



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

ROMERSON SEREJO SILVA
WELTON TAVARES PINTO

**ANÁLISE DE UMA INTERSEÇÃO RODOVIÁRIA POR MEIO DE
SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO: ESTUDO DE CASO DA INTERSEÇÃO
TANCREDO NEVES X SETE DE SETEMBRO EM TUCURUÍ-PA**

Tucuruí - PA

2017

ROMERSON SEREJO SILVA
WELTON TAVARES PINTO

ANÁLISE DE UMA INTERSEÇÃO RODOVIÁRIA POR MEIO DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO: ESTUDO DE CASO DA INTERSEÇÃO TANCREDO NEVES X SETE DE SETEMBRO EM TUCURUÍ-PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof^o. M. Sc. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar

Tucuruí - PA

2017

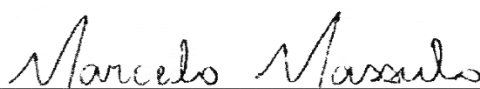
ROMERSON SEREJO SILVA
WELTON TAVARES PINTO

ANÁLISE DE UMA INTERSEÇÃO RODOVIÁRIA POR MEIO DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO: ESTUDO DE CASO DA INTERSEÇÃO TANCREDO NEVES X SETE DE SETEMBRO EM TUCURUÍ-PA

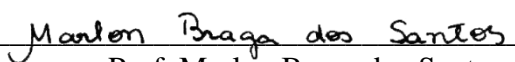
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.

Tucuruí, 20 de janeiro de 2017.

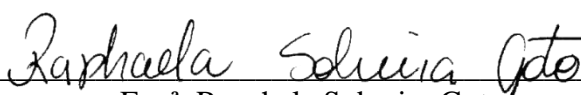
Aprovado por:



Prof. M. Sc. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar
(Orientador)



Prof. Marlon Braga dos Santos
(Examinador Interno)



Eng^a. Raphaela Sobreira Goto
(Examinadora Externa)

DEDICATÓRIA

Romerson Serejo Silva dedica este trabalho ao seu pai “Dom” Ivo Eduardo da Silva *In Memoriam*, a sua família e amigos que tanto colaboraram durante toda esta jornada. Welton Tavares Pinto dedica este trabalho primeiramente a Deus, a seus pais, amigos e familiares por serem a grande razão e incentivo de seu crescimento técnico e pessoal. Dedicar também, a seu orientador pela paciência e empenho para consolidação desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos de modo muito especial ao nosso orientador Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar, pela valiosa orientação, paciência, motivação e apoio, pelas oportunidades e ensinamentos, e pela persistência, os quais foram vitais para o desenvolvimento desse trabalho.

Eu, Romerson Serejo Silva agradeço muito ao meu núcleo familiar que segurou firme durante todos estes anos, tornando possível que um dia eu pudesse estar me formando. Minha mãe Rosa de Lima Serejo Silva, minha irmã Rose Serejo Silva e meu irmão Ronildo Serejo Silva, agradeço-lhes pelo suporte e pela paciência.

Agradeço aos amigos e segunda família que encontrei aqui em Tucuruí, em especial a toda a família Lima que me acolheram como um filho nos meus primeiros anos de universidade em seu hotel, muito obrigado em especial para a Eliene Lima, você foi uma segunda mãe para mim, guardo para sempre comigo um carinho e agradecimento a você. Agradeço a todos os meus companheiros de morada: Angelo e Anderson Viana, Diego Costa, Danilo Souza, Fernando Camarinha e Paulo André Fonteles, por dividirem os mesmos desafios do cotidiano na cidade de Tucuruí. Por fim agradeço a todos os meus amigos e colegas de trabalho de Novo Repartimento por estarem sempre ao meu lado me provendo forças para desempenhar-me da melhor forma academicamente.

Eu, Welton Tavares Pinto, Agradeço a minha querida mãe, Genice Tavares Pinto, minha maior incentivadora e apoiadora, que sem dúvida significou bastante para que continuasse com meus estudos em busca de crescimento profissional e pessoal. Agradeço também, a meus Irmãos Lubiane Tavares Pinto, Cassia Tavares Pinto e Luan Tavares Pinto, pelo carinho, incentivo e compreensão em todos os momentos importantes da minha vida.

Ao corpo docente da Faculdade de Engenharia Civil do campus de Tucuruí, pela formação acadêmica de qualidade. Aos meus amigos de faculdade, que estiveram comigo durante toda essa trajetória, e por muitas vezes contribuíram com meu conhecimento.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise de Engenharia de Tráfego em uma interseção rodoviária da cidade de Tucuruí - PA por meio de simulação computacional. Na simulação foi utilizado os *softwares Synchrono* e *SimTraffic*, que simulam o tráfego nas vias rodoviárias por meio de macrossimulação e microssimulação. As simulações tiveram como objetivo o levantamento de dados importantes de Engenharia de Tráfego da interseção em suas condições atuais, bem como o seu comportamento em cenários alternativos com projeção de frota para o futuro, apresentando assim cenários otimizados pelo programa e possíveis medidas para mitigar problemas encontrados na interseção simulada. Foram simulados sete diferentes cenários para a interseção, utilizando dados de volume de tráfego contabilizados em campo e projeções de frota para 5 (cinco), 10 e 15 anos no futuro, usando também diferentes tipos de controle semafórico. Os dados expostos no resultado apresentam os valores de nível de serviço da interseção e atrasos médios para os cenários não otimizados; já nos cenários otimizados são apresentados também a programação semafórica por meio de diagramas de intervalos luminosos. Nos resultados das simulações, a interseção nas atuais condições apresentou o nível de serviço D, que é um nível serviço que já começa a indicar que a interseção apresenta problemas. Já nos cenários 4 e 5, com projeções volumétricas para 10 e 15 anos os níveis chegaram até a classificação F nos cenários 4 e 5, nível de serviço que indica congestionamentos elevados e má funcionamento da interseção. Os resultados de atrasos médios apresentaram fortes picos nos cenários com projeção volumétrica, com o extremo de 389,9 segundos de atraso na projeção de 15 anos, no cenário 4. Como mitigação para possíveis problemas no futuro, o trabalho apresentou alguns cenários de otimização feita pelo *software* assim como um cenário que se proíbe as conversões à esquerda nas aproximações norte e sul da interseção, proporcionando melhorias no nível de serviço, mitigando assim os problemas da interseção nestes cenários.

Palavras-Chaves: Microssimulação; Macrossimulação; Engenharia de Tráfego; *Synchrono*.

ABSTRACT

This work presents an analysis of a highway intersection located in the city of Tucuruí (State of Pará) using computational simulation. The simulation was made by the Synchro Studio software's package, which simulate road traffic through macrosimulation and microsimulation. The simulations had as objective collect important Traffic Engineering data of the intersection in its current conditions, as well as its behavior in alternative scenarios with vehicle volumetric projections and then presenting software's optimized scenarios, and possible measures to mitigate problems encountered in the simulated intercession. Seven different scenarios for intersection were simulated using traffic volume data countered in the field and vehicle volumetric projections for 5 (five), 10 and 15 years in the future, and using different signal controls as well. The data presented in the result section shows mainly the values from the intersection's Level-of-Service (LOS) and the average control delays for the non-optimized scenarios. The optimized scenarios had as results the splits and phases from the traffic control signals in addition. In the simulation results the intersection presented the level-of-service D for its current conditions, which is a level-of-service indicating the intersection is starting to have problems. The intersection reaches the LOS F in scenarios 4 and 5, with volumetric projections for 10 and 15 years. The level F indicates high and bad congestion at intersection. The average delays results had shown high peaks on volumetric projection scenarios, reaching an extreme delay of 389.9 seconds in 15 years` projection from scenario 4. As a mitigation for possible future problems, the work presented some optimization scenarios made by the software as well as a scenario that forbids the left turns on the intersection north and south approaches, providing improvements in the level-of-service and mitigating the intersection problems in these scenarios.

Keywords: Microsimulation; Macrosimulation; Traffic Engineering; Synchro

LISTA DE SIGLAS

ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
<i>Apud</i>	Citado por
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento de Trânsito
<i>et al</i>	E outros
HCM	Highway Capacity Manual
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PHF	Fator de pico horário
PIB	Produto Interno Bruto
UCP	Unidades de Carro de Passeio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Nível de serviço A.	9
Figura 2 - Nível de serviço B.....	10
Figura 3 - Nível de serviço C.....	10
Figura 4 - Nível de serviço D.	11
Figura 5 - Nível de serviço E.....	11
Figura 6 - Nível de serviço F.....	12
Figura 7 - Segmento de uma via urbana e seus elementos.	17
Figura 8 - Mapa Georreferenciado de Tucuruí e suas vias rodoviárias.	22
Figura 9 - Desenho e imagem de satélite da interseção.....	23
Figura 10 - Modelagem da interseção no Synchro.	25
Figura 11 - Detalhe da modelagem da interseção.	26
Figura 12 - Dados volumétricos aplicados ao modelo do Synchro.	27
Figura 13 – Pontos de parada de ônibus na interseção.	29
Figura 14 - Classificação dos movimentos de pedestres.	30
Figura 15 -Diagrama de estágios da interseção.	31
Figura 16 – Tipos de motoristas considerados para o estudo.	37
Figura 17 – Cenário 2.	39
Figura 18 - Cenário 4 com volumes para 5 anos.	40
Figura 19 - Cenário 4 com volumes para 10 anos.	40
Figura 20 - Cenário 4 com volumes para 15 anos.	41
Figura 21 - Rotas alternativas para conversão à esquerda da R. Icoaraci para a Av. Tancredo Neves.	42

Figura 22 - Rota alternativa para conversões à esquerda da Av. 7 de Setembro para a Av. Tancredo Neves.	43
Figura 23 - Volumes utilizados no cenário 7.....	43
Figura 24 - Diagrama de intervalos luminosos doSynchro no cenário principal.	45
Figura 25 - Animação da microsimulação do SimTraffic.	45
Figura 26 - Microsimulação dos cenários 2 e 3.	47
Figura 27 - Microsimulação do cenário 4 com volumes de 5 e 10 anos no futuro.....	47
Figura 28 - Microsimulação do cenário 4 com volumes extrapolado para 15 anos.....	48
Figura 29 - Cenário 5 com volumes extrapolados para 5 e 10 anos.....	48
Figura 30 - Microsimulação do cenário 5 com extrapolação volumétrica de 15 anos.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados de v/c máximo.	50
Gráfico 2 - Resultados de atrasos médios.....	51
Gráfico 3 - Resultados de atrasos/veículos.....	52
Gráfico 4 - v/c máximos nos cenários otimizados.....	53
Gráfico 5 - Atrasos médios para os cenários otimizados.....	53
Gráfico 6 - Resultados de v/c máximo para o cenário 7.....	55
Gráfico 7 - Resultado de atrasos médios para o cenário 7.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nível de serviço para vias urbanas no HCM 2010.....	18
Tabela 2 -Fatores de equivalência UCP.	27
Tabela 3– Porcentagem de veículos pesados na interseção.....	28
Tabela 4 - Número de bloqueios por ônibus por hora.	29
Tabela 5 - Volume de pedestres por hora na interseção.	30
Tabela 6 - Projeção da frota de Tucuruí-PA em intervalos de cinco anos.	34
Tabela 7 - Aumento da frota de Tucuruí-PA e taxa de crescimento.	34
Tabela 8 - Parâmetros de motoristas utilizados na simulação.	38
Tabela 9- Resumo dos cenários.	42
Tabela 10 - Resumo dos resultados da Macrossimulação.	44
Tabela 11 - Resumo da média dos resultados da microsimulação.....	45
Tabela 12 – Porcentagem de tempo de atraso em reação ao tempo de vermelho para cada aproximação.....	46
Tabela 13 - Níveis de serviço dos cenários não otimizados.	49
Tabela 14 - Resultados de níveis de serviço para o cenário 7.	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO	1
1.1.1	Objetivo Geral	1
1.1.2	Objetivos Específicos	2
1.2	JUSTIFICATIVA	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	DEFINIÇÃO DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO	4
2.1.1	Campos de atuação e importância do Engenheiro de Tráfego	4
2.2.2.1	<i>O controle em tempo fixo</i>	7
2.2.2.2	<i>Atuado</i>	7
2.3	DEFINIÇÕES DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DO HIGHWAY CAPACITY MANUAL (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD - TRB,2010)	8
2.3.1	Fluxo Ininterrupto	8
2.3.2	Fluxo Interrompido	8
2.3.3	Capacidade	9
2.3.4	Nível de serviço (LOS)	9
2.3.4.1	<i>Nível de serviço A (LOS A)</i>	9
2.3.4.2	<i>Nível de serviço B (LOS B)</i>	10
2.3.4.3	<i>Nível de serviço C (LOS C)</i>	10
2.3.4.4	<i>Nível de serviço D (LOS D)</i>	11
2.3.4.5	<i>Nível de serviço E (LOS E)</i>	11
2.3.4.6	<i>Nível de serviço F (LOS F)</i>	11
2.4	Princípios Básicos do Fluxo de Tráfego (HCM,2010).....	12
2.4.1	Medidas do fluxo de tráfego.....	12
2.4.1.1	<i>A Velocidade Média Operacional – S</i>	12
2.4.1.2	<i>Velocidade de Fluxo Livre (FFS - Free Flow Speed)</i>	13
2.4.1.3	<i>Volume - V</i>	13
2.4.1.4	<i>Taxa de Fluxo – v</i>	13
2.4.1.5	<i>Densidade - D</i>	14
2.4.2	Fator de pico horário (PHF):	14
2.4.3	Atrasos.....	15
2.5	DEFINIÇÃO DE VIAS URBANAS (HCM,2010).....	16
2.5.1	Pontos	16
2.5.2	Segmentos	16
2.5.3	Instalações	17
2.5.4	Corredores	17
2.5.5	Áreas.....	18
2.5.6	Sistemas.....	18
2.6	NÍVEL DE SERVIÇO PARA VIAS URBANAS (HCM,2010).....	18
2.7	SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO	19
2.7.1	Macrossimulação.....	19
2.7.2	Microsimulação	20
2.8	PACOTE DE SIMULAÇÃO SYNCHRO.....	20
2.8.1	Programas do Synchro Studio	21
2.9	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
2.9.1	Características da interseção estudada	22

2.10.1	Análise de sensibilidade do modelo SimTraffic aos parâmetros de caracterização do perfil dos motoristas	23
2.10.2	Simulação como apoio a tomada de decisão para a solução de problemas causados pelos gargalos formados no trânsito	24
3	MÉTODO.....	25
3.1	MODELAGEM DA INTERSEÇÃO	25
3.2	DADOS VOLUMÉTRICOS DA INTERSEÇÃO (CENÁRIO PADRÃO).....	26
3.2.1	Veículos pesados (caminhões)	27
3.2.2	Ônibus	28
3.2.3	Pedestres.....	29
3.3	TEMPOS SEMAFÓRICOS	31
3.4	PROJEÇÃO DE FROTA.....	33
3.4.1	Fórmulas para o Cálculo da projeção da Frota de Veículos.....	33
3.4.2	Aplicação da taxa de crescimento na interseção estudada	35
3.5	PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO DA MACROSSIMULAÇÃO.....	36
3.5.1	Parâmetros de automóveis.....	36
3.5.2	Parâmetros de pedestres	36
3.6	PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO DA MICROSIMULAÇÃO	37
3.7	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS ALTERNATIVOS	38
3.7.1	Cenário 2: interseção com volume observado e sinalização de controle semiatuado	39
3.7.2	Cenário 3: interseção com volume observado e sinalização de controle totalmente atuado	39
3.7.3	Cenário 4: Interseção com volume extrapolado	40
3.7.4	Cenário 5: Interseção com volume extrapolado e sinalização de controle totalmente atuado	41
3.7.5	Cenário 6: Todos os cenários com otimização do Synchro	41
3.7.6	Cenário 7: Todos os cenários com otimização e alteração dos estágios semafóricos	42
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	44
4.1	CENÁRIO PRINCIPAL.....	44
4.2	CENÁRIOS ALTERNATIVOS NÃO OTIMIZADOS	46
4.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS ALTERNATIVOS NÃO OTIMIZADOS	50
4.4	CENÁRIOS OTIMIZADOS.....	52
4.5	CENÁRIOS OTIMIZADOS COM ALTERAÇÃO DOS ESTÁGIOS SEMAFÓRICOS	54
5	CONCLUSÕES	58
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	APÊNDICE	63
	APÊNDICE A – Resumo dos resultados das simulações não otimizadas	64
	APÊNDICE B – Resumo dos resultados das simulações otimizadas	67
	APÊNDICE C – Temporização semafórica dos cenários otimizadas (cenários 6 e 7).....	71

ANEXO.....	75
ANEXO A – Relatório de macrossimulação do Synchro – Cenário 3.....	76
ANEXO B – Relatório de microssimulação do Synchro – Cenário 3	87
ANEXO C – Tabelas de contagem volumétrica de tráfego (Serejo e Lima Neto, 2016)	95

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana, que está relacionada com o deslocamento diário de pessoas em âmbito urbano, é de muita relevância no transporte sendo um importante parâmetro de discussão inclusive em estudos, planos e projetos para os diversos setores que compõem o sistema de transporte. Ela é definida como “a capacidade dos indivíduos se moverem de um lugar a outro dependendo da performance do sistema de transporte e características do indivíduo” (TAGORE & SIKDAR, 1995).

A cidade de Tucuruí-PA, é um exemplo da realidade da maioria das cidades brasileiras, pois apresenta um trânsito já bastante conturbado em alguns pontos de sua malha rodoviária. Diante de um cenário cada vez mais insustentável, em que a problemática com transporte é mais frequente e de influência na qualidade de vida, faz-se necessário um estudo, através de ferramentas computacionais que simule a realidade do trânsito urbano, com o objetivo de identificar problemas inerentes à mobilidade e, a partir dessa identificação, buscar soluções viáveis.

Desta forma o presente trabalho propõe-se em analisar a interseção entre a Av. Tancredo Neves, Rua Icoaraci e Av. 7 de Setembro da cidade de Tucuruí por meio de ferramentas computacionais de macrossimulação e microssimulação de tráfego. Assim serão verificados importantes parâmetros da Engenharia de Tráfego como: nível de serviço, volumes no cenário atual e com projeção para 5 (cinco), 10 e 15 anos, atrasos médios, controle e temporização semafórica. A partir destes parâmetros serão simulados alguns diferentes cenários, analisando como estes podem mitigar ou piorar a situação da interseção.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo identificar os indicadores de tráfego da interseção entre a Av. Tancredo Neves, Rua Icoaraci e Av. 7 de Setembro por meio de simulação computacional, utilizando os *softwares* comerciais do pacote *Trafficware Synchro Studio 8*, mostrando assim a funcionalidade dos programas contidos no pacote para este tipo de aplicação. Para realizar as simulações foram usados os dados obtidos pelo projeto de iniciação científica “Estudos de

Engenharia de Tráfego e condições da pavimentação nas vias arteriais e coletoras de Tucuruí/PA”.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Análise do nível de serviço e dos atrasos médios da interseção estudada;
- Simular diferentes cenários de tráfego para a interseção incluindo projeções volumétricas em janelas de 5 (cinco), 10 e 15 anos no futuro, utilizando dados de veículos do Departamento Nacional de Transito - DENATRAN, mediante extrapolação;
- Propor otimização da sinalização semafórica da interseção por meio dos programas de simulação.

1.2 JUSTIFICATIVA

Freire (2011) afirma que quanto maior é o crescimento do número de veículos motorizados no país, maior é o agravamento das condições de trânsitos nas cidades brasileiras. Este fato é refletido nas ocorrências de acidentes de trânsito, sendo que o país ocupa umas das piores posições num *ranking* internacional, evidenciando a desorganização existente no trânsito brasileiro.

“Um trânsito ruim e no limite criminoso, por falta de consciência dos seus perigos e por falta de punição, aproxima-nos da barbárie e do caos. Por outro lado, um trânsito calmo e previsível estabelece um ambiente de civilidade e de respeito às leis” (CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN, 2004).

Nesse sentido, o sistema de trânsito tem grande relevância no meio social e econômico para o dia a dia das cidades. Partindo desse princípio, é essencial entender que a locomoção é uma necessidade da natureza humana, portanto, é imprescindível a percepção de que tal dinâmica deve ser feita de maneira organizada para uma efetiva mobilidade e acessibilidade, tornando-se em um desafio mediante o decorrente aumento e desenvolvimento das áreas urbanas (FREIRE, 2011).

Assim, acompanhando o crescimento urbano a Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP (1997), comenta que o elemento trânsito passou a ter muita importância na gestão das cidades, devido a ligação e influência que o sistema de transporte possui sobre a qualidade e expectativa de vida das pessoas. Logo, a responsabilidade dos técnicos e gestores municipais é grande no sentido de praticar ações visando a efetiva fluidez, segurança e comodidade do trânsito.

Diante desse fato, é necessário que os responsáveis técnicos e gestores de Tucuruí-PA busquem soluções para um trânsito mais eficiente. Para isso, é fundamental o levantamento de dados acerca das condições reais do problema, sobretudo nos pontos mais críticos.

Para a coleta dos dados é de grande relevância a disposição de mecanismos que retratem a realidade no trânsito da cidade. Sendo assim, ferramentas computacionais podem ser de grande utilidade. A macro e microssimulação se encaixa como uma ferramenta computacional de grande eficiência, pois é possível simular o ambiente real em escala macroscópica e microscópica.

A vantagem dos modelos de macro e microssimulação está no fato destes permitirem avaliar os efeitos que diferentes elementos do sistema viário podem causar. Efeitos como a proximidade entre interseções ou estreitamentos de pista, ou então a formação e dissolução de congestionamentos em vias urbanas em determinados períodos de tempo, além de sua capacidade de simular um horizonte proposto. Essas são situações complicadas de serem analisadas por metodologias simples, sendo fundamental o uso da microssimulação para tanto. (MALUCELLI, 2013).

Para a utilização do programa, foi escolhido como objeto de estudo o cruzamento entre a Avenida Tancredo Neves sentido leste/oeste e Avenida 7 de setembro com continuação na Rua Icoaraci sentido norte/sul, por ser uma interseção clássica de 4 (quatro) aproximações, em que cada uma recebe e distribui tráfego em 3 (três) direções (à esquerda, em frente e à direita). Esta interseção é de bastante interesse pois, além de possuir sinalização semafórica em todas as aproximações, possui tráfego volumétrico considerável de motocicletas, carros de passeio, caminhões, ônibus e fluxo de pedestres. Todos os parâmetros citados são relevantes para uma eficaz demonstração do *software* utilizado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÃO DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO

Uma definição aceita por Roess, Prassas e Mcshane (2011) é de que a Engenharia de Tráfego é uma subclasse da engenharia de transporte. Neste sentido, ela se apresenta como aplicação de tecnologia e princípios no que se refere planejamento, *design* funcional e gestão de instalações para qualquer tipo de transporte, inclusive o sistema viário, com o intuito de conferir rapidez, conforto, economia, compatibilidade de movimento no ambiente para pessoas e bens e acima de tudo segurança.

Roess, Prassas e Mcshane (2011) explicam ainda que Engenharia de Tráfego é a fase da Engenharia de Transportes que lida com o planejamento geométrico, operações de concepções de tráfego de estradas, ruas e rodovias, e suas redes, terminais, terrenos adjacentes, e ainda relaciona estas com outros modos de transporte, como o ferroviário, aéreo e hidroviário.

Outra definição importante de ser comentada é a de Pignataro (1973), quando afirma que Engenharia de Tráfego é a área do conhecimento que tem como objetos o planejamento, projeto geométrico e operação de tráfego em vias, suas redes, terminais, lotes lindeiros e relações com outros modos de transporte. Sendo assim, a Engenharia de Tráfego tem como objetivo assegurar o movimento seguro, eficiente e conveniente de pessoas e bens.

2.1.1 Campos de atuação e importância do Engenheiro de Tráfego

Segundo Roess, Prassas e Mcshane (2011), ética e responsabilidade em Engenharia de Tráfego é fundamental. Sendo assim, o engenheiro de tráfego tem uma relação muito especial com o público em geral. Talvez mais do que qualquer outro tipo de engenheiro, pois, ele lida com a segurança diária de um grande segmento do público. Embora se argumente que um engenheiro que projeta ou cria um produto deve ter essa responsabilidade. Portanto, o Engenheiro de Tráfego também tem uma obrigação especial de empregar os conhecimentos disponíveis dentro dos recursos existentes.

Para Pignataro (1973), a Engenharia de Tráfego caracteriza-se como uma área de conhecimento interdisciplinar e, segundo alguns autores, deve ser composta por uma equipe completa de projetos como por exemplo: engenheiros civis, engenheiros de estruturas,

engenheiros de tráfego, arquitetos, paisagistas, urbanistas, planejadores urbanos, sociólogos, geógrafos urbanos, economistas, matemáticos (matemática aplicada), advogados e analistas de mercado.

Neste sentido, diferentemente da maioria das outras áreas da Engenharia, a Engenharia de Tráfego trata de problemas que não dependem somente de fatores físicos, também é levado em consideração o comportamento humano do motorista e do pedestre e suas inter-relações com a complexidade do ambiente (PIGNATARO, 1973).

Segundo Magalhães; Almeida e Carvalho (2014), o perfil profissional do Engenheiro de Transporte, especializado em Engenharia de Tráfego, é baseado nos sistemas de transporte, que são entendidos como subsistemas de um sistema social, nos quais os elementos (engenhos, produtos produzidos pelo homem) possuem lugar fundamental para o atendimento de demandas da sociedade. Desta forma, o engenheiro de transporte deve ser profundamente humanizado, de maneira a produzir soluções de engenharia que sejam compatíveis com o contexto no qual serão implantadas.

Assim sendo, o Engenheiro de Transporte precisa ter a capacidade de reconhecer e avaliar problemas dentro de sua conjuntura social, buscando sempre diferentes metodologias e conhecimento para produção de soluções viáveis, efetivas e eficiente, que viabilizem de forma sustentável o que lhe foi demandado. Também deve saber articular com outras áreas, com o intuito de desenvolver soluções para os transportes (MAGALHÃES; ALMEIDA; CARVALHO, 2014).

Por fim, os mesmos autores afirmam que o Engenheiro de Transporte irá, em suas atividades, abranger o desenvolvimento e a aplicação de tecnologia de infraestruturas, veículos e equipamentos, o planejamento de sistemas de transporte, o planejamento, a organização produtiva e gerencial dos serviços, assim como a gestão dos instrumentos financeiros e jurídico-institucionais. Eles também descrevem os estudos e algumas medidas que envolvem a Engenharia de Tráfego, são elas:

- Estudos que envolvem a Engenharia de Tráfego:
 - a) Veículos e fatores humanos;
 - b) Volumes de tráfego, Velocidades;
 - c) Fluxo de tráfego;
 - d) Análise da capacidade das vias;
 - e) Sistema de transporte de massa;

f) Acidentes.

- Algumas medidas da Engenharia de Tráfego

a) Instalação de dispositivos para controle de tráfego (sinalização);

b) Estabelecimento de mão única em certas ruas;

c) Reversibilidades de pistas;

d) Restrições para dobrar a direita ou a esquerda;

e) Sistemas coordenados de semáforos.

2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CONTROLE SEMAFÓRICO

Este item traz importantes características do controle da sinalização semafórica que são descritas no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume V: sinalização semafórica, editado pelo Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (2014).

2.2.1 Definição e finalidade

A finalidade da sinalização semafórica é de transmitir aos condutores de veículos assim como aos pedestres o direito de passagem em interseções e/ou seções onde há disputa de dois ou mais movimentos conflitantes, bem como advertir ao condutor a possibilidade de situações que comprometam a sua segurança.

A sinalização semafórica de regulamentação, tem a função de efetuar o controle do trânsito numa interseção ou seção de via, por meio de indicações luminosas, permitindo dessa forma a alteração ao direito de passagem dos vários fluxos de veículos e/ou pedestres.

2.2.2 Controle e operação

O controle de tráfego conduzido por sinalização semafórica em uma interseção ou seção de via, pode ser realizado conforme os diferentes tipos e estratégias e ainda ser implementados por diferentes modos. A seguir são apresentadas as principais alternativas de tipos de controle.

2.2.2.1 *O controle em tempo fixo*

Este tipo de controle emprega planos semafóricos determinados com base em dados de tráfego disponíveis, adquiridos por contagens volumétricas, assim como outros levantamentos de campo. As contagens volumétricas devem ser classificatórias. O controle pode ser executado com base em um único plano semafórico, ou na adoção de planos específicos para atender a demanda de tráfego histórica de períodos distintos do dia e de diferentes dias da semana.

Ao decorrer do período de ação de um plano semafórico, são mantidos constantes o tempo de ciclo, a sequência de estágios, a duração dos intervalos luminosos e a defasagem, no caso das redes semafóricas.

2.2.2.2 *Atuado*

Os principais tipos de controle atuado pelo tráfego são: semiatuado e totalmente atuado.

a) Semiatuado

De maneira geral, este controle é utilizado em interseção de vias com grande volume tráfego (vias principais) e vias com pequenos volumes de tráfego (vias secundárias). Nesse tipo de controle a indicação verde é dada continuamente para os veículos da via principal, sendo interrompida quando é detectado um determinado fluxo de veículos motorizados em vias secundárias. Para pedestres e/ou ciclistas o controle semiatuado em travessias é aplicado quando ocorre a interrupção da indicação verde para os veículos da via principal devido ao acionamento das botoeiras.

b) Totalmente atuado

O controle totalmente atuado provém do monitoramento da demanda de tráfego no cruzamento, por meio de implantação de detectores de tráfego em todas as suas aproximações, o que permite com que ocorra alterações nos tempos de estágios. Este tipo de controle segue o princípio básico da determinação do tempo de verde associado a cada estágio de sinalização, variando entre um valor mínimo e um valor máximo pré-estabelecidos.

O controle totalmente atuado pode permitir o ajuste em tempo real dos valores de alguns dos parâmetros de programação, como por exemplo, a prioridade a ser dada para uma aproximação congestionada.

2.3 DEFINIÇÕES DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DO HIGHWAY CAPACITY MANUAL (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD - TRB,2010)

O *Highway Capacity Manual - HCM* é uma publicação referência mundial em estudos de capacidade e Engenharia de Tráfego de vias rodoviárias. O manual é produzido e editado pelo *Transportation Research Board - TRB* que é uma divisão do conselho nacional de pesquisa norte americano, portanto é uma fonte de fé pública que se dedica a pesquisa.

O *Highway Capacity Manual* teve sua última versão lançada no ano de 2010, o HCM 2010. Tendo em vista que a maioria da prática de Engenharia de Tráfego no Brasil tem como uma das principais referências a edição do HCM lançado em 2000, este trabalho utiliza o HCM 2010 como lastro para a sua pesquisa de Engenharia de Tráfego através de ferramentas computacionais. O *software* utilizado para as pesquisas, o *Synchro*, também trabalha com o HCM 2010 para medições e cálculos de Engenharia de Tráfego. Portanto, todos os itens desde do 2.3.1 até 2.6 têm como referência o HCM 2010, que é o principal manual utilizado nesta pesquisa.

2.3.1 Fluxo Ininterrupto

Não possuem elementos fixos, caso dos semáforos, que possibilitam a obstrução do tráfego. Neste caso as condições do tráfego resultam apenas da interação entre veículos, das características geométricas e do meio ambiente da rodovia.

2.3.2 Fluxo Interrompido

São causados por elementos que provocam a obstrução do tráfego, caso de semáforos, placas pare ou dê a preferência.

2.3.3 Capacidade

Máxima taxa horária de fluxo de tráfego que pode ser escoada numa seção de via, por sentido ou para os dois sentidos no caso de vias com sentidos opostos, durante um dado período de tempo (geralmente de uma hora), nas condições que prevalecem na via e do tráfego.

2.3.4 Nível de serviço (LOS)

Mede qualitativamente o quanto a influência de diversos fatores pode interferir nas condições de funcionamento de uma determinada via, sujeita a vários volumes de tráfego. Entre elas: velocidade, tempo de percurso, interrupção de tráfego, liberdade de manobra e etc.

São seis níveis de serviço o A, B, C, D, E e F variando de 0 a 1 e são medidos pela relação da Equação 1:

$$LOS = \frac{v}{c} \quad (1)$$

Em que:

v = volume de tráfego (veic);

c = capacidade da via (veic).

2.3.4.1 Nível de serviço A (LOS A)

Corresponde a uma situação de fluidez do tráfego, com baixo fluxo de tráfego e velocidades altas, somente limitadas pelas condições físicas da via, como ilustrado na Figura 1. Os condutores não se sentem com necessidade de forçar uma determinada velocidade em função de outros veículos.

Figura 1- Nível de serviço A.



Fonte: HCM (2010).

2.3.4.2 *Nível de serviço B (LOS B)*

Corresponde a uma situação estável em que não se produzem mudanças bruscas na velocidade, ainda que esta começa a ser condicionada por outros veículos, mas os condutores podem manter velocidades de serviço razoável e em geral escolhem a faixa de tráfego por onde circulam. Neste caso, os limites inferiores de velocidade e fluxo que definem este nível são análogos aos normalmente utilizados para o dimensionamento de vias rurais, relação $0,35 < v/c \leq 0,5$. A Figura 2 ilustra o nível B.

Figura 2 - Nível de serviço B.



Fonte: HCM (2010).

2.3.4.3 *Nível de serviço C (LOS C)*

Equivalente a uma movimentação de veículo estável, contudo a velocidade e a manobrabilidade estão consideravelmente condicionadas pelo resto do tráfego. É mais difícil a realização de adiantamentos e troca de faixas, no entanto as condições de circulação são mais aceitáveis (Figura 3). Os limites inferiores de velocidade e fluxo são comparáveis aos normalmente utilizados para o dimensionamento de vias urbanas, relação $0,75 \geq v/c > 0,50$.

Figura 3 - Nível de serviço C.



Fonte: HCM (2010).

2.3.4.4 *Nível de serviço D (LOS D)*

Equivalente a uma situação que começa a ser instável, ou seja, que ocasiona trocas ríspidas e inesperadas de velocidade e a manobrabilidade dos condutores está bastante limitada pelo resto do tráfego (Figura 4). Estas situações forçam condutores a trocas importante na velocidade devido a pequenos aumentos no fluxo. Mesmo que a ocasião não seja cômoda, pode ser tolerada durante períodos não muito longos, relação $0,75 < v/c < 0,90$.

Figura 4 - Nível de serviço D.



Fonte: HCM (2010).

2.3.4.5 *Nível de serviço E (LOS E)*

Este nível de serviço crê que o tráfego é próximo da capacidade da via e as velocidades são baixas, assim como mostrado na Figura 5. As paradas são constantes, sendo instáveis e forçadas as condições de circulação, relação $1,0 \leq v/c > 0,90$.

Figura 5 - Nível de serviço E.



Fonte: HCM (2010).

2.3.4.6 *Nível de serviço F (LOS F)*

Este nível equivale a situação de circulação muito forçada, com velocidades baixas e filas frequentes que obrigam a detenções que podem ser prolongadas (Figura 6). Este exemplo corresponde a um completo congestionamento da via alcançado nas horas de pico, sobretudo em algumas vias das grandes cidades.

Figura 6 - Nível de serviço F.



Fonte: HCM (2010).

Sendo assim, o conceito de fluxo totalmente livre está associado ao Nível de Serviço A, enquanto que o Nível de Serviço F foi referido ao conceito de congestionamento completo. Por definição a Capacidade é a Máxima Taxa de Fluxo de Serviço para o Nível de Serviço E

2.4 PRINCÍPIOS BÁSICOS DO FLUXO DE TRÁFEGO (HCM,2010)

2.4.1 Medidas do fluxo de tráfego

2.4.1.1 A Velocidade Média Operacional – S

Maior velocidade média possível numa estrada, para um dado veículo e sob determinadas condições, ou seja, a mais alta velocidade com que o veículo pode percorrer em uma dada via atendendo às limitações impostas pelo tráfego, sob condições favoráveis de tempo, sem poder exceder a velocidade de projeto. Denominada no HCM como “*Average Travel Speed*” a Velocidade Média Operacional é calculada pela Equação 2, em que é relacionado o espaço percorrido por um veículo (d) e o tempo gasto em percorrê-lo (t), destas duas variáveis é obtido a terceira que é a velocidade (S).

$$S = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Em que,

S = Velocidade Média Operacional (km/h);

d = Distância (Espaço) a ser percorrida (km);

t = Tempo que o veículo leva para percorrer um determinado trecho (h).

2.4.1.2 *Velocidade de Fluxo Livre (FFS - Free Flow Speed)*

É definida como a velocidade média dos automóveis, em um determinado segmento de via, quando o fluxo de veículos é razoavelmente baixo, ou seja, para fluxos de até 1.400 veículos/h/faixa. Esta velocidade, deve, preferencialmente, ser encontrada em campo no segmento da via a ser analisada. Porém, quando isso não é possível fazer em campo, o HCM define procedimentos para que seja calculada de forma teórica. Contudo, a FFS não é parâmetro indicador do nível de serviço, e sim das condições físicas da rodovia. Por isso, não pode ser usada para o cálculo da Densidade de Tráfego. Ela é utilizada para definir qual o gráfico ou tabela que deve ser utilizada para os procedimentos de análise indicados no HCM.

2.4.1.3 *Volume - V*

Pode ser definido como medida do fluxo de veículos que passa por um ponto em uma faixa de rolamento ou por toda seção de uma rodovia, em espaço de tempo pré-definido. O volume horário indica o volume medido, classificado ou equivalente, ao longo de uma hora. Pode ser também referido a um período anual, diário, horário ou sub horário, pode ser dado pela Equação 3.

$$V = \frac{n^{\circ} \text{ de Veículos}}{t} \quad (3)$$

Em que,

V = Volume de veículo que passa por uma faixa de rolamento (veic);

t = Tempo que uma determinada quantidade de veículo passa em uma faixa de rolamento (h).

2.4.1.4 *Taxa de Fluxo - v*

É uma medida do fluxo horário de veículos e deve ser distinguido do Volume Horário. Assim sendo, enquanto o Volume Horário representa a quantidade total de veículos que passa em determinada seção de controle em uma hora, a Taxa de Fluxo representa um fluxo horário equivalente, constituído pela quantidade de veículos que passaria na seção de controle se todos

os quartos de hora tivessem um fluxo igual ao do quarto de hora mais carregado dentro do intervalo horário considerado. O fluxo de veículos dado pela Equação 4.

$$v = 4 * V_{15min} \quad (4)$$

Em que:

v = Taxa de fluxo (veic/h);

V_{15min} = Volume correspondente ao período de 15 minutos de maior carregamento.

2.4.1.5 Densidade - D

Número de veículos que ocupa uma certa extensão de uma faixa de rolamento ou de toda pista da rodovia, transformado em média em relação à esta extensão, comumente expressa em *veículos/km*. Pode ser obtida por fotografias aéreas ou filmagens em vídeo e também calculada pela relação entre a intensidade de fluxo de veículos, em determinado período e a velocidade média operacional destes veículos medida no mesmo período e local de levantamento do fluxo representado pela Equação 5.

$$D = \frac{v}{S} \quad (5)$$

Em que:

D = Densidade de tráfego (veic/km);

v = Taxa de Fluxo (veic/h);

S = Velocidade média operacional (km/h).

2.4.2 Fator de pico horário (PHF):

Variação do volume de tráfego ao longo de uma hora de análise, o que acontece também na hora de pico. Essa variação pode ser significativa, concentrando o volume da hora de pico, fazendo com que as análises que não considerem tal variação, sejam distorcidas. Pode-se medir esta flutuação do tráfego ao longo da hora de maior movimento, utilizando-se o fator de pico hora (FHP) dado pelas Equações 6 e 6.1.

$$FHP = \frac{\text{Volume horário (V)}}{\text{taxa de fluxo no pico (dentro da hora)}} \quad (6)$$

$$FHP = \frac{V}{4 * V_{15 \text{ MÁXIMO}}} \quad (6.1)$$

Em que:

FHP = Fator hora pico

V = Volume horário (veíc/h)

V_{15} = Volume durante o pico de 15 minutos do pico da hora, em veículos/ 15 minutos

2.4.3 Atrasos

O DENATRAN (2014) define atraso como um indicador utilizado para mensurar a espera imposta aos veículos pela sinalização semafórica. Assim, ele seria a diferença entre o tempo que um veículo gasta ao percorrer um trecho que tenha controle semafórico e o mesmo trecho com fluxo ininterrupto, mantendo a mesma velocidade.

Já o HCM 2010 tem diversas considerações acerca de atrasos, podendo estes acontecer também em função da geometria das intercessões, número de acessos e curvatura destas. Intercessões de quatro aproximações não semaforizadas tem atrasos desconsiderados, o que é diferente em rotatórias.

Para o cálculo do atraso médio em intercessões semaforizadas, segundo o HCM 2010, será utilizado a Equação 7:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (7)$$

Em que:

d = atraso de controle nas interseções semaforizadas (s/veic);

d_1 = atraso uniforme (s/veic);

d_2 = atraso incremental (s/veic); e

d_3 = atraso da fila inicial pelos veículos remanescentes do ciclo anterior que não puderam ser atendidos pelo tempo de sinal verde (s/veic).

2.5 DEFINIÇÃO DE VIAS URBANAS (HCM,2010)

O HCM 2010 classifica o sistema de vias urbanas, de acordo com as suas funções, em: arteriais, coletoras e locais. A via arterial tem como proposta primária permitir a mobilidade dos veículos, conectando-os entre vias coletoras e arteriais. A via arterial também deve permitir que os veículos acessem locais nas adjacências às vias, o que caracteriza um fluxo interrompido.

A via coletora tem com propósito promover o acesso e a mobilidade de áreas residenciais, comerciais e industriais. A coletora também tem a função de fazer a conexão com outras vias coletoras ou arteriais e locais, utilizando sinalização semafórica ou não em suas interseções. As vias coletoras têm o acesso como função mais importante do que na arterial, que promove mais o fluxo.

Por fim, as vias locais têm como função primária proporcionar acesso à locais adjacentes. As vias locais também proporcionam conexões com vias coletoras, geralmente com interseções não semaforizadas.

Além da classificação funcional das vias, O HCM classifica os elementos das vias rodoviárias em seis elementos principais, do menor para o maior são:

- Pontos;
- Segmentos;
- Instalações;
- Corredores;
- Áreas e;
- Sistemas.

2.5.1 Pontos

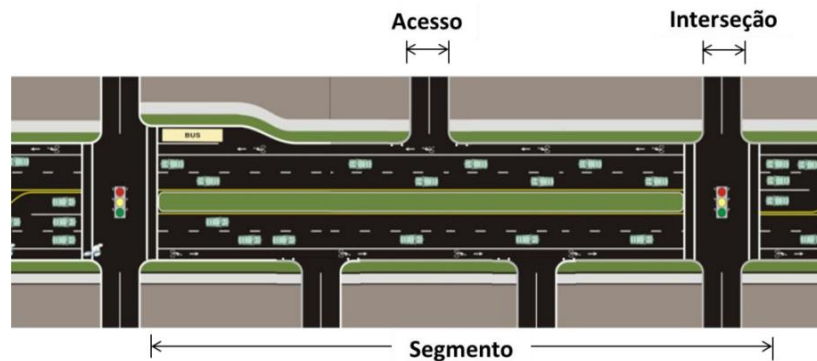
Pontos são locais ao longo de instalações onde o tráfego se conflita, converge ou diverge. Locais onde o tráfego é regulado por algum controle de tráfego ou há uma significativa mudança da capacidade no segmento (diminuição de faixa, adição de faixa, ponte estreita, aumento significativo, começo ou fim de rampas de acesso).

2.5.2 Segmentos

Um segmento é a extensão de rodovia que existe entre dois pontos. Os volumes de tráfego e as características físicas geralmente mantêm-se as mesmas durante todo o segmento,

apesar de algumas pequenas alterações poderem ocorrer (ex.: mudança nos volumes de tráfego em um segmento de uma pista com baixo volume). Segmentos podem ou não ser direcionais. O HCM (2010) define segmentos básicos de autoestrada, segmentos de entrelaçamento de autoestrada, junção de autoestrada com diversos segmentos e segmentos de vias urbanas (Figura 7).

Figura 7 - Segmento de uma via urbana e seus elementos.



Fonte: Samboni (2014).

2.5.3 Instalações

Instalações são extensões de rodovias, ciclovias e passagem para pedestres compostos por uma série de pontos e segmentos conectados. As instalações podem ser ou não direcionais e são definidas por um ponto inicial e outro final. O HCM (2010) define: instalações de autoestrada, instalações de rodovias de faixas múltiplas, instalações de rodovias de duas faixas, instalações de vias urbanas e instalações para pedestres e bicicletas.

2.5.4 Corredores

Corredores são, em geral, um conjunto de duas instalações de transporte paralelas desenvolvidas para mover pessoas entre duas localidades.

2.5.5 Áreas

Consistem em um conjunto interconectado de instalações de transporte oferecendo movimentações em um determinado espaço geográfico, assim como movimentos de ida ou volta para áreas adjacentes.

2.5.6 Sistemas

Sistemas são compostos por todas as instalações de transporte em todos os modais de uma região em particular.

2.6 NÍVEL DE SERVIÇO PARA VIAS URBANAS (HCM,2010)

Para determinar o nível de serviço no HCM 2010 o parâmetro principal é a relação entre a velocidade de fluxo livre-base e velocidade média do percurso, assim como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Nível de serviço para vias urbanas no HCM 2010.

Velocidade de percurso como uma porcentagem da Velocidade de fluxo livre base (%)	Nível de Serviço - Relação entre volume máximo e capacidade (v/c)
	≤ 1.0
>85	A
>67-85	B
>50-67	C
>40-50	D
>30-40	E
≤30	F

Nota: Se a razão entre o volume máximo e a capacidade é maior que 1(um) ($v / c > 1.0$), o Nível de serviço é F.

Fonte: HCM (2010).

Os valores de velocidade de fluxo livre base devem ser calculados para cada segmento ou trecho de via urbana estudada.

2.7 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Derivada do latim “*simulatus*”, ou seja, “imitar”, a palavra simulação tem como significado a imitação de uma situação real, por meio de uso de modelos, e tem como intuito a reprodução de comportamento e as interações de elementos de um mesmo sistema para que assim se permita uma prévia avaliação de sua performance (COELHO, 2009). O mesmo autor afirma ainda que a simulação de tráfego é uma ferramenta de análise muito eficiente e auxilia profissionais da área de transporte a planejar, projetar, operar, manter e aperfeiçoar tanto sistemas de vias quanto sistemas de sinalização.

Para Coelho (2009), o modelo de simulação, por suas características de aleatoriedades, incorpora a variabilidade da demanda ao longo do tempo. Assim, o modelo se torna mais representativo. Por fim, segundo o autor, o processo de simulação resumidamente pode ser dividido nas seguintes etapas:

- Identificação dos problemas específicos ou pontos críticos dentro de um sistema;
- Escolha de abordagem e de modelo de Simulação em função da etapa anterior;
- Obtenção dos dados e criação de modelo real ou dos modelos hipotéticos;
- Desenvolvimento computacional das simulações;
- Análise de saída.

Coelho (2009), afirma ainda que, o processo de simulação conforme pode ser dividido em três tipos de abordagens definidas tecnicamente pela teoria de fluxo de tráfego, sendo elas: abordagem macroscópica, abordagem mesoscópica e abordagem microscópica. Para o presente trabalho foi utilizado as abordagens macroscópica e microscópica conhecidas como macrossimulação e microssimulação, respectivamente.

2.7.1 Macrossimulação

A macrossimulação aborda o fluxo de tráfego como um fluido em uma rede, conduzido pelas leis da hidrodinâmica, o que resulta em características empregadas nas formulações de ondas de choque, em que a individualidade dos veículos é desprezada. Este modelo de simulação foi desenvolvido por Greenberg, Lighthill, Whitham e Richards (COELHO, 2009).

Conforme Araújo (2003), a macrossimulação avalia o tráfego de seção a seção ou trecho a trecho. Além disso, ela consome um menor volume de dados em comparação com modelos

microscópicos e, no geral, é mais simples e exige menos esforço computacional para ser executada. Assim, sua aplicação e manutenção são mais rápidas e acessíveis, sendo apropriada para modelagem de grandes redes.

Outra característica importante da macrossimulação, é que as relações entre dados de entrada e as estimativas de saída são diretas. Assim, o usuário possui maior controle sobre a estimação de resultados e como consequência prática, a calibração de modelos macroscópicos é mais simplificada que dos modelos microscópicos (ARAÚJO, 2003).

2.7.2 Microssimulação

Coelho (2009), afirma que a microssimulação prioriza as características individuais dos veículos, os quais são regidos pelas Leis de Perseguição entre eles, e as interseções são complexas e detalhadas. Essa abordagem foi originalmente desenvolvida por Reuschel e Pipies e teve as Leis de Perseguição aprimoradas por Kometani, Sasaki e Herman.

Araújo (2003), faz uma definição análoga a de Coelho (2009), quando afirma que a microssimulação representa as entidades no tráfego individualmente. Assim, aferem explicitamente as intervenções veículo a veículo. Este modelo de simulação assume que a movimentação e as interações dos veículos na via são desenvolvidas em duas direções: longitudinalmente ao longo do arco; e transversalmente através das faixas na pista.

Segundo Lima (2007), as teorias de fluxo de tráfego buscam a partir de formas matemáticas as interações entre os veículos, vias e elementos da infraestrutura, como semáforos e sinalizações. A abordagem da simulação microscópica, ou simplesmente microssimulação, avalia o tráfego veículo a veículo e as suas alusivas interações. Neste tipo de abordagem, os veículos são medidos como partículas sem massa.

2.8 PACOTE DE SIMULAÇÃO *SYNCHRO*

O pacote *Synchro Studio* é constituído de três *softwares* utilizados para simular o tráfego rodoviário, que são: *Synchro*, *SimTraffic* e *3D Viewer*. Segundo Dalprá (2011), os *softwares* contidos no *Synchro Studio* apresentam simplicidade na entrada de dados, o que os torna de fácil utilização, fazendo com que cada vez mais tenha adeptos entre os profissionais da Engenharia de Tráfego.

Dalprá (2011) afirma que o *Synchro* foi originalmente concebido para modelar os tempos semafóricos em vias arteriais e depois mostrar uma versão animada do tráfego nestas vias simuladas. Com o tempo o pacote foi recebendo mais atenção na parte da simulação de tráfego. Apesar das limitações técnicas em relação aos demais *softwares* de simulação de tráfego, o *Synchro* apresenta as seguintes características positivas: simplicidade, confiabilidade, disponibilidade, utilização prévia em demais trabalhos acadêmicos. Essas características positivas superam as limitações e fazem com que o *software* seja adequado ao trabalho.

2.8.1 Programas do *Synchro Studio*

Os programas contidos no pacote *Synchro Studio* dão ao usuário a oportunidade de realizar modelagem, simulação, otimização e gerenciamento de redes de tráfego viário. Os três principais programas do pacote são os seguintes:

- *Synchro*: programa destinado a otimização e análise macroscópica;
- *SimTraffic*: programa que realiza microssimulação de tráfego a partir da modelagem do *Synchro*.
- *3D Viewer*: produz animações em três dimensões para os modelos microssimulados no *SimTraffic*.

Segundo a Trafficware (2014), os programas *Synchro* e *SimTraffic* foram desenvolvidos para trabalharem juntos, como modelos companheiros. O *Synchro* pode ser usado para a determinação dos níveis de serviço e atrasos, enquanto o *SimTraffic* para simular condições da vida real, gerar relatórios ou até somente para produzir animações.

A Trafficware (2014) também aponta que se há a intenção de se usar o *SimTraffic*, deve-se antes determinar a finalidade deste uso, pois as entradas de dados variam de acordo com a finalidade do uso. Se a finalidade do uso for a simulação de parâmetros da vida real, o *software* necessita de ter a calibração adequada.

2.9 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo o IBGE o município apresenta uma população estimada para o ano de 2016 de 108.885 habitantes sendo considerada como uma cidade de porte médio pois está sob a

influência da capital regional Marabá, no entanto, exerce influência sobre várias cidades menores em seu entorno.

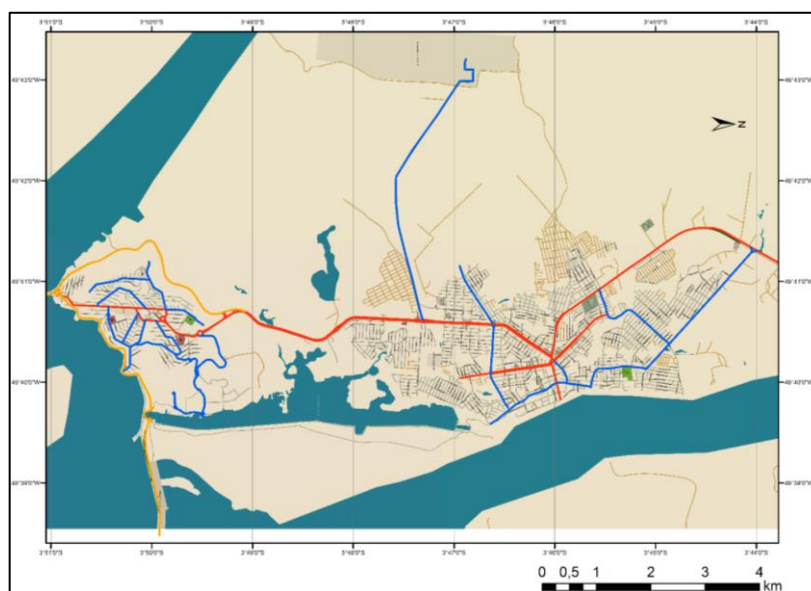
O município apresenta uma frota de 29.370 veículos motorizados, com destaque para o número de motos (motocicletas, motonetas, triciclos) que chega a 17.816, o que corresponde a mais de 50 % da frota do município (DENATRAN, 2016).

2.9.1 Características da interseção estudada

A interseção estudada é o cruzamento de uma importante via arterial de Tucuruí, a Avenida 7 de Setembro, com continuação na Rua Icoaraci, com uma também importante via coletora, a Avenida Tancredo Neves. É um trecho que recebe bastante tráfego de origem/destino do centro da cidade e de bairros como Cohab, São Francisco, São Sebastião, Santa Mônica, Matinha, Vila Pioneira e Jardim Marilucy.

A classificação de vias arteriais e coletoras foi definida pelo plano diretor do município de Tucuruí (2006). Para melhor visualização destas vias no contexto atual do município Serejo e Lima Neto (2016) produziram um mapa atual georreferenciado ilustrado na Figura 8, onde as vias marcadas em vermelho são as arteriais, as em azul coletoras, as em laranja são rodovias e as demais são vias locais.

Figura 8 - Mapa Georreferenciado de Tucuruí e suas vias rodoviárias.

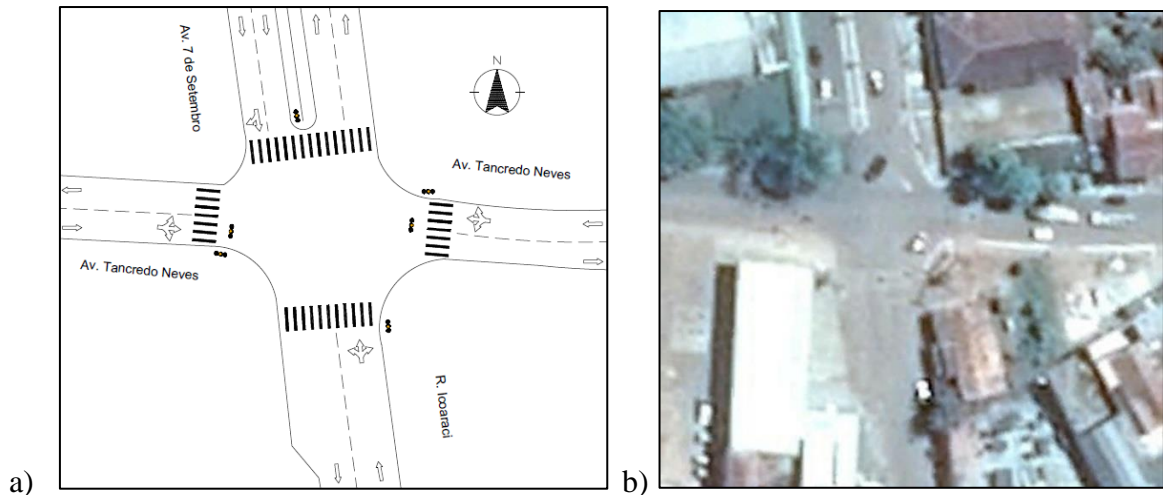


Fonte: Serejo e Neto (2016).

A interseção estudada tem quatro aproximações com tráfego em todas direções e é controlada por sinalização semaforizada temporizada de quatro estágios. No sentido norte/sul

está a via arterial Av. 7 de setembro e a R. Icoaraci, no sentido leste/oeste está a Av. Tancredo Neves. A Figura 9.a e 9.b ilustram respectivamente um desenho da interseção, suas faixas e aproximações e uma imagem de satélite do local.

Figura 9 - Desenho e imagem de satélite da interseção.



Fonte: Serejo e Lima Neto (2016).

2.10 DESCRIÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS QUE UTILIZARAM SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO EM ÁREAS URBANAS

2.10.1 Análise de sensibilidade do modelo *SimTraffic* aos parâmetros de caracterização do perfil dos motoristas

Trabalho de conclusão de curso produzido por Dalprá (2011), aborda a importância das diversas características dos condutores e seus comportamentos nas vias de Porto Alegre – RS, utilizando o *software* de microsimulação *Synchro*. O trabalho apresenta três tipos de simulação de tráfego, macro, meso e microsimulação e suas principais diferenças.

Os modelos de simulação empregados neste trabalho, descrevem a operação do sistema em dois formatos: estatístico e gráfico. Os resultados numéricos fornecem descrições quantitativas detalhadas do que é provável de acontecer. Já as representações gráficas fornecem subsídios para o observador de forma que este possa compreender o comportamento do sistema. Como resultado mais relevante, a variação do parâmetro Fator de Calibração pode causar razoáveis variabilidades nos tempos de viagens para redes com altos níveis de

congestionamento, apresentando neste estudo um valor de 19%, que é significativo, considerando que a simulação pode ser usada como parâmetro para tomada de decisões. A partir das informações geradas pelas ferramentas computacionais o presente trabalho afirma que quanto maior o nível de saturação das vias, mais importante é a calibração dos parâmetros que caracterizam o condutor.

2.10.2 Simulação como apoio a tomada de decisão para a solução de problemas causados pelos gargalos formados no trânsito

Este artigo produzido por Guidorizzi *et al* (2009), explica como abordar um problema de tráfego urbano por meio da ferramenta computacional *Synchro*. Buscando soluções para o problema, os autores exibem alguns caminhos e possibilidades da aplicação das faculdades utilizadas na Engenharia de Produção.

O estudo foi realizado em uma interseção da cidade de São Bernardo do Campo – SP, por ser uma região que apresenta extensas esperas nos semáforos e ainda baixa velocidade média das vias. O artigo empregou como método a inclusão de dados locais e suas abrangências. Sendo assim, para que fosse possível a análise de um sistema conceitual como se este fosse real, foi imprescindível a aplicação de técnicas como: Programação Linear, Programação Inteira e Mista e Programação Dinâmica para a viabilização de análise.

Com a utilização desses recursos e após estudo, chegaram a uma solução plausível que envolveu alterações de tempos semaforicos e possível criação de retornos no local de estudo. E como resultado, os autores obtiveram a redução de 2.065 para 685 metros no comprimento total das filas formadas no cruzamento de estudo, além de uma redução na quantidade média de paragens por veículo no semáforo de 3,44 para 0,88 e aumento médio de 11 Km/h na velocidade média das vias.

O pacote *Synchro/SimTraffic* foi de grande utilidade para estes e outros trabalhos na avaliação de vias e interseções em áreas urbanas tornando-se em uma ferramenta de simulação computacional muito eficiente, pois, é capaz de representar em escala microscópica a realidade de diferentes situações do sistema viário além de fazer projeções futuras. Desta maneira o pacote *Synchro/SimTraffic* é empregado em situações complexas, que seriam difícil de serem realizadas por metodologia simples, sendo, portanto, fundamental a sua utilização.

3 MÉTODO

O método descrito neste capítulo ilustra quais foram os parâmetros levados em consideração para a realização da simulação da interseção pesquisada no *Synchro* e no *SimTraffic*, adaptando o que foi coletado em campo para os valores utilizados pelos *softwares*, assim como projeções e cenários alternativos. Neste capítulo, alguns resultados são mostrados, entretanto os resultados preliminares apresentados neste capítulo são relativos à dados necessários que foram introduzidos nos programas, então, o programa gerou os resultados relativos a pesquisa

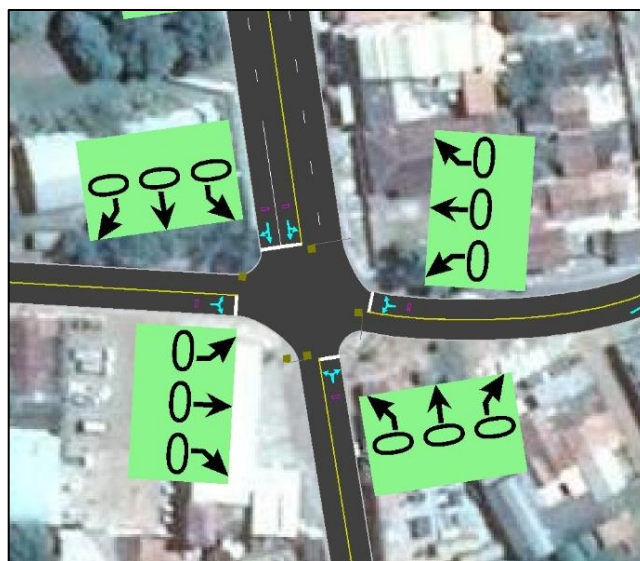
3.1 MODELAGEM DA INTERSEÇÃO

Para a modelagem da interseção no *Synchro* foram utilizadas imagens de satélite oriundas do *software* comercial *Google Earth* que possui imagens de toda a área urbana de Tucuruí-PA capturadas no dia 1 de julho de 2016. Já no *Synchro*, a imagem de satélite foi importada como imagem de fundo com resolução espacial de 50 cm. A partir disso, a interseção e todas as suas aproximações foram modeladas dentro do *software*, respeitando todas as suas características geométricas e planialtimétricas. Também foi observado o conceito do HCM (2010) de pontos e segmentos, como pode ser visto nas Figuras 10 e 11. A Figura 11 apresenta setas nas faixas de trânsito incompletas neste momento, pois não se aplicaram os volumes ainda.

Figura 10 - Modelagem da interseção no Synchro.



Figura 11 - Detalhe da modelagem da interseção.



3.2 DADOS VOLUMÉTRICOS DA INTERSEÇÃO (CENÁRIO PADRÃO)

A pesquisa de iniciação científica feita por Serejo e Lima Neto (2016) coletou dados volumétricos da interseção estudada neste trabalho com auxílio de vídeo. A contagem foi feita em um dia de quarta-feira de maio de 2016, um dia típico, ideal para coleta volumétrica em interseções. O horário escolhido para a coleta foi entre 10:45 – 12:45, pois segundo Serejo e Lima Neto (2016) este horário pegava uma movimentação de horário de almoço e saída de escolas.

A coleta de dados classificou os veículos em: carros, motos, ônibus e caminhões. Considerou-se na contagem que todos os carros de passeio e caminhonetes como carros, todos os caminhões de dois e três eixos como caminhões, todos os ônibus e micro-ônibus grandes como ônibus e por fim todas as motocicletas, motonetas e triciclos como motos. Para fins de simplificação, todos os caminhões foram considerados caminhões de três eixos (o pior cenário).

Serejo e Lima Neto (2016) converteram todos os volumes classificados para volumes de tráfego equivalente em Unidades de Carro de Passeio – UCP, seguindo as recomendações do DENATRAN em seu Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Volume V – Sinalização Semafórica. Para fazer isso, multiplicou-se cada categoria por um fator de equivalência contido na Tabela 2.

Tabela 2 -Fatores de equivalência UCP.

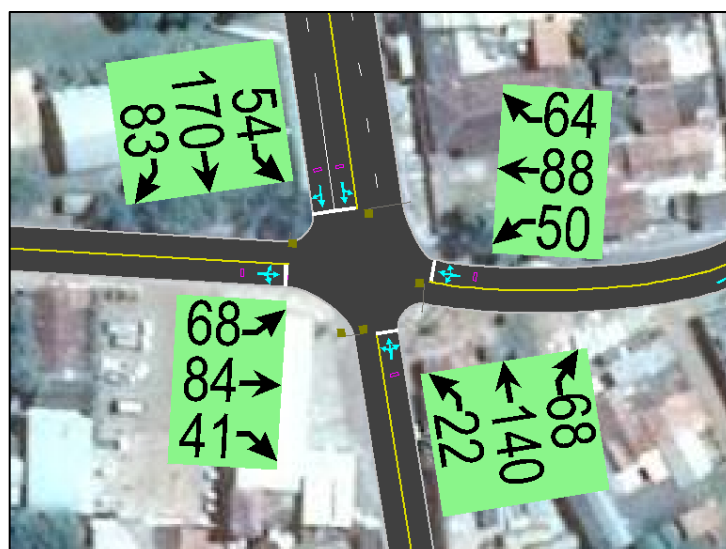
TIPO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA
Automóvel	1
Moto	0,33
Ônibus	2
Caminhão (2 eixos)	2
Caminhão (3 eixos)	3

Fonte: DENATRAN (2012).

Foi observado no trabalho de Serejo e Lima Neto (2016) que a hora de pico da pesquisa ficou entre 11:00 – 12:00. A partir destes dados preliminares foram aplicados os dados no modelo do *software*, todos os valores da contagem são encontrados no Anexo C.

O *software* trabalha o tráfego de diferentes tipos de veículos, deste modo, o fator de equivalência não foi aplicado no modelo de macro e microsimulação. No *Synchro* os dados volumétricos iniciais para as análises são em veículos por hora (vph). Assim, foram utilizados como entrada padrão no *software*. A Figura 12 mostra a interseção pesquisada já modelada e com os dados volumétricos aplicados.

Figura 12 - Dados volumétricos aplicados ao modelo do Synchro.



3.2.1 Veículos pesados (caminhões)

Os veículos pesados são incluídos no programa por meio de porcentagem, ou seja, a quantidade de veículos pesados contados foi dividida pela quantidade de UCP/h para cada

direção de tráfego. A Tabela 3 traz a relação percentual de veículos pesados utilizados nesta análise para cada direção de tráfego, considerando o seu peso em UCP.

Tabela 3– Porcentagem de veículos pesados na interseção.

Av.7 de Setembro			Av. Tancredo Neves		
Aproximação: Norte (Rumo a Sul)			Aproximação: Leste (Rumo a Oeste)		
Direita	Em Frente	Esquerda	Direita	Em Frente	Esquerda
6%	2%	7%	3%	6%	4%
R. Icoaraci			Av. Tancredo Neves		
Aproximação: Sul (Rumo a Norte)			Aproximação: Oeste (Rumo a Leste)		
Direita	Em Frente	Esquerda	Direita	Em Frente	Esquerda
4%	4%	5%	2%	4%	3%

Fonte: Serejo e Lima Neto (2016).

3.2.2 Ônibus

O *software Synchro* trabalha com os ônibus de uma forma diferente dos outros veículos, ele não considera em suas configurações a quantidade volumétrica de ônibus na via, mas sim utiliza um fator chamado *Bus Blockages* (bloqueios por ônibus). Este fator é a quantidade de vezes que os ônibus pararam em pontos de ônibus por hora.

Na interseção pesquisada, há dois pontos de ônibus em suas proximidades. Um na aproximação oeste (Av. Tancredo Neves), recebendo os ônibus oriundos da aproximação norte (Av. 7 de Setembro) e da aproximação leste (Av. Tancredo Neves), o ponto fica a 60 metros, na direção oeste, do centro da interseção (ponto 1 na Figura 13).

O outro ponto de ônibus que fica na aproximação sul (R. Icoaraci) e recebe ônibus oriundos da própria R. Icoaraci e também da aproximação norte (Av. 7 de Setembro). Diferentemente da outra parada citada acima, este ponto fica próximo a interseção, em adjacência com a faixa de pedestres (ponto 3 na Figura 13).

Ambos os pontos têm paradas de ônibus nas duas direções, esquerda e direita. Porém, as paradas de ônibus, pelo observado em campo, não são simétricas há depender da direção que o ônibus está percorrendo. A Figura 13 ilustra os pontos de parada de ônibus na interseção, fazendo uma classificação numérica entre elas.

Figura 13 – Pontos de parada de ônibus na interseção.

Levando em consideração as características dos pontos de ônibus e utilizando os dados levantados por Serejo e Lima Neto (2006), observou-se que cerca de 70% do volume de ônibus contados em campo eram da Viação Tucuruí, a empresa responsável pelo transporte de ônibus urbanos em Tucuruí. Foi considerado também que todos estes efetuaram paradas nos pontos de ônibus (situação mais desfavorável). Assim sendo, obteve-se o número de bloqueios de ônibus por hora para o modelo do *Synchro*, dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Número de bloqueios por ônibus por hora.

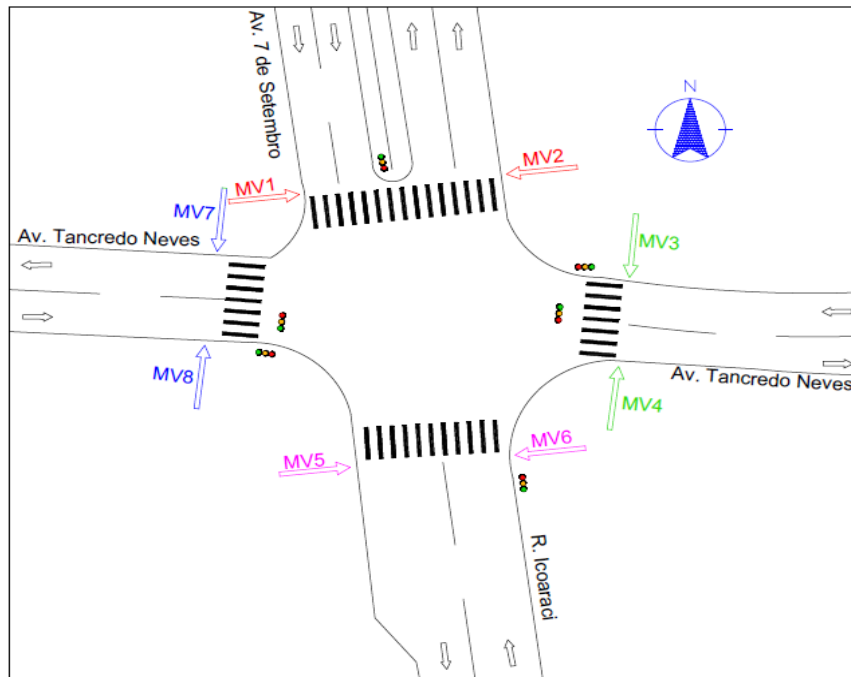
	Pto. 1 (#/h)	Pto. 2 (#/h)	Pto. 3 (#/h)	Pto. 4 (#/h)
Av. Tancredo Neves	7	9	-	-
R. Icoaraci	-	-	2	1

3.2.3 Pedestres

A pesquisa de contagem volumétrica de veículos foi feita por meio de filmagem de cada interseção por duas horas. Foi utilizada a mesma filmagem para contabilizar a quantidade de pedestres que atravessaram as vias.

Os movimentos dos pedestres foram divididos em 8 (oito) diferentes movimentos na contabilização. A Figura 14 traz o desenho da interseção com os movimentos dos pedestres já classificados com legendas que vão de MV1 a MV8, representando movimento 1 (um) a movimento 8 (oito).

Figura 14 - Classificação dos movimentos de pedestres.



Após a contabilização do volume de pedestres na hora de pico, obteve-se os resultados volumétricos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Volume de pedestres por hora na interseção.

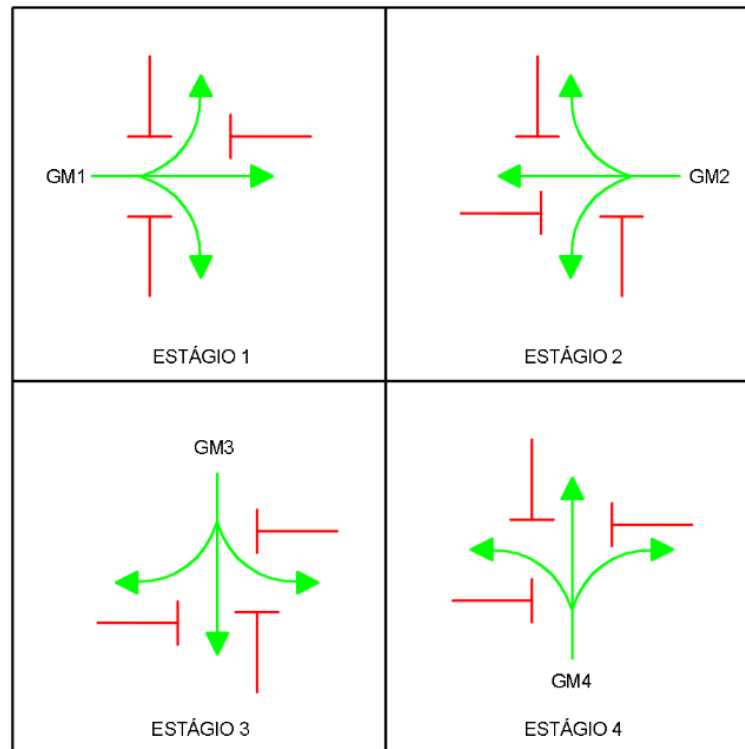
Movimento	Sentido	Nº de pedestres/h
MV1	Tancredo Neves (Oeste /Leste)	1
MV2	Tancredo Neves (Leste/Oeste)	6
MV3	7 de setembro/Icoaraci (Norte/Sul)	26
MV4	Icoaraci/7 de Setembro (Sul/Norte)	18
MV5	Tancredo Neves (Oeste/Leste)	7
MV6	Tancredo Neves (Leste/Oeste)	5
MV7	7 de setembro/Icoaraci (Norte/Sul)	7
MV8	Icoaraci/7 de Setembro (Sul/Norte)	2

No Synchro os volumes de pedestres são incluídos na aba destinada a configurações do HCM 2010. Estas configurações e outras calibrações são melhores abordadas no item 3.5. No trabalho, os pedestres foram incluídos para melhorar o resultado obtido pelo programa, entretanto os resultados específicos para o nível de serviço destinados aos pedestres não estarão no escopo dos resultados.

3.3 TEMPOS SEMAFÓRICOS

Os tempos semafóricos da interseção foram cronometrados em campo e se dividem em quatro estágios, onde cada estágio libera um grupo de movimentos (GM) e restringe os outros. A interseção possui também quatro grupos de movimentos assim como indicado no diagrama de estágios da Figura 15.

Figura 15 -Diagrama de estágios da interseção.



Cada estágio foi cronometrado três vezes e a média dos tempos semafóricos destas cronometragens foram utilizadas para a confecção do diagrama de intervalos luminosos, assim como mostra o Quadro 1. Estes intervalos foram usados como base para as simulações no *Synchro*.

Quadro 1 - Diagrama de intervalos luminosos da interseção.

Instante (s)	1	10	11	13	15	29	32	34	48	51	53	67	70			
GMI																
GMI																
GMI																
GMI																
Intervalos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Duração (s)	10	3	1	15	3	1	15	3	1	15	3	1				
% Ciclo	14%	4%	1%	21%	4%	1%	21%	4%	1%	21%	4%	1%				
Estágios	1				2				3				4			

3.4 PROJEÇÃO DE FROTA

Para o cálculo da projeção de frota do município de Tucuruí, foi utilizando a metodologia de Cenários Tendências – método direto de acordo com o DETRAN (2010). O método Direto estabelece uma função (Equação 9) do número de veículos registrados anualmente, e então se projeta esta função para que sejam obtidos valores para anos à frente. Para este trabalho foram estipulados cenários de 5 (cinco), 10 e 15 anos no futuro para as projeções de volume de tráfego, aplicando estas ao modelo computacional. Para este trabalho foram estipulados cenários de 5 (cinco), 10 e 15 anos no futuro para as projeções de volume de tráfego, aplicando estas ao modelo computacional.

3.4.1 Fórmulas para o Cálculo da projeção da Frota de Veículos

Para a projeção da frota de Tucuruí foram utilizadas duas fórmulas matemáticas. Na primeira parte, calcula-se a taxa geométrica de incremento anual da frota de veículos, a qual mostra o ritmo de crescimento anual experimentado pela frota num determinado período de tempo, assim obtêm-se em percentual o quanto a frota cresceu ao longo dos anos (DETRAN, 2010), conforme a Equação 8.

$$T = \left[\left(\sqrt[n]{\frac{P_{(n+1)}}{P_{(n)}}} \right) - 1 \right] * 100 \quad (8)$$

Em que:

$P_{(n+1)}$ = Frota no Final do Período;

$P_{(n)}$ = Frota no Começo do Período considerado;

n = número de anos no Período.

Para finalidade de cálculo, foram utilizados dados do DENATRAN no intervalo de outubro de 2015 a outubro de 2016 e a partir da equação acima foi possível obter uma taxa de crescimento de anual da frota de veículos para Tucuruí de 6,72% a.a. Optou-se por trabalhar com esta taxa por ser mais conservadora diante a taxa apresentada na projeção histórica do DETRAN/PA (2010), que foi de 12% de crescimento a.a.

Com base no quanto a frota evoluiu em percentual, é calculado a projeção do crescimento para o período posterior utilizando a Equação 9 (DETRAN, 2010).

$$F = (T * P_{(n+1)}) + P_{(n+1)} \quad (9)$$

Em que

F: frota a ser projetada;

T: Taxa de crescimento da frota;

$P_{(n+1)}$: Frota no Final do Período;

n : número de anos no Período.

A partir das fórmulas 8 e 9 e do uso de dados do DENATRAN foi possível fazer uma estimativa da projeção da frota nos intervalos propostos após o ano de 2016, ou seja, os anos de 2021, 2026 e 2031, onde foi possível observar o aumento da frota no espaço de 5 anos e suas respectivas taxas de crescimento, como apresentado nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Projeção da frota de Tucuruí-PA em intervalos de cinco anos.

Frota		Taxa de Crescimento	Projeção de Frota		
2015	2016		2021	2026	2031
27.555	29.407	6,72%	40.710	56.358	78.020

Tabela 7 - Aumento da frota de Tucuruí-PA e taxa de crescimento.

Intervalo	5 anos	10 anos	15 anos
Aumento de Frota	11.303	26.951	48.613
Taxa de Crescimento	38%	92%	165%

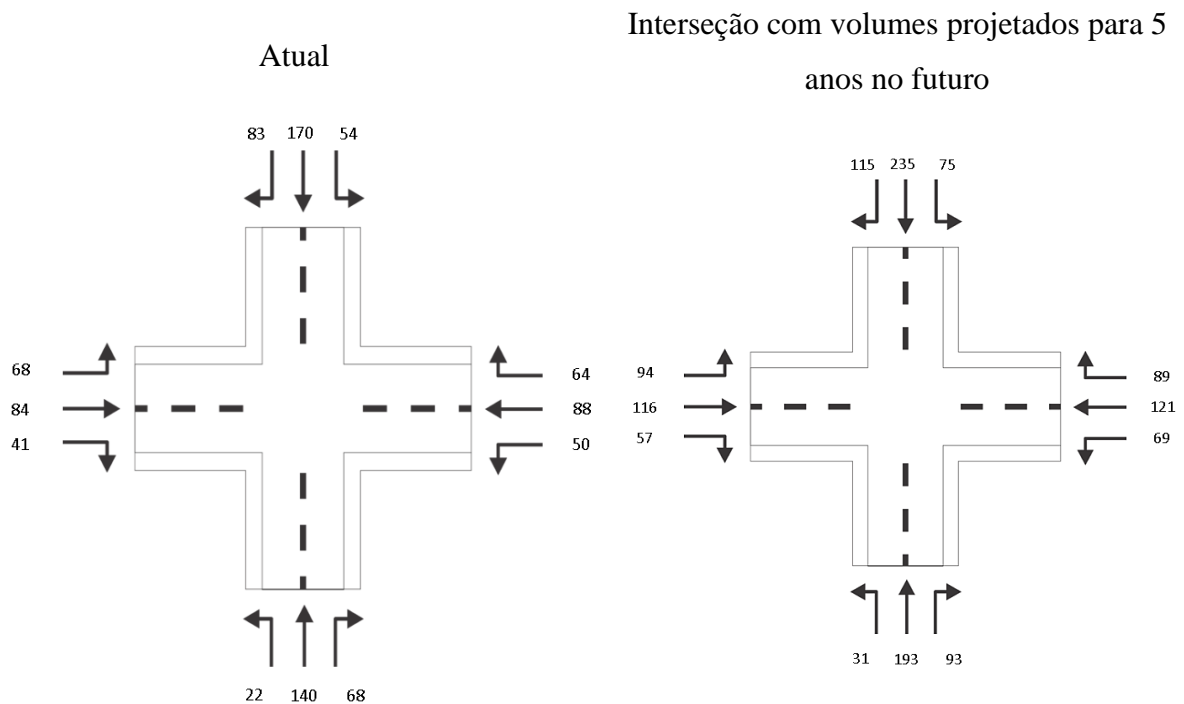
3.4.2 Aplicação da taxa de crescimento na interseção estudada

O estudo e cálculo da projeção da frota de veículos de Tucuruí foi feita com a intenção de aplicar estes dados à interseção estudada para, enfim, aplicar no modelo de microsimulação. A aplicação destes dados foi feita através dos valores percentuais de taxa de crescimento obtidas na Tabela 7, multiplicando estas ao volume veicular em cada aproximação.

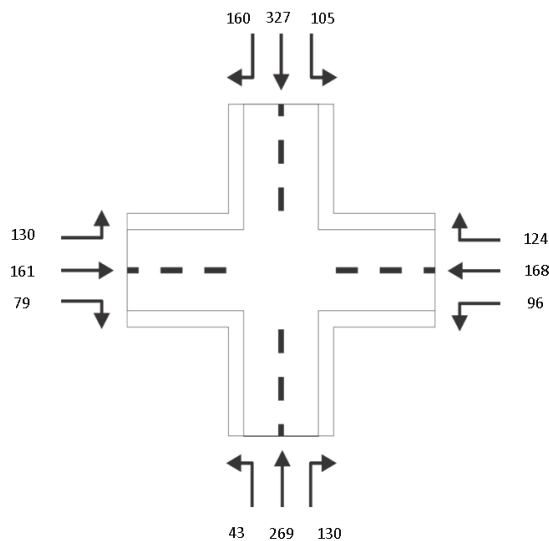
Para esta estimativa foi desconsiderado um possível aumento na percentagem de veículos pesados e o número de bloqueios de ônibus por hora. Portanto, a taxa de crescimento de frota foi multiplicada apenas pelo volume de veículos por hora já aplicados no modelo microsimulado no *Synchro*.

O Quadro 2 traz uma representação dos volumes e movimentos extrapolados nos intervalos de 5 (cinco), 10 e 15 anos. As projeções de 10 e 15 anos já apresentam volumes consideravelmente altos em relação ao recolhido em campo por Serejo e Lima Neto (2016), porém deve-se ter em mente que estes volumes projetados levam apenas fatores matemáticos simples para a estimativa.

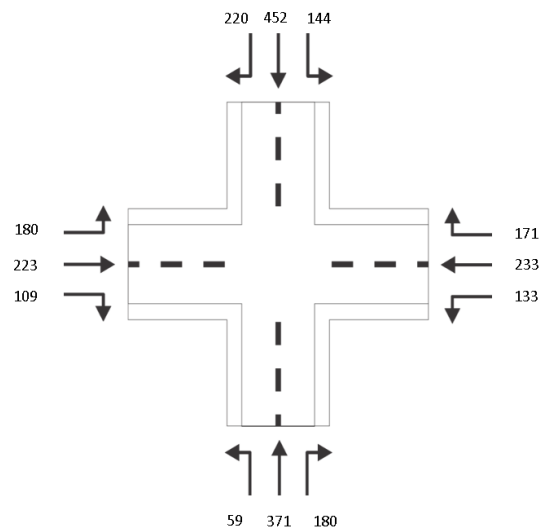
Quadro 2 - Intercessões com os volumes atuais e projetados para 5 (cinco) 10 e 15 anos no futuro.



Interseção com volumes projetados para 10
anos no futuro



Interseção com volumes projetados para 15
anos no futuro



3.5 PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO DA MACROSSIMULAÇÃO

Neste trabalho, serão utilizados os parâmetros de calibração indicados pelo HCM 2010, que é a versão de 2010 do *Highway Capacity Manual*, pois este é utilizado e adaptado com mais frequência que o método do ICU. Portanto, abaixo serão descritos quais foram os parâmetros de calibração baseados no HCM 2010 e disponíveis tanto no *Synchro* quanto no *SimTraffic*.

Dentro do *Synchro* os parâmetros são distribuídos em três diferentes categorias: automóveis, pedestres e bicicletas. Como as bicicletas não foram consideradas na contagem da interseção, serão trabalhados apenas os parâmetros de automóveis e pedestres.

3.5.1 Parâmetros de automóveis

A janela de configurações de calibração para os automóveis do *Synchro* possui 37 (trinta e sete) parâmetros ajustáveis para melhorar a simulação, tornando-a a mais próxima da realidade. O Anexo B traz um relatório do *Synchro* com os parâmetros adotados nas simulações.

3.5.2 Parâmetros de pedestres

A janela de configuração de pedestres é mais simplificada, contendo 26 diferentes configurações que ajustam e melhora a simulação. Estão entre estes parâmetros:

- Largura da rua;
- Largura da faixa de pedestres;
- Quantidade de pistas atravessadas;
- Tipo de sinalização/controle para pedestres;
- Quantidade de pedestres atravessando por hora.

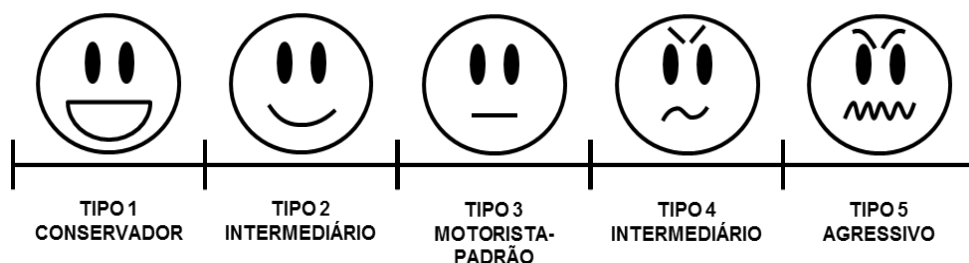
3.6 PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO DA MICROSSIMULAÇÃO

No pacote *Synchro*, o *SimTraffic* é o programa responsável por fazer as microssimulações. Para se obter uma microssimulação mais próxima às condições do mundo real é imprescindível que haja uma boa calibração da simulação. O *SimTraffic* tem três abas para calibração de simulação, são elas: parâmetros de veículos, parâmetros de motoristas e parâmetros de intervalos. Para as simulações deste trabalho, foram considerados apenas os parâmetros de calibração dos motoristas, seguindo o que foi desenvolvido no trabalho de Dalprá (2011).

3.6.1 Parâmetros de motoristas utilizados nas simulações

Neste trabalho os motoristas foram simulados segundo as classificações feitas por Dalprá (2011), que simulou cinco tipos de condutores com atitudes distintas, classificadas na Figura 16. Os motoristas foram classificados em escala crescente, onde o primeiro é o de atitude mais conservadora no trânsito e o último é o motorista mais agressivo.

Figura 16 – Tipos de motoristas considerados para o estudo.



Fonte: Dalprá (2011).

Portanto, os valores utilizados para a simulação foram os contidos na Tabela 8:

Tabela 8 - Parâmetros de motoristas utilizados na simulação.

Tipos de Motoristas	Unidade	1	2	3	4	5
Desaceleração em amarelo	m/s ²	3,6	3,23	2,85	2,48	2,1
Fator de velocidade	%	0,85	0,93	1	1,08	1,15
Taxa de desaceleração de cortesia	m/s ²	3	2,48	1,95	1,43	0,9
Tempo de reação em amarelo	s	0,7	0,95	1,2	1,45	1,7
Tempo de reação em verde	s	0,8	0,65	0,5	0,35	0,2
Headway a 0 km/h	s	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Headway a 30 km/h	s	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Headway a 80 km/h	s	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Headway a 130 km/h	s	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Fator de aceitação de brechas		1	1	1	1	1
Vantagem de posicionamento	vei	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
Vantagem opcional	vei	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Ajuste de distância obrigatória	%	125	125	125	125	125
Ajuste de distância de posicionamento	%	105	105	105	105	105

Fonte: Dalprá (2011).

3.7 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Além da simulação com os valores observados em campo, mais cinco cenários de simulações foram propostos com o objetivo de se conhecer o comportamento da mesma interseção diante a estes. Portanto, tivemos sete cenários simulados, onde o primeiro cenário seria equivalente às condições observadas em campo na pesquisa de Serejo e Lima Neto (2016) e os outros seis cenários são descritos abaixo:

3.7.1 Cenário 2: interseção com volume observado e sinalização de controle semiatuado

O primeiro cenário alternativo a ser analisado tem as mesmas características do cenário original e mesmos volumes. Entretanto, neste cenário a opção de sinalização semafórica com controle semiatuado será habilitada.

No controle semiatuado deve-se definir qual é a via primária e a via secundária para dar-se a preferência de verde para a via principal, o *Synchro* faz esta distinção automaticamente. A interseção terá os volumes como mostrado na Figura 17.

Figura 17 – Cenário 2.



3.7.2 Cenário 3: interseção com volume observado e sinalização de controle totalmente atuado

Assim como no Cenário 2, este terá os mesmos volumes observados em campo e controle semafórico atuado. Desta vez o controle é totalmente atuado, o que aciona os estágios de acordo com a demanda de tráfego medida por detectores instalados em cada aproximação.

Nesta configuração se usou os parâmetros padrões do *Synchro* de configuração para sinais totalmente atuados, para assim obter o resultado gerado para esses volumes. Os Anexos A e B trazem o relatório completo do *Synchro* e *SimTraffic* para este cenário.

3.7.3 Cenário 4: Interseção com volume extrapolado

O cenário 4 usa os volumes extrapolados descritos no Item 3.4. Assim, este cenário alternativo simulará a interseção com três diferentes configurações volumétricas e sinalização semafórica temporizada:

- Volumes de 5 anos no futuro (Figura 18);
- Volumes de 10 anos no futuro (Figura 19) e;
- Volumes de 15 anos no futuro (Figura 20).

Figura 18 - Cenário 4 com volumes para 5 anos.

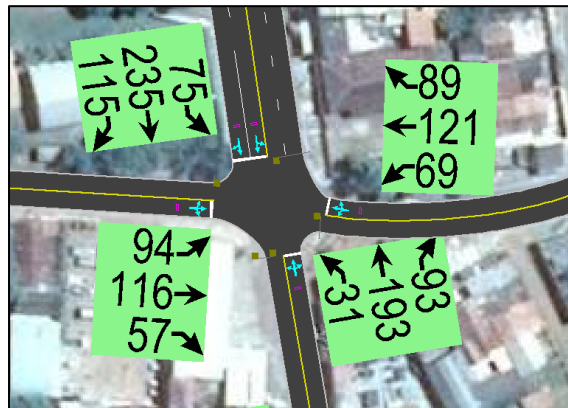


Figura 19 - Cenário 4 com volumes para 10 anos.

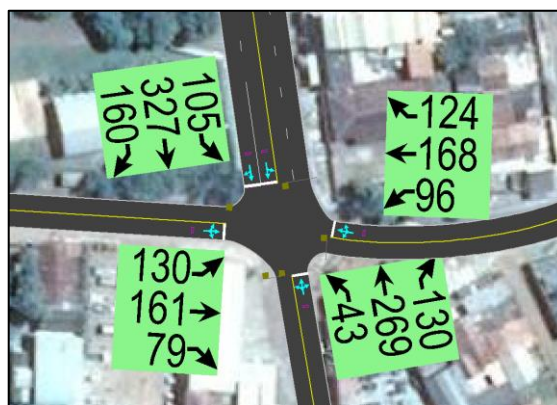
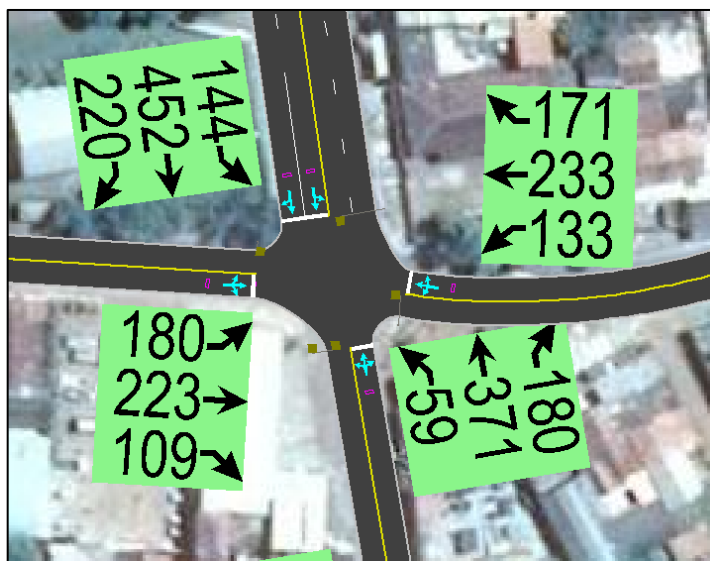


Figura 20 - Cenário 4 com volumes para 15 anos.



3.7.4 Cenário 5: Interseção com volume extrapolado e sinalização de controle totalmente atuado

Este cenário utilizará todos os volumes ilustrados nas Figuras 18, 19 e 20 e os mesmos controles de sinalização atuados e critérios dos Item 3.7.2, assim se verificará quais são as alterações causadas pela mudança do tipo de controle de temporizado para totalmente atuado nestes cenários de volume extrapolado. Neste cenário foi adotado um tempo de ciclo de 120 segundos, valor de ciclo sugerido pelo HCM 2010, assim dando maior liberdade ao controle totalmente atuado.

3.7.5 Cenário 6: Todos os cenários com otimização do *Synchro*

Este cenário analisado utilizará todas as ferramentas de otimização disponíveis no pacote *Synchro Studio* com a finalidade de apresentar melhorias na sinalização apresentadas pelos programas para cada cenário simulado.

A seguir, na Tabela 9, é indicado o resumo dos 7 cenários, bem como suas principais características.

Tabela 9- Resumo dos cenários.

Cenário	Volume	Controle da Interseção	Otimização do <i>Synchro</i>
1	Atual	Semáforo de tempo fixo	Não
2	Atual	Semiatuado	Não
3	Atual	Atuado	Não
4	Extrapolado	Semáforo de tempo fixo	Não
5	Extrapolado	Atuado	Não
6	Atual e extrapolado	Fixo, semiatuado e atuado	Sim

3.7.6 Cenário 7: Todos os cenários com otimização e alteração dos estágios semaforicos

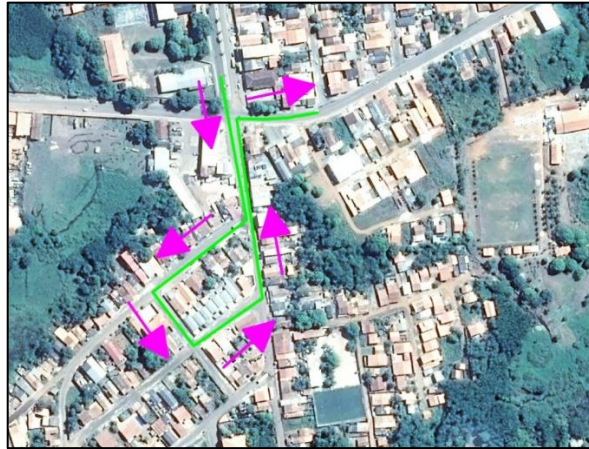
Por fim, o último cenário utilizará as ferramentas de otimização oferecidas pelos *softwares* e também alterará os fluxos e estágios semaforicos, proibindo as conversões à esquerda nas aproximações norte e sul, ou seja, os veículos que trafegam pela Av. 7 de Setembro não poderão convergir à esquerda na Av. Tancredo Neves, o mesmo é válido aos veículos que se aproximam da interseção via R. Icoaraci. Estas alterações são necessárias para diminuir o número de estágios semaforicos da interseção, mudando de quatro estágios para três.

A proibição de conversões à esquerda gera a necessidade de uma oferta de rotas alternativas para os motoristas que buscam aquele movimento, então algumas rotas, ilustradas nas Figuras 21 e 22, foram criadas com o objetivo de oferecer uma alternativa aos motoristas que necessitam trafegar naquelas direções. A Figura 21 traz as rotas alternativas para veículos vindo da R. Icoaraci, com destino à Av. Tancredo Neves e a Figura 22, a rota alternativa para quem trafega via Av. 7 de Setembro, indo para a Av. Tancredo Neves.

Figura 21 - Rotas alternativas para conversão à esquerda da R. Icoaraci para a Av. Tancredo Neves.

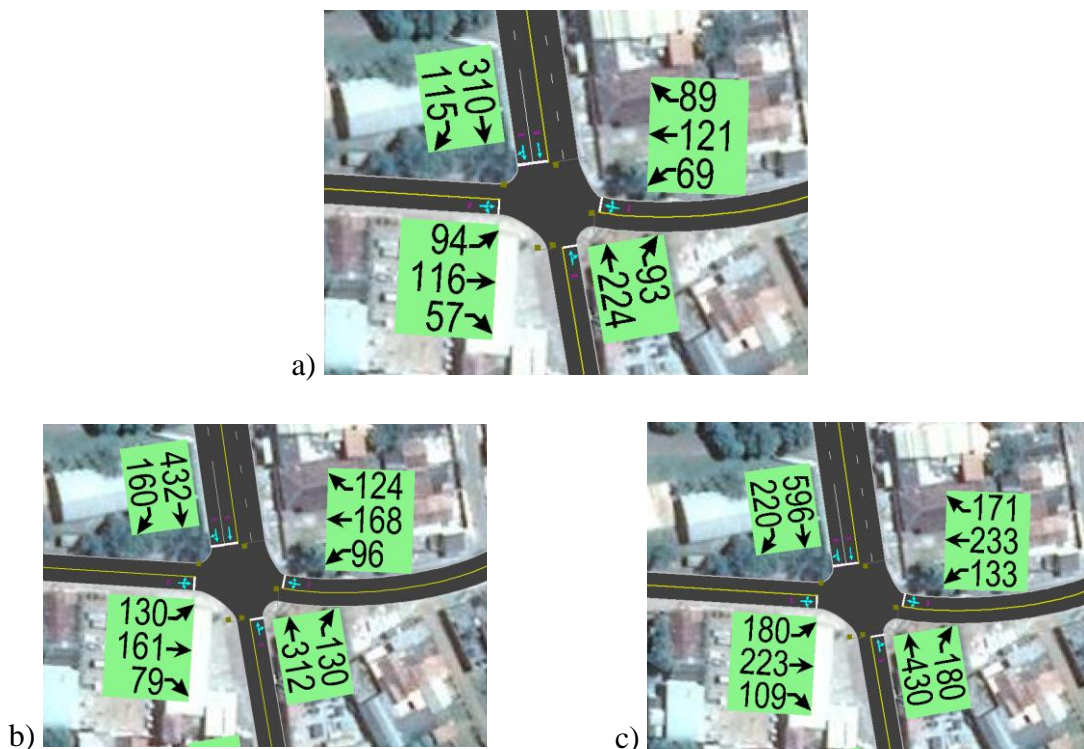


Figura 22 - Rota alternativa para conversões à esquerda da Av. 7 de Setembro para a Av. Tancredo Neves.



Como houve a restrição dos movimentos à esquerda nas aproximações norte e sul, todos os volumes calculados a estes movimentos em cenários anteriores se somaram aos volumes de tráfego à frente, gerando assim uma nova configuração volumétrica para o cenário 7. A Figura 23 mostra os volumes utilizados para este cenário, onde a Figura 23.a ilustra o subcenário de projeção para cinco anos, a Figura 23.b a projeção para 10 anos e a Figura 23.c a projeção de 15 anos.

Figura 23 - Volumes utilizados no cenário 7.



4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O *Synchro* emite em seus relatórios de resultados centenas de informações e cálculos relevantes da Engenharia de Tráfego, porém este trabalho se concentrou nos indicadores de níveis de serviço (LOS) e valores de atraso médio em segundos. Os indicadores de nível de serviço são medidos na parte de macrossimulação do programa, enquanto os valores de atraso médio são mensurados tanto na macrossimulação quanto na microssimulação.

4.1 CENÁRIO PRINCIPAL

O cenário principal, também denominado cenário 1, simulou as condições encontradas em campo (volume de tráfego e condições atuais do controle semafórico). Neste item serão apresentados detalhadamente os principais resultados. Nos demais cenários, como o processo é análogo, os resultados serão expressos de forma mais resumida.

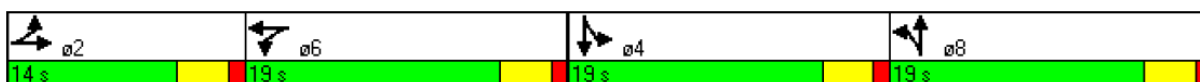
Na macrossimulação, o *Synchro* calculou que a interseção tem o nível de serviço D e uma relação v/c de 0,86, ou seja, já se encontra em uma situação que o tráfego começa a ficar instável, segundo o HCM 2010. A Tabela 10 traz um resumo dos resultados encontrados calculados na macrossimulação.

Tabela 10 - Resumo dos resultados da Macrossimulação.

Ciclo Semafórico - Temporizado (s): 71
Ciclo Semafórico - Atuado (s): 71
Tipo de Controle: Temporizado
v/c máximo: 0,86
Período de Análise (min): 15
HCM - Atraso médio (s): 39,1
HCM - Nível de serviço (LOS): D

Apesar das vias individualmente não apresentarem grandes filas, a interseção encontra-se em nível de serviço D, indicando desta forma que o resultado deve ao fato desta interseção possuir sinalização semafórica de 4 estágios. Se a mesma fosse de 3 ou 2 estágios com proibição de alguma conversão à esquerda, provavelmente o nível de serviço melhoraria. O programa também ilustra o diagrama de intervalos luminosos da interseção assim como foi configurada inicialmente, entretanto na forma de apresentação americana (Figura 24).

Figura 24 - Diagrama de intervalos luminosos do *Synchro* no cenário principal.



A microssimulação feita pelo *SimTraffic* gerou dados para relatórios e animações com o tráfego simulado para este cenário padrão. Como mostrado na Figura 25, o programa não atribuiu muito volumes ou filas, condizendo bem com o que foi observado em campo.

Figura 25 - Animação da microssimulação do *SimTraffic*.



Para se obter resultados confiáveis, todos os cenários foram simulados 20 vezes, em intervalos de 15 minutos (15 minutos de pico). Depois de gerados os relatórios de simulação microscópica, foram escolhidos os parâmetros de interesse, contidos na Tabela 11.

Tabela 11 - Resumo da média dos resultados da microssimulação.

Atrasos / Veículos (s):	32,5
Total de Paradas:	134
Distância percorrida (km):	59
Tempo de viagem (hr):	2,5
Combustível Utilizado (l):	9,1
Veículos que entraram:	152
Veículos que saíram:	152

Comparando os modelos de macrossimulação e microsimulação, observou-se que os valores estão bem próximos. No indicador de atrasos, dado em função da parada de veículos no semáforo, a macrossimulação apontou uma média de 39,1 segundos de atraso, enquanto na microsimulação obteve a média de 32,5 segundos. É importante ressaltar que o modelo da microsimulação recebeu calibração adequada para simular a maneira de dirigir de cinco motoristas, o que o adapta melhor a realidade. Sendo assim, é possível determinar mediante a relação Atraso/tempo de vermelho para cada aproximação, o quanto que o tempo de atraso de 39,1 segundos, levando em consideração a pior situação, representa para o tempo de vermelho de cada aproximação, como mostrado na Tabela 12.

Tabela 12 – Porcentagem de tempo de atraso em reação ao tempo de vermelho para cada aproximação.

Aproximações	Tempo de Atraso (s)	Tempo de Vermelho (s)	Representação (%)
Sentido oeste/leste Tancredo neves	39,1	57	68,6
Sentido leste/oeste Tancredo neves	39,1	52	75,2
Sentido norte/sul 7 de Setembro/Icoaraci	39,1	52	75,2
Sentido sul/norte Icoaraci/7 de Setembro	39,1	52	75,2

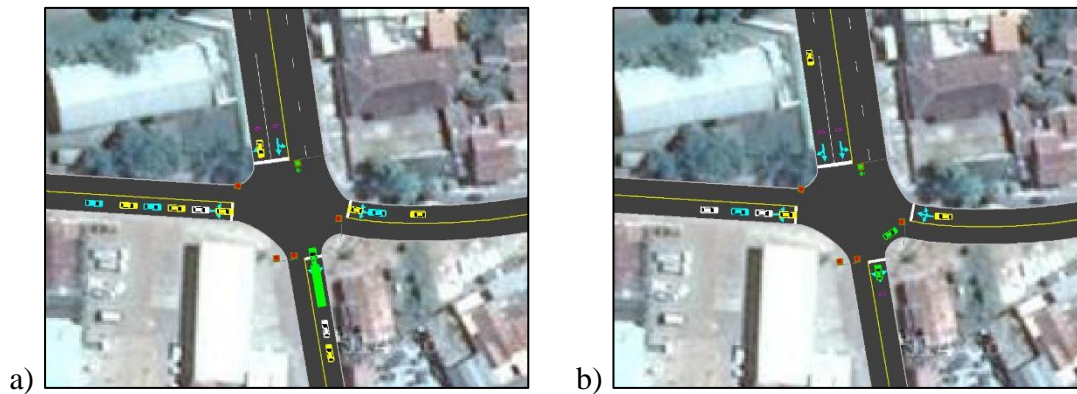
Assim, na pior situação, um veículo que vem da aproximação do sentido oeste/leste Tancredo neves que tem apenas 14 s de verde + 3 s de amarelo esperaria 57 segundos, até receber um novo verde. Na situação mais favorável, ele não esperaria nada pois chegaria no cruzamento no exato momento em que abre o verde. Na média, de acordo com a simulação os veículos atrasam/esperam 39,1 s, ou seja 68,6% do tempo máximo possível de atraso / espera.

4.2 CENÁRIOS ALTERNATIVOS NÃO OTIMIZADOS

O escopo do trabalho propôs cinco cenários alternativos, quatro destes cenários foram baseados no cenário padrão com volumes ou controles semaforicos diferentes, o último cenário simularia todos os cenários anteriores com otimização das ferramentas do *Synchro*. Os resultados para os cenários alternativos serão apresentados neste item de forma resumida aos níveis de serviço e a ilustração da animação fornecida pelo *SimTraffic*.

Os cenários 2 e 3 utilizaram os controles semiatuados e totalmente atuados, estes obtiveram o mesmo nível de serviço LOS C nas análises. A Figura 26.a ilustra a animação do cenário 2 e a Figura 26.b o cenário 3, onde é observável nas figuras que o controle totalmente atuado do cenário 3 ajudou a diminuir consideravelmente os atrasos, mas não foi suficiente para reduzir o nível de serviço. Um controle mais eficiente do semáforo, já melhorou o LOS para C. Em outras palavras, aqui já se tem um indício de que a atual programação semafórica não está adequada.

Figura 26 - Microssimulação dos cenários 2 e 3.



O cenário 4 utilizou controle semafórico temporizado da mesma forma que este é encontrado em campo na interseção estudada, só que desta vez extrapolando os valores de volume para 5 (cinco), 10 e 15 anos. Na simulação para cinco anos, a interseção obteve o LOS E, já as de 10 e 15 anos apresentaram LOS F, ou seja, em situação de completo congestionamento.

A Figura 27.a ilustra a animação do *SimTraffic* para os volumes de cinco anos, a Figura 27.b para 10 anos e a Figura 28 a de 15 anos. Em todas elas houveram congestionamentos em todas as aproximações, sendo que o caso mais crítico é percebido na simulação para 15 anos.

Figura 27 - Microssimulação do cenário 4 com volumes de 5 e 10 anos no futuro.

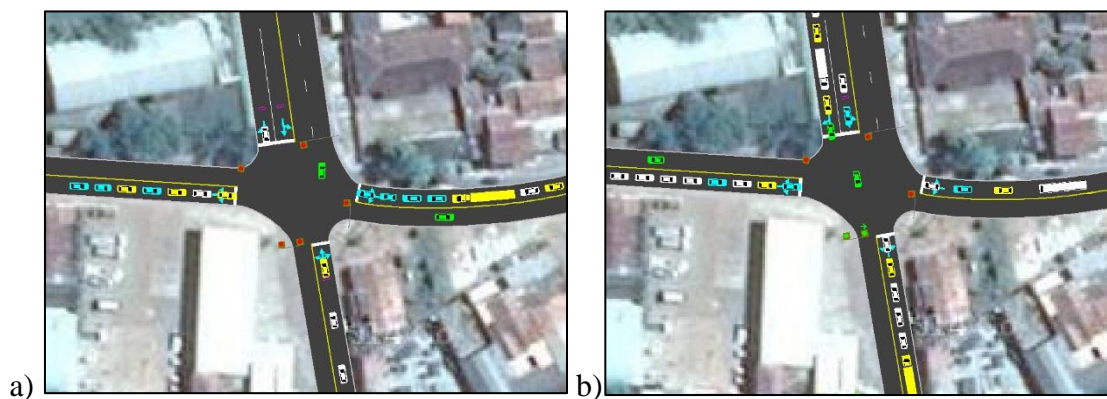


Figura 28 - Microsimulação do cenário 4 com volumes extrapolado para 15 anos.



Nas simulações do cenário 5 assim como o cenário 4 obtiveram os mesmos níveis de serviço, sendo: LOS E para a extrapolação de 5 anos e LOS F para as de 10 e 15 anos. Apesar disso, houve uma considerável melhora nos demais parâmetros, pois este cenário considerou o controle totalmente atuado para a sinalização semafórica.

A Figura 29.a traz a simulação de 5 anos, a Figura 29.b a de 10 anos e a Figura 30 a simulação para 15 anos, esta última apresenta um grave congestionamento em todas as aproximações.

Figura 29 - Cenário 5 com volumes extrapolados para 5 e 10 anos.

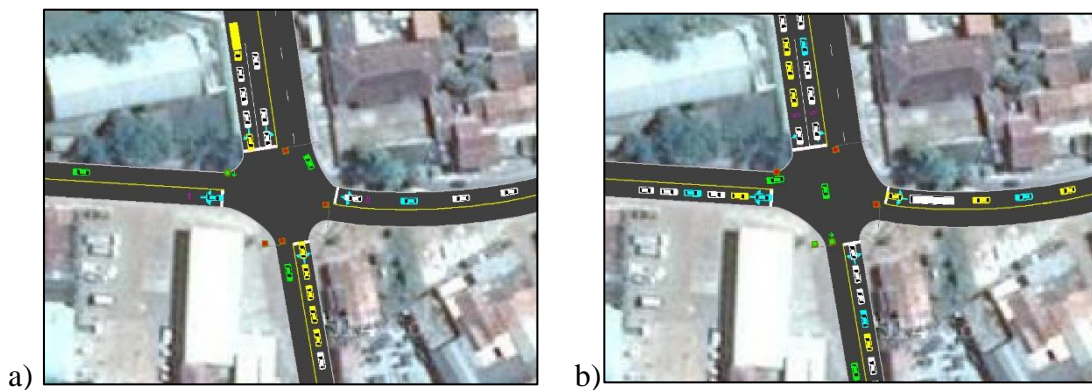


Figura 30 - Microsimulação do cenário 5 com extrapolação volumétrica de 15 anos.



Por fim, a Tabela 13 traz um resumo dos níveis de serviço dos cenários não otimizados simulados. Todos os cenários com extrapolação de volumes apresentaram um nível de serviço ruim, atrasos e congestionamento. Mais indicadores de tráfego estão disponíveis no Apêndice A.

Tabela 13 - Níveis de serviço dos cenários não otimizados.

CENÁRIOS	1	2	3	4			5		
				5 Anos	10 Anos	15 Anos	5 Anos	10 Anos	15 Anos
HCM - Nível de serviço (LOS)	D	C	C	E	F	F	E	F	F

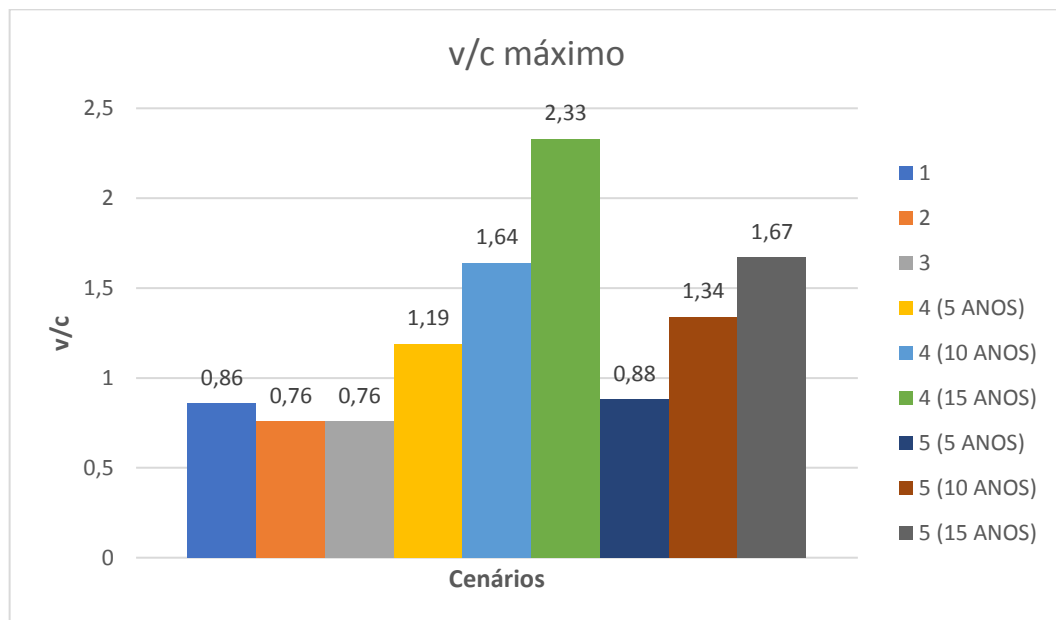
É natural esperar que o crescimento do tráfego ensejaria alteração no controle semafórico, mediante o aumento no tempo de ciclo e também nos tempos de verde. Como não se está alterando os tempos de verde e se está aumentando o volume de tráfego, é de se esperar que o cruzamento fique saturado e apresente piores níveis de serviço. O pacote *Synchro/SimTraffic* foi capaz de detectar e quantificar esse fenômeno, sendo então recomendado a análises de cruzamentos urbanos.

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS ALTERNATIVOS NÃO OTIMIZADOS

Este item traz a comparação dos cenários simulados (não otimizados) para outros parâmetros de tráfego considerados na pesquisa. O primeiro indicador comparado foi a relação v/c , ilustrada no Gráfico 1, que mostra o quanto os controles atuados favorecem a interseção. O menor valor de v/c foi encontrado no cenário principal e o maior valor no cenário 4 com extrapolação para 15 anos, lembrando que enquanto maior o v/c pior será o nível de serviço.

Do cenário 1 para o 3 a relação v/c foi de 0,86 para 0,76, logo reduziu 11,6%. Do cenário 4 (15 anos) para o cenário 5 (15 anos), a relação v/c foi de 2,33 para 1,67 logo reduziu 28,7%, o que mostra o quanto o tipo de controle semafórico influencia na performance da interseção.

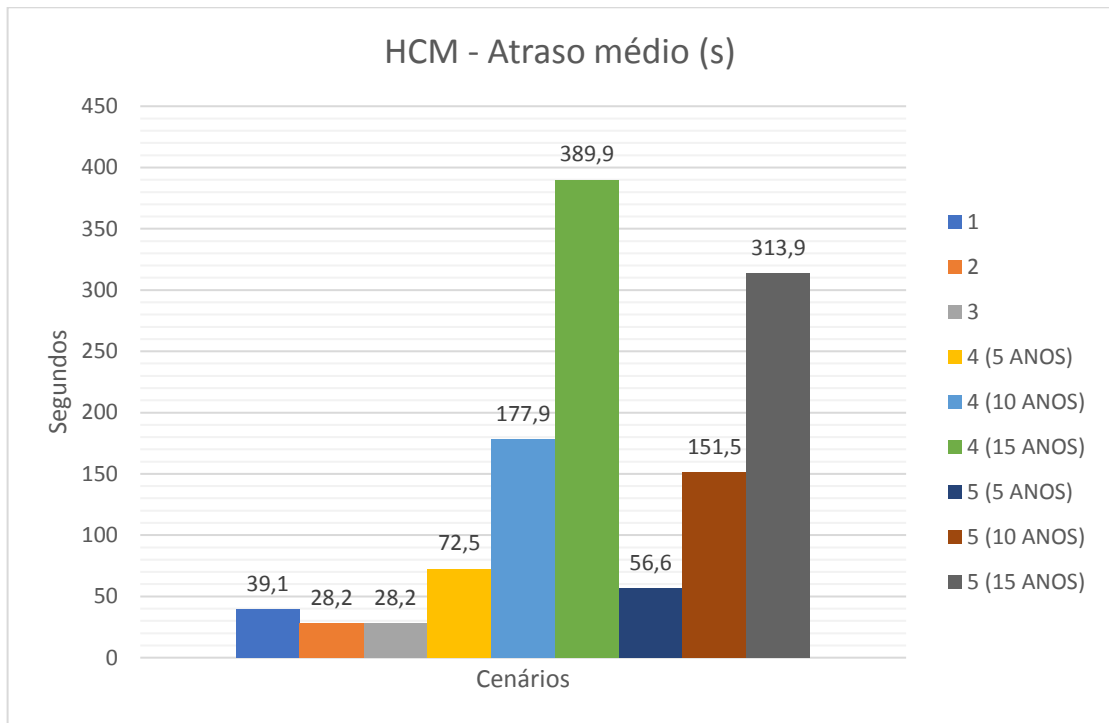
Gráfico 1 - Resultados de v/c máximo.



Outro indicador principal desta pesquisa são os atrasos médios, seguindo as indicações do HCM 2010. Os atrasos são medidos em segundos e enquanto maior for o tempo de atraso, maiores serão os congestionamentos.

O Gráfico 2 ilustra os resultados dos atrasos médios para cada cenário, nele é claramente observável que todas as simulações do cenário 4 estão com altos tempos de atraso, tendo pico na extrapolação de 15 anos. Por outro lado, os menores atrasos apareceram nos cenários que utilizaram os controles atuados.

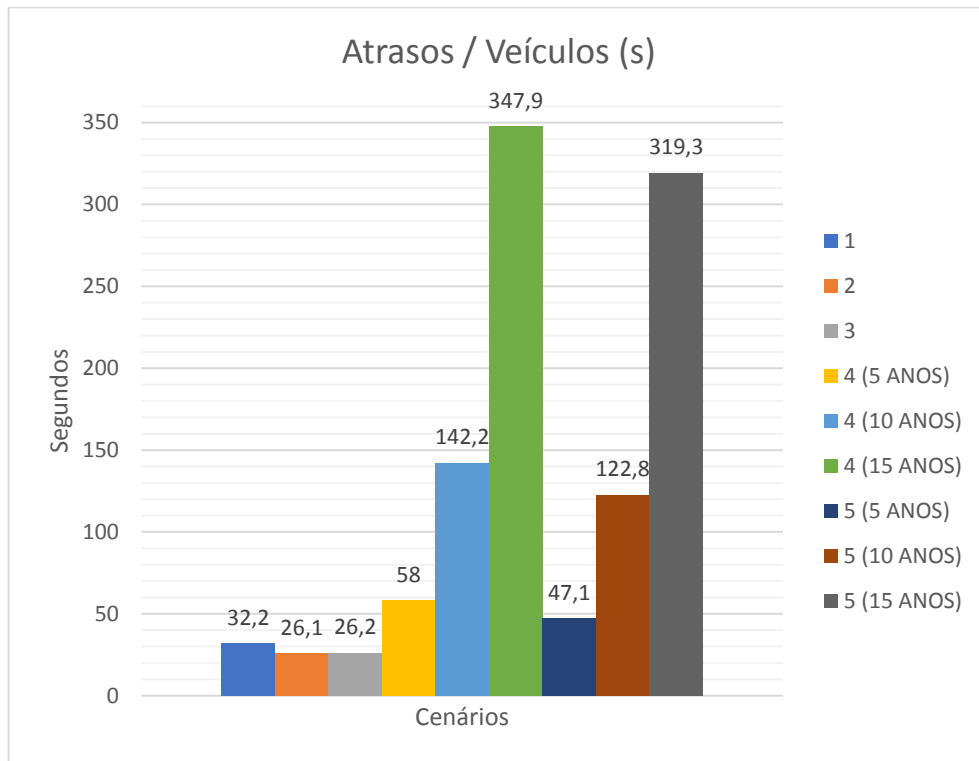
Gráfico 2 - Resultados de atrasos médios.



O Gráfico 2 mostra o quanto houveram reduções dos atrasos nos diferentes cenários a exemplo do cenário 4 (10 anos) para o cenário 5 (1 anos), o atraso foi de 177,9 segundos para 151,5 segundos logo reduziu 17,43%. A maior redução foi entre os cenários 4 (15 anos) e 5 (15 anos), tendo redução de 24,21%

Não houve mudança do cenário 2 para o 3. Por isso, não houve a necessidade de fazer simulações com volume extrapolado com o controle de semáforos semi-atuado.

Das simulações microscópicas foram retirados os resultados para os atrasos médios por veículos (Gráfico 3), que seguem a mesma tendência do visto nas simulações macroscópicas (Gráfico 2).

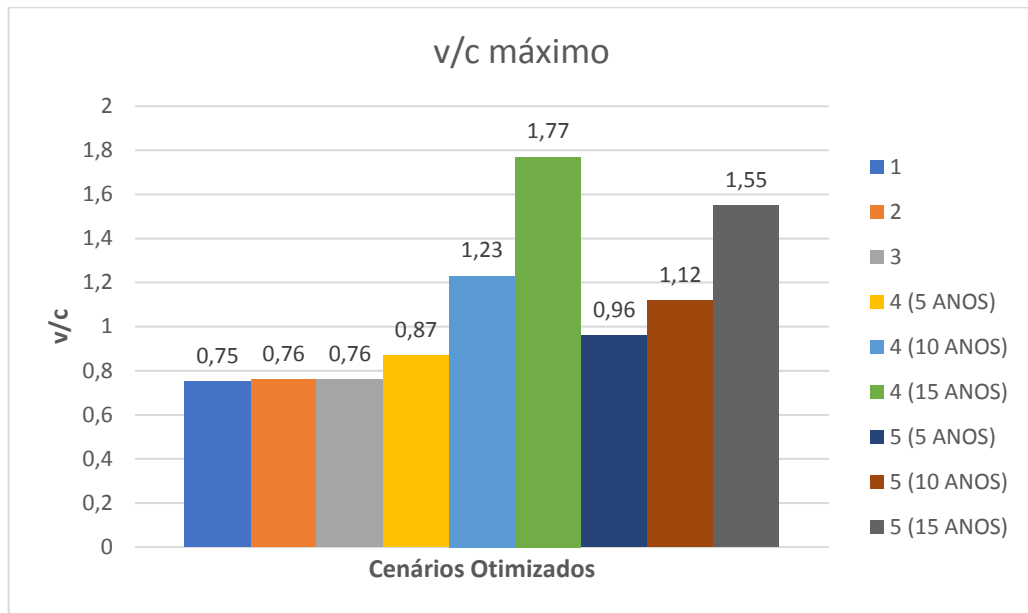
Gráfico 3 - Resultados de atrasos/veículos.

4.4 CENÁRIOS OTIMIZADOS

A otimização feita pelo *Synchro* é realizada apenas em escala macroscópica, portanto os resultados apresentados neste item incluem apenas a relação v/c, os atrasos médios e os diagramas de intervalos luminosos otimizados. Os níveis de serviço permaneceram os mesmos após a otimização, assim tendo os mesmos valores dos níveis contidos na Tabela 12.

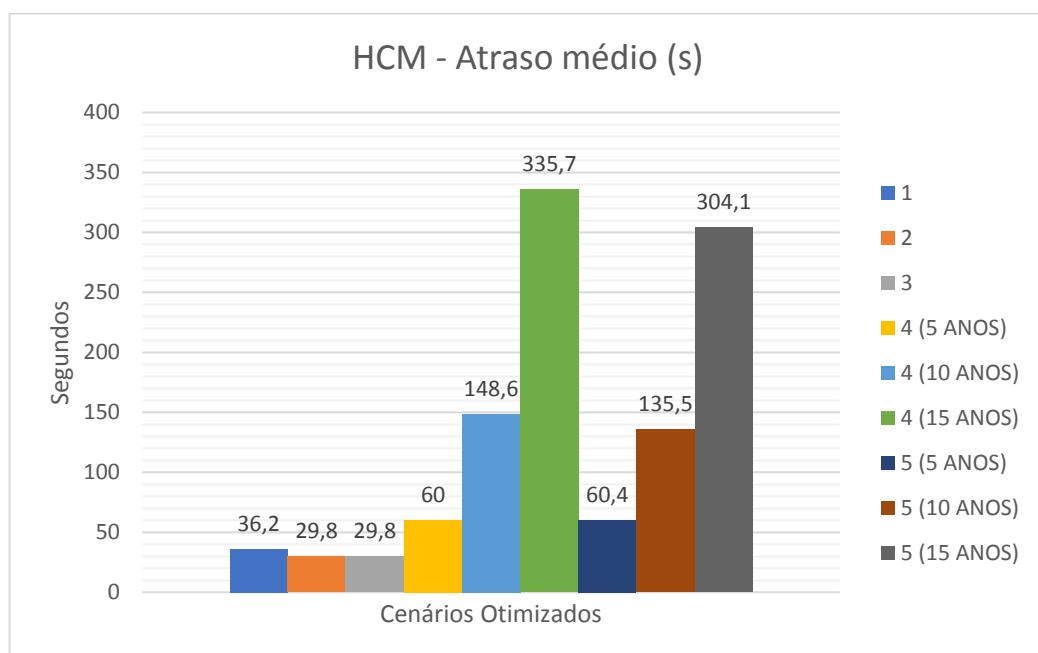
Com a otimização os valores da relação v/c diminuíram de forma significativa, tendo o valor mínimo de 0,75 e o máximo de 1,77 (Gráfico 4), nos cenários sem a otimização estes valores eram 0,76 e 2,33 respectivamente. Mesmo que a otimização tenha sido aplicada, os cenários mais críticos continuam com valores de v/c acima de 1, indicando que outras medidas além da sinalização devem ser aplicadas nestes cenários para mitigar a situação como o exemplo de reduzir estágios, mediante a proibição de alguma conversão à esquerda.

Gráfico 4 - v/c máximos nos cenários otimizados.



Os valores de atraso médio também caíram após a otimização, porém a interseção apresenta valores críticos nos cenários 4 e 5, mostrando novamente que para estes cenários medidas extras aliadas a sinalização devem ser tomadas para a melhoria desta interseção caso estes cenários se apresentem. O Gráfico 5 traz os dados de atraso médio após aplicada a otimização.

Gráfico 5 - Atrasos médios para os cenários otimizados.



O principal produto das otimizações do *Synchro* são os rearranjos dos ciclos e estágios semafóricos. O Quadro 3 traz todos os diagramas de intervalos luminosos gerados pela otimização do programa. Nos piores cenários o *software* aplicou um ciclo de 140 e 150 segundos, intervalo considerado longo pelo HCM 2010. Todos estes valores de tempos semafóricos são encontrados no Apêndice C.

Quadro 3 - Diagramas de intervalos luminosos para cada cenário otimizado.

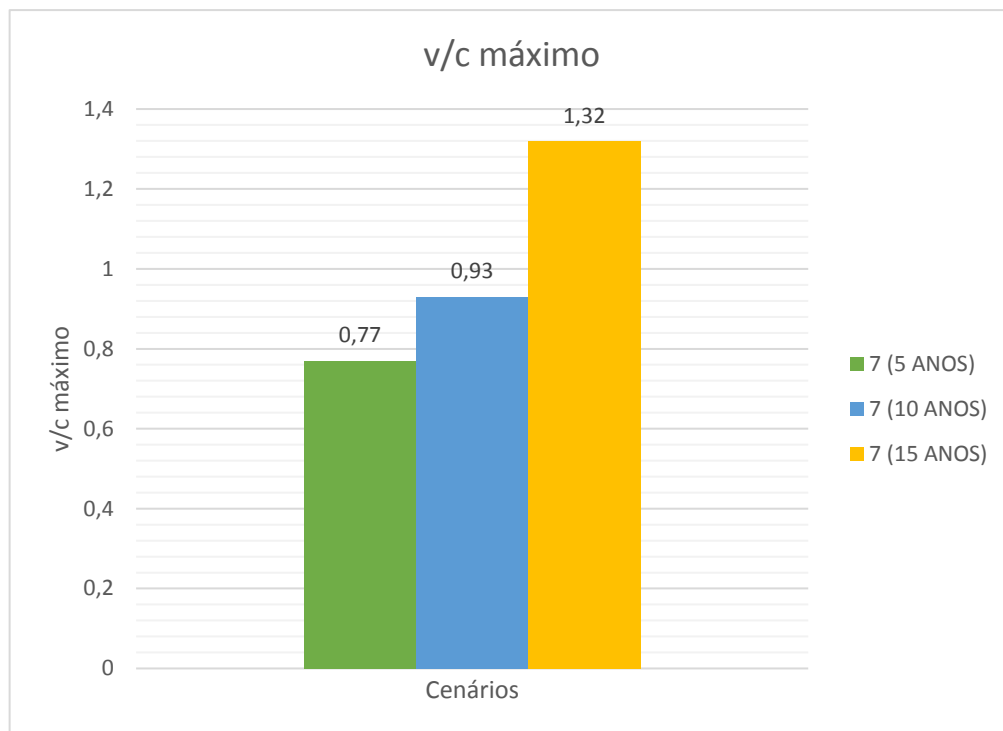


4.5 CENÁRIOS OTIMIZADOS COM ALTERAÇÃO DOS ESTÁGIOS SEMAFÓRICOS

O cenário 7 apresentou uma nova configuração de movimentos e volumes para a interseção, proibindo as conversões à esquerda nas aproximações norte e sul. Neste cenário foram simulados apenas os cenários com extrapolação volumétrica e controle semafórico com

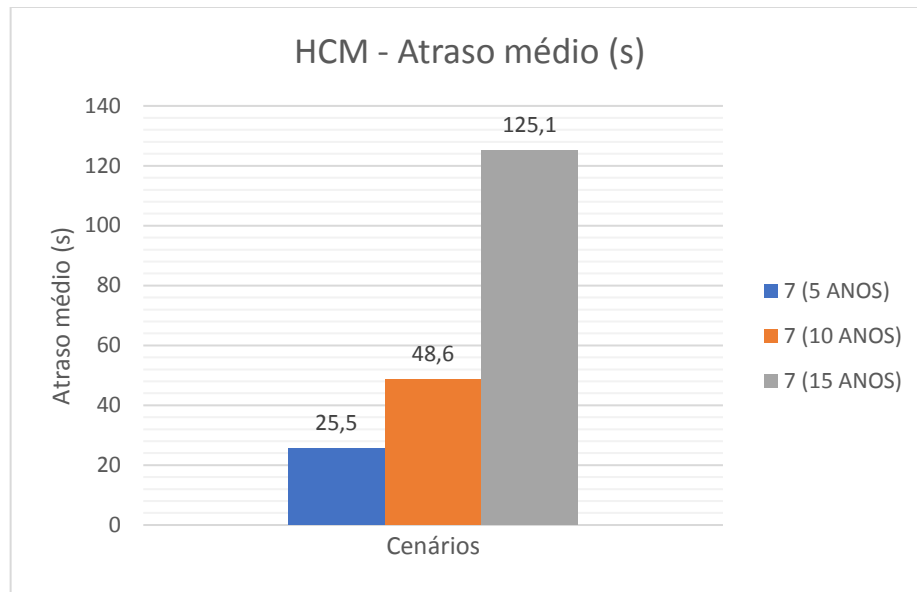
tempo fixo. Houve melhora em todos os cenários, mitigando os efeitos do aumento de tráfego principalmente nas projeções de cinco e dez anos. No Gráfico 6 temos os valores da relação v/c , onde os cenários de 5 anos e 10 anos estão com valores abaixo de 1, o que demonstra que nestes cenários a interseção ainda teria funcionalidade aceitável no ponto de vista da Engenharia de Tráfego.

Gráfico 6 - Resultados de v/c máximo para o cenário 7.



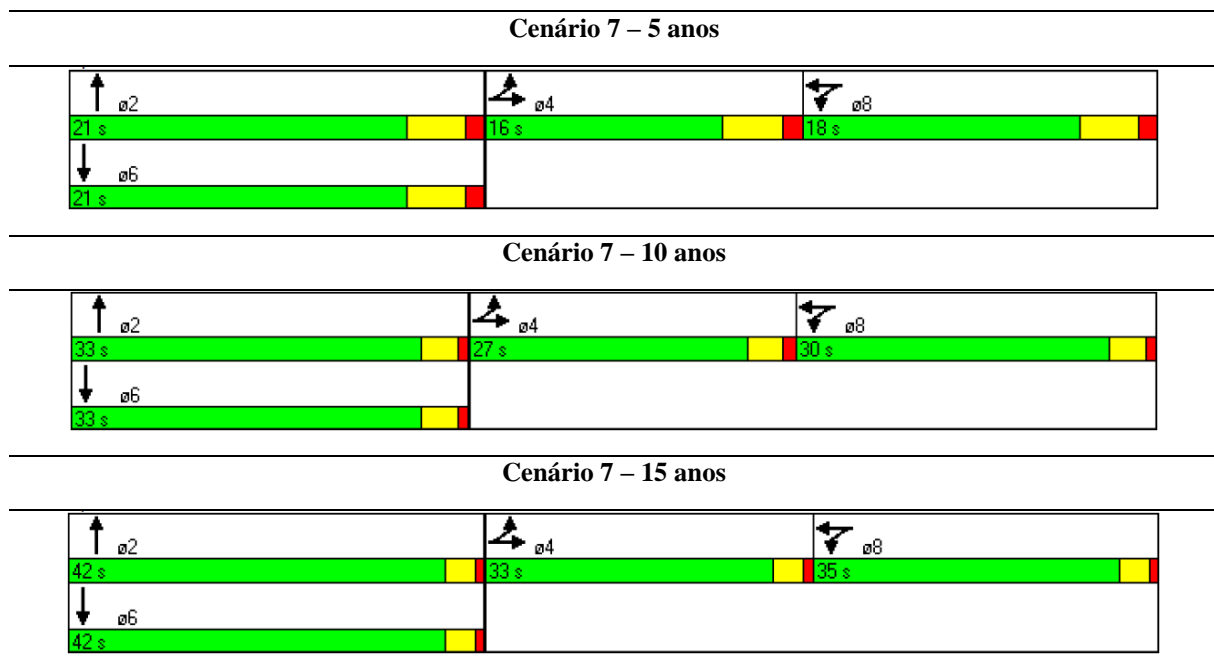
Os valores de atraso médio também demonstram o quanto a interseção melhorou os seus indicadores com a proibição das conversões à esquerda. O Gráfico 7 mostra os valores para os três subcenários de extrapolação de tráfego, o valor para 5 anos por exemplo, foi melhor que o cenário 1 (atual), tendo 25,5 segundos, enquanto o cenário 1 teve 39,1 segundos, uma diminuição de 53,33%.

Gráfico 7 - Resultado de atrasos médios para o cenário 7.



O *Synchro* apresentou também como seriam os estágios semaforicos para esta nova configuração, através de diagramas de intervalos luminosos. O Quadro 5 tem os diagramas para todas as projeções, onde o cenário de 5 anos teve um ciclo semaforico de 55 segundo e os cenários de 10 e 15 anos com 110 segundo de ciclo. Os valores de temporização estão descritos no Apêndice C.

Quadro 4 - Diagramas de intervalos luminosos para o cenário 7.



Finalmente, a proibição de conversão à esquerda nas aproximações norte e sul mostrou-se efetiva na diminuição do nível de serviço para as projeções de cinco e 10 anos, com LOS = C e LOS = D respectivamente, mostrando que esta pode ser uma possível solução caso a interseção realmente chegue aos níveis simulados por este trabalho. A Tabela 14 junta os valores calculados para este cenário.

Tabela 14 - Resultados de níveis de serviço para o cenário 7.

CENÁRIOS	7		
	5 Anos	10 Anos	15 Anos
HCM - Nível de serviço (LOS)	C	D	F

5 CONCLUSÕES

O estudo apresentado simulou as condições de trânsito da interseção entre Av. Tancredo Neves com a Av. 7 de Setembro dando ênfase nos indicadores de níveis de serviço (LOS) e valores de atraso médio ambos abrangidos pelo HCM 2010 e determinados pelos programas do *Synchro Studio 8*. De acordo com os resultados obtidos pelas simulações foi possível observar que no cenário atual a interseção apresenta uma relação v/c de 0,86, ou seja, a mesma retrata um nível de serviço D, indicando uma situação em que o tráfego já começa a ficar instável. Este fato ocorre devido a interseção possuir sinalização semafórica de 4 estágios o que provavelmente não aconteceria se a mesma fosse de 3 ou dois estágios com proibição de alguma conversão a esquerda.

E quanto ao tempo de atraso ainda do cenário atual, o programa apontou valores diferentes para cada modelo de simulação, enquanto macrossimulação apresentava um tempo de atraso médio de 39,1 segundos a microsimulação apresentava 32,5 segundos. Esse fato ocorre devido as diferentes formas de interação, onde é importante ressaltar que no modelo de microsimulação houve calibração adequada de simulação.

Além do cenário padrão, o programa simulou mais 6 cenários alternativos em diferentes situações onde foi observado que os cenários 2 e 3 apresentaram uma melhora no nível de serviço para de D para C, em comparação com o cenário atual, devido a aplicação de controles semafóricos semiatuados e totalmente atuados. A melhora do nível de serviço é devido ao fato destes controles darem preferências as vias de maior movimentação.

Quanto aos cenários 4 e 5 o programa utilizou volumes extrapolados numa projeção para 5 (cinco), 10 e 15 anos no futuro, onde a interseção apresentou um nível de serviço F, ou seja, uma situação de completo congestionamento. Com a aplicação do controle semafórico semiatuado e totalmente atuado houve uma melhora no tempo de atraso médio, porém nada significativo e o nível de serviço permaneceu em F. Essa situação indica que outras alternativas devem ser aplicadas para a melhoria do trânsito.

No cenário 7 foi proibido as conversões à esquerda nas aproximações norte e sul e simulados apenas os cenários com extrapolação volumétrica para 5, 10 e 15 anos e controle semafórico com tempo fixo. Essa nova configuração permitiu com que houvesse uma melhora significativa das condições sobretudo da relação v/c, em que esta, apresenta valores abaixo de

1, indicando que a interseção ainda teria uma funcionalidade aceitável. Os valores de atraso médio também demonstram o quanto a interseção melhorou os seus indicadores com a proibição das conversões à esquerda apresentando valores menores até mesmo que os apresentados no cenário atual.

Portanto, o programa utilizado para a simulação foi projetado para otimizar estágios e ciclos semafóricos, estas ferramentas foram utilizadas para todos os cenários verificados, assim produzindo os diagramas de intervalos luminosos necessários para a programação destes nos semáforos da interseção. Os cenários otimizados apresentaram melhoras nas relações v/c e diminuição dos atrasos médios, mas estas melhoras não foram suficientes para melhorar o nível de serviço em nenhum cenário, indiciando novamente a necessidade de outras medidas de Engenharia de Tráfego no local.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros indicamos realizar o mesmo estudo para as outras interseções semaforizadas da cidade de Tucuruí, utilizando os parâmetros de calibração de microsimulação de Dalprá (2011) e os volumes coletados por Serejo e Lima Neto (2016).

Além disso poderá repetir o mesmo estudo, desta vez com enfoque nos resultados relativos ao *Intersection Capacity Utilization – ICU* (HUSCH; ALBECK, 2003), que tem uma abordagem mais simplificada na análise de interseções e pode ser simulado utilizando o mesmo pacote de *softwares*. Por fim, um estudo também sugerido é encontrar parâmetros de calibração microscópica condizentes com a realidade de Tucuruí ou do Estado do Pará com a finalidade de realizar microsimulações mais fiéis à realidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Davi Ribeiro Campos. **Comparação das Simulações de Tráfego dos Modelos Saturn e Dracula**. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2003.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP. **Transporte humano: Cidades com qualidade de vida**. São Paulo: ANTP, 1997. 316 p.

ROESS, Roger P.; PRASSAS, Elena S.; MCSHANE, William R. **Traffic Engineering**. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2011. 739 p.

COELHO, Eduardo Cezar. **Avaliação dos Níveis de Congestionamento em Vias Arteriais com Utilização da Microsimulação**. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transporte, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONATRAN. **Resolução Nº 166 DE 15 de Setembro de 2004**. 2004. Disponível em: <<http://www.relemar.com.br/includes/legislacao.asp?legislacaoID=28&orgaoID=1&buscaVC;=>>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

DALPRÁ, Gabriela Fernandes. **Análise de Sensibilidade do Modelo SimTraffic aos Parâmetros de Caracterização do Perfil dos Motoristas**. 2011. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS, Porto Alegre, 2011.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO ESTADO DO PARÁ – DETRAN/PA. Secretaria Estadual de Segurança Pública. **Projeção da Frota de Veículos para os 143 Municípios Paraenses**. Belém: DETRAN/PA, 2010. 7 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. **Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo os Municípios da Federação**. 2016. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/261-frota-2016>>. Acesso em: 02 jan. 2017.

_____. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Sinalização semafórica.** Brasília: Denatran, 2014. 301 p.

FREIRE, Renato Teixeira de Sá. **Trânsito: Um problema urbano.** 2011. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Engenharia Urbana, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

GUIDORIZZI, Mayra dos Santos et al. **Simulação como Apoio a Tomada de Decisão para a Solução de Problemas Causados pelos Gargalos Formados no Trânsito.** In: A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e gestão, 24, 2009, Salvador. **Anais XXIX ENEGEP.** Salvador: ENEGEP, 2009. p. 1 – 15.

HUSCH, David; ALBECK, John. **Intersection Capacity Utilization 2003.** Albany, Ca: Trafficware, 2003. 116 p.

LIMA, Edgar Barbosa. **Modelos microscópicos para simulação do tráfego baseados em autômatos celulares.** 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Computação, Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói, 2007.

MAGALHÃES, Marcos Thadeu Queiroz; ALMEIDA, Cristiano Farias; CARVALHO, Willer Luciano. **Do Fundamento à Formação: O Engenheiro de Transportes e Diretrizes Curriculares.** In: Congresso de pesquisa e ensino em transportes, 28. 2014, Curitiba. **Anais XXVIII ANPET.** Curitiba: ANPET, 2014. p. 1 - 13.

MALUCELLI, Francisco Caron. **Estudo de Caso: Uso de microsimulação de tráfego para revisão do projeto da Av. Manoel Ribas, em Curitiba, com inclusão de ciclofaixa.** 2013. Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/estudo_Manoel_Ribas.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

PIGNATARO, L. J. **Traffic Engineering Theory and Practice.** Englewood Cliffs: Pearson Prentice Hall, 1973. 502 p.

ROESS, Roger P.; PRASSAS, Elena S.; MCSHANE, William R. **Traffic Engineering.** 4. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Higher Education, 2011. 739 p.

SEREJO, Romerson; LIMA NETO, Aarão Ferreira. **Estudos de Engenharia de Tráfego e Condições da Pavimentação nas Vias Arteriais e Coletoras de Tucuruí/PA**. Tucuruí: UFPA, 2016. 20 p.

TAGORE, M.R.; SIKDAR, P.K. **A new accessibility measure accounting mobility parameters** in *7th World Conference on Transport Research*. The University of New South Wales, Sydney: 1995.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD - TRB (Estados Unidos). **Highway Capacity Manual - HCM 2010: Concepts**. Washington: National Academy of Sciences, 2010. 1155 p.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Resumo dos resultados das simulações não otimizadas

CENÁRIO 1	
Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	71
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	71
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	0,86
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	39,1
HCM - Nível de serviço (LOS):	D

CENÁRIO 1	
Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	32,2
Total de Paradas:	134
Distância percorrida (km):	59
Tempo de viagem (hr):	2,5
Combustível Utilizado (l):	9,1
Veículos que entraram:	152
Veículos que saíram:	152

CENÁRIO 2	
Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	71
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	64,1
Tipo de Controle:	Semiatuado
v/c máximo:	0,76
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	28,2
HCM - Nível de serviço (LOS):	C

CENÁRIO 2	
Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	26,1
Total de Paradas:	191
Distância percorrida (km):	88,8
Tempo de viagem (hr):	3,4
Combustível Utilizado (l):	13,4
Veículos que entraram:	230
Veículos que saíram:	229

CENÁRIO 3	
Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	71
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	64,1
Tipo de Controle:	Totalm. Atuado
v/c máximo:	0,76
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	28,2
HCM - Nível de serviço (LOS):	C

CENÁRIO 3	
Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	26,2
Total de Paradas:	190
Distância percorrida (km):	88,7
Tempo de viagem (hr):	3,4
Combustível Utilizado (l):	13,4
Veículos que entraram:	230
Veículos que saíram:	228

CENÁRIO 4 - 5 ANOS Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	71
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	71
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	1,19
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	72,5
HCM - Nível de serviço (LOS):	E

CENÁRIO 4 - 5 ANOS Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	58
Total de Paradas:	405
Distância percorrida (km):	122,1
Tempo de viagem (hr):	7,4
Combustível Utilizado (l):	20,7
Veículos que entraram:	320
Veículos que saíram:	310

CENÁRIO 4 - 10 ANOS Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	71
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	71
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	1,64
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	179,2
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

CENÁRIO 4 - 10 ANOS Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	136,7
Total de Paradas:	662
Distância percorrida (km):	142,7
Tempo de viagem (hr):	16,9
Combustível Utilizado (l):	30,7
Veículos que entraram:	393
Veículos que saíram:	359

CENÁRIO 4 - 15 ANOS Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	71
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	71
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	2,33
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	389,9
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

CENÁRIO 4 - 15 ANOS Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	347,9
Total de Paradas:	1199
Distância percorrida (km):	160
Tempo de viagem (hr):	44,5
Combustível Utilizado (l):	55,2
Veículos que entraram:	463
Veículos que saíram:	394

CENÁRIO 5 - 5 ANOS Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	120
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	112,1
Tipo de Controle:	Totalm. Atuado
v/c máximo:	0,88
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	56,6
HCM - Nível de serviço (LOS):	E

CENÁRIO 5 - 5 ANOS Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	47,1
Total de Paradas:	285
Distância percorrida (km):	124,6
Tempo de viagem (hr):	6,6
Combustível Utilizado (l):	20,2
Veículos que entraram:	320
Veículos que saíram:	321

CENÁRIO 5 - 10 ANOS Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	120
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	120
Tipo de Controle:	Totalm. Atuado
v/c máximo:	1,34
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	151,5
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

CENÁRIO 5 - 10 ANOS Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	122,8
Total de Paradas:	527
Distância percorrida (km):	155,5
Tempo de viagem (hr):	16,9
Combustível Utilizado (l):	31,9
Veículos que entraram:	432
Veículos que saíram:	390

CENÁRIO 5 - 15 ANOS Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	120
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	120
Tipo de Controle:	Totalm. Atuado
v/c máximo:	1,67
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	313,9
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

CENÁRIO 5 - 15 ANOS Microsimulação (Média)	
Atrasos / Veículos (s)	319,3
Total de Paradas:	868
Distância percorrida (km):	166,6
Tempo de viagem (hr):	43,1
Combustível Utilizado (l):	54,3
Veículos que entraram:	487
Veículos que saíram:	431

APÊNDICE B – Resumo dos resultados das simulações otimizadas

CENÁRIO 1 Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	55
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	55
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	0,75
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	36,2
HCM - Nível de serviço (LOS):	D

CENÁRIO 2 - OTIMIZADO Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	55
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	53,8
Tipo de Controle:	Semiatuado
v/c máximo:	0,76
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	29,8
HCM - Nível de serviço (LOS):	C

CENÁRIO 3 - OTIMIZADO Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	55
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	53,8
Tipo de Controle:	Totalm. Atuado
v/c máximo:	0,76
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	29,8
HCM - Nível de serviço (LOS):	C

CENÁRIO 4 - 5 ANOS - OTIMIZADO Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	100
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	100
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	0,87
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	60
HCM - Nível de serviço (LOS):	E

CENÁRIO 4 - 10 ANOS - OTIMIZADO Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	110
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	110
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	1,23
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	148,6
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

CENÁRIO 4 - 15 ANOS - OTIMIZADO Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	110
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	110
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	1,77
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	335,7
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

CENÁRIO 5 - 5 ANOS - OTIMIZADO Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	80
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	79,4
Tipo de Controle:	Totalm. Atuado
v/c máximo:	0,96
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	60,4
HCM - Nível de serviço (LOS):	E

CENÁRIO 5 - 10 ANOS - OTIMIZADO Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	150
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	150
Tipo de Controle:	Totalm. Atuado
v/c máximo:	1,12
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	135,5
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

CENÁRIO 5 - 15 ANOS - OTIMIZADO Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	150
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	150
Tipo de Controle:	Totalm. Atuado
v/c máximo:	1,55
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	304,1
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

CENÁRIO 7 - 5 ANOS - OTIMIZADO	
Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	55
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	55
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	0,77
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	25,5
HCM - Nível de serviço (LOS):	C

CENÁRIO 7 - 10 ANOS - OTIMIZADO	
Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	90
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	90
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	0,93
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	48,6
HCM - Nível de serviço (LOS):	D

CENÁRIO 7 - 15 ANOS - OTIMIZADO	
Macrossimulação	
Ciclo Semafórico - Temporizado (s):	110
Ciclo Semafórico - Atuado (s):	110
Tipo de Controle:	Temporizado
v/c máximo:	1,32
Período de Análise (min):	15
HCM - Atraso médio (s):	125,1
HCM - Nível de serviço (LOS):	F

APÊNDICE C – Temporização semafórica dos cenários otimizados (cenários 6 e 7)

Temporização - Cenário 1		Temporização - Cenário 2	
ESTÁGIO ϕ 2		ESTÁGIO ϕ 2	
Tempo de Verde (s):	9	Tempo de Verde (s):	9
Tempo de Amarelo (s):	3	Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1	Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 6		ESTÁGIO ϕ 6	
Tempo de Verde (s):	10	Tempo de Verde (s):	10
Tempo de Amarelo (s):	3	Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1	Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4		ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	8	Tempo de Verde (s):	8
Tempo de Amarelo (s):	3	Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1	Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8		ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	12	Tempo de Verde (s):	12
Tempo de Amarelo (s):	3	Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1	Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s):	55	Total Ciclo (s):	55

Temporização - Cenário 3	
ESTÁGIO ϕ 2	
Tempo de Verde (s):	9
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 6	
Tempo de Verde (s):	10
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	8
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	12
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s):	55

Temporização - Cenário 4 - 5 Anos	
ESTÁGIO ϕ 2	
Tempo de Verde (s):	21
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 6	
Tempo de Verde (s):	22
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	17
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	24
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s): 100	

Temporização - Cenário 4 - 10 Anos	
ESTÁGIO ϕ 2	
Tempo de Verde (s):	24
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 6	
Tempo de Verde (s):	24
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	19
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	27
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s): 110	

Temporização - Cenário 4 - 15 Anos	
ESTÁGIO ϕ 2	
Tempo de Verde (s):	24
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 6	
Tempo de Verde (s):	23
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	19
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	28
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s): 110	

Temporização - Cenário 5 - 5 Anos	
ESTÁGIO ϕ 2	
Tempo de Verde (s):	17
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 6	
Tempo de Verde (s):	17
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	12
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	18
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s):	80

Temporização - Cenário 5 - 10 Anos	
ESTÁGIO ϕ 2	
Tempo de Verde (s):	33
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 6	
Tempo de Verde (s):	35
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	27
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	39
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s):	150

Temporização - Cenário 5 - 15 Anos	
ESTÁGIO ϕ 2	
Tempo de Verde (s):	32
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 6	
Tempo de Verde (s):	35
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	27
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	40
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s):	150

Temporização - Cenário 7 - 5 Anos		Temporização - Cenário 7 - 10 Anos	
ESTÁGIO ϕ 2/4		ESTÁGIO ϕ 2/4	
Tempo de Verde (s):	17	Tempo de Verde (s):	29
Tempo de Amarelo (s):	3	Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1	Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4		ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	12	Tempo de Verde (s):	23
Tempo de Amarelo (s):	3	Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1	Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8		ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	14	Tempo de Verde (s):	26
Tempo de Amarelo (s):	3	Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1	Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s):	55	Total Ciclo (s):	110

Temporização - Cenário 7 - 15 Anos	
ESTÁGIO ϕ 2/4	
Tempo de Verde (s):	38
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 4	
Tempo de Verde (s):	29
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
ESTÁGIO ϕ 8	
Tempo de Verde (s):	31
Tempo de Amarelo (s):	3
Tempo de Vermelho Total (s):	1
Total Ciclo (s):	110

















ANEXO

ANEXO A – Relatório de macrossimulação do *Synchro* – Cenário 3

Lanes, Volumes, Timings

1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves













12/01/2017

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	68	84	41	50	88	64	22	140	68	54	170	83
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Grade (%)		-9%			4%			0%			-3%	
Storage Length (m)	0.0		0.0	0.0		0.0	4.8		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes	0		0	0		0	0		0	0		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Friction		0.971			0.957			0.960			0.960	
Flt Protected		0.983			0.988			0.995			0.991	
Satd. Flow (prot)	0	1698	0	0	1576	0	0	1619	0	0	3132	0
Flt Permitted		0.983			0.988			0.995			0.991	
Satd. Flow (perm)	0	1698	0	0	1576	0	0	1619	0	0	3132	0
Right Turn on Red			No			No			No			No
Satd. Flow (RTOR)												
Link Speed (k/h)		60			60			60			60	
Link Distance (m)		304.1			91.3			98.5			277.2	
Travel Time (s)		18.2			5.5			5.9			16.6	
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Heavy Vehicles (%)	3%	4%	2%	4%	6%	3%	5%	4%	4%	7%	2%	6%
Bus Blockages (#/hr)	7	3	0	0	0	0	0	2	0	0	1	7
Adj. Flow (vph)	72	89	44	53	94	68	23	149	72	57	181	88
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	205	0	0	215	0	0	244	0	0	326	0
Enter Blocked Intersection	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.03	1.05	1.03	1.12	1.12	1.12	1.09	1.10	1.09	1.07	1.07	1.07
Number of Detectors	1	2		1	2		1	2		1	2	
Detector Template	Left	Thru		Left	Thru		Left	Thru		Left	Thru	
Leading Detector (m)	2.0	10.0		2.0	10.0		2.0	10.0		2.0	10.0	
Trailing Detector (m)	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Detector 1 Position(m)	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Detector 1 Size(m)	2.0	0.6		2.0	0.6		2.0	0.6		2.0	0.6	
Detector 1 Type	Cl+Ex	Cl+Ex		Cl+Ex	Cl+Ex		Cl+Ex	Cl+Ex		Cl+Ex	Cl+Ex	
Detector 1 Channel												
Detector 1 Extend (s)	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Detector 1 Queue (s)	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Detector 1 Delay (s)	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Detector 2 Position(m)		9.4			9.4			9.4			9.4	
Detector 2 Size(m)		0.6			0.6			0.6			0.6	
Detector 2 Type		Cl+Ex			Cl+Ex			Cl+Ex			Cl+Ex	
Detector 2 Channel												
Detector 2 Extend (s)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Turn Type	Split	NA		Split	NA		Split	NA		Split	NA	
Protected Phases	2	2		6	6		8	8		4	4	
Permitted Phases												
Detector Phase	2	2		6	6		8	8		4	4	
Switch Phase												
Minimum Initial (s)	2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	

Lanes, Volumes, Timings

1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Minimum Split (s)	10.0	10.0		10.0	10.0		15.0	15.0		10.0	10.0	
Total Split (s)	14.0	14.0	0.0	19.0	19.0	0.0	19.0	19.0	0.0	19.0	19.0	0.0
Total Split (%)	19.7%	19.7%	0.0%	26.8%	26.8%	0.0%	26.8%	26.8%	0.0%	26.8%	26.8%	0.0%
Maximum Green (s)	10.0	10.0		15.0	15.0		15.0	15.0		15.0	15.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Vehicle Extension (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Recall Mode	Max	Max		None	None		None	None		None	None	
Act Effct Green (s)					12.7			13.2			11.8	
Actuated g/C Ratio		0.16			0.20			0.21			0.18	
v/c Ratio		0.76			0.69			0.73			0.57	
Control Delay		49.7			37.5			39.5			28.8	
Queue Delay		0.0			0.0			0.0			0.0	
Total Delay		49.7			37.5			39.5			28.8	
LOS		D			D			D			C	
Approach Delay		49.7			37.5			39.5			28.8	
Approach LOS		D			D			D			C	
90th %ile Green (s)	10.0	10.0		15.0	15.0		15.0	15.0		15.0	15.0	
90th %ile Term Code	MaxR	MaxR		Max	Max		Max	Max		Max	Max	
70th %ile Green (s)	10.0	10.0		15.0	15.0		15.0	15.0		13.8	13.8	
70th %ile Term Code	MaxR	MaxR		Max	Max		Max	Max		Gap	Gap	
50th %ile Green (s)	10.0	10.0		14.5	14.5		15.0	15.0		12.2	12.2	
50th %ile Term Code	MaxR	MaxR		Gap	Gap		Max	Max		Gap	Gap	
30th %ile Green (s)	10.0	10.0		11.6	11.6		12.7	12.7		10.4	10.4	
30th %ile Term Code	MaxR	MaxR		Gap	Gap		Gap	Gap		Gap	Gap	
10th %ile Green (s)	10.0	10.0		8.2	8.2		9.0	9.0		8.0	8.0	
10th %ile Term Code	MaxR	MaxR		Gap	Gap		Gap	Gap		Gap	Gap	
Stops (vph)		156			174			193			261	
Fuel Used(l)		18			13			15			23	
CO Emissions (g/hr)		324			241			280			417	
NOx Emissions (g/hr)		63			47			55			81	
VOC Emissions (g/hr)		75			56			65			97	
Dilemma Vehicles (#)		13			15			17			23	
Queue Length 50th (m)		26.8			26.2			29.9			21.0	
Queue Length 95th (m)		#64.5			#54.1			#63.5			33.4	
Internal Link Dist (m)		280.1			67.3			74.5			253.2	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		269			374			385			744	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.76			0.57			0.63			0.44	
Intersection Summary												
Area Type:	CBD											
Cycle Length:	71											
Actuated Cycle Length:	64.1											
Natural Cycle:	55											
Control Type:	Actuated-Uncoordinated											

Lanes, Volumes, Timings

1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017

















Maximum v/c Ratio: 0.76	
Intersection Signal Delay: 37.6	Intersection LOS: D
Intersection Capacity Utilization 53.7%	ICU Level of Service A
Analysis Period (min) 15	
90th %ile Actuated Cycle: 71	
70th %ile Actuated Cycle: 69.8	
50th %ile Actuated Cycle: 67.7	
30th %ile Actuated Cycle: 60.7	
10th %ile Actuated Cycle: 51.2	
# 95th percentile volume exceeds capacity, queue may be longer.	
Queue shown is maximum after two cycles.	

Splits and Phases: 1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves



HCM 2010 Signalized Intersection Capacity Analysis
1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017

												
Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (vph)	68	84	41	50	88	64	22	140	68	54	170	83
Movement Number	5	2	12	1	6	16	3	8	18	7	4	14
Initial Queue, veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ped-Bike Adj. Factor (A_pbT)	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00
Parking, Bus Adj. Factors	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adj. Sat. Flow Rate, veh/h/ln	1800	1800	1800	1667	1667	1667	1708	1708	1708	1736	1736	1736
Lanes	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0
Lane Assignment												
Capacity, veh/h	104	128	63	70	123	90	30	193	94	96	308	156
Proportion Arriving On Green	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.20	0.20	0.20	0.17	0.17	0.17
Movement Delay, s/veh	35.4	0.0	0.0	27.6	0.0	0.0	28.3	0.0	0.0	24.0	0.0	23.8
Movement LOS	D			C			C			C		C
Approach Volume, veh/h		205			215			245			327	
Approach Delay, s/veh		35.4			27.6			28.3			23.9	
Approach LOS		D			C			C			C	
Timer:		1	2	3	4	5	6	7	8			
Assigned Phase		6	2	8	4							
Case No		12.0	12.0	12.0	12.0							
Phase Duration (G+Y+Rc), s		14.51	14.00	15.38	14.04							
Change Period (Y+Rc), s		4.00	4.00	4.00	4.00							
Max. Allowable Headway (MAH), s		9.58	9.48	9.48	9.41							
Maximum Green Setting (Gmax), s		15.00	10.00	15.00	15.00							
Max. Queue Clearance Time (g_c+1), s		9.57	8.56	10.30	7.54							
Green Extension Time (g_e), s		1.28	0.35	1.30	2.55							
Probability of Phase Call (p_c)		0.968	1.000	0.980	0.995							
Probability of Max Out (p_x)		1.000	1.000	1.000	1.000							
Left-Turn Movement Data												
Assigned Movement		1	5	3	7							
Mvmt. Sat Flow, veh/h		386.21	601.23	154.61	554.04							
Through Movement Data												
Assigned Movement		6	2	8	4							
Mvmt. Sat Flow, veh/h		679.74	742.69	983.89	1779.92							
Right-Turn Movement Data												
Assigned Movement		16	12	18	14							
Mvmt. Sat Flow, veh/h		494.35	362.51	477.89	903.17							
Left Lane Group Data												
Assigned Movement		1	5	3	7	0	0	0	0			
Lane Assignment		L+T+R	L+T+R	L+T+R	L+T							
Lanes in Group		1	1	1	1	0	0	0	0			
Group Volume (v), veh/h		214.9	205.3	244.7	177.2	0.0	0.0	0.0	0.0			
Group Sat. Flow (s), veh/h/ln		1560.3	1706.4	1616.4	1708.7	0.0	0.0	0.0	0.0			
Queue Serve Time (g_s), s		7.6	6.6	8.3	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0			
Cycle Queue Clear Time (g_c), s		7.6	6.6	8.3	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0			
Perm LT Sat Flow Rate (s_l), veh/h/ln		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Shared LT Sat Flow (s_sh), veh/h/ln		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Perm LT Eff. Green (g_p), s		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Perm LT Serve Time (g_u), s		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			

HCM 2010 Signalized Intersection Capacity Analysis
1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017

Perm LT Que Serve Time (g_ps), s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Time to First Blk (g_f), s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Serve Time pre Blk (g_fs), s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Proportion LT Inside Lane (P_L)	0.248	0.352	0.096	0.324	0.000	0.000	0.000	0.000
Lane Group Capacity (c), veh/h	283.2	294.6	317.5	296.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Volume-to-Capacity Ratio (X)	0.759	0.697	0.771	0.598	0.000	0.000	0.000	0.000
Available Capacity (c_a), veh/h	404.1	294.6	418.6	442.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Upstream Filter Factor (I)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Uniform Delay (d1), s/veh	22.5	22.5	22.0	22.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Incremental Delay (d2), s/veh	5.1	12.8	6.3	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Initial Queue Delay (d3), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Control Delay (d), s/veh	27.6	35.4	28.3	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0
First-Term Queue (Q1), veh/ln	2.7	2.6	3.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Second-Term Queue (Q2), veh/ln	0.4	1.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Third-Term Queue (Q3), veh/ln	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Percentile bk-of-que factor (f_B%)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Percentile Back of Queue (Q%), veh/ln	3.1	3.7	3.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Percentile Storage Ratio (RQ%)	0.34	0.10	0.36	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Initial Queue (Qb), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Final (Residual) Queue (Qe), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Delay (ds), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Queue (Qs), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Capacity (cs), veh/h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Initial Queue Clear Time (tc), h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Middle Lane Group Data								
Assigned Movement	6	2	8	4	0	0	0	0
Lane Assignment								
Lanes in Group	0	0	0	0	0	0	0	0
Group Volume (v), veh/h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Group Sat. Flow (s), veh/h/ln	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Queue Serve Time (g_s), s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cycle Queue Clear Time (g_c), s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lane Group Capacity (c), veh/h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Volume-to-Capacity Ratio (X)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Available Capacity (c_a), veh/h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Upstream Filter Factor (I)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Uniform Delay (d1), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Incremental Delay (d2), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Initial Queue Delay (d3), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Control Delay (d), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
First-Term Queue (Q1), veh/ln	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Second-Term Queue (Q2), veh/ln	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Third-Term Queue (Q3), veh/ln	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Percentile bk-of-que factor (f_B%)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Percentile Back of Queue (Q%), veh/ln	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Percentile Storage Ratio (RQ%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Initial Queue (Qb), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Final (Residual) Queue (Qe), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Delay (ds), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Queue (Qs), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Capacity (cs), veh/h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Initial Queue Clear Time (tc), h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Right Lane Group Data								

HCM 2010 Signalized Intersection Capacity Analysis
1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017

Assigned Movement	16	12	18	14	0	0	0	0
Lane Assignment	T+R							
Lanes in Group	0	0	0	1	0	0	0	0
Group Volume (v), veh/h	0.0	0.0	0.0	149.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Group Sat. Flow (s), veh/h/ln	0.0	0.0	0.0	1528.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Queue Serve Time (g_s), s	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Cycle Queue Clear Time (g_c), s	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Prot RT Sat Flow Rate (s_R), veh/h/ln	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Prot RT Eff. Green (g_R), s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Proportion RT Outside Lane (P_R)	0.317	0.212	0.296	0.591	0.000	0.000	0.000	0.000
Lane Group Capacity (c), veh/h	0.0	0.0	0.0	264.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Volume-to-Capacity Ratio (X)	0.000	0.000	0.000	0.564	0.000	0.000	0.000	0.000
Available Capacity (c_a), veh/h	0.0	0.0	0.0	395.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Upstream Filter Factor (I)	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Uniform Delay (d1), s/veh	0.0	0.0	0.0	21.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Incremental Delay (d2), s/veh	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Initial Queue Delay (d3), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Control Delay (d), s/veh	0.0	0.0	0.0	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0
First-Term Queue (Q1), veh/ln	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Second-Term Queue (Q2), veh/ln	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Third-Term Queue (Q3), veh/ln	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Percentile bk-of-que factor (f_B%)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Percentile Back of Queue (Q%), veh/ln	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Percentile Storage Ratio (RQ%)	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Initial Queue (Qb), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Final (Residual) Queue (Qe), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Delay (ds), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Queue (Qs), veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Saturated Capacity (cs), veh/h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Initial Queue Clear Time (tc), h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Intersection Summary								
HCM Average Control Delay	28.2							
HCM Level of Service	C							

HCM 2010 Signals-Pedestrians

1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017

Approach	EB	WB	NB	SB
Crosswalk Length (m)	9.60	9.60	9.60	19.21
Crosswalk Width (m)	2.01	2.01	2.01	2.01
Total Number of Lanes Crossed	2	2	2	4
Number of Right-Turn Islands	0	0	0	0
Type of Control	None	None	None	None
Corresponding Signal Phase	4	8	2	6
Effective Walk Time (s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Right Corner Size A (m)	2.50	2.50	2.50	2.50
Right Corner Size B (m)	2.99	2.50	2.01	2.99
Right Corner Curb Radius (m)	0.00	0.00	0.00	0.00
Right Corner Total Area (sq.m)	7.48	6.25	5.02	7.48
Ped. Left-Right Flow Rate (p/h)	7	18	7	1
Ped. Right-Left Flow Rate (p/h)	2	26	5	6
Ped. R. Sidewalk Flow Rate (p/h)	20	20	20	20
Veh. Perm. L. Flow in Walk (v/h)	0	0	0	0
Veh. Perm. R. Flow in Walk (v/h)	0	0	0	0
Veh. RTOR Flow in Walk (v/h)	0	0	0	0
85th percentile speed (km/h)	60	60	60	60
Right Corner Area per Ped (sq.m)	163.3	77.7	58.2	185.5
Right Corner Quality of Service	A	A	A	A
Ped. Circulation Area (sq.m)	0.0	0.0	0.0	0.0
Crosswalk Circulation Code	F	F	F	F
Pedestrian Delay (s/p)	35.5	35.5	35.5	35.5
Pedestrian Compliance Code	Poor	Poor	Poor	Poor
Pedestrian Crosswalk Score	1.96	1.98	2.03	2.32
Pedestrian Crosswalk LOS	A	A	B	B

Timing Report, Sorted By Phase

1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017



Phase Number	2	4	6	8
Movement	EBTL	SBTL	WBTL	NBTL
Lead/Lag				
Lead-Lag Optimize				
Recall Mode	Max	None	None	None
Maximum Split (s)	14	19	19	19
Maximum Split (%)	19.7%	26.8%	26.8%	26.8%
Minimum Split (s)	10	10	10	15
Yellow Time (s)	3	3	3	3
All-Red Time (s)	1	1	1	1
Minimum Initial (s)	2	2	2	2
Vehicle Extension (s)	3	3	3	3
Minimum Gap (s)	3	3	3	3
Time Before Reduce (s)	0	0	0	0
Time To Reduce (s)	0	0	0	0
Walk Time (s)				
Flash Dont Walk (s)				
Dual Entry	Yes	Yes	Yes	Yes
Inhibit Max	Yes	Yes	Yes	Yes
Start Time (s)	0	33	14	52
End Time (s)	14	52	33	0
Yield/Force Off (s)	10	48	29	67
Yield/Force Off 170(s)	10	48	29	67
Local Start Time (s)	0	33	14	52
Local Yield (s)	10	48	29	67
Local Yield 170(s)	10	48	29	67

Intersection Summary

Cycle Length	71
Control Type	Actuated-Uncoordinated
Natural Cycle	55

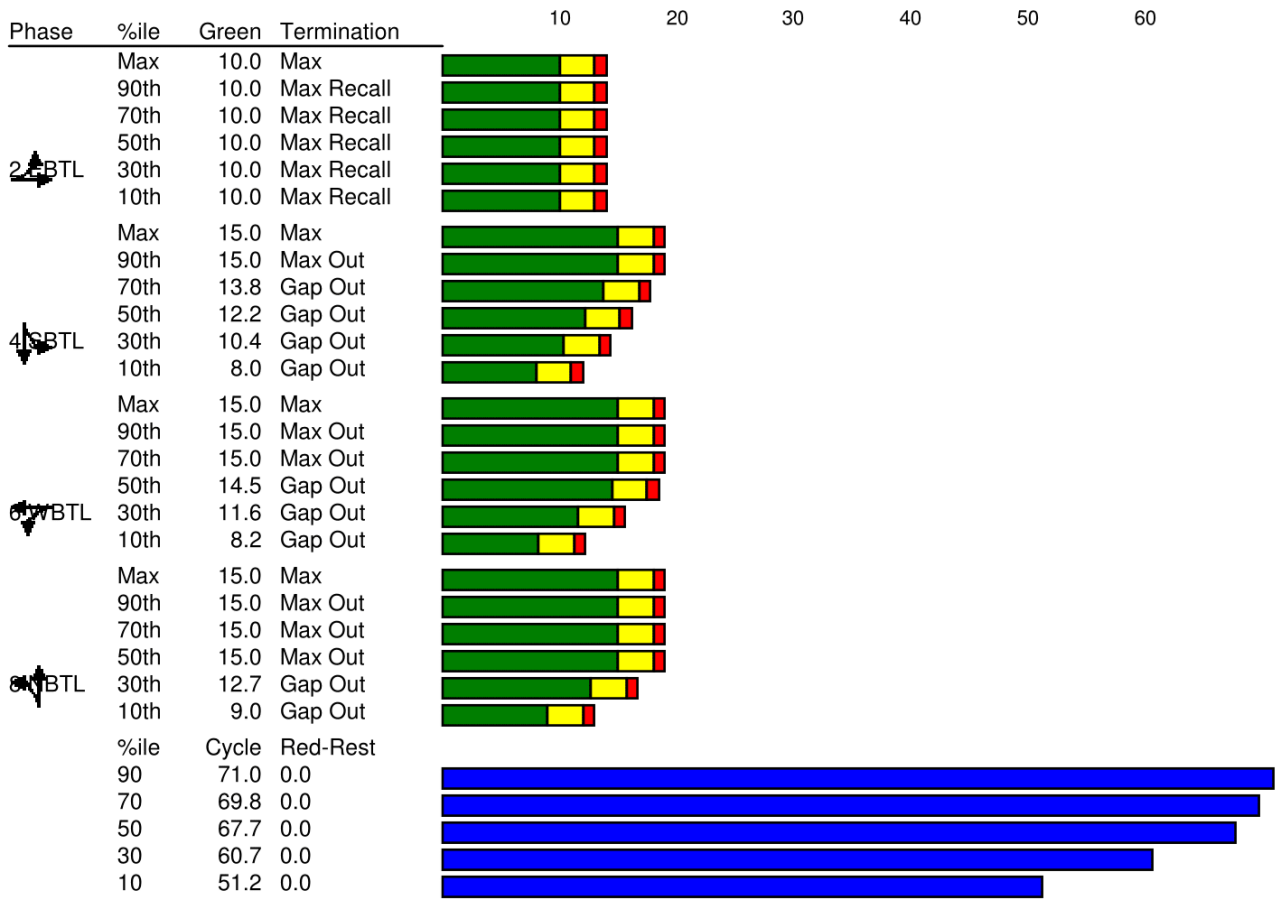
Splits and Phases: 1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves



Actuated Signal, Actual Green Times

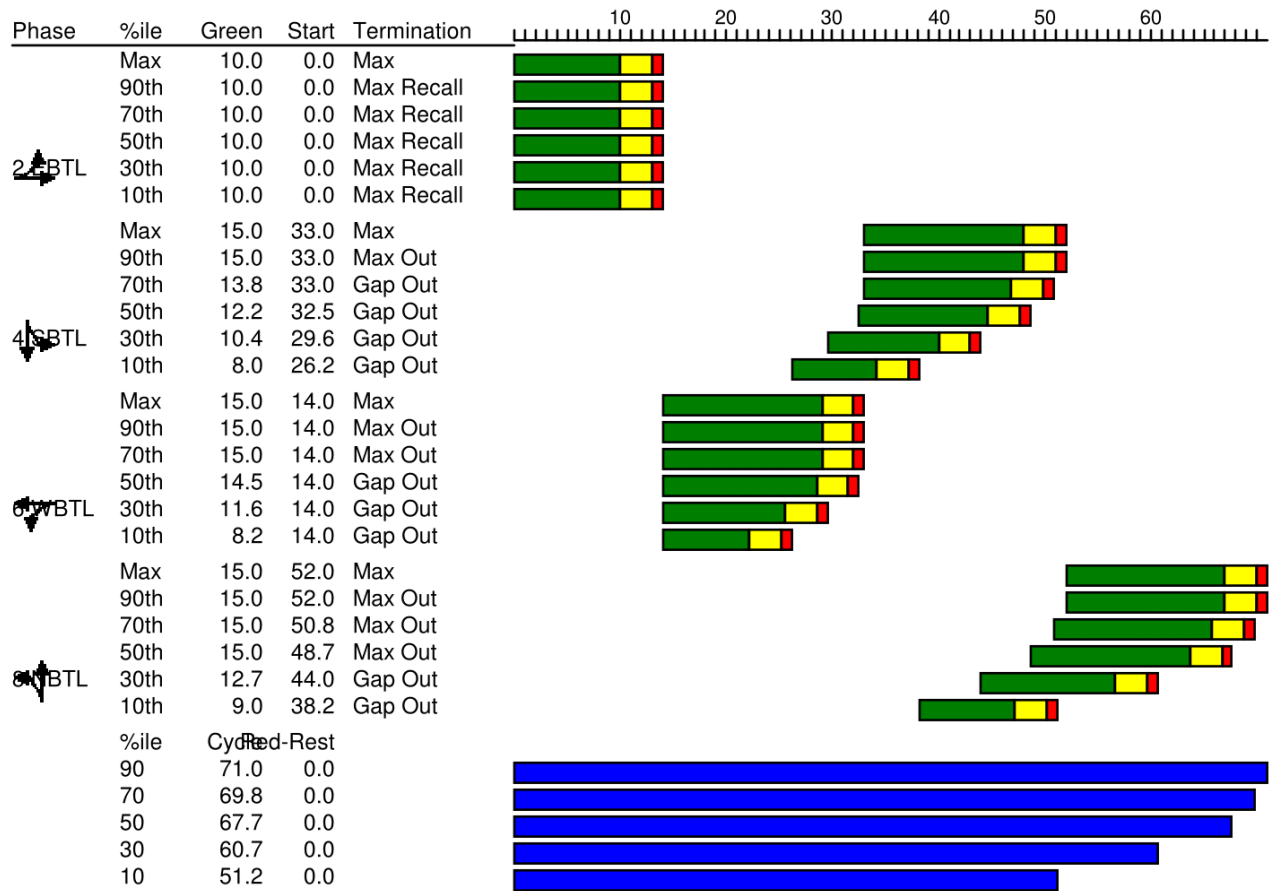
1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017



Actuated Signal, Actual Green Times and Starts
 1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

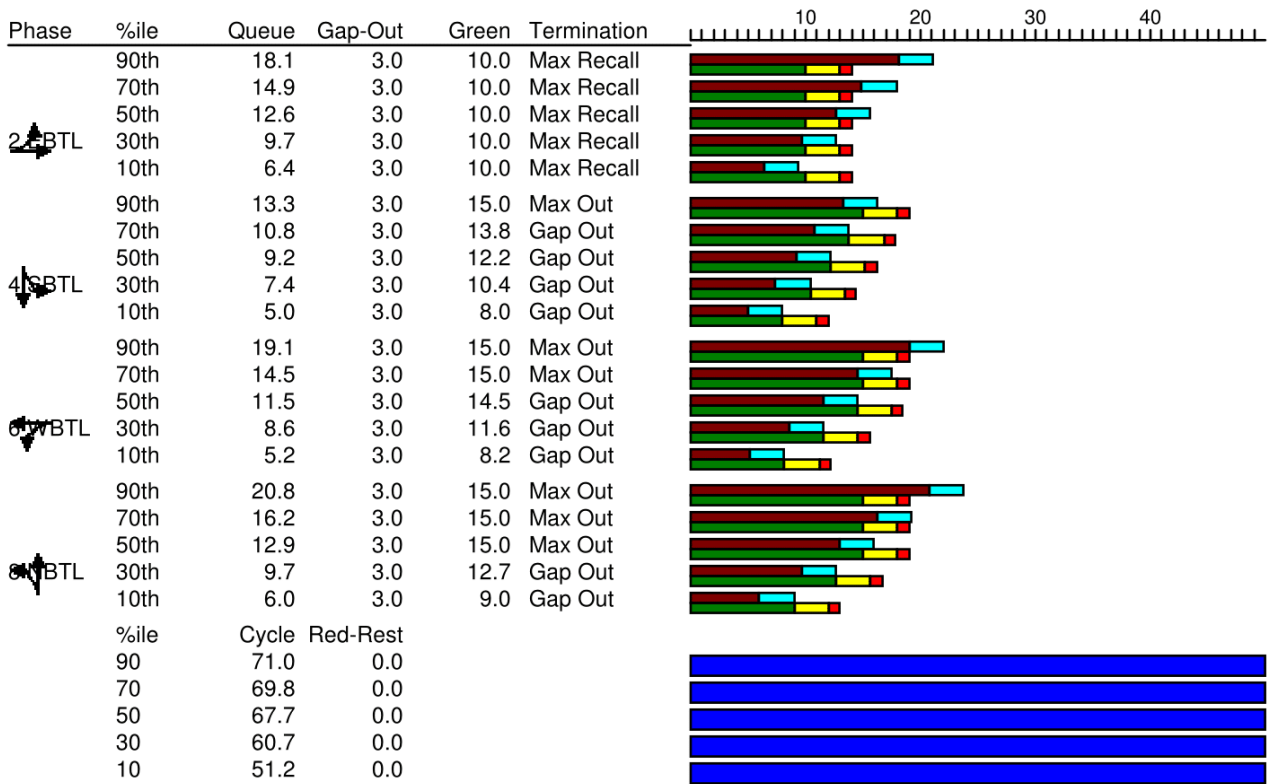
12/01/2017



Actuated Signal, Phase Details

1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

12/01/2017



ANEXO B – RELATÓRIO DE MICROSIMULAÇÃO DO SYNCHRO – CENÁRIO 3

SimTraffic Simulation Summary

Cenário 3: intercessão com volume observado e sinalização de controle totalmente automática

Summary of All Intervals

Run Number	1	10	11	12	13	14	15
Start Time	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42
End Time	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
Total Time (min)	18	18	18	18	18	18	18
Time Recorded (min)	15	15	15	15	15	15	15
# of Intervals	2	2	2	2	2	2	2
# of Recorded mScheduledIntervals	1	1	1	1	1	1	1
Vehs Entered	238	205	224	235	215	230	241
Vehs Exited	236	206	216	243	211	228	241
Starting Vehs	11	11	11	22	9	14	16
Ending Vehs	13	10	19	14	13	16	16
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Travel Distance (km)	93	84	84	88	83	91	95
Travel Time (hr)	3.8	3.0	3.0	3.6	3.0	3.5	3.6
Total Delay (hr)	2.0	1.4	1.4	1.9	1.4	1.8	1.8
Total Stops	215	162	171	208	172	203	197
Fuel Used (l)	14.4	12.4	12.7	14.0	12.3	13.8	14.4

Summary of All Intervals

Run Number	16	17	18	19	2	20	3
Start Time	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42
End Time	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
Total Time (min)	18	18	18	18	18	18	18
Time Recorded (min)	15	15	15	15	15	15	15
# of Intervals	2	2	2	2	2	2	2
# of Recorded mScheduledIntervals	1	1	1	1	1	1	1
Vehs Entered	208	220	232	247	243	235	225
Vehs Exited	213	221	228	242	235	243	225
Starting Vehs	14	15	9	14	8	16	16
Ending Vehs	9	14	13	19	16	8	16
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Travel Distance (km)	83	88	91	91	91	93	87
Travel Time (hr)	3.0	3.1	3.4	3.8	3.4	3.6	3.1
Total Delay (hr)	1.4	1.5	1.7	2.0	1.7	1.8	1.5
Total Stops	172	177	187	220	203	198	180
Fuel Used (l)	12.3	13.1	13.8	13.9	13.8	13.7	13.1

SimTraffic Simulation Summary

Cenário 3: intercessão com volume observado e sinalização de controle totalmente automática

Summary of All Intervals

Run Number	4	5	6	7	8	9	Avg
Start Time	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42	11:42
End Time	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
Total Time (min)	18	18	18	18	18	18	18
Time Recorded (min)	15	15	15	15	15	15	15
# of Intervals	2	2	2	2	2	2	2
# of Recorded mScheduledIntervals	1	1	1	1	1	1	1
Vehs Entered	225	228	200	237	235	270	230
Vehs Exited	227	226	206	242	233	258	228
Starting Vehs	7	13	19	16	13	11	12
Ending Vehs	5	15	13	11	15	23	14
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Travel Distance (km)	83	87	77	93	90	101	89
Travel Time (hr)	3.3	3.3	2.8	3.5	3.4	4.0	3.4
Total Delay (hr)	1.7	1.6	1.3	1.8	1.7	2.1	1.7
Total Stops	189	192	145	192	195	228	190
Fuel Used (l)	13.0	13.3	11.5	13.8	13.9	15.1	13.4

Interval #0 Information Seeding

Start Time 11:42

End Time 11:45

Total Time (min) 3

Volumes adjusted by Growth Factors.

No data recorded this interval.

SimTraffic Simulation Summary

Cenário 3: intercessão com volume observado e sinalização de controle totalmente 20/12/2017

Interval #1 Information 15 Min Peak

Start Time	11:45
End Time	12:00
Total Time (min)	15

Volumes adjusted by Growth Factors.

Run Number	1	10	11	12	13	14	15
Vehs Entered	238	205	224	235	215	230	241
Vehs Exited	236	206	216	243	211	228	241
Starting Vehs	11	11	11	22	9	14	16
Ending Vehs	13	10	19	14	13	16	16
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Travel Distance (km)	93	84	84	88	83	91	95
Travel Time (hr)	3.8	3.0	3.0	3.6	3.0	3.5	3.6
Total Delay (hr)	2.0	1.4	1.4	1.9	1.4	1.8	1.8
Total Stops	215	162	171	208	172	203	197
Fuel Used (l)	14.4	12.4	12.7	14.0	12.3	13.8	14.4

Interval #1 Information 15 Min Peak

Start Time	11:45
End Time	12:00
Total Time (min)	15

Volumes adjusted by Growth Factors.

Run Number	16	17	18	19	2	20	3
Vehs Entered	208	220	232	247	243	235	225
Vehs Exited	213	221	228	242	235	243	225
Starting Vehs	14	15	9	14	8	16	16
Ending Vehs	9	14	13	19	16	8	16
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Travel Distance (km)	83	88	91	91	91	93	87
Travel Time (hr)	3.0	3.1	3.4	3.8	3.4	3.6	3.1
Total Delay (hr)	1.4	1.5	1.7	2.0	1.7	1.8	1.5
Total Stops	172	177	187	220	203	198	180
Fuel Used (l)	12.3	13.1	13.8	13.9	13.8	13.7	13.1

SimTraffic Simulation Summary

Cenário 3: intercessão com volume observado e sinalização de controle totalmente automática

Interval #1 Information 15 Min Peak

Start Time	11:45
End Time	12:00
Total Time (min)	15

Volumes adjusted by Growth Factors.

Run Number	4	5	6	7	8	9	Avg
Vehs Entered	225	228	200	237	235	270	230
Vehs Exited	227	226	206	242	233	258	228
Starting Vehs	7	13	19	16	13	11	12
Ending Vehs	5	15	13	11	15	23	14
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Travel Distance (km)	83	87	77	93	90	101	89
Travel Time (hr)	3.3	3.3	2.8	3.5	3.4	4.0	3.4
Total Delay (hr)	1.7	1.6	1.3	1.8	1.7	2.1	1.7
Total Stops	189	192	145	192	195	228	190
Fuel Used (l)	13.0	13.3	11.5	13.8	13.9	15.1	13.4

SimTraffic Performance Report

Cenário 3: intercessão com volume observado e sinalização de controle totalmente automática

Total Network Performance By Run

Run Number	1	10	11	12	13	14	15
Total Delay (hr)	2.0	1.4	1.4	1.9	1.4	1.8	1.8
Delay / Veh (s)	30.8	24.1	22.7	28.3	24.1	28.0	26.6
Stop Delay (hr)	1.6	1.0	1.0	1.5	1.1	1.4	1.4
St Del/Veh (s)	24.1	17.6	16.8	22.1	18.1	21.5	20.7
Total Stops	215	162	171	208	172	203	197
Stop/Veh	0.91	0.79	0.78	0.87	0.81	0.89	0.82
Travel Dist (km)	93.3	83.9	84.3	88.1	82.5	91.4	94.9
Travel Time (hr)	3.8	3.0	3.0	3.6	3.0	3.5	3.6
Avg Speed (kph)	25	29	28	25	28	26	27
Fuel Used (l)	14.4	12.4	12.7	14.0	12.3	13.8	14.4
Fuel Eff. (kpl)	6.5	6.8	6.6	6.3	6.7	6.6	6.6
HC Emissions (g)	79	51	78	87	59	79	93
CO Emissions (g)	3183	2512	3063	3263	2677	3179	3493
NOx Emissions (g)	238	164	227	250	183	232	267
Vehicles Entered	238	205	224	235	215	230	241
Vehicles Exited	236	206	216	243	211	228	241
Hourly Exit Rate	944	824	864	972	844	912	964
Input Volume	1864	1864	1864	1864	1864	1864	1864
% of Volume	51	44	46	52	45	49	52
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Density (m/veh)							
Occupancy (veh)	15	12	12	14	12	14	14

Total Network Performance By Run

Run Number	16	17	18	19	2	20	3
Total Delay (hr)	1.4	1.5	1.7	2.0	1.7	1.8	1.5
Delay / Veh (s)	24.0	23.7	25.8	29.8	25.1	26.9	23.6
Stop Delay (hr)	1.0	1.1	1.2	1.6	1.2	1.4	1.1
St Del/Veh (s)	17.8	17.2	19.3	23.6	18.7	20.6	17.3
Total Stops	172	177	187	220	203	198	180
Stop/Veh	0.82	0.80	0.81	0.90	0.85	0.83	0.80
Travel Dist (km)	83.5	87.8	90.8	91.0	90.6	93.2	86.7
Travel Time (hr)	3.0	3.1	3.4	3.8	3.4	3.6	3.1
Avg Speed (kph)	28	28	27	24	27	26	28
Fuel Used (l)	12.3	13.1	13.8	13.9	13.8	13.7	13.1
Fuel Eff. (kpl)	6.8	6.7	6.6	6.6	6.6	6.8	6.6
HC Emissions (g)	62	62	57	63	68	46	64
CO Emissions (g)	2815	2826	2823	2925	2976	2550	2864
NOx Emissions (g)	186	191	180	194	207	157	198
Vehicles Entered	208	220	232	247	243	235	225
Vehicles Exited	213	221	228	242	235	243	225
Hourly Exit Rate	852	884	912	968	940	972	900
Input Volume	1864	1864	1864	1864	1864	1864	1864
% of Volume	46	47	49	52	50	52	48
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Density (m/veh)							
Occupancy (veh)	12	12	13	15	14	14	12

SimTraffic Performance Report

Cenário 3: intercessão com volume observado e sinalização de controle totalmente 19/01/2017

Total Network Performance By Run

Run Number	4	5	6	7	8	9	Avg
Total Delay (hr)	1.7	1.6	1.3	1.8	1.7	2.1	1.7
Delay / Veh (s)	27.5	25.8	23.5	26.4	26.2	28.0	26.2
Stop Delay (hr)	1.3	1.2	1.0	1.3	1.3	1.6	1.3
St Del/Veh (s)	21.0	19.7	17.8	19.9	19.8	21.2	19.9
Total Stops	189	192	145	192	195	228	190
Stop/Veh	0.84	0.85	0.71	0.80	0.83	0.86	0.83
Travel Dist (km)	83.5	87.2	77.2	93.0	90.3	100.6	88.7
Travel Time (hr)	3.3	3.3	2.8	3.5	3.4	4.0	3.4
Avg Speed (kph)	25	26	28	27	26	25	27
Fuel Used (l)	13.0	13.3	11.5	13.8	13.9	15.1	13.4
Fuel Eff. (kpl)	6.4	6.6	6.7	6.7	6.5	6.7	6.6
HC Emissions (g)	77	82	49	77	50	95	69
CO Emissions (g)	2949	3109	2427	3175	2705	3619	2957
NOx Emissions (g)	226	241	156	229	164	275	208
Vehicles Entered	225	228	200	237	235	270	230
Vehicles Exited	227	226	206	242	233	258	228
Hourly Exit Rate	908	904	824	968	932	1032	912
Input Volume	1864	1864	1864	1864	1864	1864	1864
% of Volume	49	48	44	52	50	55	49
Denied Entry Before	0	0	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0	0	0
Density (m/veh)							73
Occupancy (veh)	13	13	11	14	14	16	13

Queuing and Blocking Report

Cenário 3: intercessão com volume observado e sinalização de controle totalmente automática

Intersection: 1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

Movement	EB	WB	NB	SB	SB
Directions Served	LTR	LTR	LTR	LT	TR
Maximum Queue (m)	39.9	48.8	56.2	29.9	32.9
Average Queue (m)	25.2	29.0	34.1	17.9	22.3
95th Queue (m)	42.6	50.5	59.6	30.0	34.8
Link Distance (m)	287.4	77.5	84.7	264.4	264.4
Upstream Blk Time (%)			0		
Queuing Penalty (veh)			0		
Storage Bay Dist (m)					
Storage Blk Time (%)					
Queuing Penalty (veh)					

Network Summary

Network wide Queuing Penalty: 0

Actuated Signals, Observed Splits

Cenário 3: intercessão com volume observado e sinalização de controle totalmente automático

Intersection: 1: R. Icoaraci/Av. 7 de Setembro & Av. Tancredo Neves

Phase	2	4	6	8
Movement(s) Served	EBTL	SBTL	WBTL	NBTL
Maximum Green (s)	10.0	15.0	15.0	15.0
Minimum Green (s)	2.0	2.0	2.0	2.0
Recall	Max	None	None	None
Avg. Green (s)	10.0	11.5	10.9	11.9
g/C Ratio	0.18	0.20	0.17	0.20
Cycles Skipped (%)	0	0	13	7
Cycles @ Minimum (%)	0	0	0	0
Cycles Maxed Out (%)	100	27	19	33
Cycles with Peds (%)	0	0	0	0

Controller Summary

Average Cycle Length (s): 56.3

Number of Complete Cycles : 15

ANEXO C – Tabelas de contagem volumétrica de tráfego (Serejo e Lima Neto, 2016)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Contagem de Tráfego em Intersessão no Período de Pico da Manhã (10:45 - 12:45)

Carros de Passeio

Horário Início	Av.7 de Setembro				Av. Tancredo Neves				R. Icoaraci				Av. Tancredo Neves					
	Aproximação: Norte (Rumo a Sul)		Aproximação: Leste (Rumo a Oeste)		Aproximação: Sul (Rumo a Norte)		Aproximação: Oeste (Rumo a Leste)		Aproximação: Norte (Rumo a Sul)		Aproximação: Leste (Rumo a Oeste)		Aproximação: Sul (Rumo a Norte)		Aproximação: Oeste (Rumo a Leste)			
Fator	Direita	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Esquerda	Aprox. UCP
10:45:00	1	1	40	1	1	16	1	1	19	1	1	19	1	1	28	1	1	28
11:00:00	20	4	34	4	3	15	1	4	39	14	4	21	17	1	28	6	10	28
11:15:00	6	5	39	7	1	20	3	5	21	7	5	6	13	2	25	2	11	25
11:30:00	18	7	48	19	5	39	19	5	15	12	5	4	10	1	33	5	17	33
Total Hora	59	27	161	33	14	90	32	8	94	54	8	94	25	46	114	25	43	114
11:45:00	19	8	51	14	6	41	7	6	29	16	6	29	4	15	28	4	9	28
12:00:00	13	6	33	4	9	26	7	3	25	15	3	25	7	19	33	7	7	33
12:15:00	11	4	24	3	4	12	5	0	15	10	0	15	1	11	23	1	11	23
12:30:00	8	3	21	5	4	15	3	1	13	9	1	13	4	15	27	4	8	27
Total Hora	51	21	129	26	23	94	22	10	82	50	10	82	16	60	111	16	35	111

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Contagem de Tráfego em Interessão no Período de Pico da Manhã (10:45 - 12:45)

Motocicletas

Horário Início	Av.7 de Setembro				Av. Tancredo Neves				R. Icoaraci				Av. Tancredo Neves			
	Aproximação: Norte (Rumo a Sul)		Aproximação: Leste (Rumo a Oeste)		Aproximação: Sul (Rumo a Norte)		Aproximação: Oeste (Rumo a Leste)		Aproximação: Norte (Rumo a Sul)		Aproximação: Leste (Rumo a Oeste)		Aproximação: Sul (Rumo a Norte)		Aproximação: Oeste (Rumo a Leste)	
Fator	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP
10:45:00	9	63	8	26,4	16	12	21	16,17	12	50	11	24,09	9	18	11	12,54
11:00:00	9	68	11	29,04	15	12	27	17,82	21	53	9	27,39	12	21	17	16,5
11:15:00	15	57	17	29,37	11	14	21	15,18	13	61	10	27,72	10	20	12	13,86
11:30:00	17	60	17	31,02	19	25	25	22,77	23	59	12	31,02	17	19	11	15,51
Total Hora	50	248	53	115,83	61	63	94	71,94	69	223	42	110,22	48	78	51	58,41
11:45:00	14	71	11	31,68	14	21	18	17,49	21	60	3	27,72	13	28	14	18,15
12:00:00	14	75	7	31,68	13	16	25	17,82	30	65	5	33	14	23	6	14,19
12:15:00	14	53	16	27,39	11	13	20	14,52	12	60	9	26,73	9	20	12	13,53
12:30:00	17	57	16	29,7	18	22	25	21,45	20	59	8	28,71	16	18	10	14,52
Total Hora	59	256	50	120,45	56	72	88	71,28	83	244	25	116,16	52	89	42	60,39

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Contagem de Tráfego em Interessão no Período de Pico da Manhã (10:45 - 12:45)

Ônibus

Horário Início	Av.7 de Setembro						Av. Tancredo Neves						R. Icoaraci						Av. Tancredo Neves					
	Aproximação: Norte (Rumo a Sul)						Aproximação: Leste (Rumo a Oeste)						Aproximação: Sul (Rumo a Norte)						Aproximação: Oeste (Rumo a Leste)					
	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP
Fator	2	2	2		2	2	2		2	2	2		2	2	2		2	2	2		2	2	2	
10:45:00	3	0	0	6	0	1	4		1	0	0	2	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	4
11:00:00	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	8
11:15:00	1	0	0	2	0	2	4		2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
11:30:00	0	0	1	2	0	1	4		1	1	1	4	0	1	0	2	0	1	0	2	0	1	1	4
Total Hora	4	0	1	10	0	4	12		4	2	2	12	1	1	0	4	1	1	0	4	0	3	7	20
11:45:00	1	0	0	2	0	1	2		1	0	0	2	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	1	2
12:00:00	2	1	0	6	0	1	2		1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	10
12:15:00	0	0	1	2	0	2	4		2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
12:30:00	1	0	0	2	0	1	4		1	1	1	4	1	0	0	2	1	0	0	2	1	1	1	6
Total Hora	4	1	1	12	0	5	12		2	1	1	12	2	0	0	4	1	4	0	4	1	4	6	22

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Contagem de Tráfego em Intersessão no Período de Pico da Manhã (10:45 - 12:45)

Caminhão

Horário Início	Av.7 de Setembro				Av. Tancredo Neves				R. Icoaraci				Av. Tancredo Neves			
	Aproximação: Norte (Rumo a Sul)		Aproximação: Leste (Rumo a Oeste)		Aproximação: Sul (Rumo a Norte)		Aproximação: Oeste (Rumo a Leste)		Direita		Esquerda		Direita		Esquerda	
Fator	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP	Direita	Em Frente	Esquerda	Aprox. UCP
10:45:00	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	9
11:00:00	1	0	1	6	1	2	1	12	1	4	1	18	0	2	1	9
11:15:00	1	1	2	12	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	1	6
11:30:00	0	2	1	9	1	0	1	6	2	1	0	9	0	0	0	0
Total Hora	2	4	4	30	2	2	2	18	3	6	1	30	0	5	3	24
11:45:00	3	0	0	9	0	3	0	9	0	0	0	0	1	0	0	3
12:00:00	1	0	2	9	1	1	0	6	0	0	2	6	0	1	2	9
12:15:00	0	1	0	3	0	0	0	0	1	2	0	9	0	0	0	0
12:30:00	0	1	1	6	0	1	0	3	1	1	1	9	0	1	0	3
Total Hora	4	2	3	27	1	5	0	18	2	3	3	24	1	2	2	15

