Escolha da sinalização complementar a ser utilizada
Elaboração do projeto
Divulgação da implantação
Implantação da sinalização semafórica e da sinalização complementar
Acompanhamento da operação inicial da sinalização semafórica
Coleta rotineira de dados relativos à segurança e fluidez
Avaliação rotineira da programação semafórica

Fonte: CONTRAN (2014b).

### 3.2 METODOLOGIA HCM

O manual HCM (200-2010) traz algumas definições que possibilitam avaliar o grau de serviço em vias urbanas. Este nível se dá em função da velocidade dos veículos da via, e a maneira utilizada é através de uma equação que relaciona a velocidade média do percurso (VMP), onde:

Equação 1.

$$VMP = \left[ \left( \frac{3600L}{5280 \times (T_g + D_t)} \right) \right] \quad (1)$$

Em que:

- VMP = Velocidade Média de Percurso para o tráfego de passagem no segmento (km/h);
- $L$  = Extensão do segmento (km);
- $T_g$  = Tempo em movimento total no segmento analisado (s); e
- $D_t$  = Atraso nas interseções semaforizadas (tráfego de passagem) (s/veíc).

#### 3.2.1 Volume e geometria

Segundo o HCM (2000), no que se refere a contagem volumétrica, existem duas classificações conforme o tipo de veículo, veículos leves e pesados, em relação ao número de

pneus que possuem. Se possuir acima de quatro pneus então este veículo é considerado pesado. Para análise de fluxo de tráfego, é feita a contagem no período de pico e na hora de pico da via, ou seja, a hora de pico ocorre o maior tráfego de veículos na intersecção no período de uma hora, para cálculo desse volume utilizaremos a seguinte equação:

Equação 2.

$$VPP = 4 \times PP \quad (2)$$

Onde:

- VPP: volume no período de pico (veich/h);
- PP: período de pico (veich/h).

Também é necessário que se calcule a proporção de veículos pesados, onde utilizaremos a equação 3.

$$PVP = (NVP) \div (VHP) \quad (3)$$

Onde:

- PVP: proporção de veículos pesados;
- NVP: número de veículos pesados na hora de pico (veic/h);
- VHP: volume na hora de pico (veic/h).

Pelo fato de não se ter uma uniformidade na passagem de veículos na intersecção, utilizaremos a equação 4.

$$FHP = \left( \frac{VHP}{VPP} \right) \quad (4)$$

Onde:

- FHP: fator hora pico.

### 3.2.2 Brechas críticas e intervalo de segmento

O tempo acessível para que o veículo cruze com segurança a intersecção, ou intervalo de tempo para que este deixe a via secundária e se junte a via principal, é denominado brecha crítica. Existem três conceitos, que segundo o HCM (2000), determinam as brechas em cruzamentos:

- Brechas críticas: consiste no menor intervalo de tempo, em que um veículo da corrente secundária, atravesse com segurança a intersecção.

Para o cálculo de brecha crítica, independente da sua forma de segmento na via se utiliza a equação 5:

$$T_{c,x} = T_{c,base} + (T_{c,VP} \times PVP) + (T_{c,G} \times G) - T_{cT} - T_{3,LT} \quad (5)$$

Onde:

- $T_{c,x}$ : brecha crítica para o movimento x (s);
- $T_{c,base}$ : brecha crítica base obtida através da tabela 1 (s);
- $T_{c,VP}$ : fator de ajuste para veículos pesados (1,0);
- PVP: proporção de veículos pesados (0,1);
- $T_{c,G}$ : fator de ajuste do greide (0,1 para movimentos 9 e 12 e 0,2 para os movimentos 7, 8, 10 e 11) (s);
- G: inclinação da via ou greide (%);
- $T_{cT}$ : fator de ajuste para a brecha obtida pelo processo de dois estágios (1,0 para o primeiro ou segundo estágio e 0,0 para estágio único) (s);
- $T_{3,LT}$ : fator de ajuste para a geometria (0,7 para conversão á esquerda da via secundária, em interseções tipo T e 0,0 para outros tipos).
- Brechas aceitáveis: são brechas suficientes para que os veículos da via secundária consigam tranquilamente realizar manobras no cruzamento;
- Brechas disponíveis: tem-se em relação a corrente na via principal.

O intervalo de segmento, que consiste no intervalo entre a partida do veículo na via secundária e a partida de um próximo, tendo como base a mesma brecha na corrente principal, pode ser calculado na equação 6:

$$T_{fx} = T_{f,base} + T_{f,VP} \times PVP \quad (6)$$

Onde:

- $T_{f,x}$ : intervalo de segmento para o movimento x da via secundária (s);
- $T_{f,base}$ : intervalo de segmento base de acordo com a tabela 1 (s);
- $T_{f,VP}$ : fator de ajuste para veículos pesados (0,9 para via principal de duas faixas e 1,0 para via principal de quatro faixas).

**Tabela 2 – Brechas críticas**

Tipo de Movimento	Brechas Críticas (s)		Intervalo de Segmento(s)
	Via Principal de 2 faixas	Via Principal de 4 faixas	
Conversão à esquerda na via principal	4,1	4,1	2,2
Conversão à direita na via secundária	6,2	6,9	3,3

Em frente na via secundária	6,5	6,5	4,0
Conversão a esquerda na via secundária	7,1	7,5	3,5

Fonte: HCM (2000).

### 3.2.3 Comprimento de fila

Determinado em função da capacidade de movimento e de volume de tráfego do período previamente determinado. Segundo o HCM (2000), obtém-se o resultado do comprimento de fila médio através do produto entre o atraso médio de cada veículo e a taxa de fluxo do deslocamento analisado.

Para se obter o número total de veículos esperados, em relação a fila média, se faz a utilização da equação 7:

$$Q_{95} = 900T \times \left[ \frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right) \times \left(\frac{V_x}{C_{m,x}}\right)}{150T}} \right] \times \left(\frac{C_{m,x}}{3600}\right) \quad (7)$$

Onde:

- $Q_{95}$ : 95º percentil do comprimento de veículos em fila (veículos);
- $V_x$ : (VPP) volume do movimento x (veic/h);
- $C_{m,x}$ : capacidade do movimento x (veic/h);
- $T$ : período de tempo analisado (h), ( $T = 0,25$  para um período de 15 minutos).

### 3.2.4 Atraso de total

Também conhecido como atraso de controle, segundo HCM (2000), se dá a partir da diferença entre o tempo total gasto para realizar a viagem e o possível tempo que levaria com interferências com incidentes, controle de trânsito, geometria de tráfego, entre outros. Para o cálculo do mesmo utilizaremos a equação 8:

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

Onde:

- $D$ : atraso total (s/veíc).

### 3.2.5 Determinação do nível de serviço

Para a verificação do nível de serviço, utilizaremos a Tabela 2, onde encontra-se que as vias que não contam com cruzamentos controlados por semáforos, requer um maior tempo de espera por parte de seus usuários devido a um maior volume de veículos na mesma.

**Tabela 3 – Critérios para determinação de nível de serviço**

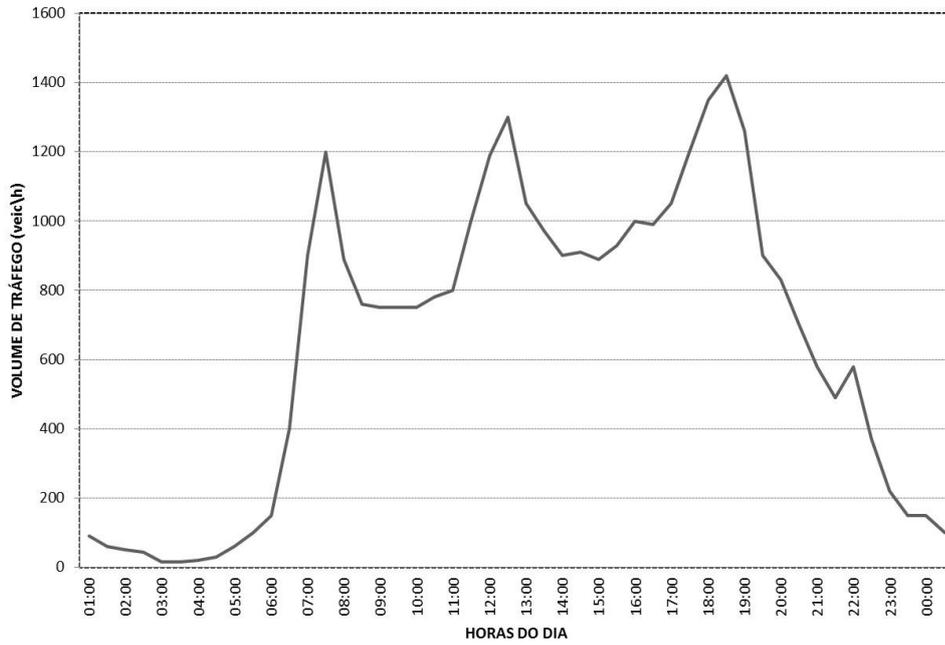
<b>NÍVEL DE SERVIÇO</b>	<b>ATRASSO DE CONTROLE (S/VEÍC)</b>
A	0-10
B	>10-15
C	>15-25
D	>25-35
E	>35-50
F	>50

Fonte: HCM (2000).

### 3.3 FLUXO DE TRÁFEGO

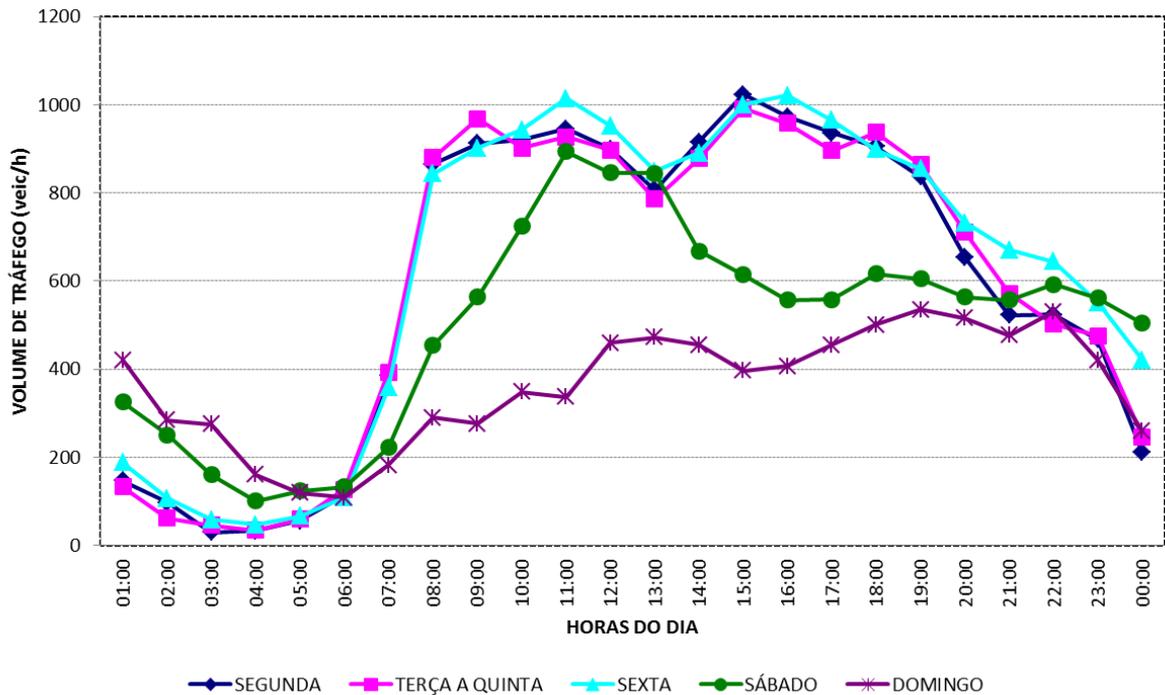
Define-se fluxo de tráfego ou (volume de tráfego), a contagem realizada sobre o número de veículos ou pedestres que trafegam por uma certa seção da via durante o período de contagem. As contagens normalmente são feitas em intervalos de 15 minutos. Tem-se uma grande variação na contagem em decorrência de horários e dias da semana em que será realizada, sobretudo então há uma variação proveniente do fator tempo, e para a programação do semáforo essa variação temporal é de extrema importância. Abaixo segue alguns exemplos.

**Figura 13 – Exemplo da variação horária do volume em um dia útil**



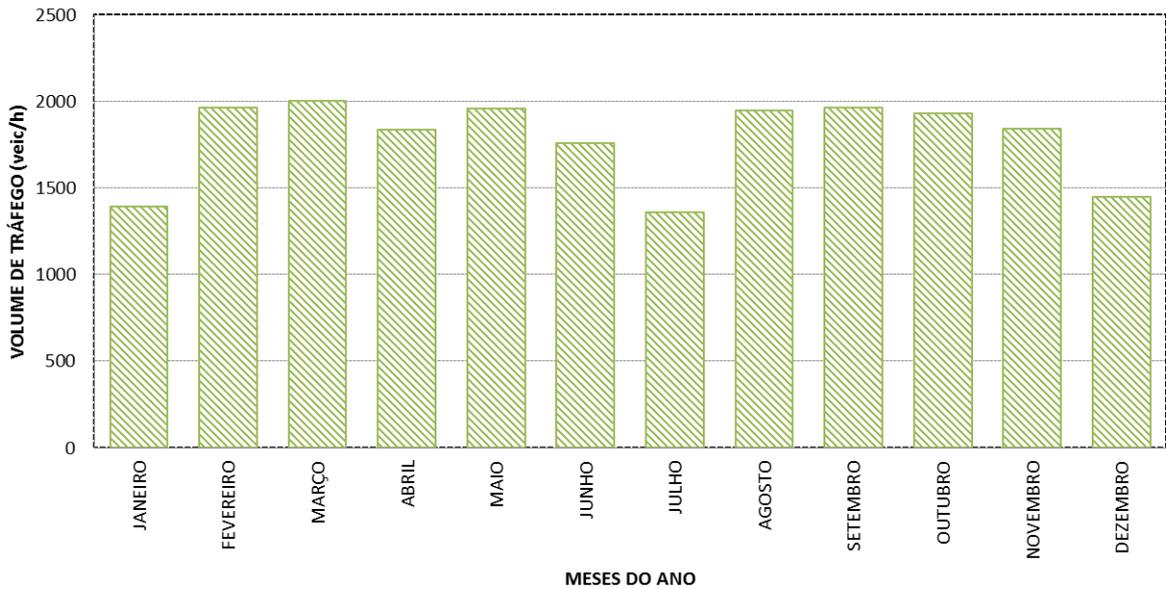
Fonte: CONTRAN (2014b).

**Figura 14 – Exemplo da variação diária do volume ao longo da semana**



Fonte: CONTRAN (2014b).

**Figura 15 – Exemplo da variação mensal do volume ao longo do ano**



Fonte: CONTRAN (2014b).

### 3.3.1 Taxa de fluxo

O HCM define capacidade como a máxima taxa de fluxo horária nas quais pessoas ou veículos possa atravessar um ponto ou uma seção uniforme de uma faixa ou via, durante um dado período de tempo, sob as condições existentes da via, do tráfego e dos controles de tráfego.

O Volume de tráfego é normalmente heterogêneo. Assim, para a avaliação de capacidade e nível de serviço, é necessário estabelecer um padrão. Dessa forma, o fluxo de veículos deve ser convertido em apenas um tipo de veículo, convencionado em engenharia de tráfego como um carro de passeio. O fluxo de tráfego observado (em veic/h) pode ser convertido em fluxo equivalente (em uvp/h.faixa):

Equação 9.

$$V_p = \frac{Q}{(FHP \cdot N \cdot F_{HV} \cdot F_p)} \quad (9)$$

O fator de ajuste em decorrência da presença de veículos pesados no tráfego ( $F_p$ ) é calculado em função do fator de equivalência para veículos pesados ( $F_{HV}$ ) mais adequado, determinado a partir das tabelas do HCM e da proporção de veículos pesados ( $P_t$ ):  $F_{HV}$  ET P.

Equação 10.

$$F_{hv} = \frac{1}{1 + P_t \times (E_t - 1)} \quad (10)$$

O fator de equivalência de veículos pesados (ET) é variável para os trechos genéricos classificados como planos, ondulados ou montanhosos e para aqueles constituídos por rampas específicas. Para os trechos genéricos, os fatores possíveis estão mostrados na Tabela 03. Para os trechos em aclives e em declives, os valores do ET podem ser conferidos, respectivamente, nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4 – Fatores de equivalência para veículos pesados em autoestradas e rodovias de pista dupla - trechos genéricos**

Tipo de veículo	Tipo de Terreno		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Caminhões (E <sub>c</sub> )	1,5	2,5	4,5

Fonte: adaptado de TRB (2010).

**Tabela 5 – Fatores de equivalência para veículos pesados em autoestradas e rodovias de pista dupla – aclives**

Aclive (%)	Compr. (km)	Porcentagem de veículos pesados (%)								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
<2	Todos	1,5	1,5	1,5	15	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	0,0-0,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	>0,4-0,8	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
>=2-3	>0,8-1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	>12-1,6	2	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	>1,6-2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2	2
	>2,4	3	3	2,5	2,5	2	2	2	2	2
>3-4	0,0-0,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	>0,4-0,8	2	2	2	2	2	2	1,5	1,5	1,5
	>0,8-1,2	2,5	2,5	2	2	2	2	2	2	2
	>12-1,6	3	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2
	>1,6-2,4	3,5	3,5	3	3	3	3	2,5	2,5	2,5
	>2,4	4	3,5	3	3	3	3	2,5	2,5	2,5
>4-5	0,0-0,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	>0,4-0,8	3	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2	2
	>0,8-12	3,5	3	3	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	>12-1,6	4	3,5	35	3,5	3	3	3	3	3
	>1,6	5	4	4	4	3,5	3,5	3	3	3
>5-6	0,0-0,4	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	>0,4-0,5	4	3	2,5	2,5	2	2	2	2	2
	>0,5-0,8	4,5	4	3,5	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	>0,8-12	5	4,5	4	3,5	3	3	3	3	3
	>12-1,6	5,5	5	4,5	4	3	3	3	3	3

	>1,6	6	5	5	4,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	0,0-0,4	4	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2
	>0,4-0,5	4,5	4	3,5	3,5	3,5	3	2,5	2,5	2,5
>6	>0,5-0,8	5	4,5	4	4	3,5	3	2,5	2,5	2,5
	>0,8-1,2	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3	3	3
	>1,2-1,6	6	5,5	5	5	4,5	4	3,5	3,5	3,5
	>1,6	7	6	5,5	5,5	5	4,5	4	4	4

Fonte: adaptado de TRB (2010).

O fator de ajuste para tipos de motoristas (f p) leva em consideração a familiaridade do condutor com a via na qual ele trafega. Esse fator varia entre 1,0 a 0,85. Na falta de evidências que comprovem o desconhecimento da via pelos f p. Em alguns casos específicos de rodovias turísticas, pode-se adotar o valor de 0,85.

**Tabela 6 – Fatores de equivalência para veículos pesados em autoestradas e rodovias de pista dupla – declives**

Declive (%)	Compr, (km)	E <sub>T</sub>			
		Percentual de veículos pesados			
		5	10	15	>= 20
<4	Todos	1,5	1,5	1,5	1,5
>=4-5	<= 6,4	1,5	1,5	1,5	1,5
	>6,4	2	2	2	1,5
>5-6	<= 6,4	1,5	1,5	1,5	1,5
	>6,4	5,5	4	4	3
>6	<= 6,4	1,5	1,5	1,5	1,5

Fonte: adaptado de TRB (2010).

### 3.3.2 Velocidade

O HCM recomenda que o valor da velocidade de fluxo livre básica seja adotado no intervalo entre 70 e 110 km/h, não estabelecendo, no entanto, um critério mais específico para a escolha do valor mais apropriado.

A velocidade média dos veículos em condições de fluxo livre, caso em que os condutores dos veículos podem desenvolver as velocidades que desejam ou a máxima que os veículos permitem, pode ser medida diretamente no campo ou estimada, Medição em Campo. No caso de a velocidade veículos em fluxo livre ser medida em campo, sua determinação deve ser realizada em dias úteis com tempo bom para fluxos inferiores a 200 carros/hora nos dois sentidos - que são verificados, em geral, fora dos períodos de pico. A velocidade dos veículos em fluxo livre corresponde à média aritmética dos valores de velocidade medidos para uma

amostra aleatória de veículos (sozinhos ou em pelotões); por exemplo, o 10°, o 20°, o 30°, etc., veículos, estejam eles ou não em pelotão. Recomenda-se um tamanho mínimo da amostra de 100 veículos. No caso de a velocidade em fluxo livre ser medida para fluxos maiores que 200 carros/hora, ou para correntes de tráfego contendo veículos pesados, a velocidade em fluxo livre obtida no campo deve ser ajustada através da seguinte equação 11:

$$FFS = V_m + 0,0125 \times \left( \frac{q}{F_{hv}} \right) \quad (11)$$

Onde,  $V_m$ : velocidade média obtida no campo (km/h),  $q$ : volume observado no período de coleta,  $F_{hv}$ : fator de ajuste devido à presença de veículos pesados no tráfego (calculado conforme o procedimento descrito na seção 10,4,2). A velocidade de fluxo livre em rodovias de pista simples pode ser obtida através da velocidade média máxima dos automóveis na corrente de tráfego ou, na falta de dado de campo, estimada por:

Equação 12.

$$FFS = BFFS - F_{LS} - F_A \quad (12)$$

Em que:  $F_A$  é o fator de ajuste da densidade de acessos, em km/h, pode ser determinado pela Tabela 07.  $F_{LS}$  é o fator de ajuste da largura da faixa e do acostamento, em km/h, pode ser determinado pela Tabela 5. Infelizmente, o HCM não sugere critérios acerca da determinação da velocidade de fluxo livre base (BFFS) em rodovias de pista simples. Esse valor pode ser estimado a partir das velocidades limites da via, sendo a BFFS aproximadamente 10km/h acima desse limite.

**Tabela 7 – Fatores de ajuste da largura da faixa e do acostamento**

Largura da Faixa (m)	Redução na FFS - $f_{LS}$ (km/h)			
	Largura do acostamento (m)			
	$\geq 0 < 0,6$	$\geq 0,6 < 1,2$	$= 1,2 < 1,8$	$\geq 1,8$
2,7 < 3,0	10,3	7,7	5,6	3,5
$\geq 3,0 < 3,3$	8,5	5,9	3,8	1,7
$\geq 3,3 < 3,6$	7,5	4,9	2,8	0,7
$\geq 3,6$	6,8	4,2	2,1	0

Fonte: adaptado de TRB (2010).

### 3.3.3 Horário de pico

O critério de horário de pico deve ser usado em um local em que as condições de tráfego sejam tais que mínimo de 1 hora em um dia médio, o tráfego nas vias secundárias sofre atrasos indevidos ao entrar ou atravessar a via principal.

A necessidade de um semáforo deve ser considerada se o estudo feito verificar que os critérios de uma das categorias a seguir são atendidos:

- Atraso total na secundária durante 60 minutos (4 intervalos de 15 min);
- Atraso Total  $\text{sec} > 4 \text{ veic,h}$ ;
- $V \text{ sec} > 100 \text{ veic,h}$ ;
- $V_{\text{princ}} > 800 \text{ veic/h}$  (4 aproximações);
- $V_{\text{princ}} > 650 \text{ veic/h}$  (3 aproximações).

### 3.4 NÍVEL DE SERVIÇO

Dentro dos parâmetros *Highway Manual Capacity* HCM (2010), a velocidade intermediária de um deslocamento do veículo em uma via urbana é a medida usada para qualificar o nível de serviço ao longo de um certo espaço da via. Qualitativos operacionais, o conforto e a convivência destinadas aos motoristas são usados como parâmetros para definir o grau de desempenho fornecido no trecho que são definidos em seis níveis de serviço. Conforme o autor descreve, estão descritos abaixo as características de cada nível:

- a) Nível (A): Velocidade de fluxo livre maior que 85%, Circulação desejável, conforto e conveniência ótimos, liberdade de manobras, facilidade total nas ultrapassagens e na preferência de velocidade (Figura 16).

**Figura 16 – Nível de Serviço A**



Fonte: DNIT (2006).

- b) Nível (B): Velocidade de fluxo livre maior que 67% e menor que 85%. Redução da velocidade, conforto e conveniência bons, liberdade de manobras são levemente restringidos, leve diminuição da facilidade nas ultrapassagens (Figura 17).

**Figura 17 – Nível de serviço B**



Fonte: DNIT (2006).

- c) Nível (C): Velocidade de fluxo livre maior que 50% e menor que 67%. Circulação tolerável, conforto e conveniência regulares, liberdade de manobras são mais restritas em comparação ao nível de serviço B, prejuízos consideráveis a facilidade nas ultrapassagens e na escolha de velocidade (Figura 18).

**Figura 18 – Nível de serviço C**



Fonte: DNIT (2006).

- d) Nível (D): Velocidade de fluxo livre maior que 40% e menor que 50%. Circulação com acréscimos substanciais, conforto e conveniência ruins, liberdade de manobras restritas, dificuldade para realizar ultrapassagens (Figura 19).

**Figura 19 – Nível de serviço D**



Fonte: DNIT (2006).

- e) Nível (E): Velocidade de fluxo livre maior que 30% e menor que 40%. Conforto e conveniência péssimos, liberdade de manobras forçadas, já não há possibilidade na liberdade de escolha da velocidade e extrema dificuldade em realizar ultrapassagem (Figura 20).

**Figura 20 – Nível de serviço E**



Fonte: DNIT (2006).

- f) Nível (F): Velocidade de fluxo livre menor ou igual a 30%. Conforto e conveniência inaceitáveis, liberdade de manobras já não existem, velocidade bastante reduzida com paradas de longa duração e a execução de ultrapassagem somente com a colaboração de outro motorista (Figura 21).

**Figura 21 – Nível de serviço F**



Fonte: DNIT (2006).

### **3.4.1 Volume de serviço**

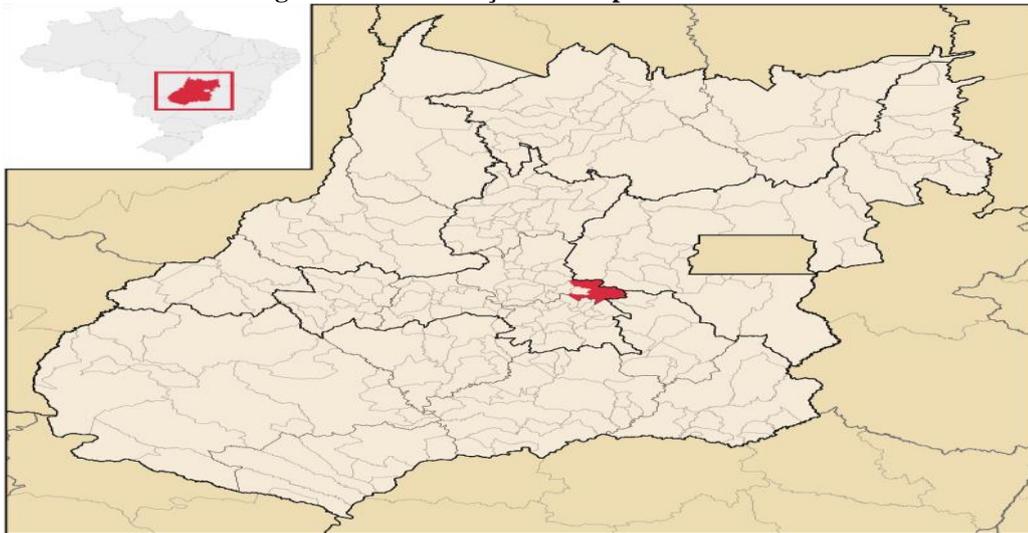
É determinado para direções e sentidos da viagem, que se definiram através de duas mediadas de desempenho, velocidade média de percurso e a relação do volume máximo de veículos pela capacidade do segmento da via analisada, observado pelo que descreve o HCM (2010), a cada nível de serviço é associado um volume de serviço.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 ANÁPOLIS

Anápolis é um município brasileiro do interior de Goiás e possui 114 anos e está localizada na região Centro-Oeste do País. O município está a 140 Km da capital do país, Brasília e 51 Km da capital do Estado, Goiânia, Possui Latitude: 16° 19' 43" Sul, Longitude: 48° 57' 12" Oeste, Altitude: 1000m (Figura 22).

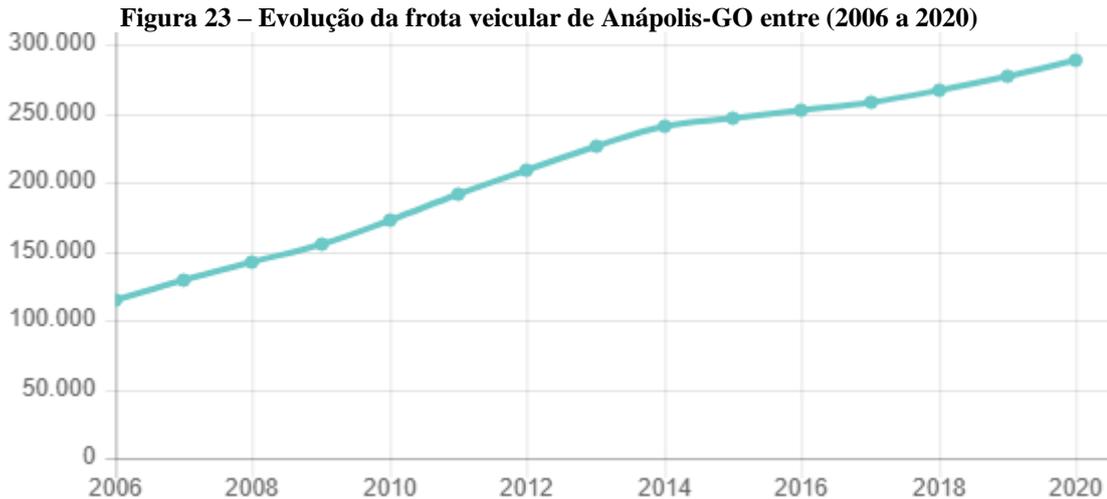
**Figura 22 – Localização de Anápolis no Estado**



Fonte: Wikipédia (2022).

Cortada pelas rodovias federais BR-153, BR-060 e BR-414, Anápolis começou a ser povoada em meados do século XVIII. O município é constituído de cinco distritos: Anápolis, Goialândia, Interlândia, Joanópolis e Souzânia. Segundo IBGE (2020); a sua população estimada para o ano de 2021 era de 396,526 habitantes.

Um crescimento de veículos cadastrados em Anápolis, no intervalo de 2006 a 2020 segundo DENATRAN (2020), como mostra a Figura 23.



Fonte: IBGE (2020).

#### 4.1.1 Histórico de crescimento

Um dos principais polos industriais do Centro-Oeste brasileiro, Anápolis é um município que se destaca por seu grande desenvolvimento econômico, localizada ao centro de uma região bem desenvolvida, conhecida como eixo Goiânia-Anápolis-Brasília, têm seu poder econômico voltado para indústrias do setor automobilística, farmacêutica, comércio e atacadista.

Criado em 1976 o DAIA (Distrito Agroindustrial de Anápolis), têm posição estratégica para disposição e transporte de seus produtos, agregando um ganho enorme no que diz respeito ao PIB (Produto Interno Bruto) municipal.

#### 4.1.2 Sistema de transporte

A cidade de Anápolis tem localização estratégica e privilegiada, encontrada no cruzamento de dois importantes e grandes eixos rodoviários, a BR-153 de sentido norte/sul e a BR-060 de sentido leste/oeste, proporcionando um desenvolvimento econômico intenso à cidade.

Anápolis cresceu desordenadamente e, há muitas aglomerações afastadas do centro urbano. É neste contexto que surgiu a TCA – Transporte Coletivos de Anápolis, que permaneceu durante 52 anos na cidade.

Em novembro de 2015, dá se início a uma nova história com a chegada da empresa URBAN – Empresa de transporte Urbano de Anápolis, empresa 100% Anapolina.

### 4.1.3 Malha viária

O acréscimo de sua frota veicular, e um fluxo conseqüentemente maior acabaram desencadeando uma malha viária do município insuficiente. Dados do Instituto brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), indica que em Anápolis exista uma frota de 288,242 veículos. Em 2010, esse número era de 172,013. Estes dados demonstram um crescimento de 167,57% no intervalo de 10 anos.

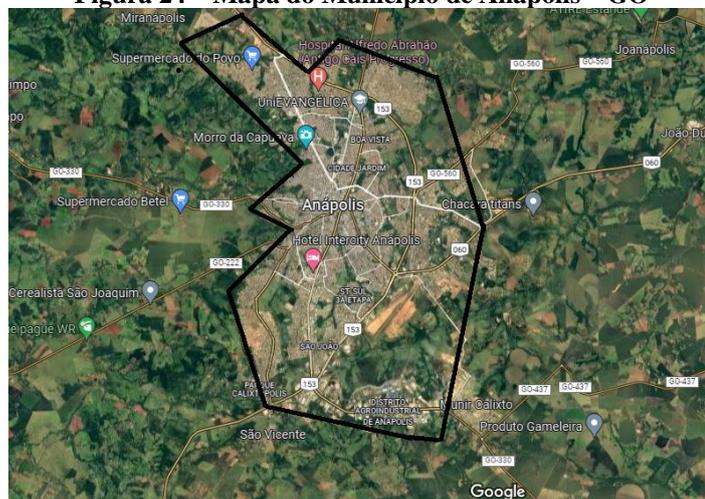
Mediante, ao considerável aumento do fluxo e da frota de veículos tem circunstância, uma consequência gerada pela falta de incentivos ao uso do transporte público, acarretando negativamente para congestionamentos na cidade e gerando impactos negativos ainda maiores.

O município carece de estruturas melhores e não há nenhum planejamento no quesito estacionamento em determinadas regiões, principalmente na região de comércios, desta forma, a prejuízos para todos.

### 4.1.4 Intersecção – Avenida Juscelino Kubitscheck e Avenida F

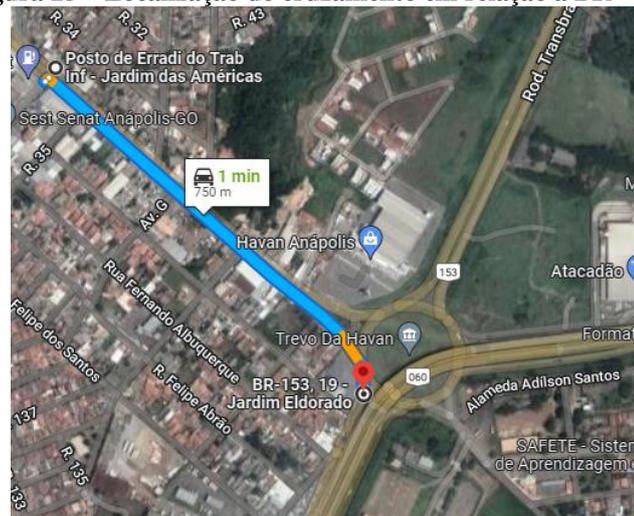
A Avenida Juscelino Kubitschek está localizada no bairro Jundiá na cidade de Anápolis GO, este ponto é responsável pelo deslocamento de veículos que transitam da BR-153 para bairros próximos, para melhor localidade pode ser observado nas Figuras 24 com a visão aérea de toda a cidade, na Figura 25 com uma visão aérea da intersecção junto à BR-153, na Figura 26 com uma vista aérea focada no cruzamento, e na Figura 27 com uma fotografia da intersecção.

**Figura 24 – Mapa do Município de Anápolis – GO**



Fonte: adaptado do Google Earth (2022).

**Figura 25 – Localização do cruzamento em relação à BR – 153**



Fonte: adaptado do Google Maps (2022).

**Figura 26 – Cruzamento entre Avenida Juscelino Kubitschek e Avenida F**



Fonte: adaptado do Google Maps (2022).

**Figura 27 – Cruzamento estudado entre a Avenida Juscelino Kubitscheck e Avenida F**



Fonte: próprios autores (2022).

#### **4.1.5 Avenida Juscelino Kubitscheck**

A Avenida Juscelino Kubitscheck está localizada no bairro Jundiá na cidade de Anápolis GO, o CEP da rua é 75110-390 do início ao fim. A região conta com vários domicílios, a Avenida Juscelino Kubitscheck caracteriza-se por uma região com vários domicílios constituídos de casas, sobrados ou similares e de edifícios de apartamentos ou conjuntos residenciais com vários domicílios de famílias distintas. Na Avenida Juscelino Kubitscheck consta com um alto fluxo de entrada e saída de caminhões em direção a BR - 153 para setor industrial do Jundiá.

#### **4.1.6 Avenida F**

A Avenida F é predominantemente residencial e está localizada no bairro de JK Parque Industrial Nova Capital na cidade de Anápolis GO. O CEP da rua é 75114-090. Contendo mais de 12 domicílios, a Avenida F caracteriza-se por de domicílios constituído de casas, sobrados ou similares e de edifícios de apartamentos ou conjuntos residenciais com vários domicílios de famílias distintas, a avenida também possui uma parte comercial na qual tem lotéricas, mercados e entre outras lojas.

#### 4.1.7 Critérios

Após uma análise da situação do cruzamento, notou-se que esta porta uma boa visibilidade para os condutores, conforme mostram as Figuras 28 e 29. A Avenida F porta sinalização horizontal de parada obrigatória, sendo ela a via secundária como mostra a Figura 06, enquanto a Avenida Juscelino Kubitscheck é a via primária, isto é, a Avenida com Preferência de passagem pelo cruzamento (Figura 28).

Segundo CONTRAN (2014), o primeiro fundamento é realizar uma análise de sinalização para assim determinar se a interseção deverá ser estudada utilizando outra metodologia, a fim de estimar a implantação de sinalização semafórica. Portanto, notou-se que mesmo com a presença da sinalização horizontal alguns motoristas têm a dificuldade referente ao fluxo e agilidade no tráfego. A partir disso iniciou-se um estudo de melhoria para o cruzamento.

**Figura 28 – Sinalização horizontal e vertical Avenida Juscelino Kubitscheck**



Fonte: próprios autores (2022).

**Figura 29 – Sinalização horizontal da Avenida F**



Fonte: próprios autores (2022).

#### 4.2 ANÁLISE DE OPERAÇÃO DE TRÁFEGO

Parametrizados no HCM (2000), realizou-se a contagem Volumétrica para análise do nível de serviço de operação do local analisado.

Efetuada durante os intervalos: entre as 07:00 até as 09:00 da manhã, 11:00 até as 14:00 no final da tarde e entre as 17:00 e 19:00. Esta foi dividida entre carros (de passeio), e ônibus/caminhão.

O estudo se baseou em 6 movimentos na interseção da Av. Juscelino Kubitscheck e a Avenida F, conforme disposto na figura 30, os movimentos 2, 3, 4, 5 sendo na Avenida Juscelino Kubitscheck, e 7, 9 na Avenida F.

Os dados foram coletados no dia 14 de março de 2022. Obtivemos o horário de maior fluxo dentre os horários de pico, no período da tarde entre as 18h00min às 19h00min tivemos o maior volume de veículos, tendo o horário de pico das 18h00min às 18h15min, horário em que os condutores estão voltando para suas residências.

Figura 30 – Movimentos do ponto de contagem



Fonte: próprios autores (2022).

Utilizando os parâmetros do HCM (2000), as tabelas 8 a 13 contém os valores de ajuste e volume, brecha crítica, tempo de seguimento, impedância, capacidade, tempo de atraso médio e os valores dos níveis de serviços, que define a intervenção que será utilizada no cruzamento estudado.

Na tabela 8 contém os dados de veículos leves e pesados nos 6 movimentos no período de 15 minutos entre 18h00min e 18h15min.

Tabela 8 – volume de veículos no período de 15min

	18hr00MIN Á 18hr15MIN					
Movimentos	2	3	4	5	7	9
Período de Pico PP (18:00 ÀS 18:15)	214	53	57	225	32	40
Número Veículos Pesados (NVP)	15	3	4	15	3	4

Fonte: próprios autores (2022).

A Tabela 9 são retratados os valores de ajustes e volumes, onde se tem o volume de veículos no horário de pico, ou seja, veículos que realizaram os movimentos em um período de 1 hora, neste caso é no período entre as 18h até as 19h, multiplicando o volume de 15 minutos mais movimentados da hora de pico por 4, temos então o volume no período de pico. Podemos

então a partir destes dados calcular o fator da hora de pico, dividindo o volume da hora de pico pelo volume no período de pico, terminando com a proporção de veículos pesados que fizeram o movimento.

**Tabela 9 – Ajuste e volume**

<b>Movimentos</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
VHP (Volume na Hora Pico) - 18:00 às 19:00	816	200	201	858	115	132
FHP (Fator Hora Pico)	0,95	0,94	0,88	0,95	0,90	0,83
VPP (Volume no Período de Pico)	856	212	228	900	128	160
PVP (Proporção de Veículos Pesados)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03

Fonte: próprios autores (2022).

Já a Tabela 10 apresentamos as Brechas críticas, que contém as informações do tempo mínimo no tráfego, onde o veículo que está localizado na via secundária (Avenida F), atravessa para via principal (Av. Juscelino Kubitschek), de maneira segura. O HCM (2000), apresenta os valores tabelados da brecha crítica base ( $T_{c,base}$ ), o fator de ajuste para veículos pesados ( $T_{c,VP}$ ), proporção de veículos pesados (PVP), fator de ajuste do greide ( $T_{c,G}$ ), inclinação da via (G, plano), fator de ajuste para a brecha em estágios ( $T_{c,T}$ ) e o fator de ajuste para a geometria ( $T_{3,LT}$ ).

**Tabela 10 – brechas críticas**

<b>Movimentos</b>	<b>P LT (2)</b>	<b>S RT (2)</b>	<b>S LT (4)</b>
	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>7</b>
$T_{c,base}$	4,1	6,2	7,1
$T_{c,VP(HV)}$	1	1	1
PVP (PHV)	0,02	0,03	0,03
$T_{c,G}$	0	0,1	0,2
G (plano)	0	0	0
$T_{c,T}$ (estágio único)	0	0	0
$T_{3,LT}$	0	0	0,7
$T_{c,x}$ (S)	4,1	6,2	6,4

Fonte: próprios autores (2022).

Na Tabela 11 de acordo com o HCM (2000) são estabelecidos e definidos se os movimentos são na via principal ou na via secundária, ou então se será realizado a conversão na esquerda ou direita na via principal ou secundária.

**Tabela 11 – Intervalo de segmento**

Movimentos	P LT (2)	S RT (2)	S LT (4)
	4	9	7
$T_{f,base}$	2,2	3,3	3,5
$T_{f,VP (HV)}$	0,9	0,9	0,9
PVP (PHV)	0,02	0,03	0,03
$T_{f,x (s)}$	2,22	3,33	3,52

Fonte: próprios autores (2022).

A tabela 12 contém os valores do grupo 2 de volume de movimento ( $V_j$ ), capacidade de movimento ( $C_{m,j}$ ) e também as probabilidade dos movimentos não enfrentarem situação de fila ( $P_{0,j}$ ).

**Tabela 12 – volume de movimento**

Grupo 2	
$V_j$	201
$C_{m,j}$	652,5593
$P_{0,j}$	0,691982

Fonte: próprios autores (2022).

Os valores da capacidade da via estão expressos na Tabela 13, tendo em vista que o fluxo de conflito ( $F_c$ ), que é a quantidade de conflito que são relacionados ao movimento, contendo também a capacidade de movimento ( $C_m$ ) e pôr fim a probabilidade de estado livre da fila ( $P_{0,j}$ ).

**Tabela 13 – Cálculo da capacidade potencial e impedância**

Movimentos	P LT (2)	S RT (2)	S LT (4)
	4	9	7
Fluxo de conflito ( $V_c$ ) ou ( $F_c$ )	1068	962	2318
Capacidade potencial ( $C_p$ )	653	309	41
Capacidade do movimento ( $C_m$ )	653	309	29
Probabilidade de ocorrer estado livre de fila ( $P_{o,j}$ )	65,06%	48,23%	-

Fonte: próprios autores (2022).

Na Tabela 14, apresenta-se a Capacidade da faixa compartilhada que é definida no instante que o movimento que deveria ser exclusivo passa a compartilhar a mesma via, o cálculo é feito dividindo a soma da taxa de fluxo do movimento pela soma da capacidade de cada movimento.

**Tabela 14 – Capacidade da faixa compartilhada**

Faixa	VPP (Veic/h)			C <sub>m</sub> (Veic/h)			C <sub>SH</sub> (Veic/h)
	Movimento 7	Movimento 8	Movimento 9	Movimento 7	Movimento 8	Movimento 9	
1	128	0	160	29	0	309	58

Fonte: próprios autores (2022).

A Tabela 16 mostra os níveis de serviço que podem ser obtidos de cada movimento sendo os níveis A e B são fluxos leve e moderado, C e D fluxo com dificuldades, E e F são os fluxos com bastante ineficiência sendo preciso a intervenção. Os cálculos são por meio do comprimento da fila, que é a chance de formar fila em algum movimento da interseção, e o atraso de controle que consiste na diferença entre o tempo de viagem real e o tempo de viagem em condições normais.

**Tabela 15 – Níveis de serviço**

Movimento	VPP	C <sub>m</sub>	VPP/C <sub>m</sub>	T	Comprimento da Fila (Q <sub>95</sub> )	Atraso de Controle (d)	Nível de Serviço
<b>4</b>	228	653	0,35	0,25	1,56	13,4	B
<b>7, 8 e 9</b>	288	57,6	5,00	0,25	32,16	1942,8	F

Fonte: próprios autores (2022).

**Tabela 16 – legenda de níveis de serviço**

Nível de Serviço	Atraso Médio Total (S/VEÍC,)
A	0-10
B	>10-15
C	>15-25
D	>25-35
E	>35-50
F	>50

Fonte: próprios autores (2022).

O movimento 4 apresenta o Nível de Serviço B, sendo o segundo na escala de níveis de serviços, com média de atraso de 10 – 15 segundos para realizar a conversão e os movimentos 7 e 9 apresentam o nível de serviço F, sendo o pior na escala de níveis de serviço tendo atraso médio acima de 50 segundos. Segundo os parâmetros de estudo do HCM (2000), o cruzamento necessita de intervenção semafórica.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os estudos efetuados sobre o cruzamento da Avenida Juscelino Kubitscheck e Avenida F, constatou-se a carência de um semáforo visto que é uma região da cidade onde concentra-se um fluxo elevado, devido a importância da Av. Juscelino Kubitscheck com a região.

O estudo teve como fundamento a metodologia HCM, que através deste nos possibilitou realizar uma contagem volumétrica. Com isso verificamos que o movimento número 4 apresentou nível de serviço “B”, que tem sua média de atraso de 10 a 15 segundos para realizar as conversações. Mas o que obteve maior parcela em relação ao fator implantação semafórica, foram os movimentos 7 e 9, onde apresentaram o nível de serviço F, escala de nível de serviço mais crítico, com atraso médio acima de 50 segundos.

Os movimentos 2, 3 e 5, são movimentos que não dependem de outros para serem realizados, com isto estes não tiveram parcela de interferência sobre o estudo de caso.

A contagem volumétrica de veículos para todos estes movimentos em questão, foram realizadas em horários de maior fluxo, entre 07:00 e 09:00 da manhã, 11:00 e 14:00 da tarde e 17:00 e 19:00 do final do horário de pico.

Tendo a finalidade de saber a necessidade ou não da implantação semafórica, pode-se constatar a importância deste tipo de estudo em questão, principalmente para quem faz uso da via, onde passam por dificuldades e atrasos no seu dia por conta do trânsito. Garantir a fluidez do trânsito é garantir conforto para a população que necessita diariamente o seu uso, é evitar pequenos e graves acidentes, transtornos físicos e materiais para todos.

### 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a possível instalação do semáforo no local, um importante estudo que poderia ser realizado seria a contagem de veículos após sua implementação, para levantar um comparativo de fluidez da via em relação a mesma contagem sem sua implementação.

## REFERÊNCIAS

- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual brasileiro de sinalização de trânsito. **Sinalização Horizontal**. Ministério das cidades. Brasília: Contran, 2007c, v. 4.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual brasileiro de sinalização de Trânsito. **Sinalização Semafórica**. Ministério das cidades. Brasília: Contran, 2014b, v. 4.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual brasileiro de sinalização de Trânsito. **Sinalização Vertical de Advertência**. Ministério das cidades. Brasília: Contran, 2007b, v. 2.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual brasileiro de sinalização de Trânsito. **Sinalização Vertical de Indicação**. Ministério das cidades. Brasília: Contran, 2014a, v. 3.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual brasileiro de sinalização de trânsito. **Sinalização Vertical de Regulamentação**. Ministério das cidades. Brasília: Contran, 2007a.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Código de Trânsito Brasileiro e legislação complementar em vigor**. Ministério das Cidades. Conselho Nacional de Trânsito. Departamento Nacional de Trânsito. Brasília: Denatran, 1998.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Portarias 2016 – Denatran**. Ministério da Infraestrutura, 04 maio 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/portarias-2016-denatran>. Acesso em: 09 maio 2022.
- FRANZ, Cristiane Maria; SEBERINO, José Roberto Vieira. **A história do trânsito e sua evolução**. 2012. 24 f. Monografia (Pós-Graduação Latu Sensu, em Gestão, Educação e Direito de Trânsito) – O portal do Trânsito Brasileiro, Joinville, 2012.
- HCM. **Highway capacity manual**. Transportation research board. National Research Council. Washington, DC: HCM, 2000.
- HONORATO, Cássio Mattos. **O trânsito em condições seguras**. Campinas: Millennium, 2009.
- MOLETA, Paulo. **A origem do trânsito e do CTB**: Uma breve síntese histórica sobre a origem do fenômeno trânsito. 2015. Disponível em: <https://paulocwb.jusbrasil.com.br/artigos/206526711/a-origem-do-transito-e-do-ctb>. Acesso em: 09 maio 2022.
- SIMÕES, Fernanda; SIMÕES, Eliane. **Sistema viário e trânsito urbano**. Série de Cadernos Técnicos de Agenda Parlamentar. Paraná: Crea, 2016.
- VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de; CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de; PEREIRA, Rafael Henrique Moraes. **Transporte e mobilidade urbana**. Texto para Discussão n. 34. Brasília: Cepal/Ipea, 2011.

## ANEXO A - Contagem de Veículos nos Horários de Pico

Contagem - Segunda Feira (14/03/2022)										
1° turno	2 - Avenida JK sentido C/B		3 - Avenida JK conversão a direita		4 - Avenida JK conversão a esquerda		Aproximação 2, 3 e 4			
Horário	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	2	3	4	Total
07:00 às 07:15	290	18	72	5	76	4	784	198	206	1188
07:15 às 07:30	190	19	48	5	50	5				
07:30 às 07:45	148	15	37	4	39	4				
07:45 às 08:00	95	9	24	3	25	3				
08:00 às 08:15	152	14	38	3	40	4	566	142	148	856
08:15 às 08:30	130	20	33	5	34	5				
08:30 às 08:45	115	13	29	3	30	3				
08:45 às 09:00	106	16	27	4	28	4				
Total	1226	124	308	32	322	32	1350	340	354	2044
1° turno	5 - Avenida JK sentido B/C		7 - Avenida F conversão a esquerda		9 - Avenida F conversão a direita		Aproximação 5, 7 e 9			
Horário	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	5	7	9	Total
07:00 às 07:15	306	19	34	1	31	2	825	152	138	1115
07:15 às 07:30	200	20	36	1	34	3				
07:30 às 07:45	155	15	40	2	36	1				
07:45 às 08:00	100	10	38	0	30	1				
08:00 às 08:15	160	16	35	1	25	1	596	118	103	817
08:15 às 08:30	135	23	29	2	24	2				
08:30 às 08:45	120	14	27	1	25	1				
08:45 às 09:00	110	18	23	0	23	2				
Total	1286	135	262	8	228	13	1421	270	241	1932

Contagem - Segunda Feira (14/03/2022)										
2º turno	2 - Avenida JK sentido C/B		3 - Avenida JK conversão a direita		4 - Avenida JK conversão a esquerda		Aproximação 2, 3 e 4			
Horário	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	2	3	4	Total
11:00 às 11:15	80	14	20	3	22	3	329	79	88	496
11:15 às 11:30	66	12	16	2	18	3				
11:30 às 11:45	71	16	17	3	19	5				
11:45 às 12:00	57	13	15	3	15	3				
12:00 às 12:15	76	15	19	2	20	6	394	97	105	596
12:15 às 12:30	85	12	22	4	23	3				
12:30 às 12:45	84	12	21	2	23	2				
12:45 às 13:00	95	15	24	3	25	3				
13:00 às 13:15	85	16	22	4	23	5	420	118	107	645
13:15 às 13:30	101	10	25	2	26	3				
13:30 às 13:45	86	18	21	5	23	3				
13:45 às 14:00	91	13	37	2	22	2				
Total	977	166	259	35	259	41	1143	294	300	1737
2º turno	5 - Avenida JK sentido B/C		7 - Avenida F conversão a esquerda		9 - Avenida F conversão a direita		Aproximação 5, 7 e 9			
Horário	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	5	7	9	Total
11:00 às 11:15	85	14	27	1	28	1	347	149	147	643
11:15 às 11:30	70	14	33	1	36	2				
11:30 às 11:45	75	15	40	1	40	1				
11:45 às 12:00	60	14	45	1	38	1				

12:00 às 12:15	80	16	42	2	30	1	417	154	131	702
12:15 às 12:30	90	15	38	2	33	2				
12:30 às 12:45	90	10	35	1	30	2				
12:45 às 13:00	100	16	33	1	32	1				
13:00 às 13:15	90	16	32	0	28	2	445	124	121	690
13:15 às 13:30	107	11	34	0	32	3				
13:30 às 13:45	95	17	28	1	29	1				
13:45 às 14:00	95	14	27	2	25	1				
Total	1037	172	414	13	381	18	1209	427	399	2035

<b>Contagem - Segunda Feira (14/03/2022)</b>										
<b>3º turno</b>	<b>2 - Avenida JK sentido C/B</b>		<b>3 - Avenida JK conversão a direita</b>		<b>4 - Avenida JK conversão a esquerda</b>		<b>Aproximação 2, 3 e 4</b>			
	Horário	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	2	3	4
17:00 às 17:15	137	23	34	5	38	6	642	157	194	993
17:15 às 17:30	142	21	35	4	46	2				
17:30 às 17:45	140	14	35	3	48	3				
17:45 às 18:00	156	9	39	2	49	2				
18:00 às 18:15	214	15	53	3	57	4	816	200	201	1217
18:15 às 18:30	191	22	47	5	47	6				
18:30 às 18:45	206	20	51	5	41	5				
18:45 às 19:00	135	13	34	2	38	3				
Total	1321	137	328	29	364	31	1458	357	395	2210
<b>3º turno</b>	<b>5 - Avenida JK sentido B/C</b>		<b>7 - Avenida F conversão a esquerda</b>		<b>9 - Avenida F conversão a direita</b>		<b>Aproximação 5, 7 e 9</b>			
	Horário	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	Carros	Ônibus/Caminhão	5	7	9
17:00 às 17:15	145	25	23	1	31	2	681	136	150	967

17:15 ás 17:30	150	23	32	2	35	3				
17:30 ás 17:45	148	15	35	2	38	4				
17:45 ás 18:00	165	10	38	3	34	3				
18:00 ás 18:15	225	15	32	3	40	4	858	115	132	1105
18:15 ás 18:30	202	24	28	2	35	2				
18:30 ás 18:45	217	21	25	1	25	1				
18:45 ás 19:00	143	11	23	1	24	1				
Total	1395	144	236	15	262	20	1539	251	282	2072