

ANÁLISE DA CAPACIDADE DAS INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS DA CIDADE DE BOTUCATU

Izabela Ferreira da Silva¹, Bernadete Rossi Barbosa Fantin²

¹Tecnóloga em Logística pela FATEC, Botucatu, SP, Brasil. izasilva38@hotmail.com

²Professora Mestre da Faculdade de Tecnologia de Botucatu – FATEC, Botucatu, SP, Brasil.
bfantin@fatecbt.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A dificuldade de locomoção dentro das cidades hoje é uma realidade de grande parte das cidades brasileira, isso em parte se deve ao aumento da frota nos últimos anos e ao descuido demonstrado pelo poder público no planejamento do seu sistema viário.

Para Cucci Neto (2010), as cidades brasileiras - assim como as dos demais países em desenvolvimento apresentam graves problemas de transporte e qualidade de vida. Queda da mobilidade e da acessibilidade, degradação das condições ambientais, congestionamento crônicos e altos índices de acidentes de trânsito já constituem problemas em muitas cidades.

A colocação de dispositivos de sinalização que pretendem ordenar o fluxo de veículos nos cruzamentos é uma decisão que se mal tomada pode gerar mais malefícios do que benefícios.

Muitas cidades, quando se deparam com um cruzamento perigoso optam pela colocação de semáforos por entenderem ser a solução mais fácil e rápida. No entanto, a implantação de um semáforo é uma decisão que depende de investimento considerável e que acarreta impactos consideráveis, que podem vir a ser tanto positivos quanto negativos. Instalado corretamente, propicia a diminuição de acidentes e o maior conforto de veículos e pedestres. Entretanto, se instalado num local em que sua presença é inadequada, causa aumento do número de paradas, do tempo de espera dos veículos e pedestres, do número de acidentes, além de implicar em gastos desnecessários de instalação, operação e manutenção. Para Resende (2009) pode-se definir como congestionamento a condição de trânsito que ocorre quando a demanda supera a capacidade em algum ponto do sistema viário.

Nos transportes urbanos este fato é praticamente claro, pois normalmente na medida em que aumentamos a capacidade de um sistema de transportes, algum tempo depois, normalmente aumentamos também os congestionamentos. Esse problema se dá em sua maioria devido ao aumento assombroso da frota de veículos no país, que cresce a números alarmantes e que indica, sem sombra de dúvidas, que as cidades no Brasil

estão caminhando para o modelo de cidades norte americano, com alto número de veículos, com enormes avenidas e áreas de estacionamento. (Ministério das Cidades e IBAM, 2004).

A rede de trânsito extravasada pelo grande crescimento do parque automobilístico experimentado ao longo das últimas décadas, e pela propensão de seus proprietários a realizar a maior parte de seus deslocamentos diários em seus veículos privados faz com que a capacidade das vias a cada dia se veja mais saturada. Takahashi (2007) denomina que taxa de ocupação de um movimento é o número de veículos projetado para o período de uma hora a partir dos volumes medidos em uma dada seção de via, durante intervalos de tempo inferiores a uma hora. Ainda explica que essa taxa de ocupação pode ser projetada a partir do Volume de Tráfego ou do Volume de Tráfego Equivalente.

O presente trabalho destinou-se avaliar os cruzamentos existentes na cidade de Botucatu propondo soluções adequadas quando necessário.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados no presente trabalho foram: pesquisa bibliográfica pertinente ao tema no meio acadêmico, base de dados do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT), Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) e do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) sendo estes os principais utilizados. Mapa da cidade com a localização dos cruzamentos semaforizados

A metodologia adotada foi por meio de pesquisa bibliográfica, com exceção dos levantamentos que foram feitos na rua (in loco). Foi feita uma contagem de veículos de 6 horas diárias em 29 cruzamentos semaforizados da cidade de Botucatu, conforme representado na Figura 1, com exceção dos cruzamentos 13 e 31, por serem cruzamentos atuados instalados apenas para regular a saída das viaturas do corpo de bombeiros e SAMU, o que possibilitou identificar as horas-pico em três horários (manhã, tarde e noite). Com isso foi feito o cálculo do índice de saturação das aproximações, pelo método Webster, nos cruzamentos sendo possível identificar os cruzamentos que estão operando no limite de suas capacidades ou próximo a eles.

Para Bonetti (2001) o Método de Webster aborda praticamente todos os fatores que interferem no valor da capacidade e apresenta cálculos complementares que

permitem uma avaliação mais precisa das condições encontradas, como a reserva de capacidade, o grau de saturação e outros.

Figura 1- Mapa de localização dos semáforos na cidade de Botucatu



O método adotado para cálculo de saturação da via foi através da relação entre largura efetiva da aproximação (descontando veículos estacionados, pontos de ônibus e movimentos de conversão à esquerda) e o fluxo da hora pico, que é dada pela fórmula.

$$S = 525 \cdot L, \text{ onde}$$

S = fluxo de saturação, em veículos por hora suportada pela via.

L = largura efetiva da aproximação, em metros.

Para cálculo do período em anos, ou seja, de quando o fluxo estará completamente saturado com base no crescimento da frota foi adotada a seguinte fórmula:

$$S = Q \cdot (1+i)^n, \text{ onde}$$

S= fluxo de saturação, em veículos por hora suportada pela via.

Q= Fluxo atual de veículos por hora.

i= Taxa de crescimento anual da frota.

n= Período em anos.

O método de Webster é extremamente útil para o Brasil, especialmente se for levado em consideração que as capacidades reais das aproximações, obtidas em campo através de histogramas de tráfego, têm-se mostrado bem próximas das previstas por esse método. A relação fundamental do método de Webster é a relação entre demanda (Q) e fluxo de saturação (S) em %. Para determinação de tal índice de saturação atual utilizou-se a seguinte fórmula:

$$y = Q / S, \text{ onde:}$$

y= Índice de saturação em %.

S= Fluxo de saturação, em veículos por hora suportada pela via.

Q= Quantidade de veículos/hora.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados aqui apresentados indicam o tempo em que os cruzamentos estudados atingirão o seu grau máximo de saturação e portanto precisarão de ações efetivas do poder público. O grau de saturação de um link, reflete, em termos práticos, seu nível de carregamento. Dizer que o grau de saturação de um link é de 100% é o mesmo que dizer que seu tempo de verde é exatamente suficiente para escoar todos os veículos que chegam desde que atravessem a retenção no patamar do fluxo de saturação; nenhum veículo a mais poderia ter sido atendido e nenhum veículo chegou a ficar retido no instante que o verde terminou. Isso posto foi feito o cálculo do índice de saturação das aproximações e estimou-se em função do levantamento do crescimento da frota nos últimos 5, conforme Tabela 1, quando estes cruzamentos atingirão o grau de saturação.

Tabela 1- Frota de veículos da cidade de Botucatu em função do ano e a porcentagem com a qual ela vem crescendo.

Anos	Frota	Crescimento da frota ano a ano
2009	63548	
2010	68494	7,8%
2011	73811	7,80%
2012	78703	6,60%
2013	83121	5,60%

Fonte: Denatran, 2014.

Visto que a frota de veículos cresce obedecendo o poder aquisitivo de cada habitantes, foi escolhida a função exponencial para efeito de cálculo do fluxo de saturação em função do quanto a frota cresce na cidade de Botucatu. A Tabela 2 traz o ranking dos cruzamentos estudados pelo grau de saturação do mais crítico para o menos crítico, demonstrando quanto tempo em anos cada cruzamento levará para estar saturado.

Tabela 2- Ranking dos cruzamentos saturados.

Número do cruzamento	Cruzamentos	Saturação Atual	Saturação com 80% da capacidade em anos
10	Av. Floriano Peixoto X Rua: Major Matheus X Av. Vital Brasil	58,4%	5
4	Rua: Major Matheus X Rua: Floriano Simões	51,1%	7
21	Rua: João Passos X Rua: Moraes Barros	48,1%	8
6	Rua: Major Matheus X Rua: Galvão Severino	46,6%	9
24	Rua: Quintino Bocaiuva X Rua: General Telles	44,1%	9
29	Rua: Visconde do Rio Branco X Rua: João Passos	39,5%	11
20	Rua: Siqueira Campos X Rua: Curuzu	35,1%	12
19	Rua: João Passos X Rua: Djalma Dutra	33,9%	14
27	Av. Dom Lúcio X Rua: Visconde do Rio Branco	33,8%	14
5	Rua: Brás de Assis X Rua: Tenete João Francisco	27,4%	17
18	Av: Floriano Peixoto X Jaú Serve	27,1%	17
22	Rua: Marechal Deodoro X Rua: João Passos	25,1%	17
2	Rua: Lincon Vaz X Rua: Villas Boas	22,1%	20
16	Av. Santana X Prefeitura	21,7%	21
23	Rua: Major Leonidas Cardoso X Av. Dom Lúcio	21,5%	21
12	Rua: Newton Prado X Av. Santana	20,7%	21
8	Av. Vital Brasil X Pinheiro Machado	18,9%	23
30	Rua: Gal Marcondes Salgado X Av. Dom Lúcio	18,6%	23
17	Rua: Tiradentes X Av. Floriano Peixoto	18,5%	23
7	Rua: Brás de Assis X Elevado Bento Natel	18,1%	24
3	Av. Leonardo Villas Boas X Rua: Major Matheus	17,5%	24
1	Rua: Virgílio Bartoli X Av. Leonardo Villas Boas	17,2%	24
15	Rua: Coronel Fonseca X Av. Santana	16,9%	25
9	Rua: Gabriel Ragi Zacharias X Av. Vital Brasil	16,5%	25
11	Av. Santana X Rua: Floriano Peixoto	15,8%	26
26	Rua: Costa Leite X Rua: Campos Salles	14,3%	27
28	Rua: Campos Salles X Av. Dom Lúcio	14,3%	27
25	Rua: Costa Leite X Rua: Visconde do Rio Branco	14,1%	28
14	Rua: Djalma Dutra X Av. Santana	13,5%	28

4. CONCLUSÕES

Conclui-se com o presente trabalho que, com base no crescimento anual da frota na cidade de Botucatu, em pelo menos 5 anos terá de ser dada devida atenção a saturação das vias semaforizadas, em seguida as demais interseções. Dos 29 cruzamentos analisados 2 ultrapassam os 50% de sua capacidade e outros 3 estão no limiar dos 50% e sua saturação. Em um campo geral os demais cruzamentos, embora no futuro necessitarão de atenção, se encontram atendendo suas capacidades.

5. REFERÊNCIAS

- BONETTI, W. J– **Utilização e Parametrização de Semáforos Atuados pelo Tráfego** – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, Brasil. Disponível em:
<http://www.sinaldetransito.com.br/.../uso_e_parametrizacao_de_semaforos_>. Acesso em: 10 set.2014.
- CUCCI NETO, J. **Desenvolvimento Urbano e Políticas de Transporte e Trânsito**. Disponível em:
<http://meusite.mackenzie.com.br/professor_cucci/texto6.pdf>. (2010). Acesso em: 15 nov. 2013.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Cadernos Ministério das Cidades**. Volumes 1 a 8. Brasília: Ministério das Cidades, 2004. Disponível em: <<http://www.cgu.gov.br/publicacoes/bgu/2004/Volume1/C%20-%2004>>. Acesso em: 05 set. 2014.
- RESENDE, SOUSA, P.R. "Mobilidade urbana nas grandes cidades brasileiras: um estudo sobre os impactos do congestionamento." **SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS**, FGV 2009. Disponível em:
<<http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&q=congestionamento&btnG=&lr=>>>. Acesso em: 04 set. 2014.
- TAKAHASHI, R. H. C. **Otimização Escalar e Vetorial**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais: Departamento de Matemática, 2007. Disponível em: <<http://www.mat.ufmg.br/~taka/>>. Acesso em: 09 set. 2014.