

ENGENHARIA DE TRÁFEGO: ESTATÍSTICA DO FLUXO DE CARROS NO BAIRRO FAROLÂNDIA

Cassius Gomes de Oliveira¹

Ivan Santos Dortas²

José Pinto Cardoso Junior

Juliana da Silva Dias³

Paulo Jardel Leite Araújo⁴

Walter Vieira Mota⁵

Yuri Sotero Bomfim Fraga⁶

Engenharia de Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777
ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

O presente trabalho apresenta modelos estatísticos de dados coletados no bairro Farolândia, em Aracaju-SE, Brasil. A engenharia de tráfego, por envolver muitos dados, é complexa, o que exige um tratamento estatístico buscando valores seguros através dos intervalos de confiança. O início da pesquisa foi marcado por um levantamento bibliográfico para buscar alternativas de abordar o tema de engenharia de tráfego. O bairro Farolândia por possuir grande concentração de moradores, dentre eles estudantes universitários, possuir uma das maiores universidades do Norte-Nordeste, a Universidade Tiradentes, e envolver um grande número de veículos diariamente, foi o local escolhido para a realização da pesquisa. Através dos dados coletados em pesquisa de campo, foi possível realizar a comparação do número de veículos na região antes e depois da implantação do semáforo em frente a Universidade. Os resultados encontrados foram que após a implantação do semáforo, o fluxo de veículos aumentou na região. Mesmo com o aumento do número de veículos, o transtorno anteriormente causado pelos constantes engarrafamentos diminuiu. Para eliminar o engarrafamento que ainda restou em uma das vias, propôs-se o asfaltamento de outra via, melhorando o tráfego no local.

PALAVRAS-CHAVE

Modelos Estatísticos. Bairro Farolândia. Engenharia de Tráfego. Engenharia de Trânsito. Veículos. Universidade Tiradentes.

ABSTRACT

This paper presents statistical models to data collected in district of Farolândia, located in the south area of Aracaju-SE, Brazil. The traffic engineering is complex and involves a lot of data, requiring a statistical treatment seeking safe values through confidence intervals. The early research was marked by a literature review to find alternatives to address the issue of traffic engineering. The district of Farolândia for having a large concentration of residents, including college students, has one of the largest education institutions in the Northeast region of Brazil, the, Tiradentes University, and involving a large number of vehicles daily, was chosen for the research. Through the data collected in research, it was possible to compare the number of vehicles in the region before and after the traffic light was put in place in front of the University. The results were that after the traffic light was put in place, the flow of vehicles increased. In spite of the increased number of vehicles, the hassle caused by the constant traffic jams decreased. To eliminate traffic jam that still remains in one of the routes, it was proposed to the paving of another route, improving the traffic on the place.

KEYWORDS

Statistical Models. Farolândia. Traffic Engineering. Vehicles. Tiradentes University.

1 INTRODUÇÃO

O bairro Farolândia está localizado na zona sul de Aracaju-SE, Brasil. Em 1994, ele era considerado um bairro pequeno, porém com população considerável, até a criação de uma das maiores e melhores instituições de ensino superior do Norte-Nordeste, a Universidade Tiradentes. Esse marco impulsionou o crescimento rápido da região, com destaque para o Bairro Farolândia e para o Bairro Inácio Barbosa, bairros vizinhos, como mostra a Tabela 1. A Farolândia, atualmente, é um dos bairros mais povoados de Aracaju, região com grande qualidade de vida, e possui grande número de jovens e pessoas de outros estados. Muitos escolhem a Farolândia pela localização, pois fica próximo à lugares importantes da cidade como os shoppings e a praia.

Tabela 1 – População nos bairros de Aracaju

Bairro	População em 1996	População em 2010
Atalaia	8.236	11.799
Farolândia	26.841	38.257
Inácio Barbosa	6.816	13.887
Santo Antônio	12.177	12.459
Siqueira Campos	15.603	14.525

Fonte: Dados da pesquisa.

A Engenharia de Tráfego é a parte da Engenharia que envolve o movimento eficiente e seguro de pessoas e bens. Deste modo, tem como objetivo facilitar o deslocamento de pessoas e aprimorar o sistema viário.

Em se tratando dos modos rodoviários, ENGENHARIA DE TRÁFEGO é a área do conhecimento que tem como objetos planejamento, projeto geométrico e operação de tráfego em vias, suas redes, terminais, lotes lindeiros e relações com outros modos de transporte. A ENGENHARIA DE TRÁFEGO tem como objetivo assegurar o movimento seguro, eficiente e conveniente de pessoas e bens. (PIGNATARO, 1973, p. 502).

Segundo o Setpesp (Sindicato das empresas de transporte de passageiros do estado de São Paulo), ultimamente o uso do transporte individual é comum nas cidades brasileiras. Com o aumento do poder aquisitivo e a falta de infraestrutura das cidades brasileiras, as pessoas buscam melhor qualidade de vida através do ganho de tempo e de conforto. Como consequência do aumento do número de veículos, conforme a *tabela 2*, surgiram os congestionamentos. Geralmente, eles acontecem devido ao grande número de carros em uma via sem estrutura para comportá-los.

Tabela 2 – Número de veículos em Aracaju segundo o DENATRAN.

FROTA DE VEÍCULOS DE ARACAJU	
2001	155.278
2002	163.894
2003	175.105
2004	126.159
2005	132.868
2006	142.391
2007	154.861
2008	168.684
2009	187.299
2010	206.616
2011	224.878

Fonte: Dados da pesquisa.

Quando se fala em vias de trânsito, é importante conhecer a região em estudo. Para saber a capacidade de uma via, é importante fazer um estudo de volume de tráfego da região, o que pode ser feito por meio de modelos estatísticos.

A Estatística traz maior confiabilidade aos dados coletados em laboratório ou em campo. Por meio dela, é possível determinar até que ponto os dados estudados são confiáveis. Por meio dos modelos estatísticos é possível lidar com vários dados sem perder a veracidade das informações.

No desenvolvimento do projeto, com a análise descritiva dos dados, foi possível observar os mesmos e compará-los por meio das diferenças de média e desvio padrão. Com isso, determinou-se os pontos com maior fluxo de veículos antes e após a implantação de um semáforo em frente à Universidade em estudo e construiu-se intervalos de confiança para a média.

De acordo com o exposto, o presente projeto propõe, por meio de modelos estatísticos, identificar os pontos críticos do fluxo de carros no Bairro Farolândia, e verificar o que aconteceu com fluxo de carros na região após a implantação do semáforo, verificando se o problema de engarrafamento foi resolvido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O estudo do volume de tráfego realizado em um determinado local é essencial e pode ser utilizado em diversas áreas de estudos e projetos. Segundo Fontes (1995), pode-se definir como volume de tráfego:

O número de veículos que passa por uma determinada seção de uma estrada, num determinado intervalo de tempo. A depender do objetivo do estudo, os volumes podem ser referidos a um ou dois sentidos do movimento. (FONTES, 1995, p. 37).

A capacidade de uma via é definida pelo número máximo de veículos que pode passar por um trecho em um determinado tempo, em um único sentido ou em ambos, nas condições normais de tráfego e da via. Essas condições normais de tráfego são determinadas pelo tráfego composto exclusivamente de veículos de passeio, existência de controle total de acesso e fluxo contínuo, livre de interferências laterais de veículos e pedestres. É importante conhecer a capacidade de uma via, pois ela informará a média de veículos que poderão passar no local. Por meio do conceito de "Nível de Serviço" é possível verificar em qual nível a via se enquadra e propor mudanças para melhorar o nível da mesma.

Toda estrada está sujeita a diversos volumes de tráfego e a mudança em sua estrutura física. Segundo Figueira (1984, p. 28), pode-se definir Nível de Serviço como: "Uma medida qualitativa da influência de vários fatores que incluem a velocidade e o tempo de percurso, interrupções de tráfego, liberdade de manobra, segurança, comodidade de condução e custos de transporte".

Segundo Fontes (1995, p. 42-44), é possível dividir os níveis de serviço em 6 classes, como mostra a Tabela 2:

Tabela 3 – Níveis de Serviço

TIPO DE NÍVEL	CARACTERÍSTICAS
Nível A	Condições de circulação livre, acompanhada por baixos volumes e altas velocidades. A densidade do tráfego é baixa, com velocidade controlada pelo motorista dentro dos limites de velocidade e condições físicas da via.
Nível B	Fluxo estável, com velocidades de operação a serem restringidas pelas condições de tráfego. Os motoristas possuem razoável liberdade de escolha da velocidade e ainda têm condições de ultrapassagem.
Nível C	Fluxo ainda estável, porém as velocidades e as ultrapassagens já são controladas pelo alto volume de tráfego.
Nível D	Próximo à zona de fluxo instável, com velocidades de operações toleráveis, mas consideravelmente afetadas pelas condições de operação, cujas flutuações no volume e as restrições temporárias podem causar quedas substanciais na velocidade da operação.
Nível E	A via trabalha a plena carga e o fluxo é instável, sem condições de ultrapassagem.
Nível F	Descreve o escoamento forçado, com velocidades baixas e com volumes acima da capacidade da via.

Fonte: Dados da pesquisa.

Por meio dos níveis de serviço é possível propor mudanças para a melhoria do tráfego em uma região com a demanda de fluxo acima do esperado.

Nos cursos de graduação, principalmente na área de exatas, é comum existir pelo menos uma matéria voltada diretamente à estatística. Além disso, pode-se observar que a estatística está ligada a diversas matérias como Química, Linguagem de Programação, Engenharia Econômica, Física. Nelas, utiliza-se de incertezas, média, desvio padrão para realizar a leitura de um conjunto de dados com maior precisão. “Método estatístico é um processo para se obter, apresentar e analisar características ou valores numéricos para uma melhor tomada de decisão em situações de incerteza” (LOPES, 1999, p. 2).

No presente trabalho, tomou-se como ferramenta principal a estatística, visto que esse recurso, além de facilitador, é essencial para o desenvolvimento do tema em estudo.

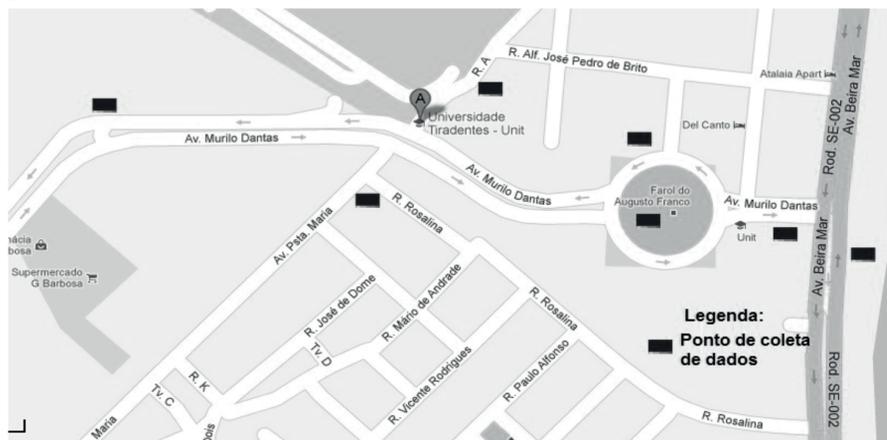
3 METODOLOGIA

Para a realização do projeto foi feita uma pesquisa de campo tendo em vista a coleta de dados antes e após a implantação do semáforo na região. Antes da implantação a coleta foi realizada no período da noite, das 18h10min às 19h10min – horário de maior número de carros na região devido ao início das aulas na Universidade Tiradentes no turno da noite e à volta do serviço dos moradores da região – nos dias compreendidos entre 18/3/2013 e 12/4/2013. Essa coleta foi realizada a cada 10 minutos, sem intervalo, durante 1 hora por dia em cada ponto.

Após a implantação do semáforo, nos dias compreendidos entre 28/2/2014 e 21/3/2014, foi realizado um novo levantamento para comparação de dados. Para obter maior confiabilidade no projeto, eles foram coletados no mesmo horário.

Os pontos de coleta de dados estão presentes na Figura 1.

Figura 1 – Ponto de coleta de dados



Fonte: Mapa editado (Google Maps)

Para facilitar a identificação das vias, foi elaborada a Tabela 4, com os trechos estudados e as suas identificações:

Tabela 4 – Descrição dos pontos de coleta de dados

Via "A"	Av. Beira Mar, sentido Atalaia-Unit
Via "B"	Av. Murilo Dantas
Via "C"	Av. Murilo Dantas-Atalaia
Via "D"	Rua RA

Via"E"	Av. Beira Mar, sentido Centro-Atalaia
Via"F"	Av. Maria Pastora sentido Unit
Via"G"	Av. Beira Mar, sentido Atalaia-Centro
Via"H"	Retorno em frente à Unit
Via"I"	Rua Alf. José Pedro de Brito-Av. Murilo Dantas, sentido Farol
Via"J"	Av. Beira Mar, sentido Centro-Av. Murilo Dantas
Via"K"	Av. Maria Pastora sentido H. Rolemberg
Via"L"	Rua Rosalina
Via"M"	Av. Murilo Dantas, sentido H. Rolemberg
Via"N"	Av. Beira Mar, sentido Av. Murilo Dantas-Centro
Via"O"	Av. Murilo Dantas-Rua Alf. José Pedro de Brito, sentido Farol
Via"P"	Contornando a Rótula do Farol sentido Centro
Via"Q"	Contornando a Rótula do Farol sentido Unit

Fonte: Dados da pesquisa.

Com os dados em mãos e para trazer maior confiabilidade ao projeto, utilizou-se de modelos estatísticos por meio do software Sisvar, sendo possível obter dados da estatística descritiva, como média, desvio padrão e intervalos de confiança.

O Sisvar é um software que serve como ferramenta para facilitar a análise estatística. Ele traz um elevado grau de confiabilidade, segurança e eficiência. Geralmente, é utilizado por estudantes e pessoas da área estatística para o ganho de tempo e aumento de precisão nos dados.

Por meio do Sisvar é possível realizar o cálculo de probabilidade, fazer testes de hipóteses, realizar comparações múltiplas. Com relação à probabilidade, o Sisvar oferece um grande recurso, ele a calcula por meio de Distribuição Binomial, Distribuição de Poisson, Distribuição Normal, Distribuição T de Student, Distribuição Qui-Quadrado e Distribuição de F.

No modelo em estudo foi utilizada a Distribuição T de Student para a construção dos intervalos de confiança para a média, pois o número de amostras coletadas foi três, ou seja, menor ou igual a 30. Caso o número de amostras fosse maior que 30, seria utilizada a Distribuição Normal.

Os intervalos de confiança para a média são importantes para a análise estatística, pois, a partir deles, é possível observar até que ponto o valor da média pode variar com determinado grau de confiabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO DOS DADOS COLETADOS ANTES DA IMPLANTAÇÃO DO SEMÁFORO

Antes da implantação do semáforo, entre as 18h10min e às 19h10min, foram coletados os seguintes dados presentes na Tabela 5:

Tabela 5 – Total de carros antes da implantação do semáforo

Destino	Total de carros			Desvio Padrão	Nível de Serviço
	Dia 1	Dia 2	Dia 3		
Via "A"	372	390	382	9,02	Nível D
Via "B"	2202	2190	2215	12,50	Nível F
Via "C"	337	343	348	5,51	Nível B
Via "D"	219	203	206	8,50	Nível B
Via "E"	1460	1462	1472	6,43	Nível C
Via "F"	80	83	80	1,73	Nível A
Via "G"	1016	1028	1022	6,00	Nível C
Via "H"	320	320	321	0,58	Nível C
Via "I"	931	955	951	12,86	Nível D
Via "J"	557	560	574	9,07	Nível F
Via "K"	114	105	117	6,24	Nível A
Via "L"	38	41	48	5,13	Nível B
Via "M"	675	689	699	12,06	Nível C
Via "N"	839	846	833	6,51	Nível C
Via "O"	59	63	70	5,57	Nível B
Via "P"	79	74	87	6,56	Nível B
Via "Q"	363	371	356	7,51	Nível C

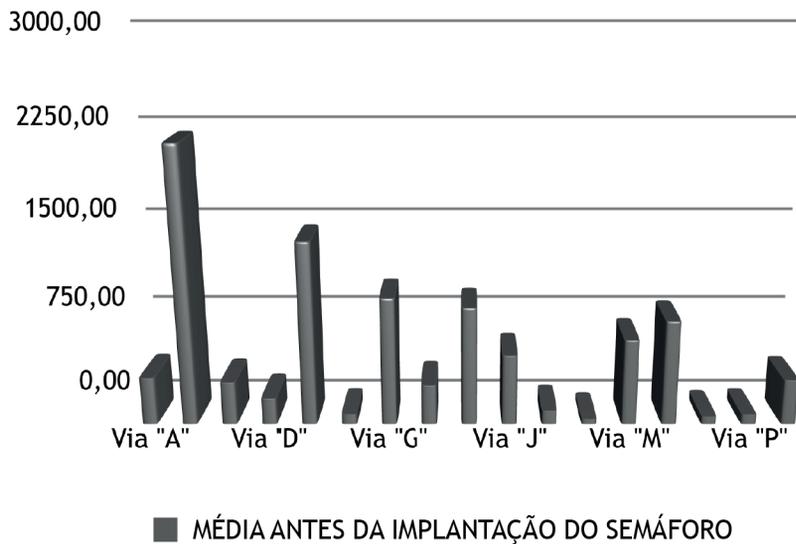
Fonte: Dados da pesquisa.

Por meio da Tabela 5, é possível notar que a Via "I" foi a que apresentou maior variação nos três dias coletados, com 12,86 de desvio padrão. A via que apresentou menor variação foi a Via "H", com apenas 0,58 de desvio padrão. Pelo desvio padrão é

possível melhorar a leitura dos dados, pois somente a média não serve como embasamento para a pesquisa, visto que o número de veículos em determinado local varia devido a fatores como: acidentes, feriados, finais de semana, acidentes de trânsito.

Por meio dos dados obtidos na Tabela 5, foi possível determinar o número médio de carros em cada ponto, como mostra a Figura 2:

Figura 2 – Número médio de carros antes da implantação do semáforo



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 2, é possível observar que a via onde passa o maior número de veículos é a Via "B", com nível de serviço do tipo Nível F. Essa via é obrigatória para ter acesso à Universidade. Foi possível observar, também, que era um local de baixas velocidades e segundo Pranzl (1999), diferentemente do fluxo e da taxa de ocupação, a velocidade por si só fornece uma boa noção das condições: altas velocidades significam tráfego fluido, enquanto baixas velocidades significam tráfego lento. A via onde se encontrou a menor média de veículos foi a Via "L", visto que se trata de uma via local.

Fica evidente, de acordo com a Figura 2, que os pontos que levam à UNIT apresentam maior média de veículos. Isso comprova a relação entre o aumento do fluxo de carros com o número de alunos da Universidade, visto que o aumento do número de veículos nas vias acontece próximo ao horário de aula. Outro ponto a ser destacado são as vias de baixo fluxo de carros, que são pouco iluminadas e com algumas imperfeições na pista, como nas Vias "D", "F", "K" e "L".

Se tratando de uma região com grande número de pessoas que circulam diariamente, uma solução para o problema do congestionamento deveria ser estabelecida, o que aconteceu posteriormente, com a implantação do semáforo.

4.2 DESCRIÇÃO DOS DADOS COLETADOS DEPOIS DA IMPLANTAÇÃO DO SEMÁFORO

Após a implantação do semáforo, entre às 18h10min e às 19h10min, foram coletados os seguintes dados presentes na Tabela 6:

Tabela 6 – Total de carros após a implantação do semáforo

Destino	Total de carros			Desvio Padrão	Nível de Serviço
	Dia 1	Dia 2	Dia 3		
Via "A"	330	327	337	5,13	Nível D
Via "B"	2765	2772	2780	7,51	Nível D
Via "C"	302	310	306	4,00	Nível B
Via "D"	208	216	215	4,36	Nível B
Via "E"	1442	1435	1444	4,73	Nível C
Via "F"	70	67	72	2,52	Nível A
Via "G"	1209	1204	1201	4,04	Nível C
Via "H"	384	397	389	6,56	Nível C
Via "I"	813	810	802	5,69	Nível D
Via "J"	977	970	974	3,51	Nível E
Via "K"	105	101	113	6,11	Nível A
Via "L"	50	55	52	2,52	Nível B
Via "M"	836	850	840	7,21	Nível C
Via "N"	814	810	809	2,65	Nível C
Via "O"	85	88	86	1,53	Nível B
Via "P"	76	73	74	1,53	Nível B
Via "Q"	690	692	698	4,16	Nível D

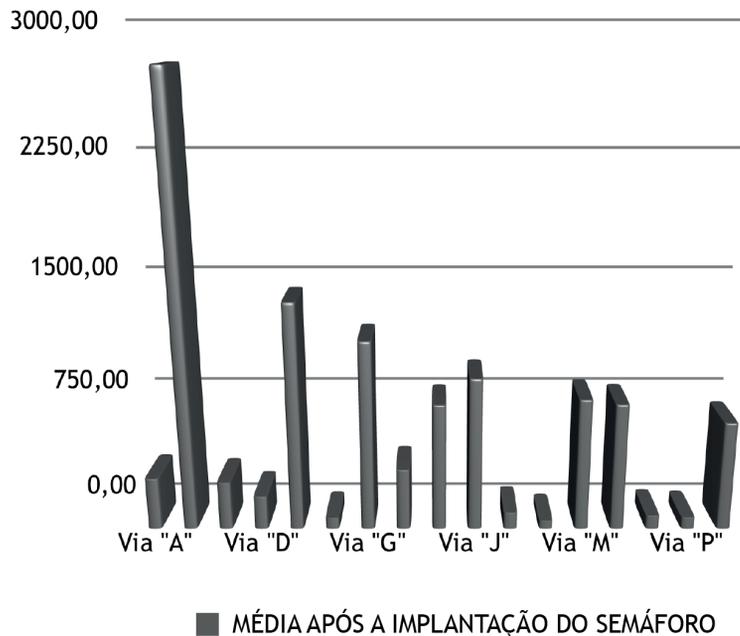
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Tabela 6, a Via "B" foi a que apresentou maior desvio padrão, com 7,51. Já a Via "O" e a Via "P" foram as vias que apresentaram menor variação nos dados coletados, com desvio padrão de apenas 1,53.

Em comparação com os dados antes do semáforo, é possível notar que após a sua implantação, o fluxo de carros ficou mais homogêneo, ou seja, tornou-se menos variável.

Por meio dos dados obtidos na Tabela 6, foi possível determinar o número médio de carros em cada ponto, como mostra a Figura 3:

Figura 3 – Número médio de carros após a implantação do semáforo



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 3, é possível observar que assim como antes da implantação do semáforo, a Via "B" é o ponto com maior média de veículos durante o horário coletado no período da noite. Depois da implantação do sinal, mesmo com o aumento do número de veículos, foi observada a mudança do nível de serviço para o Nível D, assim como o aumento de velocidade da via, por conta da diminuição do congestionamento. A Via "L" também continuou apresentando a menor média e as Vias "D", "F", "K" e "L" continuaram com o mesmo problema de iluminação e pavimentação.

Segundo Silva (2001), os sistemas de tráfego são baseados, classicamente, em três pilares, conhecidos como os três Es, do inglês: *Engineering* (Engenharia), *Education* (Educação) e *Enforcement* (Fiscalização). É fundamental não perder de vista que qualquer solução só terá resultado se esses três elementos atuarem combinadamente. Diante disto, faz-se necessária a contínua análise e melhoria da região.

4.3 CONFIABILIDADE DOS DADOS COLETADOS

Para trazer maior confiabilidade na presente pesquisa, foram calculados os intervalos de confiança pela Distribuição t de *Student* ao nível 5% de significância utilizando-se a média, o número de medições e a variância, conforme mostra a Tabela 7:

Tabela 7 – Intervalos de confiança para a média

-	Antes do semáforo	Após o semáforo
Via "A"	$[358,93 \leq \mu \leq 403,74]$	$[318,59 \leq \mu \leq 344,08]$
Via "B"	$[2.171,27 \leq \mu \leq 2.233,39]$	$[2753,69 \leq \mu \leq 2790,98]$
Via "C"	$[328,99 \leq \mu \leq 356,35]$	$[296,06 \leq \mu \leq 315,94]$
Via "D"	$[188,21 \leq \mu \leq 230,46]$	$[202,17 \leq \mu \leq 223,83]$
Via "E"	$[1.448,70 \leq \mu \leq 1.480,64]$	$[1428,59 \leq \mu \leq 1452,07]$
Via "F"	$[76,70 \leq \mu \leq 85,30]$	$[63,42 \leq \mu \leq 75,92]$
Via "G"	$[1.007,10 \leq \mu \leq 1.036,90]$	$[1194,63 \leq \mu \leq 1214,71]$
Via "H"	$[318,90 \leq \mu \leq 321,77]$	$[373,71 \leq \mu \leq 406,29]$
Via "I"	$[913,73 \leq \mu \leq 977,61]$	$[794,21 \leq \mu \leq 822,46]$
Via "J"	$[541,13 \leq \mu \leq 586,21]$	$[964,94 \leq \mu \leq 982,39]$
Via "K"	$[96,49 \leq \mu \leq 127,51]$	$[91,16 \leq \mu \leq 121,51]$
Via "L"	$[29,59 \leq \mu \leq 55,08]$	$[46,08 \leq \mu \leq 58,58]$
Via "M"	$[657,72 \leq \mu \leq 717,61]$	$[724,09 \leq \mu \leq 859,91]$
Via "N"	$[823,17 \leq \mu \leq 855,50]$	$[804,43 \leq \mu \leq 817,57]$
Via "O"	$[50,17 \leq \mu \leq 77,83]$	$[82,54 \leq \mu \leq 90,13]$
Via "P"	$[63,71 \leq \mu \leq 96,29]$	$[70,54 \leq \mu \leq 78,12]$
Via "Q"	$[344,69 \leq \mu \leq 381,98]$	$[682,99 \leq \mu \leq 703,68]$

Fonte: Dados da pesquisa.

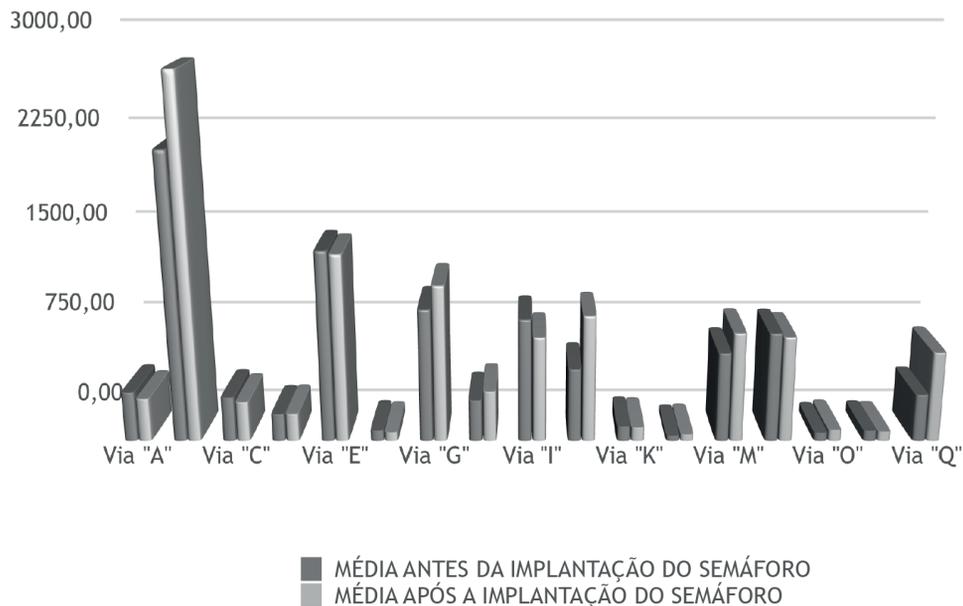
Com os dados da Tabela 7, é possível verificar até onde o número médio de carros pode variar em cada ponto coletado. Com isso, é possível abordar com maior precisão esse tema.

Os intervalos de confiança têm a função de garantir, até o nível de confiabilidade, os limites superiores e inferiores de cada ponto em estudo. O que facilita a visualização do aumento no fluxo de carros da região.

4.4 COMPARAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Com os valores apresentados nas Tabelas 5 e 6, e nas Figuras 2 e 3, foi possível comparar os valores encontrados antes do semáforo e após a implantação do mesmo, como mostra a Figura 4:

Figura 4 – Comparação do número médio de carros antes e após a implantação do semáforo



Fonte: Dados da pesquisa.

Esses dados nos mostram que houve significativa alteração na Via "B", principal avenida da região estudada. Por ser essa a Avenida na qual o semáforo foi implantado, é possível verificar que nesse ponto o problema foi solucionado, gerando maior fluidez ao trânsito, onde na divisão por níveis de serviço partimos do Nível F, onde se trata de um escoamento forçado para um Nível D, onde o escoamento é mediano com velocidade limitada sem condições de ultrapassagem. Ainda nessa via, foi notado o aumento de velocidade, por conta da diminuição do congestionamento. Essas características mostram a melhora da via com a implantação do semáforo neste local.

A média da Via "Q" também apresentou aumento significativo, visto que quem deseja ter acesso à Universidade vindo pela recém-inaugurada ponte que liga o Bairro Inácio Barbosa ao Bairro Farolândia, que possibilitou uma nova alternativa de chegada a Universidade, necessariamente passa por essa rótula. Apesar do nível de serviço ter mudado do Nível C para o Nível D, como mostram as Tabelas 5 e 6, o tráfego na via continua em um nível aceitável.

Na Via "J" também foi possível observar o aumento no fluxo de carros, pois o antigo problema de congestionamento na rótula foi solucionado pela implantação do semáforo, aumentando o volume de tráfego. Diferente da Via "B", onde o nível de serviço diminuiu e passou a ser aceitável, ela permanece com um nível de serviço fora do padrão desejado ao persistir com a via congestionada, continuando com o problema de congestionamento no local. Nos demais pontos houve pouca alteração, tanto para mais como para menos.

4.5 ALTERNATIVAS PARA OTIMIZAÇÃO DO TRÁFEGO

Para melhorar o tráfego na região da Universidade, sugere-se outra alternativa além da implantação do sinal, a melhoria da pavimentação da Via "D" e ainda a instalação de postes na mesma. Atualmente passam poucos veículos por essa via devido aos problemas de pavimentação e a falta de iluminação do local, como mostra a Figura 5:

Figura 5 – Via "D" atualmente



Fonte: Próprio autor

Com a proposta acima – asfaltamento e iluminação da Via "D" –, aumentaria a possibilidade de mais carros transitarem por essa via. Como consequência, o número de veículos da Via "I" e da Via "J" diminuiria consideravelmente, diminuindo os transtornos causados pelos engarrafamentos que diminuíram, porém persistiram na Via "J".

Para fazer a estimativa de quantos veículos poderão passar pela Via "D", utilizou-se o conceito de densidade de Silva e Jaques (2001), que é definido pelo número de veículos em um comprimento de via ou faixa de tráfego em um dado instante. A fórmula é expressa pela Eq. 1:

$$D = \frac{n}{L} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

D = densidade, em veículos/km

n = número de veículos

L = comprimento do trecho, em km

Pode-se observar que com a iluminação e pavimentação adequada, a Via "D" teria as mesmas características que a Via "I", inclusive em comprimento, onde a Via "D" tem 0,45 km e a Via "I" tem 0,50 km. Com isso, calculou-se a densidade da Via "I" como razão da média de veículos que transita por hora pelo comprimento do trecho e obteve-se o resultado de 1.616 veículos/km. Esse valor foi adotado como a densidade do Nível "D" para este caso, visto que ambas teriam a mesma característica. Adotou-se essa densidade para estimar o número de veículos para a Via "D", tendo em vista que o Nível "D" é aceitável e não congestiona em horário de pico.

De acordo com esse conceito, com o asfaltamento da Via "D", estima-se que 727 veículos passem pela mesma entre as 18h10min e às 19h10min, visto que ela deixaria de ser classificada como Nível B e passaria a ser classificada como Nível D, assim como a Via "I", com nível aceitável.

Supondo que a Via "D" comporte 727 veículos no intervalo de tempo estudado ao invés de 213, ou seja, aumento de 514 veículos na Via "D", o número de veículos da Via "I" diminuiria 250 veículos, passando para o Nível de Serviço C e a Via J diminuiria 264 veículos, passando para o Nível de Serviço D, ambas tornando-se aceitáveis, como mostra a Tabela 8:

Tabela 8 – Níveis de Serviço após asfaltamento da Via "D"

Destino	Média de veículos	Nível de Serviço
Via "A"	331	Nível D
Via "B"	2.772	Nível D
Via "C"	306	Nível B
Via "D"	727	Nível D
Via "E"	1.440	Nível C
Via "F"	70	Nível A
Via "G"	1.205	Nível C
Via "H"	390	Nível C
Via "I"	558	Nível C
Via "J"	710	Nível D
Via "K"	106	Nível A
Via "L"	52	Nível B
Via "M"	842	Nível C
Via "N"	811	Nível C

Via "O"	86	Nível B
Via "P"	74	Nível B
Via "Q"	693	Nível D

Fonte: Dados da pesquisa.

5 CONCLUSÕES

Após a implantação do semáforo, foi possível observar que apesar da facilidade de acesso à região em menor tempo devido à redução dos congestionamentos, o fluxo de carros na região aumentou. Além do tempo, a qualidade de vida também melhorou, pois com o semáforo é possível o pedestre atravessar a Avenida Murilo Dantas em pouco tempo, além de diminuir o transtorno causado pelos congestionamentos, como acidentes, discussões, dores de cabeça decorrentes de atraso.

Apesar da diminuição dos congestionamentos, faz-se necessário o estudo contínuo da região, pois o número de veículos tem aumentado continuamente.

Deve-se levar em consideração a proposta de melhoria na pavimentação e iluminação da Via "D", visto que com a melhoria dessa via, o trânsito fluiria melhor, desafiando o trânsito da Via "J" – região ainda com pequenos congestionamentos.

De acordo com a Tabela 9, é possível verificar o quão importante foi o estudo de caso dessa região. Nela, está exposto o nível de serviço de cada via no início do estudo e após a solução proposta.

Tabela 9 – Níveis de Serviço antes e após mudanças

Via	Nível de Serviço antes das mudanças	Nível de Serviço após as mudanças
Via "A"	Nível D	Nível D
Via "B"	Nível F	Nível D
Via "C"	Nível B	Nível B
Via "D"	Nível B	Nível D
Via "E"	Nível C	Nível C
Via "F"	Nível A	Nível A
Via "G"	Nível C	Nível C
Via "H"	Nível C	Nível C
Via "I"	Nível D	Nível C
Via "J"	Nível F	Nível D

Via "K"	Nível A	Nível A
Via "L"	Nível B	Nível B
Via "M"	Nível C	Nível C
Via "N"	Nível C	Nível C
Via "O"	Nível B	Nível B
Via "P"	Nível B	Nível B
Via "Q"	Nível C	Nível D

Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se concluir que a mudança de níveis de serviço é satisfatória, pois foi possível sair de níveis de serviço inaceitáveis como as vias "B" e "J" para níveis de serviço aceitáveis. Houve também uma alteração nas vias "D" e "Q", onde aumentou o número de carros e o nível de serviço, porém o mesmo continuou aceitável. As outras vias tiveram pouca ou nenhuma alteração.

REFERÊNCIAS

COSTA, Américo Henrique Pires; MACEDO, Joaquim Miguel Gonçalves. **Manual do planejamento de acessibilidades e transportes**. Portugal, 2008.

DENATRAN, **Frota de veículos**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

FIGUEIRA, Fernando M. M. **Estudo e concepção de estradas**. Portugal: Almedina, 1984. 222p.

FONTES, Luiz Carlos A. de A. **Engenharia de estradas: projeto geométrico**. V.1. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1995.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Nível territorial: Região metropolitana e subdivisão**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/territorio/tabunitsub.asp?codunit=50549&nsub=102&z=t&o=4&i=P>>. Acesso em: 10 set. 2013.

LOPES, Paulo Afonso. **Probabilidades & estatística**. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 174p. ISBN 8587148079.

PEREIRA, Lucélia Fehlberg. **Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle de tráfego considerando a coleta automatizada de dados**. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2004. 177p.: il., tab.

PIGNATARO, L. J. **Traffic engineering theory and practice**. Prentice-Hall. EUA, 1973.

SETPESP, **A importância do setor na economia nacional**. Disponível em: <<http://www.setpesp.org.br/institucional.aspx?XD=10>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

SILVA, P. C. M., **Elementos dos sistemas de tráfego**. Apostila, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2001.

SILVA, P. C. M.; GASPARINI, R. **Análise de capacidade de interseções em nível**. Apostila, Centro de Formação em Recursos Humanos em Transportes (CEFTRU), Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

Data do recebimento: 16 de novembro de 2015

Data da avaliação: 18 de novembro de 2015

Data de aceite: 20 de novembro de 2015

1. Professor do curso de engenharia civil da Universidade Tiradentes – UNIT. Email: cassiusunit@yahoo.com.br
2. Graduando do curso de engenharia civil da Universidade Tiradentes – UNIT. Email: ivansantos007@hotmail.com
3. Professora do curso de engenharia civil da Universidade Tiradentes – UNIT. Email: ju.aracaju@terra.com.br
4. Professor do curso de engenharia civil da Universidade Tiradentes – UNIT. Email: jardelengenharia@gmail.com
5. Graduando do curso de engenharia civil da Universidade Tiradentes – UNIT. Email: waltervieiramota@hotmail.com
6. Graduando do curso de engenharia civil da Universidade Tiradentes – UNIT. Email: yurisotero.engcivil@gmail.com