

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

**NATHALIA MAZZUTTI DELÉO**

**ESTUDO SOBRE A CAPACIDADE DE VIAS EM INTERSEÇÕES NÃO  
SEMAFORIZADAS NA CIDADE DE BOTUCATU**

Botucatu-SP  
Dezembro – 2011

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

**NATHALIA MAZZUTTI DELÉO**

**ESTUDO SOBRE CAPACIDADE DE VIAS EM INTERSEÇÕES NÃO  
SEMAFORIZADAS NA CIDADE DE BOTUCATU**

Orientador: Prof. Ms. Bernadete Rossi Barbosa Fantin

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
FATEC - Faculdade de Tecnologia de  
Botucatu, para obtenção do título de  
Tecnólogo no Curso Superior de Logística.

Botucatu-SP  
Dezembro – 2011

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido o milagre da vida e por sempre me dar forças para que eu nunca desista dos meus ideais, aos meus pais Domingos Deléo Junior e Claudia da Silva Mazzutti, pela educação que recebi e pelo esforço de cada um deles para que eu pudesse realizar todos os meus objetivos, ao meu irmão Matheus Mazzutti Deléo, que me ajudou na coleta de dados para esse trabalho, à minha avó Marília da Silva Mazzutti que sempre me ajudou na correria do dia-a-dia, a Professora Ms. Bernadete Rossi Barbosa Fantin, pela disposição, atenção, paciência e apoio para que tudo isso fosse elaborado, aos meus chefes José Carlos Viadana e Guilherme Ramos Viadana, que inúmeras vezes aceitaram minha ausência para que as etapas desse trabalho fossem realizadas, aos professores da FATEC-Botucatu e aos meus colegas de sala pelo companheirismo que fez com que a faculdade não fosse apenas um ambiente sério, mas sim um ambiente muito divertido.

“Não se acostume com o que não o faz feliz, revolte-se quando julgar necessário.  
Alague seu coração de esperanças, mas não deixe que ele se afogue nelas.  
Se achar que precisa voltar, volte!  
Se perceber que precisa seguir, siga!  
Se estiver tudo errado, comece novamente.  
Se estiver tudo certo, continue.  
Se sentir saudades, mate-a.  
Se perder um amor, não se perca!  
Se o achar, segure-o!”

Fernando Pessoa

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar a capacidade das interseções em nível não semaforizadas e com regras de prioridade do tipo “PARE”, identificando os eventuais problemas causados pelo aumento da frota e conseqüentemente do número de veículos que trafegam pelas ruas da cidade e seu impacto num determinado cruzamento. Através de análises quantitativas foi analisado o intervalo de tempo entre a passagem de dois veículos consecutivos de uma corrente de tráfego em um determinado cruzamento da via. A quantidade de veículos que passa por um determinado cruzamento influencia diretamente no atraso médio de parada dos veículos que não têm prioridade. Foi possível achar sugestões para minimizar os riscos que corremos ao atravessarmos um cruzamento. O cruzamento das Ruas General Teles e Campos Salles na cidade de Botucatu foi analisado, onde se promoveu os cálculos da capacidade e a análise do tempo em que o mesmo deverá estar saturado. Este estudo irá contribuir na análise de operação de vias urbanas permitindo encontrar subsídios para o controle da circulação de veículos em determinadas condições, sendo possível ao poder público se planejar para que o problema possa ser selecionado antes de atingir o seu ponto mais crítico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análises quantitativas. Interseções em nível não semaforizadas. Prioridade. Saturados

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1- Sistema viário tipo grelha .....	13
2- Sistema viário tipo radial .....	13
3- Nível A .....	15
4- Nível B .....	15
5- Nível C .....	16
6- Nível D .....	16
7- Nível E .....	17
8- Nível F .....	17
9- Movimento no Cruzamento .....	21
10- Capacidade Potencial x Volume Conflitante (Vias 2 faixas) .....	24
11- Capacidade Potencial x Volume Conflitante (Vias 4 faixas) .....	25
12- Fator de ajustamento de capacidade .....	27
13- Nível de Serviço .....	29
14- Localização no Mapa .....	36
15- Vista Panorâmica de Botucatu .....	36
16- Frota de Botucatu .....	37
17- Localização por Satélite .....	38
18- Cruzamento visto da Rua Campos Salles .....	39
19- Cruzamento visto da Rua General Teles .....	39
20- Redutor de velocidade da Rua Campos Salles, feito com tachões na transversal .....	40
21- Redutor de velocidade da Rua General Teles construído com pavimento asfáltico.....	40
22- Movimento 1 .....	41
23- Movimento 2 .....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1- Conversão do volume em ucp/h .....	20
2- Tabela tráfego conflitante com os movimentos secundários .....	22
3- Brechas críticas e intervalos de tempo entre veículos para interseções com regras de prioridade .....	22
4- Tabela de nível de serviço .....	29
5- Frota anual .....	37
6- Movimento 1A .....	42
7- Movimento 1B .....	42
8- Hora pico movimento 1 .....	42
9- Movimento 2A .....	43
10- Movimento 2B .....	44
11- Hora pico movimento 2 .....	44

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 Objetivos.....	10
1.2 Justificativa e relevância do tema .....	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
2.1 Sistema viário e sistema de trânsito .....	11
2.2 Interseções .....	14
2.3 Níveis de serviço.....	15
2.3.1 <i>Controle do tráfego de veículos nas interseções</i> .....	18
2.4 Análises de capacidade de interseções .....	18
2.4.1 <i>Conceitos e definições</i> .....	18
2.4.2 <i>Capacidade de interseções não semaforizadas</i> .....	19
<u>2.4.2.1 Volume e Geometria</u> .....	20
<u>2.4.2.2 Tráfego Conflitante</u> .....	20
<u>2.4.2.3 Brecha Crítica</u> .....	23
<u>2.4.2.4 Capacidade Potencial</u> .....	23
<u>2.4.2.5 Ajustes de capacidade</u> .....	25
<u>2.4.2.6 Capacidade das faixas compartilhadas</u> .....	27
<u>2.4.2.7 Seleção do nível de serviço</u> .....	28
2.5 Estudos de filas em interseções não semaforizadas .....	30
2.5.1 <i>Desempenho de um interseção</i> .....	30
2.5.2 <i>Tipos de interseções com prioridade (Pare ou dê a preferência)</i> .....	31
2.6 Mobilidade.....	31
2.6.1 <i>Mobilidade urbana sustentável</i> .....	32
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
3.1 Material .....	34
3.2 Métodos.....	34
3.3 Estudo de caso .....	35
3.3.1 <i>Botucatu</i> .....	35

<b>3.3.2 A Frota .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.3 O cruzamento .....</b>	<b>38</b>
<b>4 Resultados e Discussões .....</b>	<b>41</b>
<b>5 Conclusão.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Nos dias de hoje, a facilidade de se adquirir um veículo no Brasil vem aumentando, e isso tem contribuído de forma considerável para o aumento do trânsito. Ao contrário do que ocorre nos países desenvolvidos, onde vem sendo aplicada uma política que busca reduzir a frota de veículos que circulam nas ruas, o Brasil vem incentivando o aumento das frota em circulação, tornando inevitável o aumento na probabilidade de ocorrência de acidentes.

Temos como acidente de trânsito, todo acidente com veículos ocorrido em vias públicas. Um acidente envolve uma ou mais pessoa(s), um ou mais veículo(s), a via e o ambiente em que este ocorre e o aparato institucional, juntamente com os aspectos socioambientais.

Embora o problema “acidentes de trânsito” tenha sido incorporado como um fato comum na vida das pessoas, precisamos conhecer melhor o que leva à ocorrência desses acidentes.

O maior índice de acidentes se dá em interseções, mais precisamente, em interseções não semaforizadas onde o controle de preferências não é dado por semáforos, e sim pelo bom senso e atenção dos motoristas e pedestres.

Geralmente, uma interseção pode não suportar o grande número de veículos que por ela passa, tornando-a uma interseção perigosa. Quando há o estouro da capacidade de uma via alguns problemas como congestionamento, atraso nas viagens, aumento na poluição, stress do motorista (o que torna a via um ambiente mais susceptível a riscos), entre vários outros, são

frequentemente vistos. Por isso a necessidade de que as capacidades das vias brasileiras sejam estudadas e analisadas.

Neste trabalho, estudamos a capacidade da via secundária no cruzamento entre as Ruas General Teles e Campos Salles. Com este estudo, podemos sugerir algumas atitudes a serem tomadas para que sejam evitados possíveis acidentes.

### **1.1 Objetivos**

Este trabalho teve por objetivo estudar a capacidade de uma via em uma interseção não semaforizada, identificando então, os problemas ocasionados devido ao número de veículos e a falta de semáforo, que provocam problemas como: atraso nas viagens e potenciais riscos de acidentes.

### **1.2 Justificativa e relevância do tema**

Com a facilidade de se adquirir um veículo nos últimos tempos, a frota só vem aumentando, logo, a facilidade de ocorrer conflitos e/ou acidentes.

O maior número de acidentes ocorre em interseções não semaforizadas, devido exatamente à falta deste. Com isso devemos redobrar a atenção para com eles, pois somente a sinalização de pare ou dê a preferência não sincroniza a ordem dos movimentos de cada veículo.

Daí a necessidade de estudarmos a capacidade das vias dessas interseções e a possibilidade de riscos, devido ao alto número de veículos e a falta do semáforo. Identificado onde existem falhas, encontramos algumas soluções para que seja reduzido esses conflitos e/ou acidentes.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Sistema viário e sistema de trânsito**

Segundo Ferraz, Fortes e Simões (1999), o sistema viário é um conjunto de vias e obras de arte destinadas ao fluxo de veículos e pedestres. Já o sistema de trânsito é um conjunto de normas de circulação, estacionamento e operações de embarque e desembarque de passageiros e carga ou descarga de produtos. Ambos possuem os mesmos objetivos:

- Segurança no deslocamento;
- Fluidez no movimento;
- Confortabilidade no movimento;
- Disponibilidade de estacionamento para os veículos (acessibilidade);
- Confortabilidade na espera do transporte público;
- Priorização do transporte coletivo quando possível.

Ainda segundo Ferraz, Fortes e Simões (1999), para atingir esses objetivos as seguintes ações são necessárias:

- Ampliação do sistema viário de acordo com o aumento das cidades;
- Distribuição racional do espaço disponível entre pedestres, veículos e usuários do transporte público.
- Definir de maneira adequada a hierarquização das vias e o sistema de circulação;
- Definir o tipo de operação adequada nos cruzamentos entre vias;
- Sinalização adequada;

- Estabelecer prioridades para o transporte público.

Deve-se utilizar a classificação preconizada pelo Código de Trânsito Brasileiro com relação à hierarquização do sistema viário (FERRAZ; FORTES; SIMÕES, 1999):

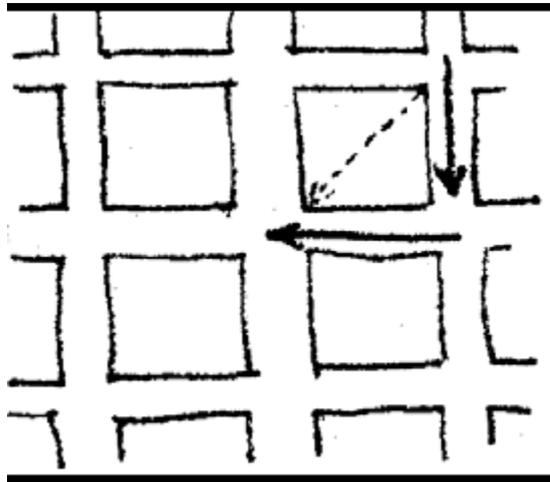
- Vias urbanas: Localizadas no perímetro urbano da cidade.
- Via de trânsito rápido – Via sem interseções em nível, com acessos e saídas em ramos especiais, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível. Nessa categoria estão incluídas as vias expressas em marginais de rios/riacho ou de torres de transmissão de energia elétrica, as vias expressas elevadas, as vias expressas construídas em antigos leitos de estradas de ferro, etc. O fluxo é alto e a velocidade máxima recomendada é 80 km/h.
- Via arterial – Via de ligação larga, com ou sem canteiro central, entre diferentes regiões da cidade, com interseções em nível geralmente semaforizadas, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias coletoras e locais. Nessa categoria estão incluídos os corredores de tráfego, sejam com um ou dois sentidos. O fluxo é alto e a velocidade máxima recomendada de 60 km/h.
- Via coletora – Via destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro de uma região da cidade. Nessa categoria estão incluídas as vias principais de bairros. O fluxo é em geral médio, e a velocidade máxima recomendada de 40 km/h.
- Via local – via caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada ao acesso local ou a áreas restritas. Incluem-se nessa categoria as vias predominantemente residenciais ou industriais. O fluxo é em geral pequeno e a velocidade máxima recomendada de 30 km/h.
- Vias rurais: vias localizadas fora do perímetro urbano das cidades.
- Rodovia – via rural pavimentada. As velocidades máximas recomendadas são as seguintes: 110 km/h para automóveis e camionetas, 90 km/h para ônibus e microônibus, 80 km/h para os demais veículos.
- Estrada – via rural não pavimentada. A velocidade máxima recomendada é de 60 km/h.

As velocidades máximas recomendadas pelo código devem ser observadas onde não existir sinalização indicativa. O órgão responsável pela operação da via poderá regulamentar, por meio de sinalização, velocidades superiores ou inferiores às recomendadas.

Já segundo Kohlsdorf, Salviatti e Zimbres (1986), o sistema viário vem sendo utilizado como elemento para racionalidade e eficiência da estrutura urbana, com eles fluem as relações de troca e os serviços a própria vida urbana. Basicamente, todos os sistemas viários se enquadram em dois tipos: grelha e radial, ou na combinação dos dois, como exemplificado nas Figuras 1 e 2 a seguir:

- Tipo grelha:

Figura 1- Sistema viário tipo grelha



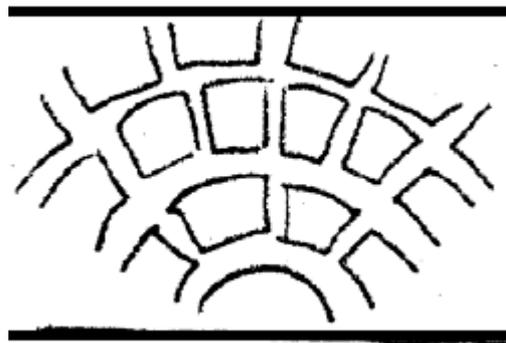
Fonte: KOHLSDORF, E. M.; SALVIATTI, E.; ZIMBRES, P., 1986

Vantagens: Desenho e locação das vias e redes; divisão das quadras em lotes e descrição das propriedades, nomenclaturas e numeração das ruas.

Desvantagens: Conflita com topografia irregular; aumenta os percursos; dificulta a diferenciação entre as ruas e cria uma paisagem monótona.

- Tipo radial:

Figura 2- Sistema viário tipo radial



Fonte: KOHLSDORF, E. M.; SALVIATTI, E.; ZIMBRES, P., 1986

Vantagens: Adapta-se à topografia irregular e possibilita percursos mais diretos entre dois pontos.

Desvantagens: Desenhos e locação das vias e redes; divisão das quadras em lotes e descrição das propriedades.

## 2.2 Interseções

Segundo a Universidade Federal do Paraná, interseção é a área em que duas ou mais vias se cruzam ou se unificam. A qualidade de uma rodovia é afetada significativamente pela qualidade do projeto de suas interseções.

São os pontos mais críticos da rede viária, uma vez que nele ocorre o cruzamento dos fluxos provenientes das linhas que se cruzam. Com isso, apresentam gargalos de capacidade, resultando em um grande potencial de ocorrência de acidentes. Para sua otimização, é necessário implantar controles que melhor organizem os movimentos em relação tempo/espaço (FERRAZ; FORTES; SIMÕES, 1999).

Segundo Ferraz, Fortes e Simões (1999), os tipos de interseções são divididos em:

- Cruzamento em nível não semaforizado: com baixa e média capacidade de tráfego, permite organização dos fluxos em espaços horizontais e apresentam baixo custo;
- Cruzamento em nível semaforizado: com média capacidade, permite organização de diversos fluxos e apresentam um custo médio;
- Cruzamento em desnível: com alta capacidade de tráfego, permite a organização de diversos fluxos em espaço vertical e apresenta um custo elevado.

Para definirmos um projeto de interseção, alguns dados são fundamentais, por exemplo: a classificação funcional e a hierarquia das vias que se cruzam, o tipo de controle de acesso, a velocidade de operação e os pontos de conflito, o volume de todos os movimentos, a porcentagem de cada tipo de veículo, volume de pedestres, dados históricos de acidentes já ocorridos, entre outros (FERRAZ; FORTES; SIMÕES, 1999).

### 2.3 Níveis de serviço

Medida qualitativa que expressa as condições de uma corrente de tráfego e como são percebidas pelos usuários. Divididos em seis níveis caracterizados por condições operacionais de uma via de fluxo ininterrupto (SILVA,1994). Conforme demonstrado nas Figuras 3 a 8 a seguir:

- Nível A: Fluxo livre, liberdade de manobra e de seleção de velocidade, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Nível A



Fonte: Silva, 1994

- Nível B: Se faz notar a presença de outros usuários, porém dentro do fluxo estável. Apresenta seleção de velocidade praticamente livre, mas com uma liberdade de manobra menor que o nível A. Conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4- Nível B



Fonte: Silva, 1994

- Nível C: Seleção de velocidade afetada pela presença de outros veículos, e as manobras requerem perícia por parte dos motoristas. Conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Nível C



Fonte: Silva, 1994

- Nível D: Fluxo de alta densidade, mas ainda estável. A seleção de velocidade e as manobras são restritas. Conforme demonstrado na Figura 6.

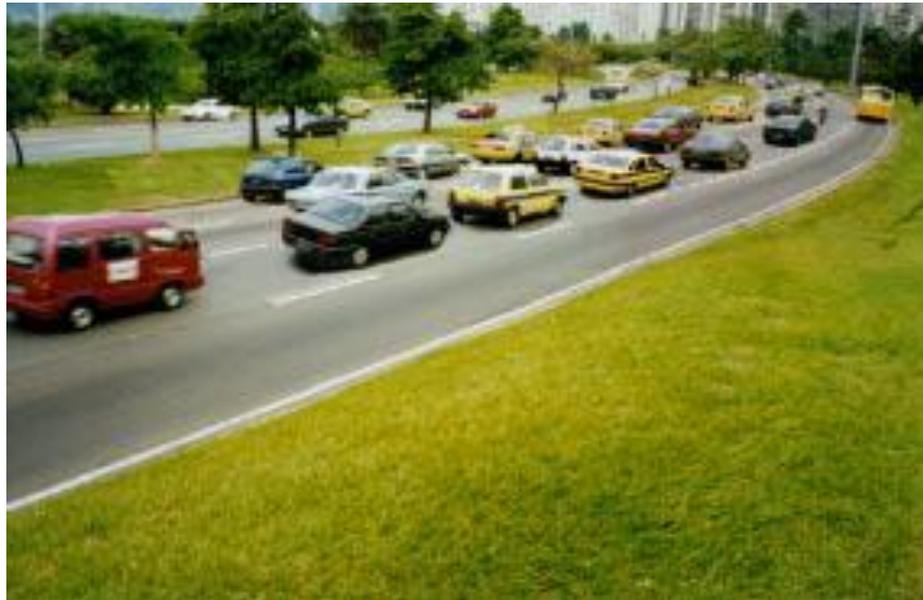
Figura 6 - Nível D



Fonte: Silva, 1994

- Nível E: Condições operacionais na capacidade ou próximas dela. Velocidade reduzida, porém relativamente uniforme, apresentam condições instáveis. Conforme demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Nível E



Fonte: Silva, 1994

- Nível F: Fluxo forçado ou congestionado. Conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8 - Nível F



Fonte: Silva, 1994

### **2.3.1 Controle do tráfego de veículos nas interseções**

Segundo Ferraz, Fortes e Simões (1999), os principais tipos de controle de tráfego nos cruzamentos viários são: cruzamentos sem sinalização, cruzamento com sinal de parada obrigatória ou dê a preferência, cruzamentos com semáforos, rotatórias e retornos.

- Cruzamento sem sinalização: terá a preferência, no caso de apenas um fluxo ser proveniente da rodovia ou no caso de rotatórias, aquele veículo que estiver por ela circulando. Nos demais casos, o veículo que vier à direita do condutor;
- Cruzamento com sinal de parada obrigatória ou dê a preferência: os veículos que trafegam nas vias secundárias devem parar no caso da placa de pare e parar ou reduzir a velocidade no caso da placa dê a preferência;
- Cruzamento com semáforos: proporciona revezamento do direito de passagem;
- Rotatórias: ordena e canaliza o tráfego em interseções, normalmente utilizados quando várias correntes de tráfegos se cruzam em um mesmo local. Geralmente a preferência é de quem já trafega na rótula;
- Retornos: dispositivos que permitem a mudança em 180° da direção de seus movimentos, normalmente operam com parada obrigatória os veículos que estão na alça de retorno.

## **2.4 Análises de capacidade de interseções**

### **2.4.1 Conceitos e definições**

Segundo Silva (1994), antes de abordarmos algumas metodologias sobre a análise de capacidade de interseções em nível, é necessário explicarmos alguns conceitos e definições que serão utilizados ao longo da análise:

- Fluxo (ou volume): Entende-se por fluxo (ou volume) o número total de veículos que passa num determinado ponto ou seção de uma faixa ou via durante um dado intervalo de tempo. O fluxo pode ser expresso em termos de períodos anuais, diários, horários ou de frações de hora;
- Taxa de fluxo: Taxa de fluxo é a taxa horária equivalente ao fluxo dos veículos que passam por um dado ponto ou seção de uma faixa ou via durante um dado intervalo de tempo menor que uma hora, normalmente 15 minutos, que é considerado o menor intervalo durante o qual o fluxo se mantém estável;
- Fator de hora de pico (FHP): É a razão entre o volume horário total e a taxa de fluxo máxima dentro da hora de pico;

- Capacidade: É a máxima taxa de fluxo permitida em uma seção de via ou outra facilidade durante um período de tempo dado, sob condições prevalecentes da via, do tráfego e do controle de tráfego;
- Indicadores de desempenho: são as variáveis usadas para valorar quantitativamente a capacidade segundo a facilidade considerada.
- Atraso: Relativo a parcela do tempo consumido em um deslocamento que excede o tempo desejado pelo usuário. Deve-se às paradas que o motorista/veículo é obrigado a realizar durante seu percurso, ou ainda ao fato de trafegar em velocidade menos que a desejada. O atraso médio de parada é o somatório dos atrasos individuais de parada, dividido pelo volume de veículos na aproximação no mesmo intervalo de tempo.

#### ***2.4.2 Capacidade de interseções não semaforizadas***

Segundo Silva (1994), quem estabelece qual das vias é a principal e qual é a secundária, é a sinalização de “PARE” ou “DÊ A PREFERÊNCIA”, então resta saber sobre a ordem e prioridade com que os movimentos podem utilizar as brechas das correntes de tráfego principais, para acharmos essa ordem, devemos achar a função entre o número de movimentos conflitantes com cada manobra, quanto menos os movimentos, maior a prioridade da manobra. A ordem das brechas disponíveis pelos movimentos é a seguinte:

1. Giro à direita a partir da via secundária;
2. Giro à esquerda a partir da via principal;
3. Movimento em frente na via secundária;
4. Giro à esquerda a partir da via secundária.

Os seguintes passos são utilizados para a análise de capacidade de interseções controladas por regras de prioridade (SILVA, 1994):

1. Definição da geométrica e condições de tráfego existentes;
2. Determinação do tráfego conflitante com cada movimento secundário considerado;
3. Determinação da brecha crítica para cada movimento secundário considerado;
4. Determinação da capacidade das brechas disponíveis de acomodar cada movimento secundário;
5. Ajuste da capacidade assim calculada à impedância e ao compartilhamento das faixas de rolamento por diversos movimentos secundários;

6. Estimativa do atraso médio total para cada movimento analisado e determinação do nível de serviço para cada movimento e para interseção como um todo.

#### **2.4.2.1 Volume e Geometria**

Segundo Silva (1994), volumes são sempre usados em ucp/h, com isso, deve-se utilizar a tabela 1 representada abaixo, para realizar a conversão. Caso a composição veicular do tráfego não seja conhecida, deve-se usar o valor da última linha da Tabela 1.

Tabela 1 - Conversão do volume em ucp/h.

Veículos	Greide				
	-4%	-2%	0%	2%	4%
Motos	0,3%	0,4	0,5	0,6	0,7
Automóveis	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
Ônibus e Caminhões	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0
Semi-reboques	1,2	1,5	2,0	3,0	6,0
Composição não conhecida	0,9	1,0	1,1	1,4	1,7

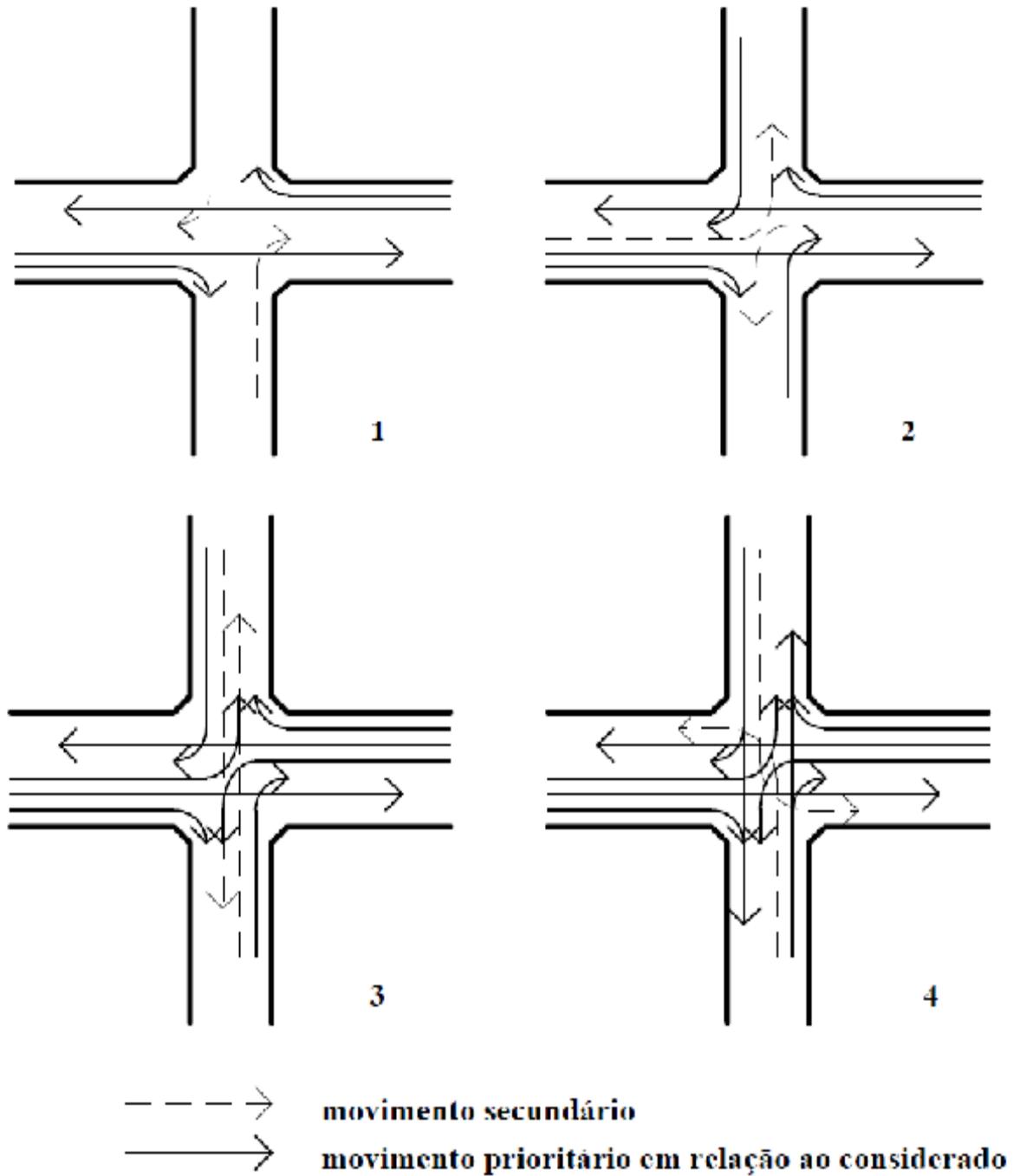
Fonte: Silva, 1994.

Já quanto à geometria, deve-se conhecer o número e a utilização das faixas de cada aproximação, a existência ou não de elementos de canalização e os greides de aproximação (SILVA, 1994).

#### **2.4.2.2 Tráfego Conflitante**

Ainda segundo Silva (1994), tráfego conflitante é o conjunto de movimentos prioritários ao movimento secundário, aos quais deve ceder a vez, representados na figura 9. O volume do tráfego em cada caso é dado pela Tabela 2 que segue:

Figura 9 - Movimento no cruzamento.



Fonte: Silva, 1994.

Tabela 2 - Tabela tráfego conflitante com os movimentos secundários.

giro à direita a partir da secundária		$V_{Ct} = \frac{1}{2}V_d^* + V_f^{**}$
giro à esquerda a partir da principal		$V_{Ct} = V_d^{****} + V_f$
em frente na secundária		$V_{Ct} = \frac{1}{2}V_{d_a}^* + V_{f_a} + V_{e_a} + \\ + V_{d_b}^{****} + V_{f_b} + V_{e_b}$
giro à esquerda a partir da secundária		$V_{Ct} = \frac{1}{2}V_{d_a}^* + V_{f_a} + V_{e_a} + \\ + \frac{1}{2}V_{d_b}^{*****} + V_{f_b} + V_{e_b} + \\ + \frac{1}{2}(V_o + V_{o_d}^{****})$

- (\*) Esta parcela deve ser eliminada nos casos em que a via principal tem uma faixa exclusiva para o giro à direita, e / ou quando este movimento for controlado por placa do tipo "PARE" ou "DÊ A PREFERÊNCIA";
- (\*\*) Em geral, este movimento inclui apenas o volume da faixa mais à direita.
- (\*\*\*) Esta parcela deve ser eliminada quando este movimento for controlado por placa do tipo "PARE" ou "DÊ A PREFERÊNCIA".
- (\*\*\*\*) Esta parcela pode ser eliminada nos casos em que a via principal tem várias faixas.
- (\*\*\*\*\*) Esta parcela deve ser eliminada nos casos em que a via principal tem uma faixa exclusiva para o giro à direita, e / ou quando este movimento for controlado por placa do tipo "PARE" ou "DÊ A PREFERÊNCIA", e / ou quando a via principal tem várias faixas

Fonte: Silva, 1994.

### **2.4.2.3 Brecha Crítica**

Ainda segundo Silva(1994), são definidas como o mínimo intervalo de tempo que permite que o veículo que trafega na via secundária entre na corrente principal. Os valores, tanto das brechas, quanto dos intervalos de tempo entre a partida de dois veículos consecutivos da corrente secundária são dados na seguinte tabela. Esses valores foram definidos a partir de dados obtidos em vias onde a velocidade média na aproximação das vias principais é de aproximadamente 30 mph (50 km/h) e estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Brechas críticas e intervalos de tempo entre veículos para interseções com regra de prioridade.

TIPO DE MANOBRAS	BRECHA CRÍTICA $t_g$		INTERVALO DE TEMPO $t_f$ (s)
	Via principal com duas faixas	Via principal com quatro faixas	
giro à esquerda a partir da principal	5,0	5,5	2,1
giro à direita a partir da secundária	5,5	5,5	2,6
em frente a partir da secundária	6,0	6,5	3,3
giro à esquerda a partir da secundária	6,5	7,0	3,4

Fonte: Silva, 1994.

### **2.4.2.4 Capacidade Potencial**

Ainda segundo Silva (1994), a capacidade potencial de cada movimento **i**, supõe as seguintes condições:

- O tráfego da via principal não bloqueia o tráfego da via secundária;
- Outras interseções não interferem na interseção considerada;
- Há uma faixa de rolamento para cada movimento na via secundária e para giro à esquerda na corrente principal;
- Outros movimentos não impedem o movimento considerado.

Podemos ainda, calcular a capacidade potencial para um dado movimento com a seguinte fórmula (SILVA,1994):

$$c_{pi} = \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{\left[ \sum_y v_{cy} \right] t_o}{3600}} \quad \dots(1)$$

Onde:

$c_{pi}$  = Capacidade potencial para o movimento secundário i (ucp/h);

$V_{cy}$  = Volume da corrente de tráfego conflitante y (vph);

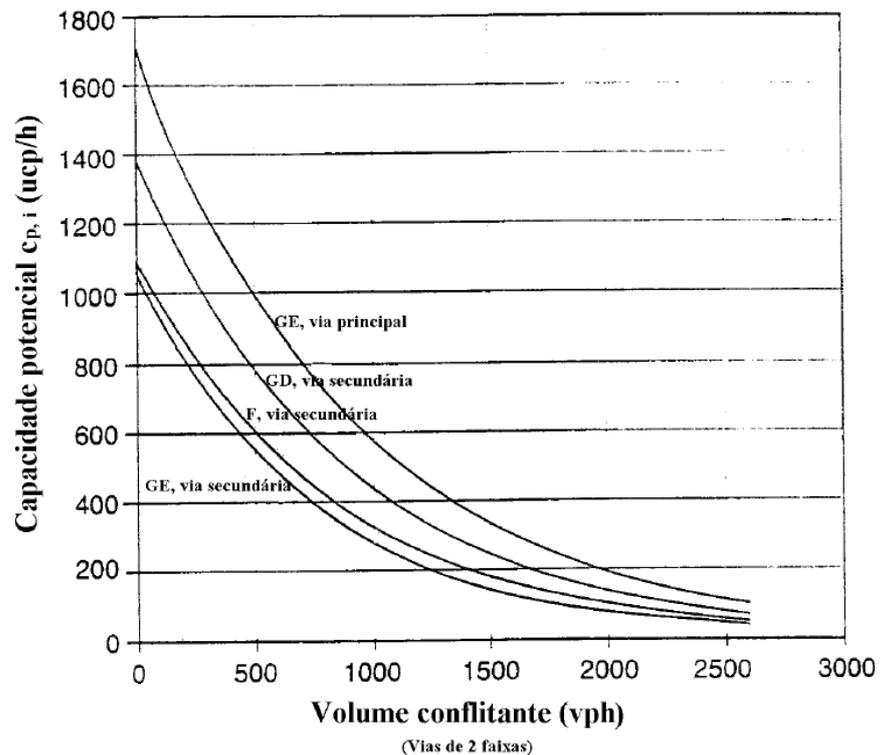
$t_o = t_g - (t_f / 2)$ ;

$t_g$  = A brecha crítica (s);

$t_f$  = O intervalo de tempo (tempo decorrido entre a partia de um veículo da via secundária e o veículo seguinte da fila).

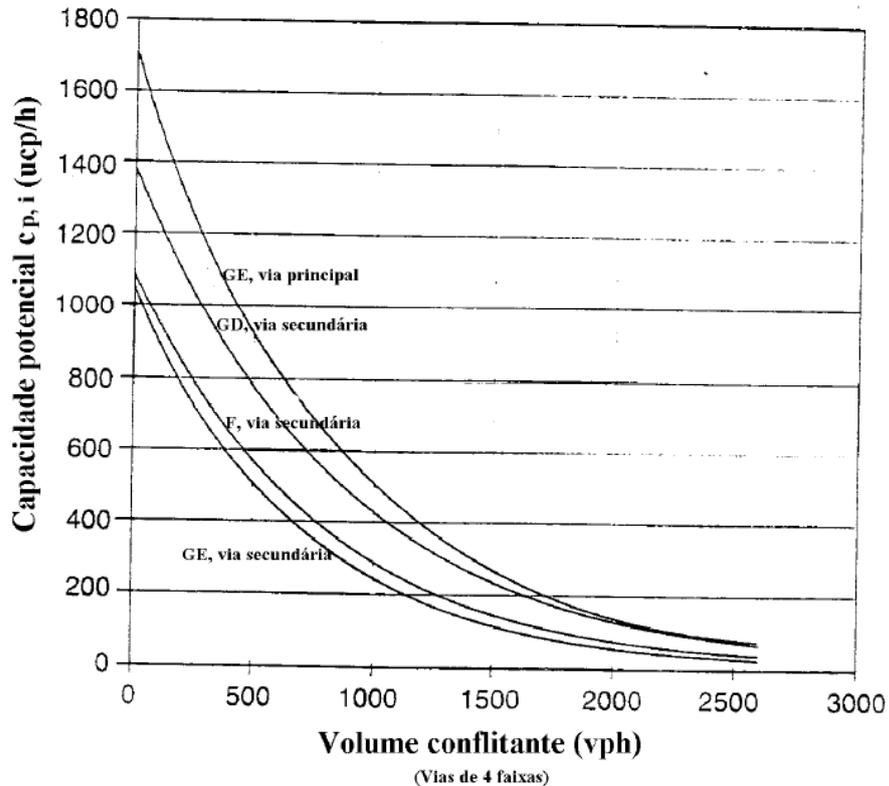
A capacidade ainda pode ser estimada pelo uso do seguinte gráfico (SILVA 1994), representado na Figura 10 e 11 a seguir.

Figura 10 - Capacidade potencial x Volume conflitante (vias de 2 faixas).



Fonte: Silva, 1994.

Figura 11 - Capacidade potencial x Volume conflitante (vias de 4 faixas).



Fonte: Silva, 1994.

#### 2.4.2.5 Ajustes de capacidade

Segundo Silva (1994), além dos volumes conflitantes, existem alguns movimentos secundários que sofrem restrições de outros movimentos secundários, o que conhecemos por impedância. Com isso, a capacidade  $c_{mi}$  de cada movimento  $i$  será a capacidade  $c_{pi}$  multiplicada pelo fator  $f_j$  de cada movimento  $j$  que lhe causa impedância.

- Giro a partir da via secundária: Não sofrem nenhuma impedância de outros movimentos, logo:  $c_{mgd} = c_{pgd}$ . Entretanto, a partir da aproximação oposta da via secundária, eles causam impedância nos movimentos de giro à esquerda. Com isso, precisamos calcular a probabilidade de gd ocorrer sem ocorrência de fila através da seguinte fórmula:  $P_{o,gd} = 1 - \frac{V_{gd}}{C_{mgd}}$ . Esse mesmo cálculo serve para outros movimentos.

- Giro à esquerda a partir da via principal (ge): Também não sofrem impedância, portanto:  $c_{mge} = c_{pge}$ , e causam impedância nos movimentos a partir da aproximação oposta da via secundária, interessando a probabilidade da via principal girando à esquerda estar operando em situações livre de filas:

$$P_{o,ge} = 1 - \frac{V_{ge}}{C_{mge}}.$$

- Em frente na via secundária (f): Sofre impedância dos movimentos girando à esquerda a partir da via principal. Sua capacidade de movimento depende do cálculo do fator de ajustamento da capacidade:  $f_f = \prod_{ge} (P_{o,ge})$ . Com isso a

capacidade para os movimentos em frente na via secundária é dada pela fórmula:  $C_{m,f} = (c_{p,f})f_f$ . A probabilidade do movimento em frente, na via

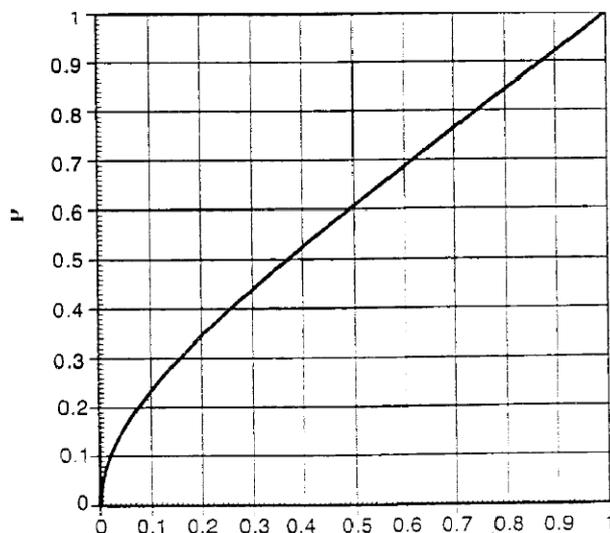
secundária ocorrer sem enfrentar fila, é dada por:  $P_{o,f} = 1 - \frac{V_f}{C_{mf}}$ .

- Giro à esquerda a partir da via secundária (ges): Sofre impedância girando à esquerda a partir da via principal, dos movimentos em frente na via secundária. E dos movimentos girando à direita a partir da via secundária. Para calcularmos o fator de ajustamento de capacidade, deve-se calcular  $p'$ , que é

dado pela equação  $p' = 0,65p'' - \frac{p''}{p''+3} + 0,6\sqrt{p''}$ , sendo que,

$p'' = (P_{o,ge})(P_{o,f})$ , ou encontrado no gráfico que segue representado na Figura 12.

Figura 12 - Fator de ajustamento de capacidade.



Fonte: Silva, 1994.

$p'$ : fator de ajustamento da impedância para movimentos à esquerda da via principal e em frente da via secundária;

$P_{o,ge}$ : probabilidade de situação livre de fila para movimentos conflitantes de giro à esquerda a partir da via principal;

$P_{o,f}$ : probabilidade de situação livre de fila para movimentos conflitantes em frente a partir da via secundária.

Ainda segundo Silva (1994), em um cruzamento com duas vias principais e duas vias secundárias, o valor de  $(P_{o,ge})$  na equação  $p' = (P_{o,ge})(P_{o,f})$ , sendo o produto das probabilidades para os giros à esquerda a partir da via principal, é o resultado da equação  $f_f = \prod_{ge} (P_{o,ge})$ , logo podemos adotar a expressão  $p' = (P_{o,f}) \times f_f$ . Então o fator de ajustamento da capacidade é calculado com a da seguinte forma:  $f_{ges} = (p')(P_{o,gd})$ . Finalmente, a capacidade de um movimento para essa situação é dada por:  $c_{m,ges} = (f_{ges})(c_{p,ges})$ .

#### **2.4.2.6 Capacidade das faixas compartilhadas**

As capacidades dos movimentos são estimadas como se cada movimento tivesse uma faixa exclusiva, mas as faixas são compartilhadas por diversos movimentos, logo a

capacidade, considerando o compartilhamento das faixas de rolamento, é calculada com a seguinte fórmula (SILVA, 1994):

$$c_{comp} = \frac{V_e + V_f + V_d}{\left(\frac{V_e}{c_{me}}\right) + \left(\frac{V_f}{c_{mf}}\right) + \left(\frac{V_d}{c_{md}}\right)} \quad \dots(2)$$

$V_e$  = Volume do giro à esquerda;

$V_f$  = Volume do movimento em frente;

$V_d$  = Volume do giro à direita;

$c_{me}$  = Capacidade do giro à esquerda;

$c_{mf}$  = Capacidade do movimento em frente;

$c_{md}$  = Capacidade do giro à direita.

#### **2.4.2.7 Seleção do nível de serviço**

Segundo Silva (1994), o nível de serviço pode ser selecionado a partir de valores que constam da tabela 4, onde o atraso médio total é calculado pela equação:

$$D = \frac{3600}{c_{mi}} + 900T \left[ \frac{V_i}{c_{mi}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_i}{c_{mi}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{mi}}\right)\left(\frac{V_i}{c_{mi}}\right)}{450T}} \right] \quad \dots(3)$$

Onde:

$D$  = atraso médio total (s/veículos);

$V_i$  = volume para o movimento  $i$  (vph);

$c_{mi}$  = Capacidade do movimento  $i$  (ucp/h);

$T$  = Período de análise (h)(p/período 15 min.,  $T=0,25$ ).

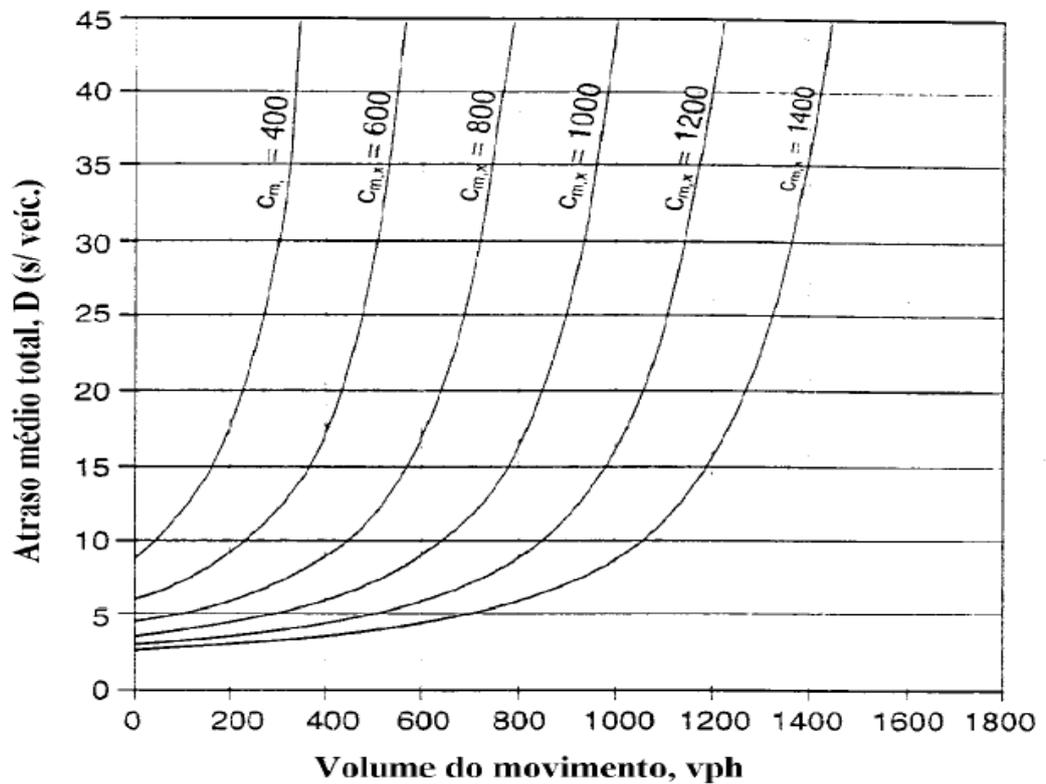
Tabela 4 - Tabela de nível de serviço.

NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO TOTAL (s / veíc.)
A	$\leq 5$
B	$> 5 \text{ e } \leq 10$
C	$> 10 \text{ e } \leq 20$
D	$> 20 \text{ e } \leq 30$
E	$> 30 \text{ e } \leq 45$
F	$> 45$

Fonte: Silva, 1994.

Pode ainda ser encontrado no gráfico representado na figura 13, considerando geralmente um período de 15 minutos.

Figura 13 - Nível de serviço.



Fonte: Silva, 1994.

O atraso total para aproximação, pode ser calculado pela média dos atrasos estimados para cada movimento da aproximação (SILVA,1994):

$$D_A = \frac{D_d V_d + D_f V_f + D_e V_e}{V_d + V_f + V_e} \quad \dots(4)$$

Onde:

$D_A$  = atraso médio total para a aproximação (s/veíc.);

$D_d, D_f, D_e$  = atrasos médios totais para os movimentos de giro à direita, em frente e de giro à esquerda (s/veíc.);

$V_d, V_f, V_e$  = volumes ou taxas de fluxo de movimentos de giro à direita, em frente e de giro à esquerda na aproximação (vph).

## 2.5 Estudos de filas em interseções não semaforizadas

Segundo a Universidade Federal do Paraná, as filas em interseções não semaforizadas ocorrem devido a movimentos não prioritários, e o tempo necessário para a realização das manobras dependem:

- Do tipo da manobra;
- Das características físicas da interseção;
- Da velocidade de aproximação do tráfego não prioritário.

### 2.5.1 Desempenho de um interseção

O que influencia uma interseção em nível não semaforizada, é basicamente o tempo requerido do tráfego não prioritário ao entrar na interseção e a quantidade de oportunidades disponíveis para o tráfego realizar essa manobra. Logo, uma interseção com certa configuração apresenta para cada combinação de manobras e tipos de veículos, uma capacidade determinada pelo número e comprimento de brechas no fluxo principal (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2011).

Ainda segundo a Universidade Federal do Paraná, não só a capacidade deve ser considerada na análise de desempenho de uma interseção, mas também os atrasos sofridos pelo tráfego não prioritário, já que, teoricamente, o fluxo principal não sofre retardamento

devido à interseção. Na medida em que o comprimento médio das brechas diminui com o aumento do fluxo principal, o atraso médio do tráfego não prioritário tende a aumentar. Com isso a propensão dos usuários assumirem riscos também aumenta, o que pode ter implicações sérias na segurança do tráfego.

Assim, ao projetar uma interseção, o engenheiro de tráfego objetiva definir uma configuração geométrica e um método de controle que minimizem atrasos e riscos (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2011).

Ainda segundo a Universidade Federal do Paraná, quando obtenho uma capacidade potencial:

- O tráfego da via principal não bloqueia a via secundária;
- Outras interseções não interferem na interseção considerada;
- Há uma faixa de rolamento exclusiva para cada movimento na via secundária e para giro à esquerda na corrente principal;
- Outros movimentos não impedem o movimento considerado.

### ***2.5.2 Tipos de interseções com prioridade (Pare ou dê a preferência)***

A escolha de um desses controles depende das condições de visibilidade disponíveis. Quando as condições são favoráveis à visibilidade é usado a sinalização de dê a preferência, caso contrário, como na maioria dos cruzamentos, usamos a sinalização de pare (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ).

## **2.6 Mobilidade**

Segundo Ferraz e Torres (2004), a quantidade e distribuição das viagens entre os modos de transporte depende:

- Do nível de desenvolvimento sócio econômico do país e da cidade;
- Do tamanho e da topografia da cidade;
- Do clima;
- Da cultura;
- Da existência de políticas de restrições do transporte individual;
- Da disponibilidade;

- Do custo e da qualidade do transporte público e semipúblico;
- Da facilidade para locomoção a pé e de bicicleta.

Quanto maior o desenvolvimento sócio-econômico, maior o número de viagens realizadas, porém a expansão dos meios de comunicação leva à redução no número de deslocamentos, que os tornam desnecessárias (FERRAZ; TORRES, 2004).

Ainda segundo Ferraz e Torres (2004), nas cidades dos países com um menor nível econômico, o transporte público e semipúblico são os mais usados. Já nos países muito pobres, quem têm grande participação são as motocicletas e as bicicletas. As viagens a pé chegam a ser superior a 40% do total das viagens realizadas em países não desenvolvidos.

As pessoas preferem o modo de transporte mais confortável: o carro. O transporte público e semipúblico só são utilizados quando: há restrição econômica pessoal, impossibilidade de dirigir, existência de transporte público de boa qualidade, trânsito congestionado, dificuldade de estacionamento, custo elevado de acesso, restrições impostas pelo poder público, conscientização da comunidade, entre outros (FERRAZ; TORRES, 2004).

### ***2.6.1 Mobilidade urbana sustentável***

Segundo Lôbo (2010), a malha rodoviária brasileira recebeu grandes incentivos desde a década de 50, o que gerou rápido crescimento no país. Para salvar a economia do país, o governo Lula optou por baixar o preço do automóvel, o que gerou uma frota de 61 milhões de veículos. Mas a falta de planejamento urbano agrava a sustentabilidade urbana: o crescimento não considera condições básicas à vivência, e muito menos, à sustentabilidade. Para um crescimento urbano mais inteligente, foram criados 10 princípios:

- Andar a pé: espaço seguro, desobstruído e com qualidade aos pedestres;
- Não-poluentes: condições ao uso do transporte não poluente, como exemplo, as ciclovias;
- Transporte público: transporte público de qualidade, que supra as necessidades dos passageiros;
- Controle de tráfego: restrições de carros em lugares que apresentam grande circulação de pedestres;
- Serviços delivery: entregas de forma mais segura e limpa possível;

- Integração: integrar pessoas e construções, possibilitando lazer, trabalho e outras atividades em espaços próximos;
- Preencher espaços: preenchendo espaços vazios, possibilita a integração citada anteriormente, tornando possíveis atividades a pé;
- Preservação dos bens: preservar a diversidade sociocultural, o ambiente e as belezas naturais das cidades;
- Diminuir distâncias: conectar lugares, possibilitando caminhos diretos e livres;
- Durabilidade: planejamento e uso de materiais de qualidade, para posterior manutenção.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

- Cronômetro;
- Trena
- Prancheta;
- Papéis para anotações;
- Caneta;
- Câmera Digital;
- Notebook.

#### **3.2 Métodos**

O trabalho foi elaborado com o auxílio de pesquisas em monografias, livros, artigos e sites.

Além das pesquisas, houve o levantamento de dados a campo, que indica a parte prática do trabalho. Nessa fase foi escolhido o cruzamento entre as Ruas General Teles e Campos Salles onde coletamos alguns dados específicos como:

- Contagem veicular das duas vias do cruzamento elencado, no período das 17 às 19 horas;
- Cálculo da hora pico do cruzamento e do volume de veículos nesta hora;
- Medição do headway dos veículos da via secundária na hora pico.

Feito isso, calculamos sua capacidade através de uma análise quantitativa e estudamos as precauções que podem vir ser tomadas.

### **3.3 Estudo de caso**

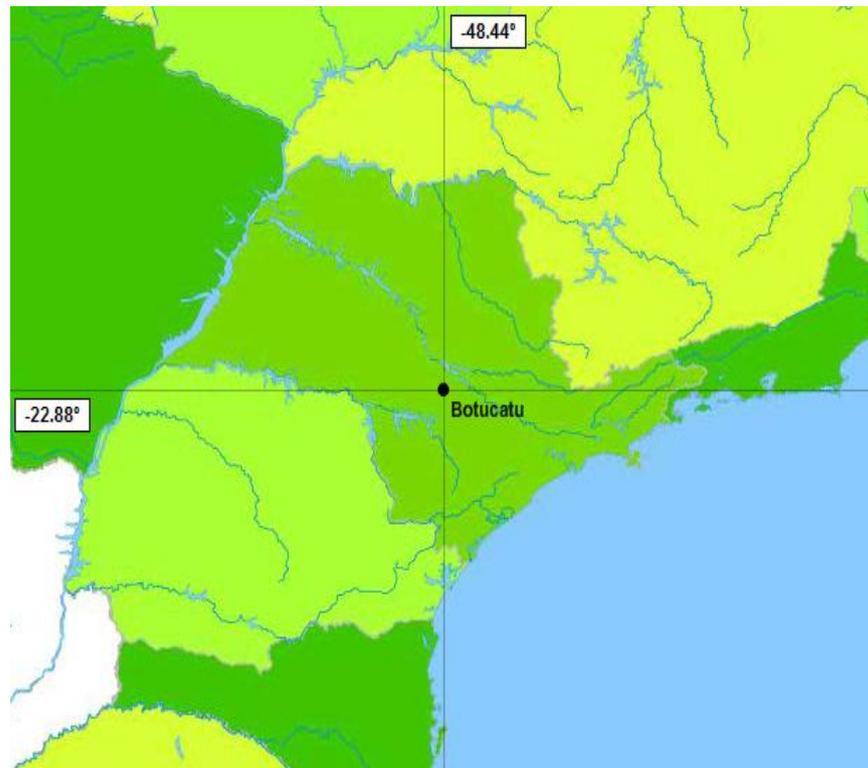
#### **3.3.1 Botucatu**

Segundo a prefeitura da cidade (2011), nome Botucatu vem de Ibytu-katu, o que significa bons ares em tupi. O povoamento teve início entre Ribeirão Lavapés e a Praça Coronel Moura, onde habitavam parte da tribo dos índios caiuás. Em 1.830, alguns fazendeiros decidiram subir a cuesta e povoar as terras ainda desabitadas.

Ainda segundo a prefeitura da cidade (2011), para dados históricos, a cidade foi fundada em 23 de dezembro de 1843, em 14 de abril de 1.855 houve a elevação da freguesia à categoria de vila e emancipação político-administrativa, em 20 de abril de 1.866 foi criada a comarca de Botucatu, e finalmente, em 16 de março de 1.876 a vila foi elevada à categoria de cidade.

A cidade está localizada na região centro sul do estado de São Paulo, conforme representado na figura 14, mas precisamente a 224,8 km da capital, sendo a ligação feita pelas rodovias Marechal Rondon e Castelo Branco. Hoje, ocupa uma área de 1.486,4  $km^2$ . A cidade encontra-se em franco desenvolvimento e apresenta uma população em crescimento (PREFEITURA DA CIDADE DE BOTUCATU-SP, 2011). Conforme mostrado na Figura 15.

Figura 14 - Localização no Mapa.



Fonte: site IBGE.

Figura 15 - Vista Panorâmica de Botucatu.



Fonte: site culturamix.

Segundo o IBGE (2011), Botucatu apresenta hoje uma população de 127.328 habitantes.

### 3.3.2 A Frota

Segundo o site do DENATRAN a frota de veículos em geral na cidade de Botucatu nos respectivos anos estão representados na tabela 5.

Tabela 5 - Frota anual

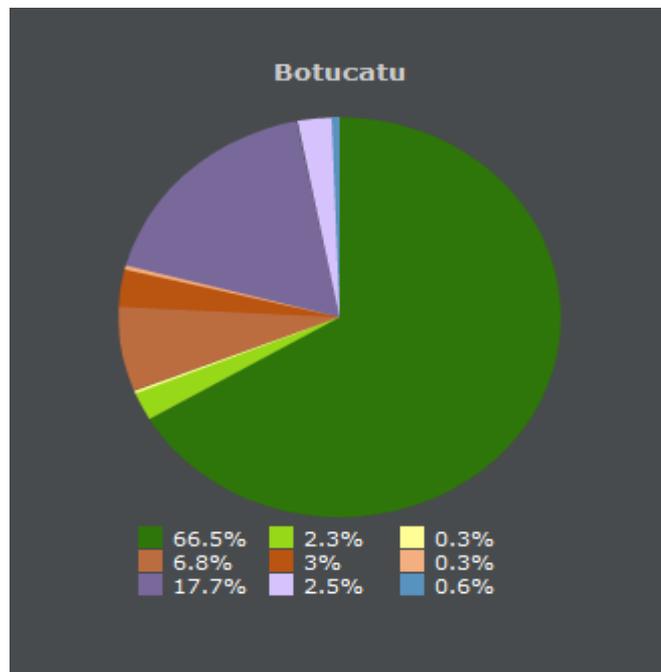
<b>Ano</b>	<b>Frota</b>
2009	60.778 veículos
2010	65.108 veículos
2011	70.388 veículos

Fonte: Site DENATRAN

Com isso podemos observar que a frota da cidade vem crescendo em média 7,04 % ao ano.

A figura 16 a seguir representa o gráfico da frota detalhada da cidade segundo o site do IBGE:

Figura 16 - Frota de Botucatu

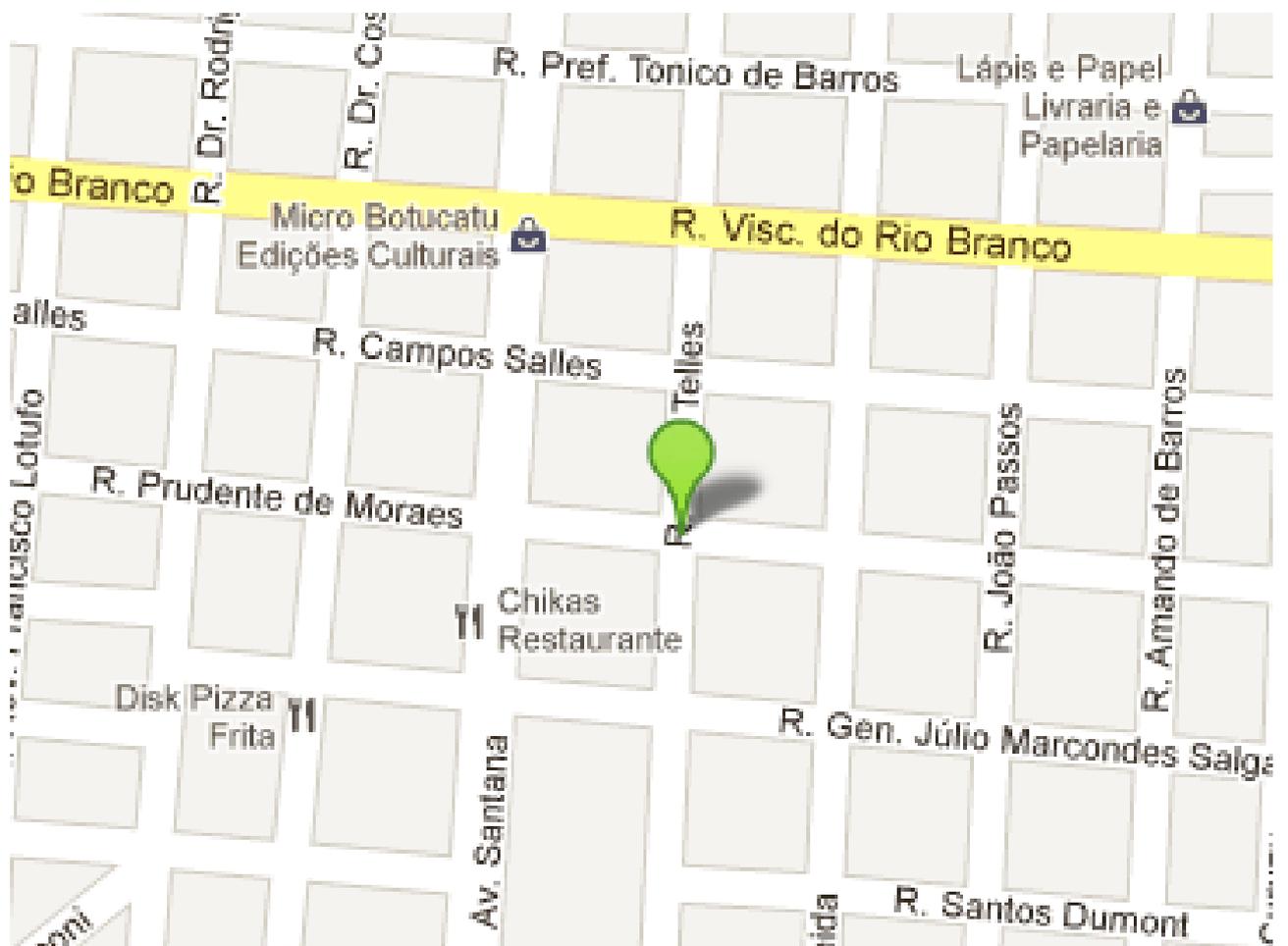


Fonte: site IBGE

### 3.3.3 O cruzamento

O cruzamento escolhido para ser analisado é formado pelo encontro das Ruas Campos Salles e General Teles, essas ruas se localizam no centro da cidade de Botucatu, conforme mostra a figura 11 a seguir:

Figura 17 - Localização por satélite.



Fonte: Google Maps.

Por estar localizado no centro da cidade, esse cruzamento é um cruzamento bastante movimentado. Próximo a ele existe uma ampla área de comércio, o principal clube da cidade, sem contar com a proximidade da Avenida Dom Lúcio, que dá acesso às principais escolas e à prefeitura da cidade.

No dia 26 de outubro de 2011, foi feita uma contagem veicular nesse cruzamento. O dia referido caiu em uma quarta feira e a contagem foi feita das 17:00 às 19:00 horas, um dos seus horários de pico. As figuras 18 e 19 representam o cruzamento no dia e na hora da contagem classificada de veículos.

Figura 18 - Cruzamento visto da Rua Campos Salles



Na Rua Campos Salles existe estacionamento permitido apenas do lado esquerdo e a largura da via é de 7,14 m.

Figura 19 - Cruzamento visto da Rua General Teles



Na Rua General Teles, existe estacionamento permitido dos dois lados e a largura da via é de 7,65 m.

Como podemos observar nas próximas figuras, existem redutores de velocidade nas duas ruas que formam este cruzamento.

Figura 20 – Redutor de velocidade na Rua Campos Salles, feito com tachões na transversal



Figura 21 - Redutor de velocidade tipo II na Rua General Teles, construído com pavimento asfáltico



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

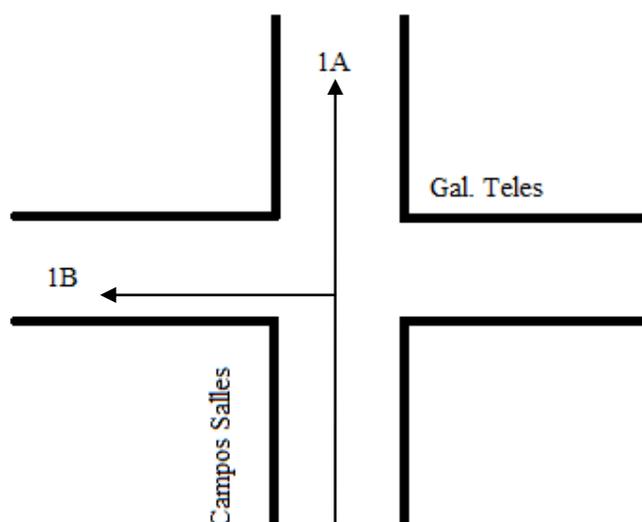
A contagem foi feita em duas horas divididas em intervalos de 15 minutos cada, das 17 as 19 horas. A Figura 22 representa os movimentos da rua secundária no cruzamento.

Aparecem contabilizados no movimento que seguem, os veículo que trafegam pela via secundária, conforme representado pela Figura 22. Os totais das Tabelas 6 e 7 que seguem estão em unidade padrão ucp, onde foi usado o fator de equivalência respectivo para cada tipo de veículo:

1. Moto: 0,5 carro;
2. Caminhão e ônibus: 3 carros;

Os movimentos foram divididos em:

Figura 22 - Movimento 1



- Movimento 1A – Veículos que trafegam na Campos Salles, cortam a General Teles e continuam à trafegar pela Campos Salles.

Tabela 6 - Movimento 1A

Horário	Moto	Carro	Ônibus	Caminhão	Total
17:15	7	59		1	65
17:30	4	37			39
17:45	3	40			41
18:00	6	36			39
18:15	9	39			43
18:30	0	25			25
18:45	2	30			31
19:00	1	18			18
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>284</b>		<b>3</b>	<b>-</b>

- Movimento 1B – Veículos que trafegam na Campos Salles, operam uma conversão à esquerda e passam a trafegar pela General Teles.

Tabela 7 - Movimento 1B

Horário	Moto	Carro	Ônibus	Caminhão	Total
17:15	20	85	3	2	110
17:30	11	71	6	2	100
17:45	13	93	1		102
18:00	9	84	1	1	94
18:15	17	99	1	3	119
18:30	11	67	2	1	81
18:45	15	56	2	3	78
19:00	8	56	3	1	72
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>611</b>	<b>57</b>	<b>39</b>	<b>-</b>

Se somarmos os valores totais das duas tabelas teremos:

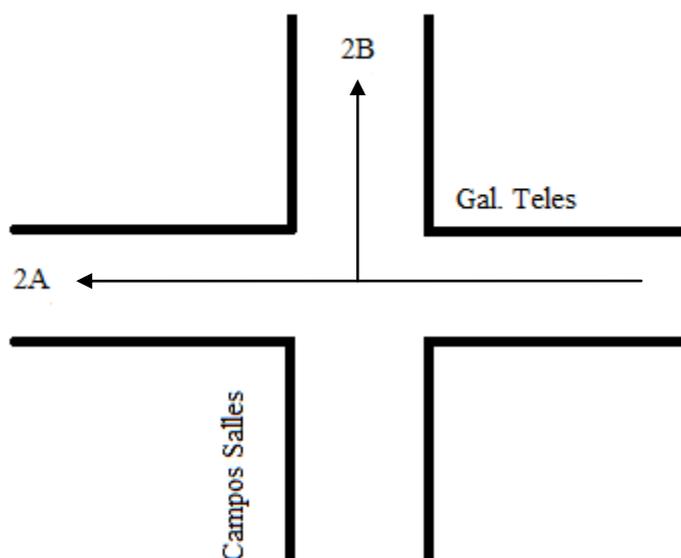
Tabela 8 - Hora pico movimento 1

Horário	Veículos
17:15	175
17:30	139
17:45	143
18:00	133
18:15	162
18:30	106
18:45	109
19:00	90

Com isso podemos observar que a hora pico da via secundária se deu das 17:00 às 18:00 horas, somando um total de 590 v/h.

Aqui aparecem contabilizados nesse movimento os veículos que trafegam pela via principal, conforme representado pela figura 23. Os totais das tabelas 9 e 10 que seguem estão em unidade padrão ucp. Esses movimentos foram divididos em:

Figura 23 - Movimento 2



- Movimento 2A – Veículos que trafegam pela General Teles, operam uma conversão à direita e passam a trafegar pela Campos Salles.

Tabela 9 - Movimento 2 A

Horário	Moto	Carro	Ônibus	Caminhão	Total
17:15	16	160			168
17:30	18	131		2	146
17:45	24	163	1		178
18:00	15	127	1	4	149
18:15	27	137		1	153
18:30	13	89		4	107
18:45	11	86		1	94
19:00	22	114			125
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>1007</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>-</b>

- Movimento 2B – Veículos que trafegam pela General Teles, cortam a Campos Salles e continuam trafegando pela General Teles.

Tabela 10 - Movimento 2B

Horário	Moto	Carro	Ônibus	Caminhão	Total
17:15	3	14			15
17:30	2	16		2	23
17:45	3	14			15
18:00	5	7	1		12
18:15	5	13			15
18:30	2	6			7
18:45	6	6			9
19:00	1	8			8
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>84</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>-</b>

Se somarmos os valores totais das duas tabelas teremos:

Tabela 11 - Hora pico movimento 2

Horário	Veículos
17:15	183
17:30	169
17:45	193
18:00	161
18:15	168
18:30	114
18:45	103
19:00	133

Com isso podemos observar que a hora pico da via secundária se deu das 17:00 às 18:00 horas, somando um total de 706 v/h.

Portanto a hora pico de ambas as vias que formam esse cruzamento se deu das 17:00 às 18:00 horas, o número de carros que passaram pela via principal (General Teles) foi 706 v/h e na via secundária (Campos Salles) 590 v/h. Dentro da hora pico calculamos os intervalos achando a mediana do tempo decorrido entre a partida de um veículo da via secundária e o veículo seguinte da fila, essa mediana resultou em 2,78 segundos, sendo a maior brecha, ou seja, a brecha crítica, 18,75 segundos.

Para acharmos  $t_0$ :

$$t_0 = t_g - (t_f / 2)$$

$$t_0 = 0,32 - \left( \frac{2,78}{2} \right)$$

$$t_0 = 0,23$$

Aplicando a fórmula de capacidade potencial temos:

$$Cpi = \frac{3600}{t_f} e^{-\left[ \frac{\sum_y v_{cy}}{3600} \right] t_0}$$

$$Cpi = \frac{3600}{2,78} - \left( \frac{706}{3600} \times 0,23 \right)$$

$$Cpi = 1.294,91 \text{ ucp/h}$$

Isso nos mostra que a capacidade potencial da via é de até 1.294,91 veículos por hora.

Conforme analisado na Tabela 5, a frota da cidade de Botucatu apresenta um crescimento de 7,04% ao ano, se aplicarmos essa porcentagem na frota atual da nossa via secundária, provavelmente em 2023, essa via ultrapassará sua capacidade.

Algumas soluções para esse problema seriam:

- A implantação de um semáforo nesse cruzamento, pois com isso, a brecha entre os carros diminuiriam;
- A proibição de estacionamento, o que aumentaria a capacidade da via;
- Desapropriação, o que permitiria o alargamento da via, porém essa hipótese é a menos aconselhável, devido ao seu auto custo.

## 5 CONCLUSÃO

Conforme já citado, o crescimento da frota no Brasil tem sido algo constante e preocupante. Entre muitos outros problemas ela ocasiona congestionamento, filas, atrasos em viagens, poluição ambiental, stress cotidiano e principalmente o aumento dos riscos de acidentes. O total de veículos no país atingiu 64,8 milhões no ano de 2010, segundo o DENATRAN. Só para termos uma idéia, para neutralizarmos a emissão de gás carbônico, teríamos que aumentar onze vezes a cobertura da Mata Atlântica, de acordo com uma pesquisa feita entre o DENATRAN e a UCB (Universidade Católica de Brasília).

Cabe ao poder público a realização de ações para que esse problema não se estenda, atos como incentivos fiscais para a compra de veículos não vão ajudar em nada o futuro do nosso país. Um programa de conscientização poderia ajudar e muito nessa questão.

Caso nenhuma atitude seja tomada, o trânsito virará um caos, as vias não estão preparadas para receber a quantidade de veículos que vêm recebendo. Os motoristas não estão preparados para enfrentarem esse caos diariamente. As vias vão se tornar intransitáveis, o índice de acidentes vai aumentar cada vez mais. Sem contarmos com a quantidade de doenças respiratórias que iremos enfrentar, devido ao alto índice de gás carbônico que vem sendo emitido pelos motores desses veículos.

## REFERÊNCIAS

- CULTURAMIX. **Turismo**, 2011. Disponível em:  
<<http://turismo.culturamix.com/nacionais/sudeste/municipio-de-botucatu>>. Acesso em: 27 out.2011.
- DENATRAN.**Frota**, nov.2011. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 26 nov.2011
- FERRAZ, A. C. C. P.; FORTES, F. Q.; SIMÕES, F. A. **Engenharia de tráfego urbano – fundamentos práticos**. São Carlos, ago.1999. p.10, 11, 17, 18, 90, 91.
- FERRAZ, A. C. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte público urbano**. 2.ed. São Carlos: EdRima, 2004. p.88, 89.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População de Botucatu**, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.com.br/home/mapa\\_site/mapa\\_site.php#populacao](http://www.ibge.com.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao)>. Acesso em: 27 out.2011.
- KOHLSDORF, E. M.; SALVIATTI, E.; ZIMBRES, P. **Projeto de urbanismo 2: sistema viário**. Brasília, 2º sem.1986. p.2.
- LÔBO, D. **Dez princípios básicos para a mobilidade urbana sustentável**, ago.2010. Disponível em: <<http://esetalmeioambiente.com/dez-principios-basicos-para-a-mobilidade-urbana-sustentavel/>>. Acesso em: 28 out.2011.
- PREFEITURA DA CIDADE DE BOTUCATU. **História**, Botucatu, 2011. Disponível em: <<http://www.botucatu.sp.gov.br/>>. Acesso em: 27 out.2011.
- SILVA, P. C. M. **Análise de capacidade de interseções em nível**. Brasília, maio 1994.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Interseções não semaforizadas**, 2011 a. Disponível em:  
<[http://www.dtt.ufpr.br/eng\\_trafego\\_optativa/arquivos/FILAS%20EM%20INTERSECOES%20NAO%20SEMAFORIZADAS.pdf](http://www.dtt.ufpr.br/eng_trafego_optativa/arquivos/FILAS%20EM%20INTERSECOES%20NAO%20SEMAFORIZADAS.pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2011.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Interseção rodoviária**, 2011 b. Disponível em:  
<[http://www.dtt.ufpr.br/eng\\_trafego\\_optativa/arquivos/INTERSECAO\\_RODOVIARIA.pdf](http://www.dtt.ufpr.br/eng_trafego_optativa/arquivos/INTERSECAO_RODOVIARIA.pdf)>. Acesso em: 20 ago.2011.

Botucatu. 05 de dezembro de 2011.

---

Nathalia Mazzutti Deléo

De Acordo:

---

Prof.(a) Ms. Bernadete Rossi Barbosa Fantin

---

Prof.<sup>a</sup> Ms. Bernadete Rossi Barbosa Fantin  
Coordenadora do Curso de Logística