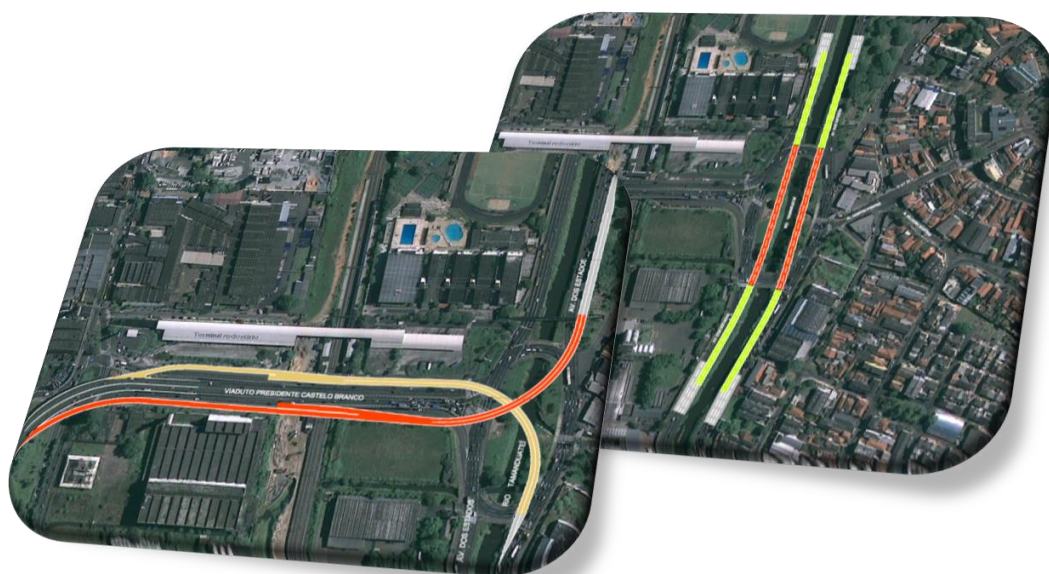


ESTUDO DE TRÁFEGO SANTO ANDRÉ
VIADUTO CASTELO BRANCO
X
AVENIDA DOS ESTADOS



OKAAN
ENGENHARIA DE TRÁFEGO E DE TRANSPORTES

SÃO PAULO, 05 DE NOVEMBRO DE 2014.

CONTEÚDO

1	INTRODUÇÃO	9
2	LEVANTAMENTOS DE CAMPO	10
2.1	Contagens Veiculares Classificadas	13
2.2	Pesquisa de Origem e Destino	13
3	MODELAGEM DE TRÁFEGO	15
3.1	Zoneamento	15
3.2	Elaboração da Rede Viária Atual	15
3.3	Matrizes Atuais de Viagens	18
3.4	Calibração do Modelo	18
3.5	Cenários Estudados – Fase 1	19
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS – MACROSSIMULAÇÃO FASE 1	20
4.1	Cenário Atual	21
4.2	Cenário 1: elevação Av. dos Estados	25
4.3	Cenário 2: prolongamento Vd. Pres. Castelo Branco – Acesso Av. dos Estados	30
5	MICROSSIMULAÇÃO	35
5.1	Indicadores dos resultados das simulações microscópicas -	35
5.1.1	Resultados das Simulações para o cenário atual – Pico da Manhã	39
5.1.2	Resultados das Simulações para o cenário 1– Pico da Manhã	39
5.1.3	Resultados das Simulações para o cenário 2 – Pico da Manhã	40
5.1.4	Resumo dos Resultados para o Pico da Manhã	41
5.1.5	Resultados das Simulações para o cenário atual – Pico da Tarde	42
5.1.6	Resultados das Simulações para o cenário 1– Pico da Tarde	43
5.1.7	Resultados das Simulações para o cenário 2 – Pico da Tarde	44
5.1.8	Resumo dos Resultados para o Pico da Tarde	45
6	MODELAGEM DE TRÁFEGO – FASE 2	47
6.1	Cenários Estudados – Fase 2	48
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS – MACROSSIMULAÇÃO FASE 2	49
7.1	Cenário Atual	49
7.2	Cenário 1: elevação Av. dos Estados	53
7.3	Cenário 3a: elevação da Av. dos Estados e prolongamento do Viaduto Presidente Castelo Branco nos 2 sentidos	58
7.4	Cenário 3b: elevação da Av. dos Estados e alça conectando ao Viaduto Presidente Castelo Branco, sentido São Bernardo.	63
7.5	Cenário 3c: elevação da Av. dos Estados e alça conectando ao Viaduto Castelo Branco e ligação do Viaduto com a Martins Fontes	68

8	MICROSSIMULAÇÃO – FASE 2.....	74
8.1	Indicadores dos resultados das simulações microscópicas -	74
8.1.1	Resultados das Simulações para o cenário atual – Pico da Manhã	80
8.1.2	Resultados das Simulações para o cenário 1– Pico da Manhã	80
8.1.3	Resultados das Simulações para o cenário 3a – Pico da Manhã	81
8.1.4	Resultados das Simulações para o Cenário 3b – Pico da Manhã.....	83
8.1.5	Resultados das Simulações para o Cenário 4 – Pico da Manhã.....	84
8.1.6	Resumo dos Resultados para o Pico da Manhã – Fase 2.....	85
8.1.7	Resultados das Simulações para o cenário atual – Pico da Tarde	90
8.1.8	Resultados das Simulações para o cenário 1 – Pico da Tarde	90
8.1.9	Resultados das Simulações para o cenário 3a – Pico da Tarde	91
8.1.10	Resultados das Simulações para o cenário 3b – Pico da Tarde	92
8.1.11	Resultados das Simulações para o cenário 3c – Pico da Tarde.....	93
8.1.12	Resumo dos Resultados para o Pico da Tarde – Fase 2.....	93
9	ANEXO	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos postos de coleta de dados	10
Figura 2 – Ponto 1 de coleta de dados.....	11
Figura 3 – Ponto 2 de coleta de dados.....	11
Figura 4 – Ponto 3 de coleta de dados.....	12
Figura 5 – Ponto 4 de coleta de dados.....	12
Figura 6 – Questionário aplicado na pesquisa de origem e destino – Automóveis	14
Figura 7 – Representação da rede viária no modelo de simulação.....	17
Figura 8 – Representação da área de implantação do estudo no modelo de simulação.....	17
Figura 9 – Volumes modelados x volumes observados para HPM	18
Figura 10 - Volumes modelados x volumes observados para HPT	19
Figura 11 – Imagem Viaduto Pres. Castelo Branco e Avenida dos Estados com destaque para a travessia de pedestres – Cenário Atual	21
Figura 12 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário Atual – HPM – Rede geral	22

Figura 13 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário Atual – HPM – Rotatória de estudo	22
Figura 14 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário Atual – HPT – Rede geral....	23
Figura 15 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário Atual – HPT – Rotatória de estudo	24
Figura 16 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 1	25
Figura 17 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário 1 – HPM – Rede geral.....	26
Figura 18 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário 1 – HPM – Rotatória de estudo	26
Figura 19 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário 1 – HPT – Rede geral	27
Figura 20 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário 1 – HPT – Rotatória de estudo	27
Figura 21 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 1 X cenário atual – HPM ...	28
Figura 22 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 1 X cenário atual – HPT.....	29
Figura 23 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 2	30
Figura 24 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário 2 – HPM – Rede geral.....	31
Figura 25 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário 2 – HPM – Rotatória de estudo	31
Figura 26 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário 2 – HPT – Rede geral	32
Figura 27 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário 2 – HPT – Rotatória de estudo	32
Figura 28 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 2 X cenário atual – HPM ...	33
Figura 29 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 2 X cenário atual – HPT.....	34
Figura 30 – Região de estudo para a microssimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário Atual	35
Figura 31 – Região de estudo para a microssimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 1	36
Figura 32 – Região de estudo para a microssimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 2	36

Figura 33 – Coleta de dados das simulações microscópicas: <i>Nodes</i>	37
Figura 34 – Coleta de dados das simulações microscópicas: <i>Links</i>	38
Figura 35 – Escala de velocidades usada para coloração dos veículos.....	38
Figura 36 – Microssimulação para o Cenário Atual, Pico da Manhã	39
Figura 37 – Microssimulação para o Cenário 1, Pico da Manhã.....	40
Figura 38 – Microssimulação para o Cenário 2, Pico da Manhã.....	41
Figura 39 – Microssimulação para o Cenário Atual, Pico da Tarde	43
Figura 40 – Microssimulação para o Cenário 1, Pico da Tarde.....	44
Figura 41 – Microssimulação para o Cenário 2, Pico da Tarde.....	45
Figura 42 – Localização dos empreendimentos.....	47
Figura 43 – Nova configuração viária (Binário Al. Martins Fontes e R. Lorde Cochrane).....	48
Figura 44 – Imagem Viaduto Pres. Castelo Branco e Avenida dos Estados com destaque para a travessia de pedestres – Cenário Atual	49
Figura 45 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário Atual – HPM – Rede Geral	50
Figura 46 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário Atual – HPM – Rotatória de estudo	51
Figura 47 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário Atual – HPT – Rede Geral.....	52
Figura 48 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário Atual – HPT – Rotatória de estudo	52
Figura 49 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 1.....	53
Figura 50 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 1 – HPM – Rede Geral.....	54
Figura 51 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 1 – HPM – Rotatória de estudo	54
Figura 52 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 1 – HPT – Rede Geral	55
Figura 53 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 1 – HPT – Rotatória de estudo	56
Figura 54 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 1 X cenário atual – HPM ...	57

Figura 55 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 1 X cenário atual – HPT.....	58
Figura 56 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 3a	59
Figura 57 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3a – HPM – Rede geral.....	60
Figura 58 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3a – HPM – Rotatória de estudo	60
Figura 59 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3a – HPT – Rede geral	61
Figura 60 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3a – HPT – Rotatória de estudo	61
Figura 61 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3a X cenário atual – HPM ..	62
Figura 62 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3a X cenário atual – HPT ...	63
Figura 63 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 3b.....	64
Figura 64 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3b – HPM – Rede geral	65
Figura 65 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3b – HPM – Rotatória de estudo	65
Figura 66 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3b – HPT – Rede geral.....	66
Figura 67 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3b – HPT – Rotatória de estudo	66
Figura 68 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3b X cenário atual – HPM..	67
Figura 69 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3b X cenário atual – HPT ...	68
Figura 70 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 3c	69
Figura 71 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3c – HPM – Rede geral.....	70
Figura 72 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3c – HPM – Rotatória de estudo	70
Figura 73 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3c – HPT – Rede geral	71
Figura 74 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3c – HPT – Rotatória de estudo	71
Figura 75 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3c X cenário atual – HPM ..	72

Figura 76 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3c X cenário atual – HPT....	73
Figura 77 – Região de estudo para a microssimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário Atual	74
Figura 78 – Região de estudo para a microssimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 1	75
Figura 79 – Região de estudo para a microssimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 3a	75
Figura 80 – Região de estudo para a microssimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 3b	76
Figura 81 – Região de estudo para a microssimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 3c	76
Figura 82 – Coleta de dados das simulações microscópicas: <i>Nodes</i>	78
Figura 83 – Coleta de dados das simulações microscópicas: <i>Links</i>	79
Figura 84 – Escala de velocidades usada para coloração dos veículos.....	80
Figura 85 – Microssimulação para o Cenário Atual, Pico da Manhã	80
Figura 86 – Microssimulação para o Cenário 1, Pico da Manhã	81
Figura 87 – Microssimulação para o Cenário 3a, Pico da Manhã	82
Figura 88 – Microssimulação para o Cenário 3b, Pico da Manhã.....	83
Figura 89 - Microssimulação para o Cenário 3c, Pico da Manhã	84
Figura 90 – Nós de análise e suas aproximações	87
Figura 91 – Microssimulação para o Cenário Atual, Pico da Tarde	90
Figura 92 – Microssimulação para o Cenário 1, Pico da Tarde	91
Figura 93 – Microssimulação para o Cenário 3a, Pico da Tarde	92
Figura 94 – Microssimulação para o Cenário 3b, Pico da Tarde.....	92
Figura 95 – Microssimulação para o Cenário 3c, Pico da Tarde	93

TABELAS

Tabela 1 – Volumes de tráfego nos postos de contagem	13
Tabela 2 – Entrevistas OD e Intervalos de Confiança	15
Tabela 3 – Tipologia das vias com seus respectivos parâmetros de velocidade e capacidade	16
Tabela 4 – Resumo dos resultados, Pico da Manhã – links	42
Tabela 5 - Resumo dos resultados, Pico da Manhã – Filas	42
Tabela 6 – Resumo dos resultados, Pico da Tarde – links	45
Tabela 7 - Resumo dos resultados, Pico da Tarde – Filas	46
Tabela 8 – Resumo dos resultados, Pico da Manhã – links	85
Tabela 9 – Resumo dos resultados – Geral, Pico da Manhã - Rede.....	85
Tabela 10 – Resumo dos resultados – Automóveis, Pico da Manhã - Rede	86
Tabela 11 – Resumo dos resultados – Caminhões, Pico da Manhã – Rede	86
Tabela 12 – Resumo dos resultados – Ônibus, Pico da Manhã - Rede	86
Tabela 13 – Volume de veículos, Pico da Manhã – Nós	88
Tabela 14 – Resumo dos resultados – Comprimento médio de fila, Pico da Manhã – nodes	88
Tabela 15 – Resumo dos resultados – Comprimento máximo de fila, Pico da Manhã – nodes	89
Tabela 16 – Resumo dos resultados, Pico da Tarde – links	93
Tabela 17 – Resumo dos resultados – Geral, Pico da Tarde - Rede.....	94
Tabela 18 – Resumo dos resultados – Automóveis, Pico da Tarde - Rede	94
Tabela 19 – Resumo dos resultados – Caminhões, Pico da Tarde - Rede	95
Tabela 20 – Resumo dos resultados – Ônibus, Pico da Tarde - Rede	95
Tabela 21 – Volume de veículos, Pico da Tarde – Nós.....	96
Tabela 22 – Resumo dos resultados – Comprimento médio de fila, Pico da Tarde – nodes	96
Tabela 23 – Resumo dos resultados – Comprimento máximo de fila, Pico da Tarde – nodes.....	97

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem por objetivo avaliar duas alternativas e três variantes para o projeto de melhorias do Viaduto Castelo Branco, em Santo André. As duas alternativas estão apresentadas na primeira Fase dos cenários estudados e as três variantes se encontram na segunda Fase. O viaduto existente passa sobre a linha férrea, e chega em nível na rotatória com a Avenida dos Estados, em um cruzamento semaforizado, com volume intenso de veículos. Hoje este cruzamento encontra-se bastante saturado gerando atrasos e filas.

As análises foram feitas utilizando as ferramentas de simulação macroscópica e microscópica, nos softwares Visum e Vissim, respectivamente, com modelagem multi-resolução. O modelo macro foi construído com base nos dados enviados pela Prefeitura de Santo André, refinado através de contagens volumétricas e pesquisa de origem e destino realizadas no contexto deste estudo.

Neste relatório será apresentada a metodologia utilizada, os cenários estudados e as análises de desempenho.

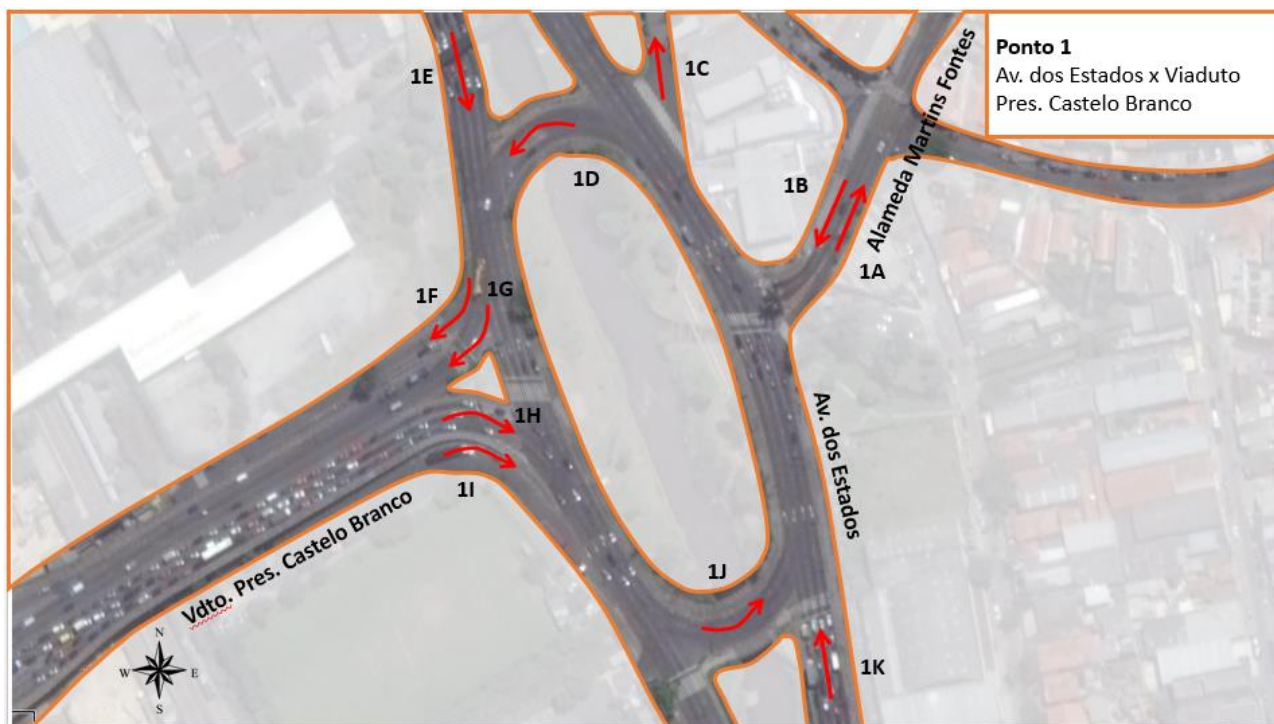


Figura 2 – Ponto 1 de coleta de dados



Figura 3 – Ponto 2 de coleta de dados



Figura 4 – Ponto 3 de coleta de dados

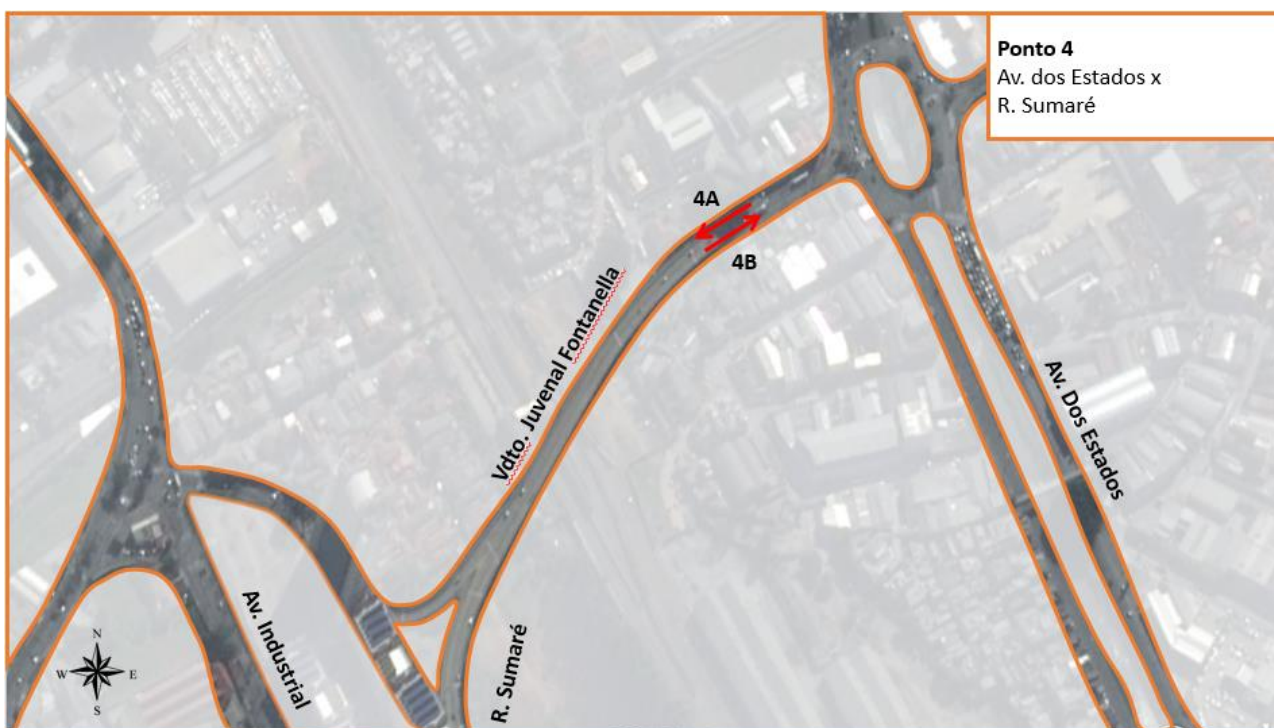


Figura 5 – Ponto 4 de coleta de dados

2.1 Contagens Veiculares Classificadas

As contagens de tráfego servem para identificar as quantidades veiculares que trafegam na rede estudada, nos locais previamente escolhidos, identificados como os locais mais representativos das mesmas, e que servirão para calibrar o modelo de simulação.

Os volumes de tráfego podem ser observados na Tabela 1. Foi considerado como hora-pico a hora em que houve o maior fluxo de veículos equivalentes, para cada movimento.

Tabela 1 – Volumes de tráfego nos postos de contagem

Contagens Volumétricas Classificadas								
POSTO	Hora-Pico Manhã				Hora-Pico Tarde			
	Hora-Pico	Automóveis	Ônibus	Caminhões	Hora-Pico	Automóveis	Ônibus	Caminhões
1A	8:00 - 9:00	584	11	38	18:30 - 19:30	853	14	15
1B	6:45 - 7:45	541	10	8	18:15 - 19:15	570	8	3
1C	7:00 - 8:00	55	1	1	17:15 - 18:15	36	0	3
1D	6:30 - 7:30	1631	41	49	18:30 - 19:30	1368	25	61
1E	6:30 - 7:30	2250	37	168	17:45 - 18:45	2082	20	139
1F	6:30 - 7:30	327	36	5	19:00 - 20:00	239	14	6
1G	6:30 - 7:30	1757	61	129	18:30 - 19:30	1389	13	91
1H	7:00 - 8:00	1708	34	188	18:30 - 19:30	2212	22	121
1I	6:30 - 7:30	96	2	1	17:30 - 18:30	43	5	3
1J	6:45 - 7:45	1551	26	55	16:45 - 17:45	1648	22	51
1K	6:30 - 7:30	2564	39	110	17:15 - 18:15	2184	20	145
2A	6:30 - 7:30	411	0	7	16:15 - 17:15	681	7	24
2B	6:45 - 7:45	622	20	20	16:00 - 17:00	556	15	33
2C	7:15 - 8:15	225	7	9	17:30 - 18:30	224	7	5
2D	8:15 - 9:15	670	27	25	16:00 - 17:00	445	3	14
2E	7:45 - 8:45	579	33	27	16:00 - 17:00	403	31	36
2F	8:15 - 9:15	518	29	19	18:45 - 19:45	617	25	6
2G	7:00 - 8:00	476	23	15	16:45 - 17:45	440	37	34
3A	6:30 - 7:30	3375	24	51	17:45 - 18:45	3094	13	32
3B	7:00 - 8:00	2971	52	63	17:45 - 18:45	4737	51	20
3C	7:15 - 8:15	909	75	12	17:00 - 18:00	877	74	5
4A	9:15 - 10:15	884	12	55	18:15 - 19:15	1144	24	20
4B	7:15 - 8:15	600	19	22	18:30 - 19:30	671	19	7

2.2 Pesquisa de Origem e Destino

Através das pesquisas de origem e destinos são identificadas as características das viagens em termos qualitativos. Além do local de origem e de destino também são feitas perguntas a respeito do motivo e frequência das viagens.

O questionário utilizado para realização da pesquisa de origem e destino pode ser visto na Figura 6.


		PESQUISA OD AUTOMÓVEIS		ENTREVISTADOR:	
Posto de Pesquisa / Sentido		Data / /		Hora :	# Entrevista
ORIGEM			DESTINO		
Rua			Rua		
Número	Bairro		Número	Bairro	
Referência			Referência		
Quantas vezes realiza a viagem? _____ vezes por <input type="checkbox"/> (1)dia <input type="checkbox"/> (3)mês <input type="checkbox"/> (5)menos de 1X ao ano <input type="checkbox"/> (2)semana <input type="checkbox"/> (4)ano <input type="checkbox"/> (6)primeira vez			O motivo da viagem é: <input type="checkbox"/> (1)Residência <input type="checkbox"/> (4)Lazer/Turismo <input type="checkbox"/> (5)Estudo <input type="checkbox"/> (2)Compras <input type="checkbox"/> (3)Trabalho/Negócios <input type="checkbox"/> (6)Outros		

Figura 6 – Questionário aplicado na pesquisa de origem e destino – Automóveis

Na Tabela 2 é apresentada o número de entrevistas de origem e destino realizadas e seus respectivos intervalos de confiança, para um nível de confiança de 95%. O cálculo foi feito conforme a equação apresentada abaixo¹:

$$E = \sqrt{\frac{N^2 Z^2 p q (N - n)}{n(N - 1)}} \times \frac{1}{N}, \text{ onde}$$

n: número de entrevistas realizadas;

E: Intervalo de confiança da amostra;

Z: Variável normal para nível de confiança especificado (95%);

N: Volume de tráfego do ponto de pesquisa;

p: Proporção estimada do tráfego total no ponto de pesquisa com destino particular;

$q = 1 - p$

¹ Guidelines for Data Collection Techniques and Methods for Roadside Statios Origin-Destination Studies, de Guy B.P. e J.D. Fricker (2005)

Tabela 2 – Entrevistas OD e Intervalos de Confiança

Ponto	Automóveis - Manhã			Automóveis - Tarde		
	Entrevistas	Contagem	Interv. Confiança	Entrevistas	Contagem	Interv. Confiança
1B	170	541	6.2%	156	570	6.7%
1E	152	2250	7.7%	164	2082	7.3%
1H	164	1708	7.3%	171	2212	7.2%
1K	149	2564	7.8%	160	2184	7.5%

Todos os pontos de pesquisa de origem e destino, tanto no período da manhã quanto no período da tarde, obtiveram intervalos de confiança menores que 8%, considerado satisfatório.

3 MODELAGEM DE TRÁFEGO

Nesta atividade são descritas as subatividades relacionadas com a construção do modelo de simulação e alocação de demanda na rede urbana em estudo.

3.1 Zoneamento

O zoneamento consiste na divisão da área do estudo em subáreas menores chamadas zonas de tráfego, e serve para melhor representar a demanda de viagens. Esta representação normalmente é feita por matrizes, as quais representam a intensidade dos deslocamentos entre estas zonas de tráfego, e consistem em agregações espaciais de múltiplas origens e destinos individuais. Cada zona de tráfego está representada na rede por um “centróide”, que normalmente corresponde ao seu centro geográfico, o local mais adensado ou o ponto mais importante daquela zona. Os centróides são ligados à rede viária através de links especiais chamados de conectores. As viagens, então, entram e saem na rede a partir dos conectores dos centróides.

O zoneamento adotado para o estudo foi fornecido pela Prefeitura de Santo André, sendo o mesmo zoneamento utilizado no Estudo de Simulação de Tráfego na Cidade de Santo André, de 2013.

3.2 Elaboração da Rede Viária Atual

A representação da oferta viária é feita no modelo de simulação de tráfego através de *links* e nós. A caracterização da rede atual foi feita a partir das bases em EMME fornecidas pela Prefeitura de Santo André. Os parâmetros da rede foram devidamente revisados e detalhados em um grau de precisão compatível com os objetivos deste estudo.

As variáveis revisadas no modelo para ajustar a rede viária ao sistema viário atual foram:

- Coordenadas dos nós: permitem ao modelo representar a rede viária e calcular as extensões dos trechos. Estas coordenadas provêm das bases digitais da rede viária da área de estudo disponibilizadas em sites específicos;
- Extensão dos links: além das extensões calculadas diretamente com as coordenadas dos nós, também são conferidas as extensões exatas dos trechos representados na rede, calculados graficamente e/ou ajustados para a realidade geográfica, sinuosidades e altimetria;
- Velocidade de fluxo livre (*free flow speed*): é a velocidade na rodovia quando ela está livre, sem tráfego, e corresponde normalmente à velocidade máxima regulamentada para cada tipo de via. Esta velocidade depende das características geométricas da via, condicionando seu desempenho operacional;
- Capacidade nos trechos: corresponde ao volume máximo de veículos que passam em uma seção viária por hora. Permite a representação indireta das características físicas e geométricas da via, como largura das faixas de rolamento, existência de atrito lateral, interferências por paradas de ônibus, entradas e saídas dos lotes, semáforos, etc.
- Tipologia da Rede: é a definição dos grupos de vias com as mesmas características, e que têm o mesmo comportamento na rede. A tipologia serve para padronização da rede;
- Número de faixas por sentido: para cada via se informa o número de faixas de rolamento em cada trecho;
- Funções de volume-atraso: os tempos de viagem nos trechos aumentam em função dos aumentos de veículos na rede. Para isso, foram aplicadas diferentes funções nos links, conforme a função obtida junto ao BPR (Bureau of Public Roads). Essas funções representam a lentidão causada pelo volume de tráfego;
- Conversões proibidas: para cada cruzamento informa-se quais movimentos são permitidos ou proibidos.

Na Tabela 3, a seguir, são apresentados os valores dos parâmetros de velocidade e capacidade utilizados neste estudo.

Tabela 3 – Tipologia das vias com seus respectivos parâmetros de velocidade e capacidade

Tipologia	Capacidade por Faixa (veh)	Velocidade em Fluxo Livre (km/h)
Arterial 1	1400	70
Arterial 2	1200	60
Coletora 1	1000	50
Coletora 2	800	40
Local	600	20

Na Figura 7 é apresentada a tipologia adotada para a rede viária do estudo. A Figura 8 mostra um detalhe da rede onde será implantado o viaduto em estudo.

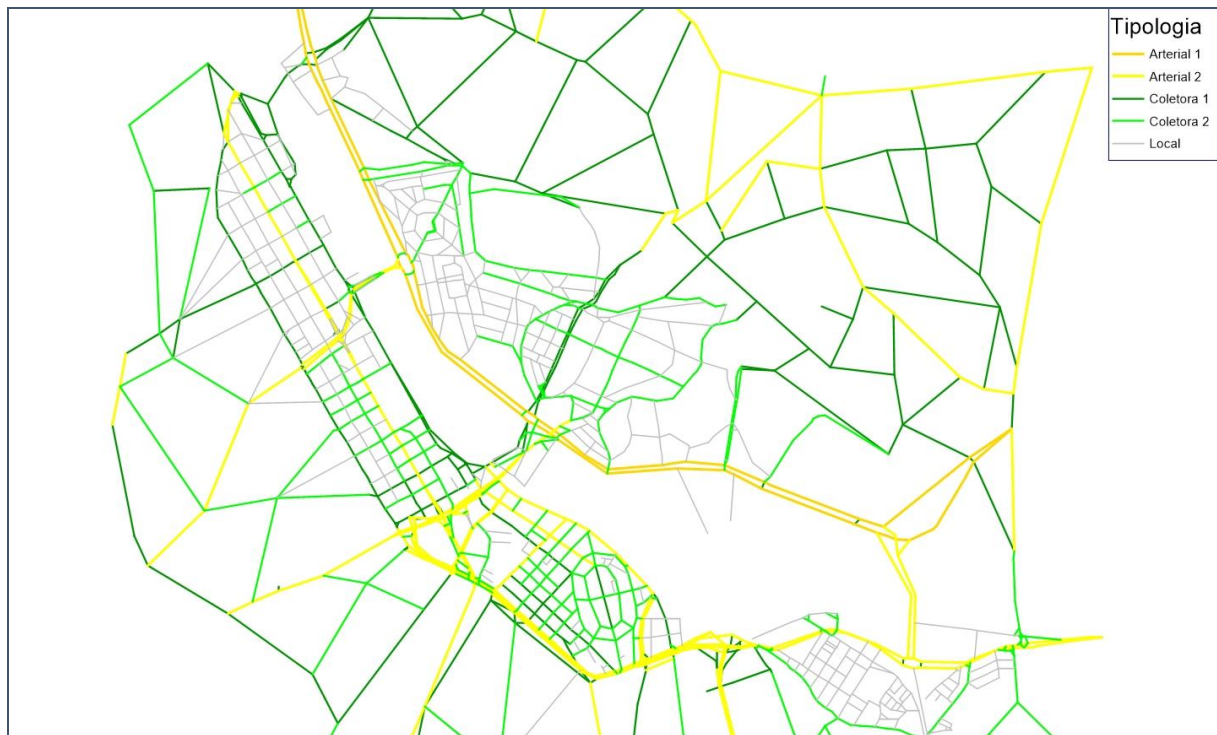


Figura 7 – Representação da rede viária no modelo de simulação



Figura 8 – Representação da área de implantação do estudo no modelo de simulação

3.3 Matrizes Atuais de Viagens

As matrizes de viagens atuais para representação da demanda de tráfego foram feitas tendo como base as matrizes em EMME fornecidas pela Prefeitura de Santo André e utilizadas no Estudo de Simulação de Tráfego na Cidade de Santo André, de 2013. A partir destas matrizes, foram inseridas por substituição, as matrizes de viagens obtidas a partir das pesquisas de origem e destino realizadas no Ponto 1, e o modelo foi calibrado pelos volumes de tráfego obtidos nas contagens realizadas nos Pontos de 1 a 4. Este processo tem como resultado as matrizes finais de viagens do ano base, que serão usadas no estudo de tráfego.

3.4 Calibração do Modelo

Para confirmar a qualidade da calibração do modelo, foram feitos gráficos de dispersão mostrando a correlação do volume alocado com o volume observado. Para a hora-pico manhã, obteve-se R^2 de 0,88, enquanto para a hora-pico tarde esse valor atingiu 0,95. Quanto mais o R^2 se aproxima da unidade, melhor o modelo consegue explicar e representar os valores observados, ou seja, melhor ajustado ele se encontra. Portanto, os valores atingidos são considerados satisfatórios. Abaixo, na Figura 9 e na Figura 10, pode-se observar estes gráficos.

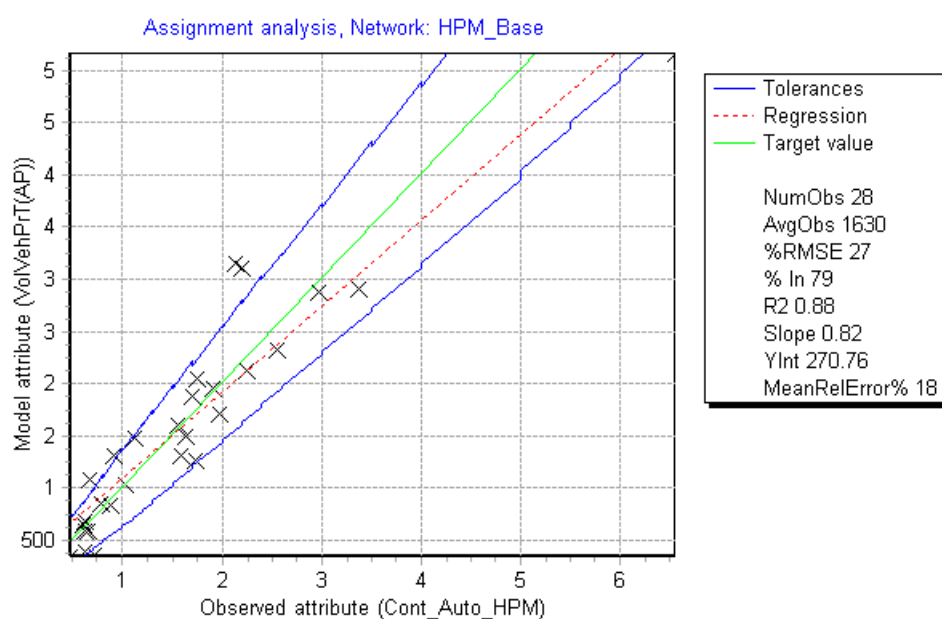


Figura 9 – Volumes modelados x volumes observados para HPM

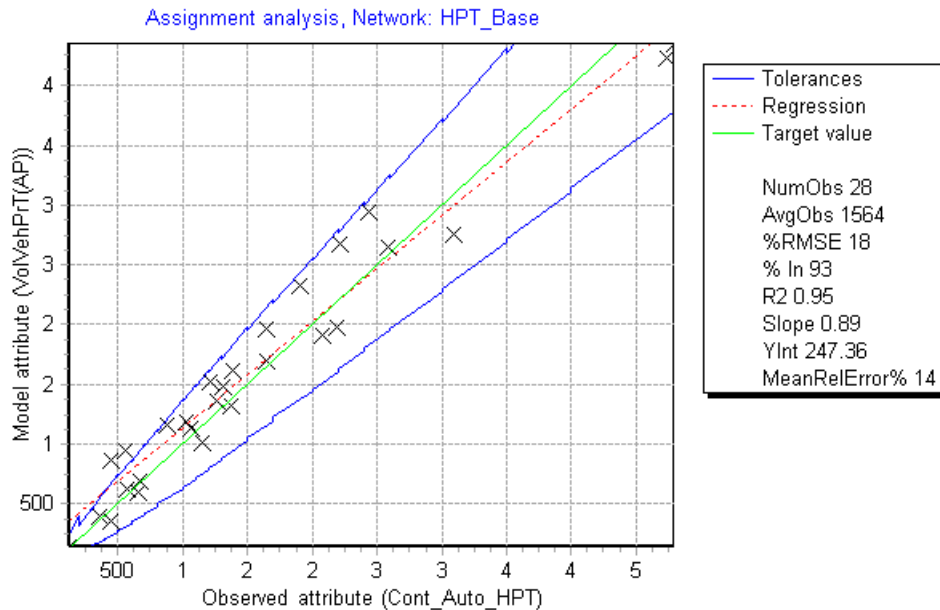


Figura 10 - Volumes modelados x volumes observados para HPT

3.5 Cenários Estudados – Fase 1

Além do cenário atual, foram definidos mais dois cenários de simulação, variando o desenho para o viaduto proposto. Os cenários são descritos a seguir.

- **Cenário atual:** Este cenário representa a infraestrutura viária atual, conforme ela se apresentava na data da aplicação das pesquisas e da calibração do modelo. Este cenário também serve de referência para os demais cenários;
- **Cenário 1:** infraestrutura viária atual como base, com a elevação da Avenida dos Estados no trecho da rotatória de acesso ao Viaduto Pres. Castelo Branco e à Alameda Martins Fontes, evitando, desta forma, os cruzamentos semaforizados do trecho, além de dois retornos na Avenida dos Estados, próximos à rotatória.
- **Cenário 2:** infraestrutura viária atual como base, com inclusão de prolongamento do Viaduto Pres. Castelo Branco (com acesso e saída à Avenida Industrial) ligando diretamente à Avenida dos Estados sentido São Paulo, sem utilização da rotatória existente atualmente.

As imagens do cenário atual e dos projetos funcionais para os dois cenários, juntamente com sua configuração no modelo de simulação serão apresentadas no item 4, a seguir.

Cada cenário foi simulado para o período de pico da manhã e da tarde, totalizando 6 cenários de simulação.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS – MACROSSIMULAÇÃO FASE 1

Nesta seção primeiramente serão apresentados os cenários de simulação. Na sequência, são apresentados os volumes de tráfego e respectivos níveis de serviço.

A espessura das barras nas figuras é diretamente proporcional ao fluxo de veículos que trafega naquele trecho. Além disso, a escala de cores representa os níveis de serviço conforme a relação Volume/Capacidade da via. A cor azul representa o nível de serviço “A”, que corresponde à melhor situação de tráfego (seria como deslocar-se pelas ruas de madrugada). Na sequência tem-se as cores verde, amarelo, laranja, vermelho como os níveis “B”, “C”, “D” e “E”, respectivamente. O nível de serviço “E” representa a via saturada ($V/C = 1$), e é quando começam a se formar os congestionamentos. E, por último, o nível de serviço “F”, que representa os locais mais saturados, onde há formação de fila, que aparecem nas figuras na cor preta.

Os volumes de tráfego (automóveis, ônibus e caminhões) estão representados em veículos equivalentes. Os automóveis privados têm o fator de equivalência igual a 1,0 e os ônibus e caminhões tem fator de equivalência igual a 1,5.

Para os volumes de tráfego e níveis de serviço, são apresentados dois enquadramentos: os perfis com o tráfego da rede como um todo e os detalhes dos fluxos de tráfego na principal região do estudo, ou seja, na rotatória de ligação entre a Avenida dos Estados, o Viaduto Pres. Castelo Branco e a Alameda Martins Fontes. Cada enquadramento é apresentado para a hora-pico manhã e a hora-pico tarde.

Por último apresenta-se uma imagem mostrando o tráfego desviado em cada cenário comparativamente ao cenário atual. Esta figura ajuda a visualizar o balanceamento de demanda com a inserção da melhoria viária em seu respectivo cenário de simulação.

4.1 Cenário Atual

O cenário atual apresenta a rede de estudo sem nenhuma modificação viária, conforme Figura 11.

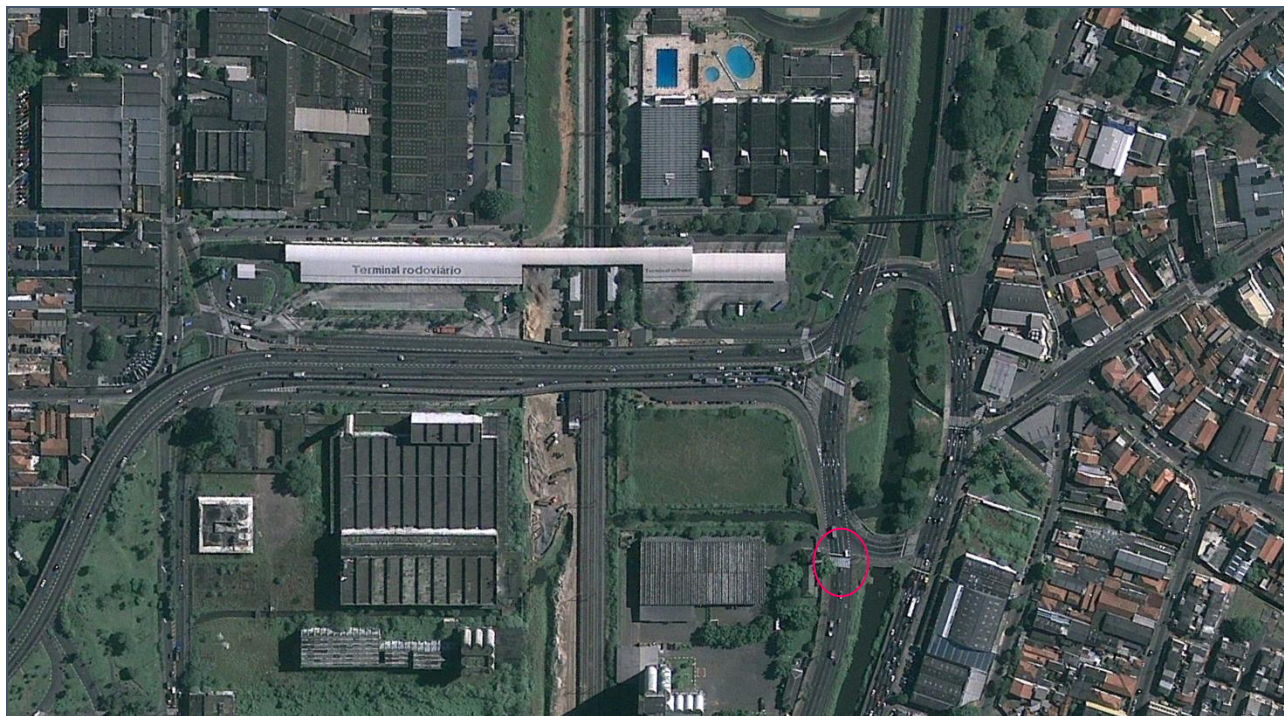
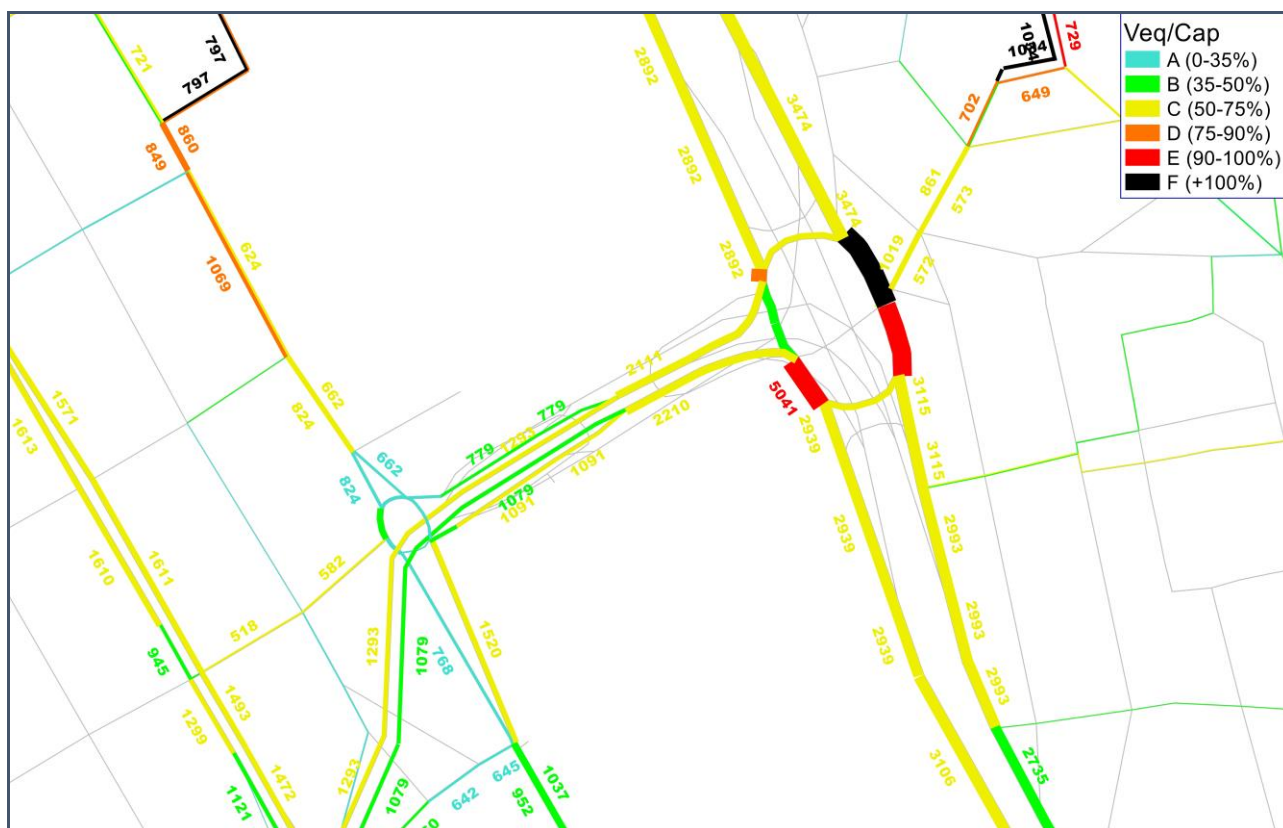


Figura 11 – Imagem Viaduto Pres. Castelo Branco e Avenida dos Estados com destaque para a travessia de pedestres – Cenário Atual

A Figura 12 mostra os carregamentos de tráfego e os níveis de serviço para o Cenário Atual para os horários de pico da manhã. E em maior detalhe na Figura 13.

Percebe-se para o período da manhã, em uma visão mais abrangente, a importância que as principais vias da cidade têm como artérias para o escoamento do tráfego, com ocorrência de altos volumes, como nas avenidas do Estado, Industrial e Dom Pedro II. Os viadutos sobre a linha férrea são importantes eixos de ligação da cidade, e consistem nas únicas opções de transposição. Focando mais especificamente na região de estudo, percebe-se que o nível de serviço é mais crítico nas entradas das rotatórias, onde os cruzamentos são em nível e semaforizados, gerando maiores atrasos. O Viaduto Pres. Castelo Branco atinge volumes de aproximadamente 2200 veículos equivalentes/hora nos dois sentidos, enquanto a rotatória no trecho próximo à Alameda Martins Fontes atinge o pico de aproximadamente 5650 veículos equivalentes/hora, na hora-pico da manhã.



Para o período da tarde também pode-se perceber, a partir da Figura 14, a importância das vias arteriais como eixos de escoamento do tráfego. O Viaduto Pres. Castelo Branco, conforme observado na Figura 15, tem um fluxo de veículos mais intenso no sentido Alameda Martins Fontes, com aproximadamente 2700 veículos equivalentes/hora. A rotatória dessa região atinge o volume máximo de aproximadamente 5500 veículos equivalentes/hora.

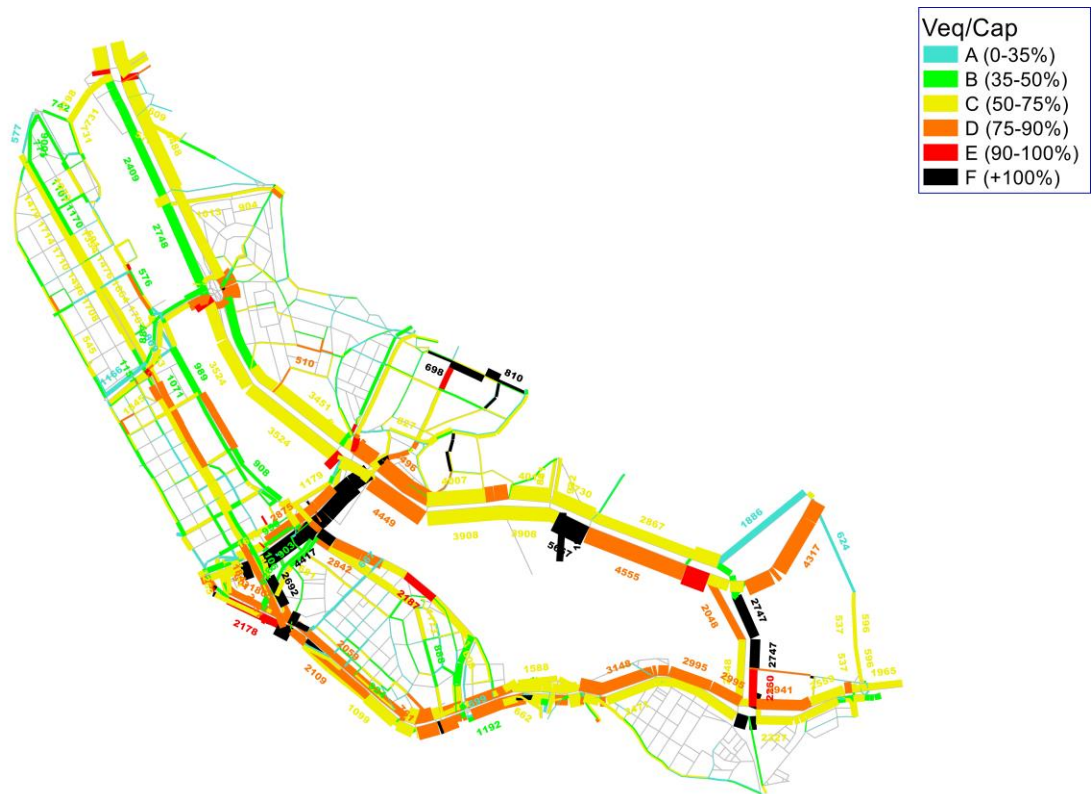


Figura 14 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário Atual – HPT – Rede geral

4.2 Cenário 1: elevação Av. dos Estados

O cenário 1 apresenta a proposta de elevação da Avenida dos Estados no trecho da rotatória de acesso ao Viaduto Pres. Castelo Branco e Alameda Martins Fontes, evitando atrasos no fluxo principal da Avenida dos Estados, atualmente muito carregada e baixo desempenho devido aos semáforos da rotatória. Essa proposta pode ser melhor visualizada na Figura 16.



Figura 16 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 1

Uma análise mais ampla da rede viária, para este cenário, sugere que não houve renovação de tráfego importante com relação ao cenário atual, tanto no período da manhã quanto no período da tarde. As principais vias da cidade seguem com fluxos de tráfego semelhantes ao que já havia anteriormente (Figura 17 e Figura 19).

Porém, analisando mais especificamente a área de estudo, percebe-se uma redistribuição dos volumes na região da rotatória. A Avenida dos Estados elevada atrai as viagens de passagem, desviando uma parte dos usuários, aliviando a pressão do tráfego sobre a rotatória, e melhorando o seu nível de serviço. Essa melhora no nível de serviço da rotatória se deve ao aumento de capacidade que o Viaduto Pres. Castelo Branco passa a ter, já que este não concorre mais com o fluxo principal da Avenida dos Estados, aumentando seu tempo de verde no semáforo e melhorando seu desempenho na rede. A renovação do tráfego com a elevação da Avenida dos Estados e a melhoria do nível de serviço na rotatória e no Viaduto Pres. Castelo Branco podem ser observados nos períodos da manhã e da tarde (Figura 18 e Figura 20).

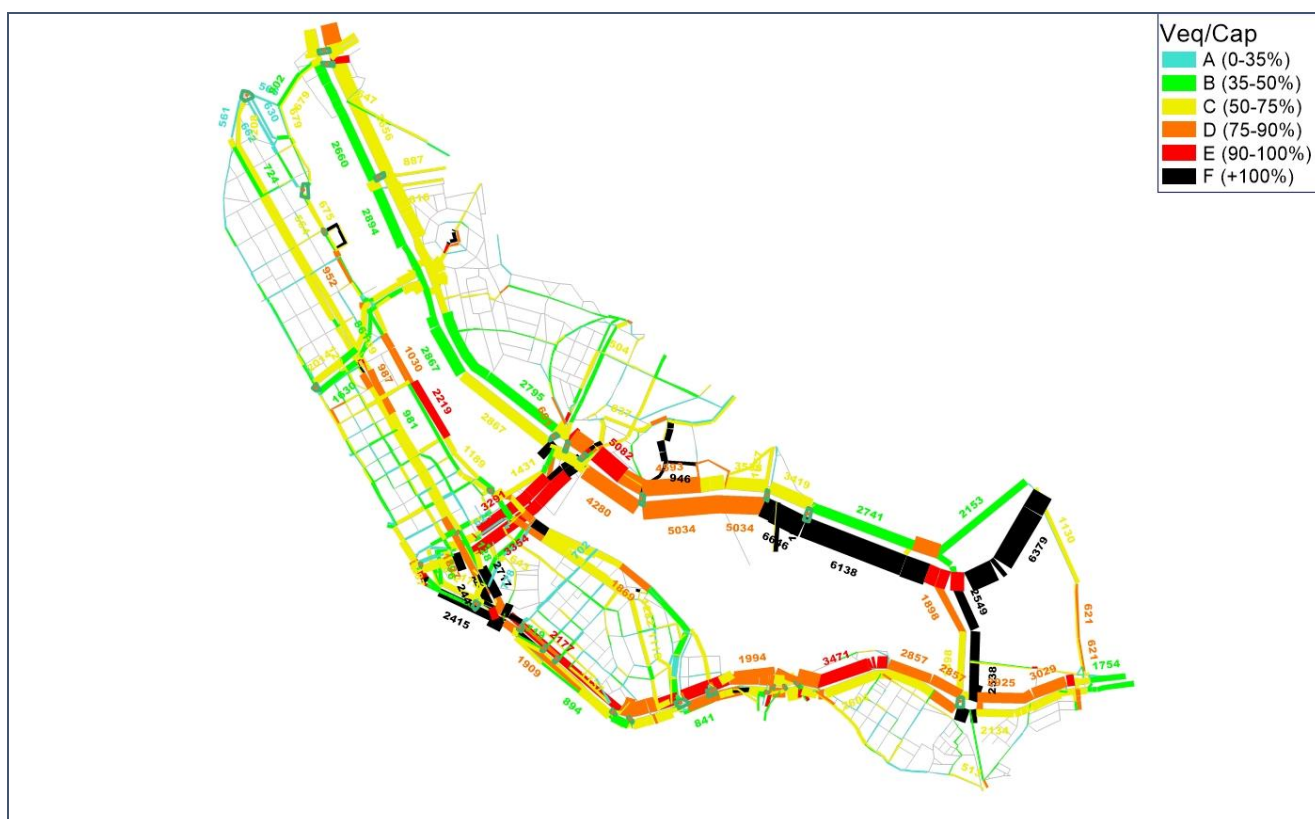


Figura 17 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário 1 – HPM – Rede geral

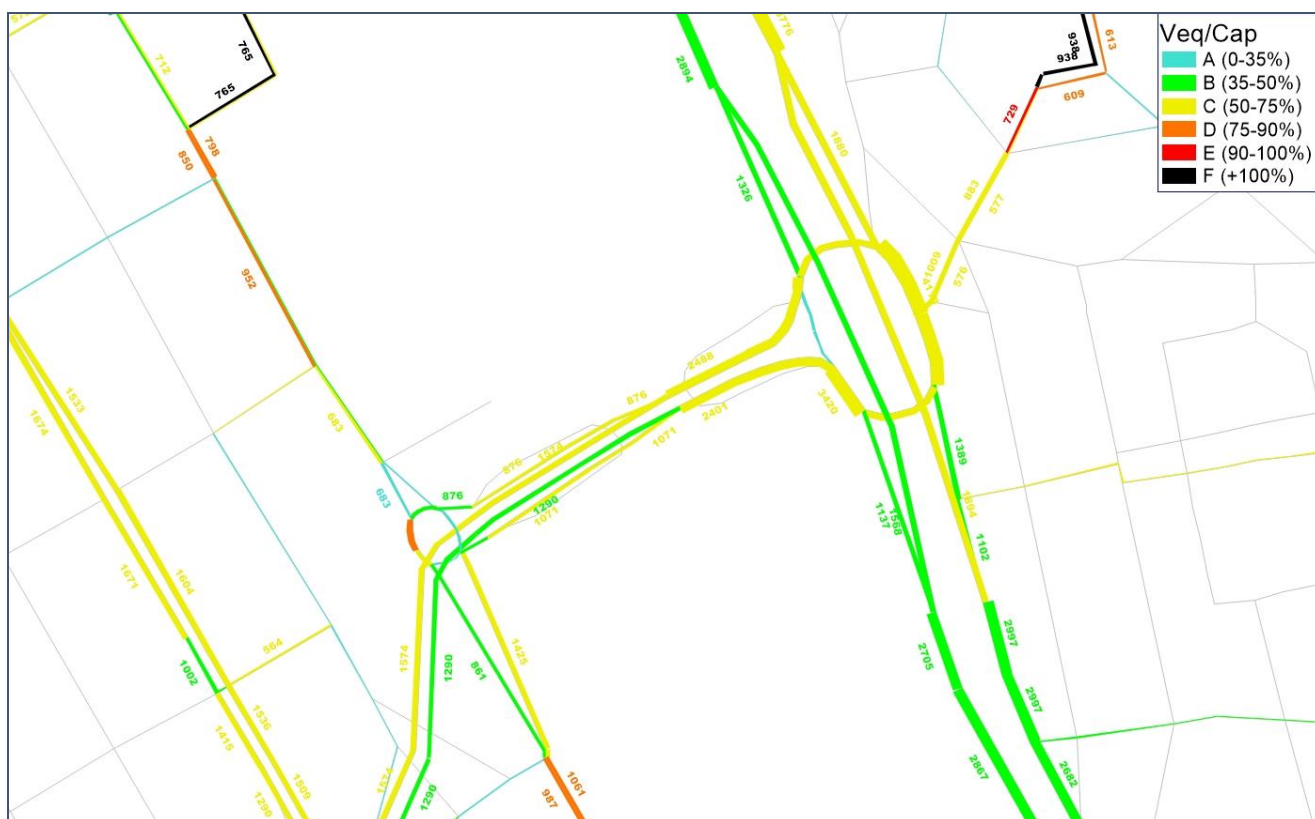
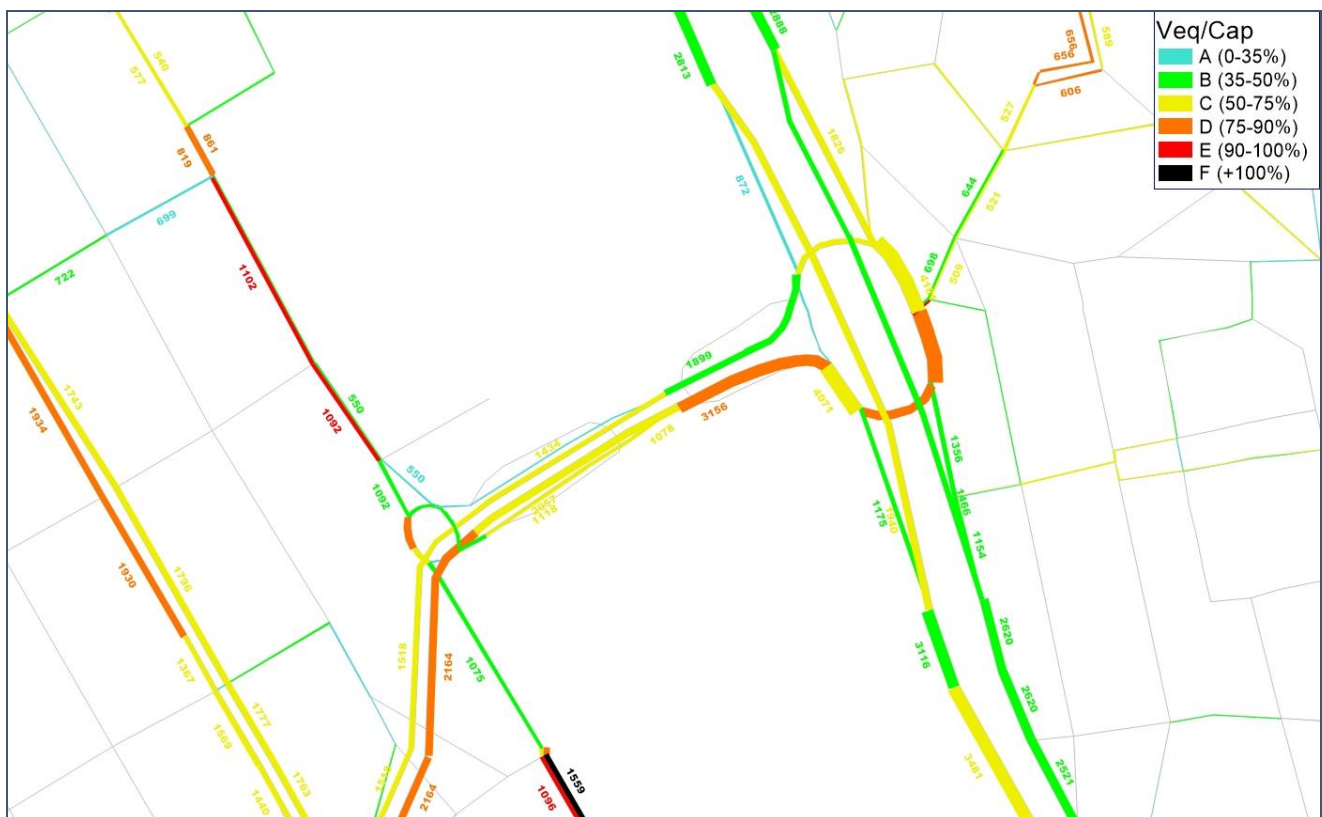
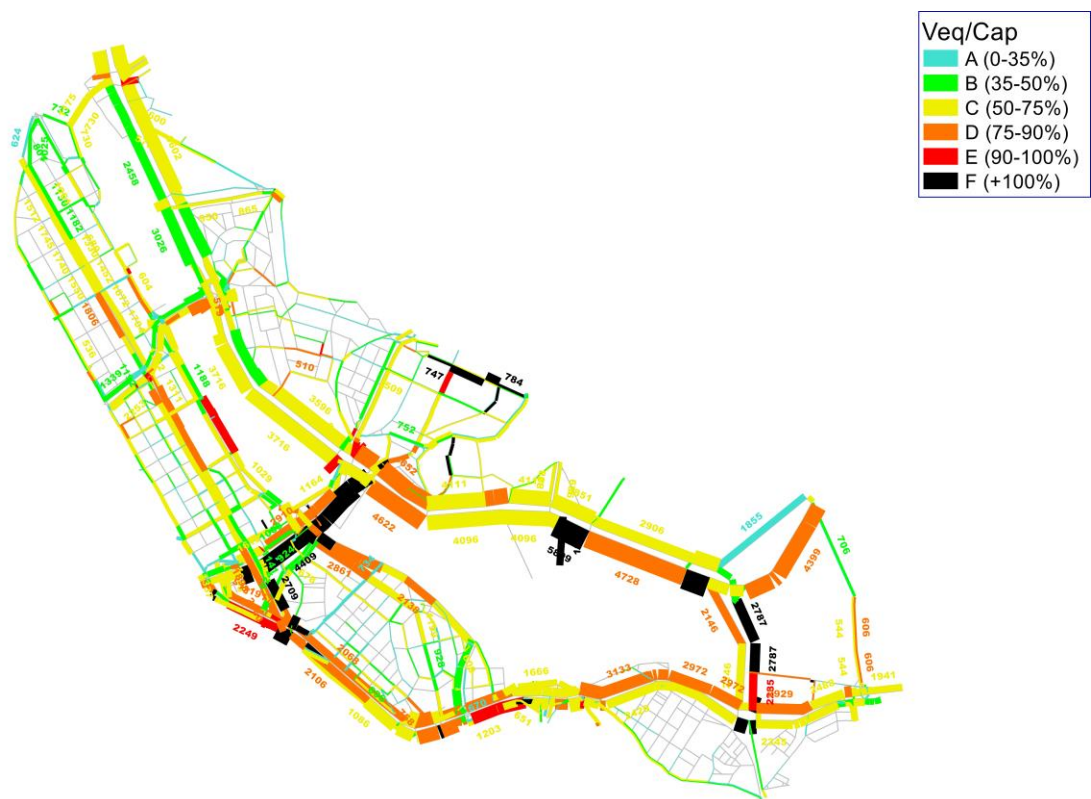


Figura 18 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário 1 – HPM – Rotatória de estudo



Na Figura 21 é apresentada a diferença entre os volumes de tráfego para o cenário 1 e o cenário atual, para a hora-pico manhã. Percebe-se que há um efeito local intenso na implantação do viaduto, com transferência de volume do trecho da rotatória para o viaduto elevado da Avenida dos Estados, que se torna mais atraente nos dois sentidos da via, para fluxo de passagem. Para o período da manhã a elevação da Avenida dos Estados atrai aproximadamente 1500 veículos equivalentes no sentido São Paulo e 1200 veículos equivalentes no sentido Mauá. Para o período da tarde, esses valores invertem e chegam a 1500 veículos equivalentes no sentido Mauá e 1100 veículos equivalentes no sentido São Paulo.

Analizando o Viaduto Pres. Castelo Branco, nota-se também um ligeiro aumento no volume de tráfego. Esse aumento se deve à maior atratividade que esse viaduto passou a ter comparativamente aos outros viadutos da região com a implantação da Avenida dos Estados elevada, já que há diminuição de congestionamento da rotatória do estudo, gerando menos filas na região e tornando o viaduto uma opção mais vantajosa para os usuários que têm a opção de escolha.

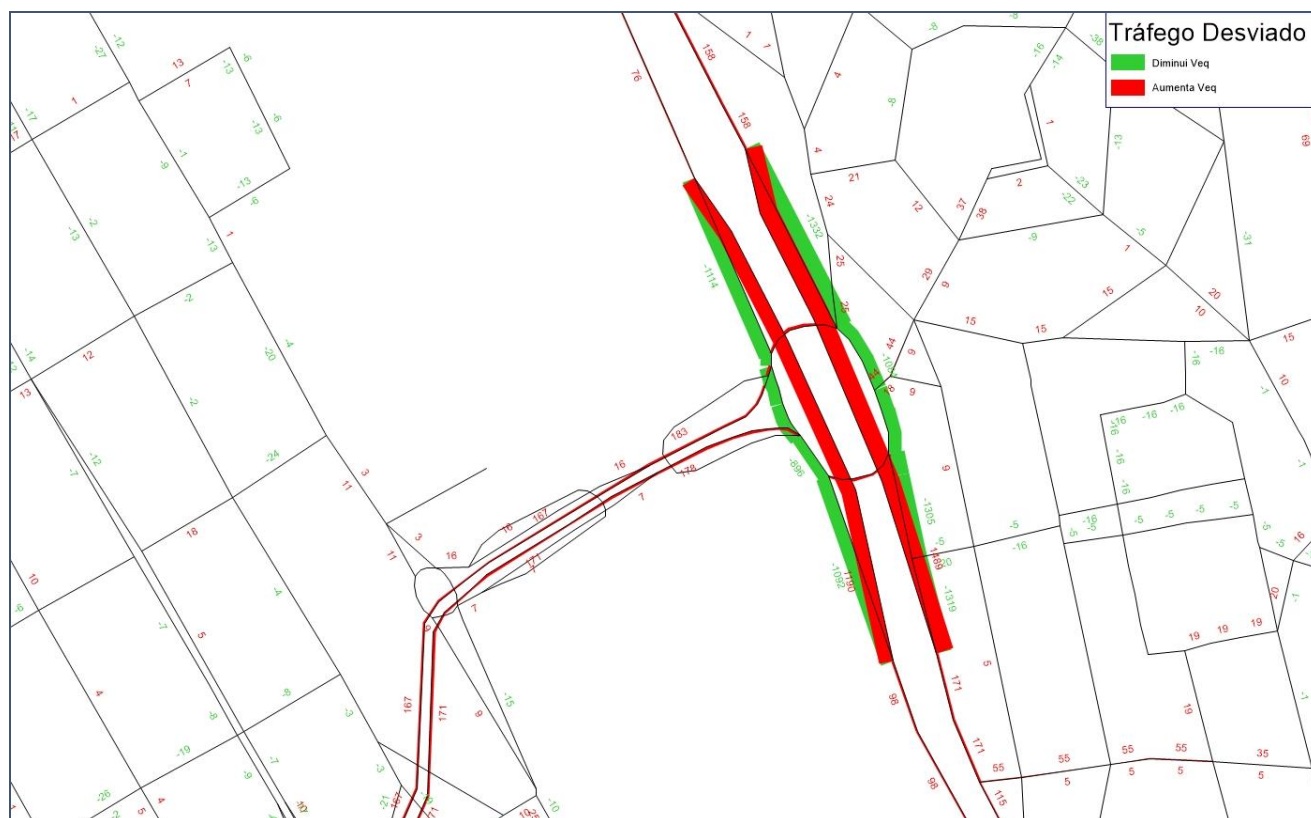


Figura 21 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 1 X cenário atual – HPM

Tráfego Desviado

Diminui Veq

Aumenta Veq

OKAN
ENGENHARIA DE TRÁFEGO E DE TRANSPORTES

4.3 Cenário 2: prolongamento Vd. Pres. Castelo Branco – Acesso Av. dos Estados

O cenário 2 apresenta a proposta de prolongamento do Viaduto Pres. Castelo Branco (com acesso e saída à Avenida Industrial) acessando diretamente a Avenida dos Estados, sentido São Paulo. Assim como no cenário 1, essa configuração viária evitaria os cruzamentos semaforizados da rotatória, desta vez beneficiando o fluxo de acesso e saída do Viaduto Pres. Castelo Branco para a Avenida do Estado, sentido São Paulo.

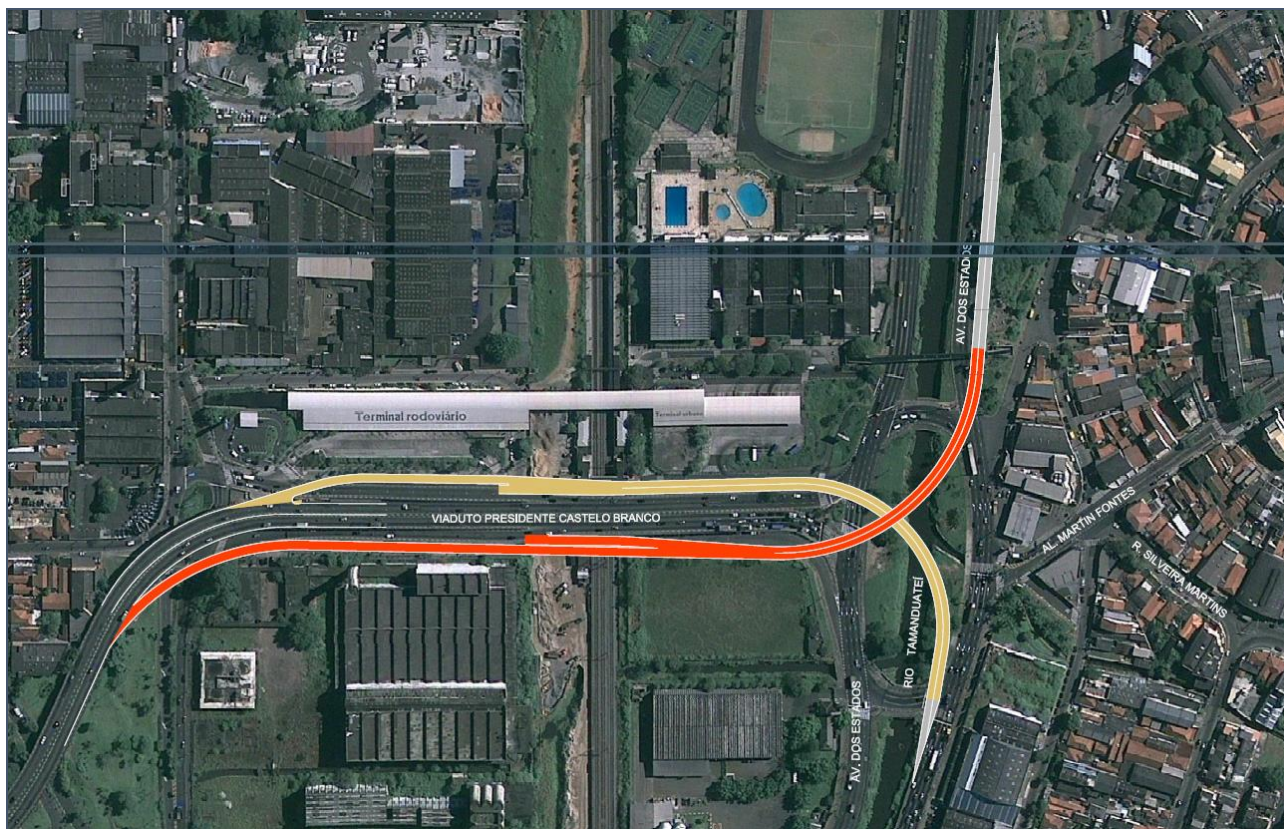


Figura 23 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 2

A Figura 24 mostra os carregamentos de tráfego e os níveis de serviço para o Cenário Atual para os horários de pico da manhã. E em maior detalhe na Figura 25.

Também para o cenário 2 os fluxos de tráfego se mantêm semelhantes na rede como um todo. As variações podem ser melhor percebidas na região de implementação do prolongamento do Viaduto Pres. Castelo Branco, onde este prolongamento passa a ser mais atrativo aos usuários do Viaduto provenientes da Avenida do Estado sentido São Paulo e usuários provenientes do Viaduto e que desejam acessar a Avenida do Estado no mesmo sentido São Paulo. Há, portanto, diminuição do volume de tráfego do próprio Viaduto (que foram realocados para o prolongamento) e o nível de serviço do Viaduto é melhorado com essa transferência de tráfego. No período da tarde, o prolongamento do viaduto é mais utilizado no sentido São Paulo, por este ser o maior fluxo no cenário atual para este período.

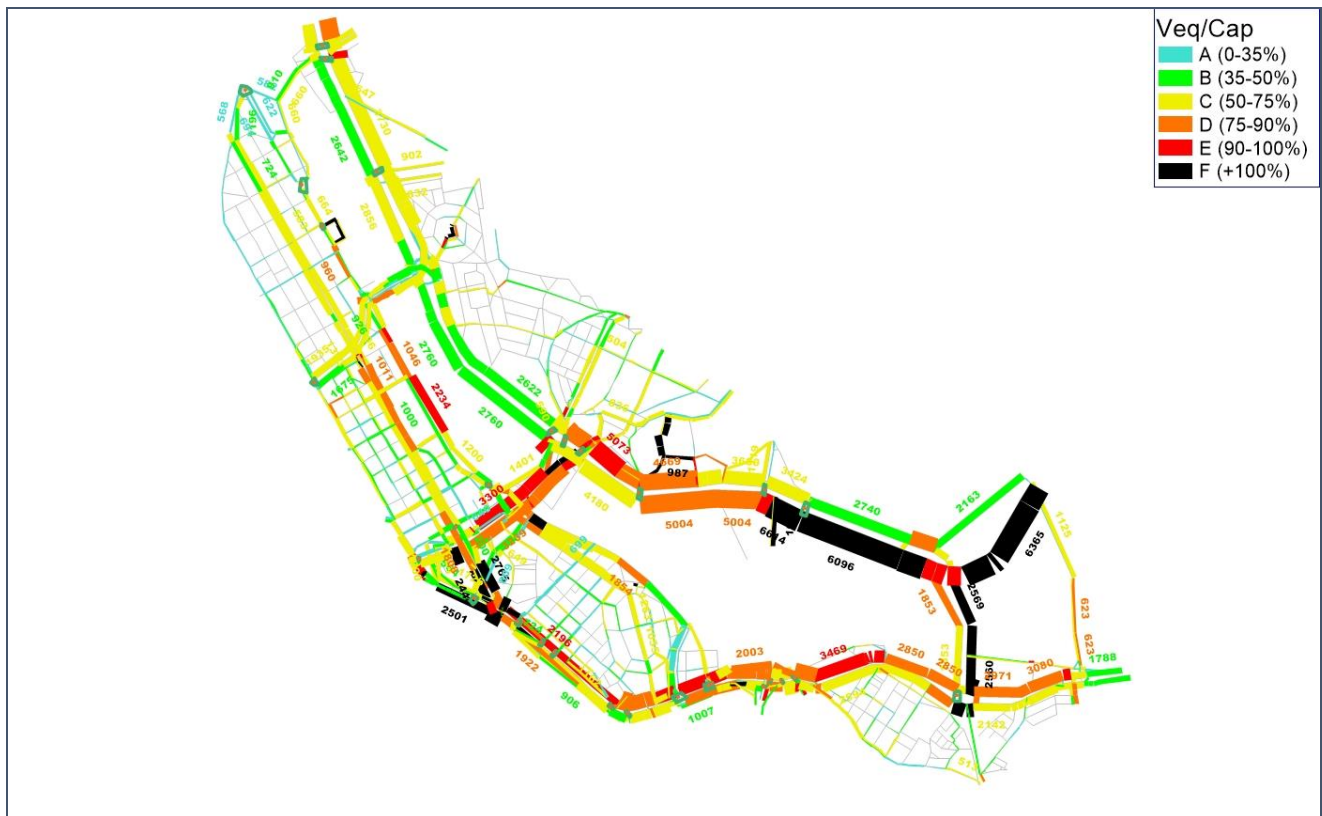


Figura 24 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário 2 – HPM – Rede geral

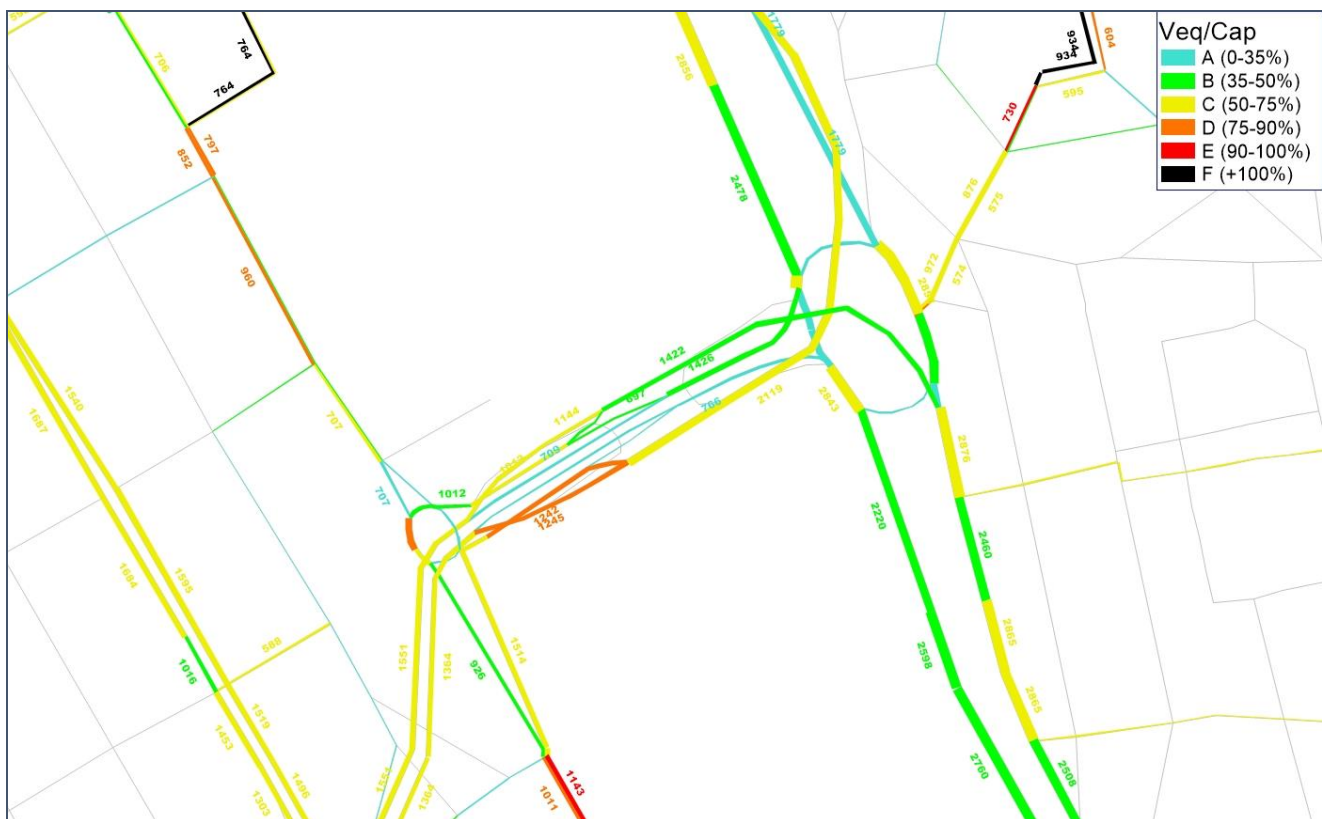


Figura 25 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário 2 – HPM – Rotatória de estudo

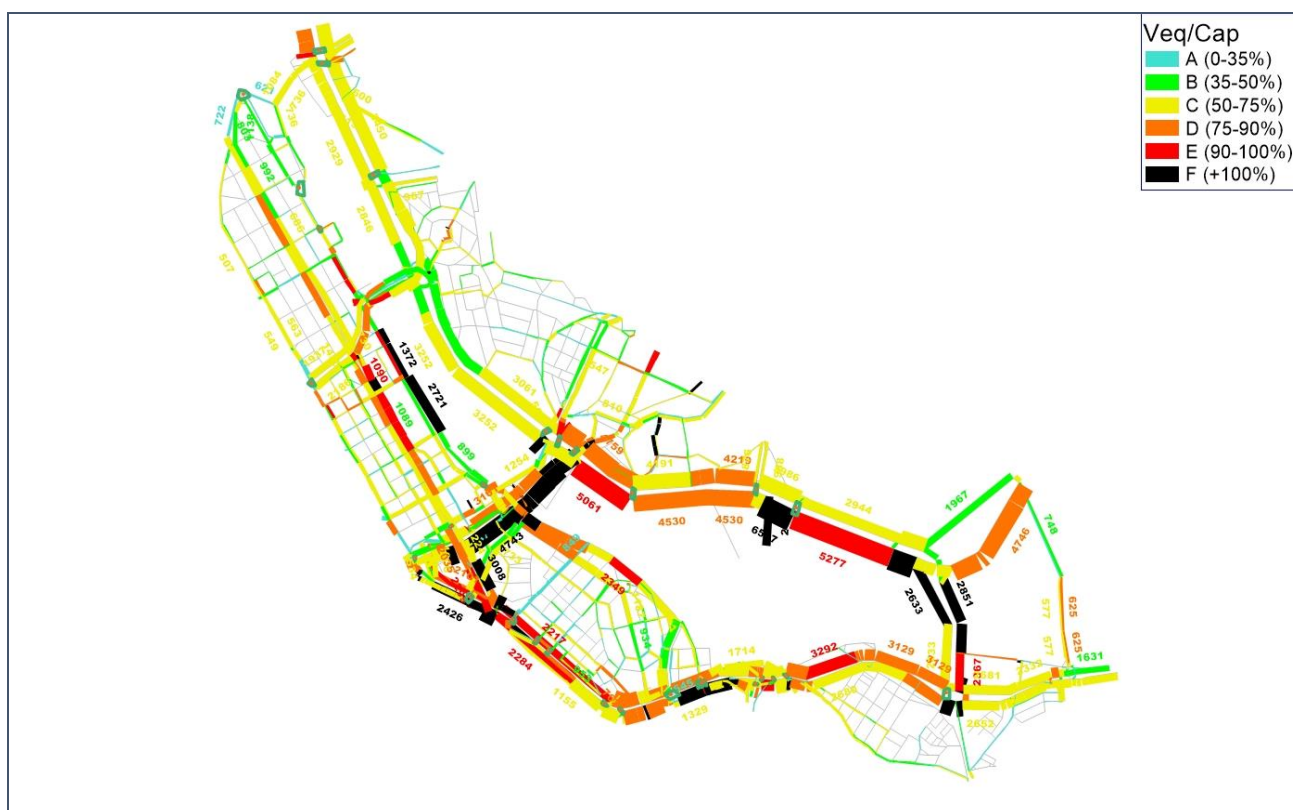


Figura 26 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação– Cenário 2 – HPT – Rede geral

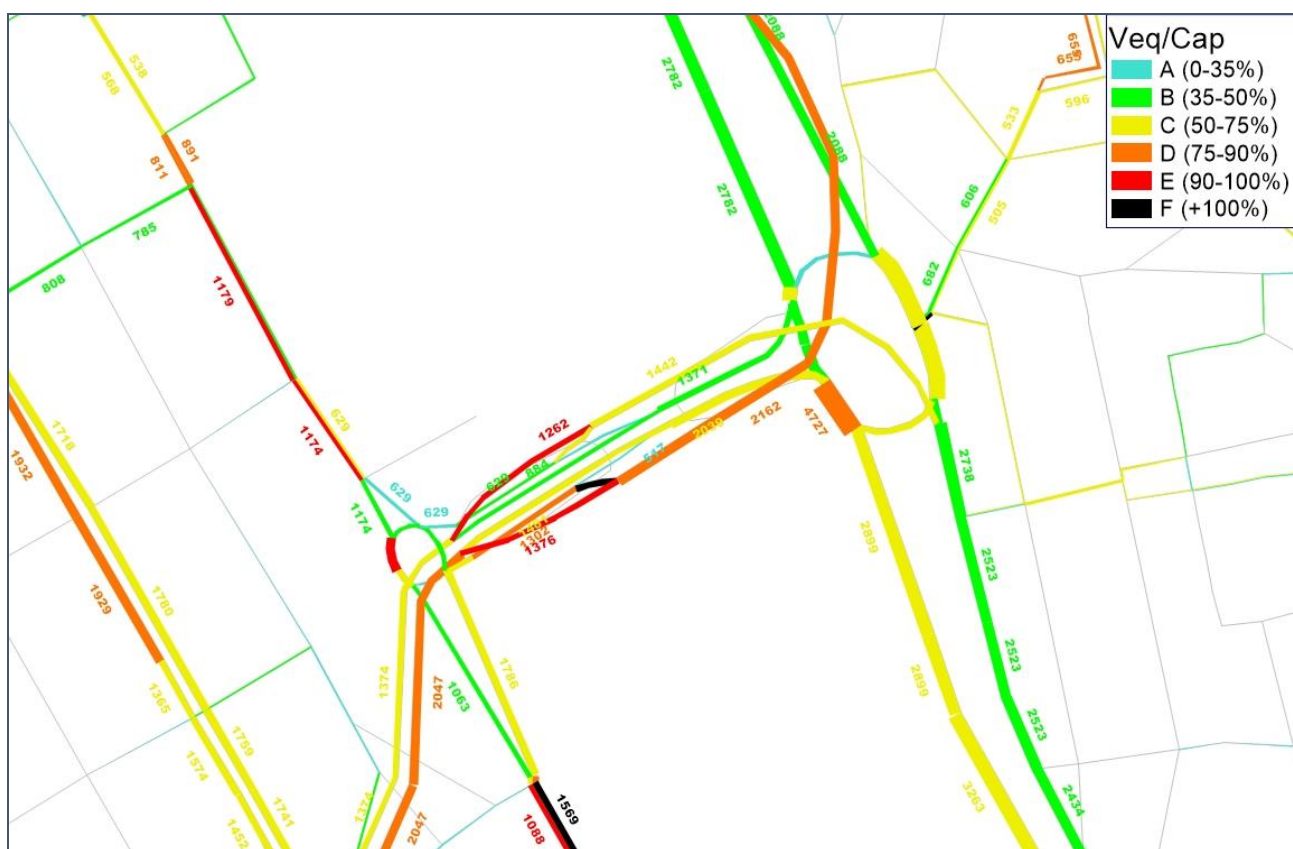


Figura 27 – Carregamentos de tráfego e Graus de saturação – Cenário 2 – HPT – Rotatória de estudo

Na Figura 28 e na Figura 29 são apresentadas as diferenças entre os volumes de tráfego do cenário 2 e o cenário atual, para a hora-pico da manhã e da tarde, respectivamente. Neste cenário também verifica-se um impacto mais localizado no tráfego, quase imperceptível no restante da rede da cidade, em ambos os períodos. Essa transferência é clara para os usuários da rede provenientes Avenida do Estado sentido São Paulo e desejam acessar o outro lado da linha férrea pelo Viaduto Pres. Castelo Branco (não sendo mais necessária a utilização da rotatória semaforizada) e dos usuários provenientes do Viaduto Pres. Castelo Branco (sentido Alameda Martins Fontes) e desejam acessar a Avenida do Estado sentido São Paulo. Para o período da manhã o prolongamento atrai cerca de 1700 veículos equivalentes no sentido Avenida dos Estados e 1000 veículos equivalentes no sentido Avenida Industrial. Para o período da tarde, este também atrai um volume superior no sentido Avenida do Estado, de aproximadamente 1900 veículos e inferior no sentido Avenida Industrial, com aproximadamente 1050 veículos equivalentes.

Porém, também é possível observar um aumento de tráfego no Viaduto Pres. Castelo Branco não só localmente, mas também por usuários de outras rotas, nos dois períodos de análise. Esses usuários passam a utilizar o Viaduto atraídos pelas melhores condições de tráfego que a implantação do prolongamento implica.

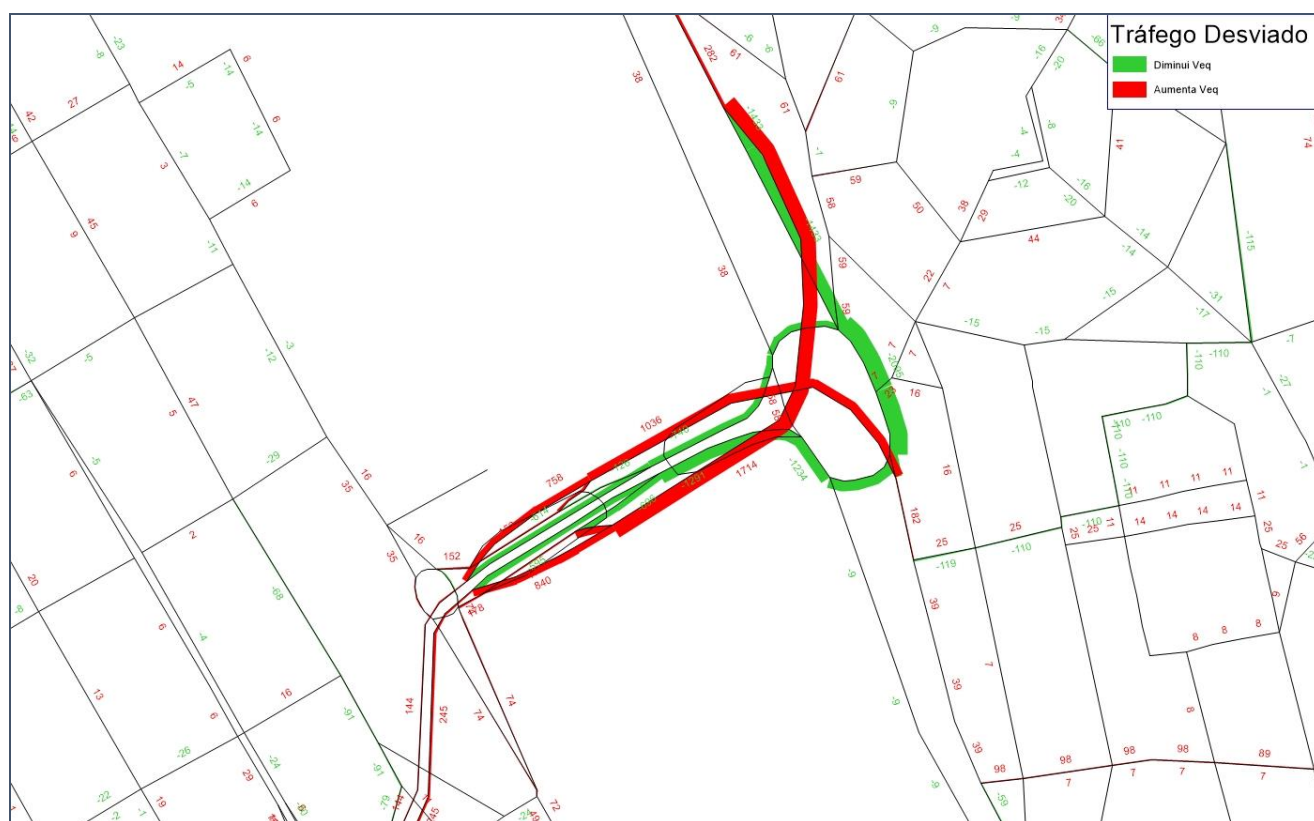
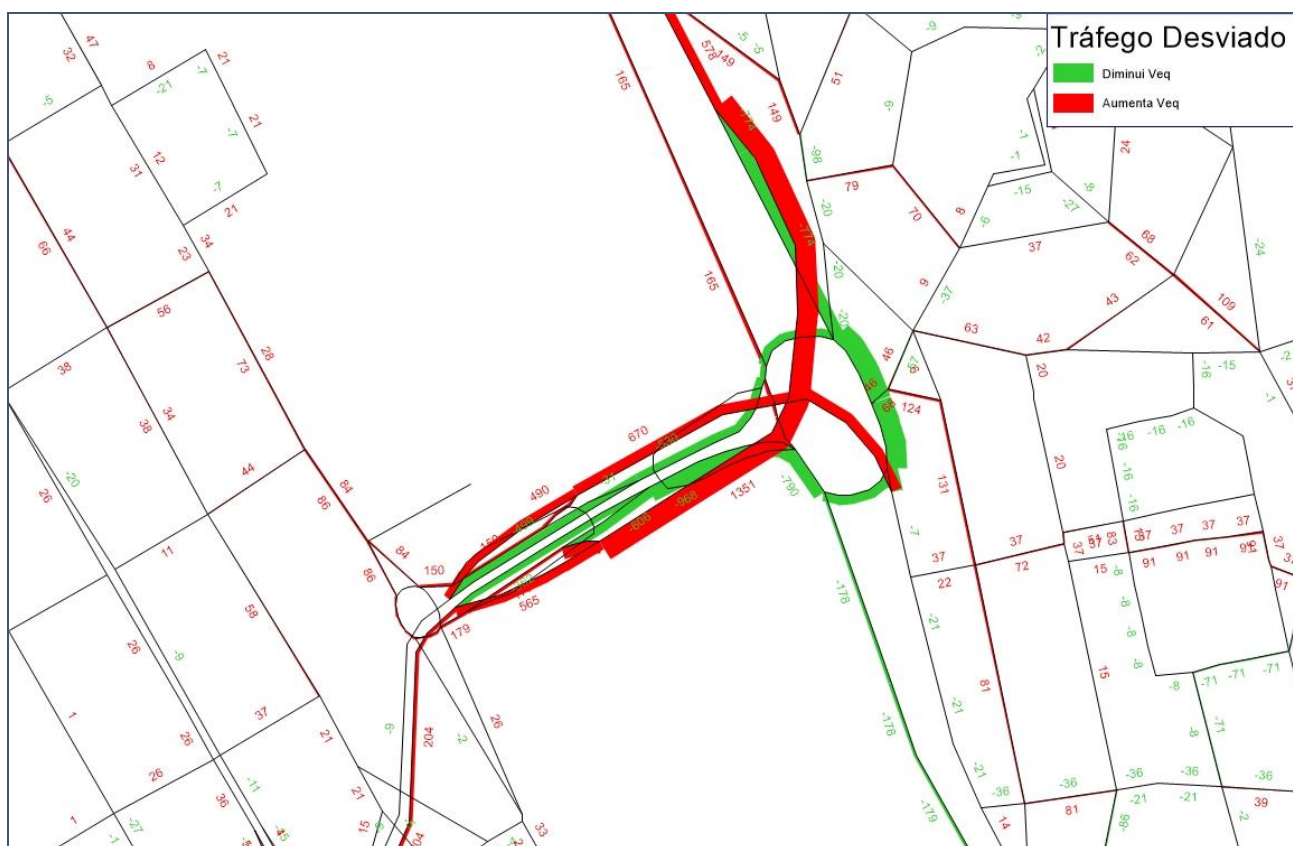


Figura 28 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 2 X cenário atual – HPM



5 MICROSSIMULAÇÃO

Para esta etapa do estudo foi utilizado o modelo de microsimulação PTV-VISSIM. Juntamente com o PTV-VISUM (utilizado na macrossimulação), estes dois softwares possuem uma interface que permite transferir partes da rede de simulação com todas as rotas e respectivos volumes desde o VISUM para VISSIM e realizar o que se chama de modelagem multi-resolução. Na modelagem multi-resolução, utiliza-se o modelo macroscópico para fazer a estimativa de demanda e o modelo microscópico para analisar as filas e paradas em pontos específicos da rede, entre outros indicadores de desempenho, otimizando o processo como um todo.

5.1 Indicadores dos resultados das simulações microscópicas -

Após realizadas as simulações macroscópicas no software VISUM, uma parte da rede foi selecionada e recortada para ser simulada microscopicamente de forma a permitir uma avaliação mais detalhada dos cenários propostos. Neste processo, para cada cenário foram importados para o software PTV-VISSIM as rotas e respectivos volumes veiculares obtidos nos cenários de modelagem macroscópica, bem como a codificação da rede (trechos de via abertos/fechados, movimentos, velocidades e número de faixas).

A rede selecionada contempla a região diretamente afetada pela implantação das melhorias viárias propostas, desde o acesso da Avenida Industrial ao Viaduto Pres. Castelo Branco até o final deste, na rotatória do cruzamento com a Avenida dos Estados. Na Figura 30, Figura 31 e Figura 32 são apresentadas as representações da área de estudo para a simulação nos dois softwares, Visum e Vissim, utilizados na modelagem macroscópica e microscópica respectivamente, para o cenário atual, cenário 1 e cenário 2.

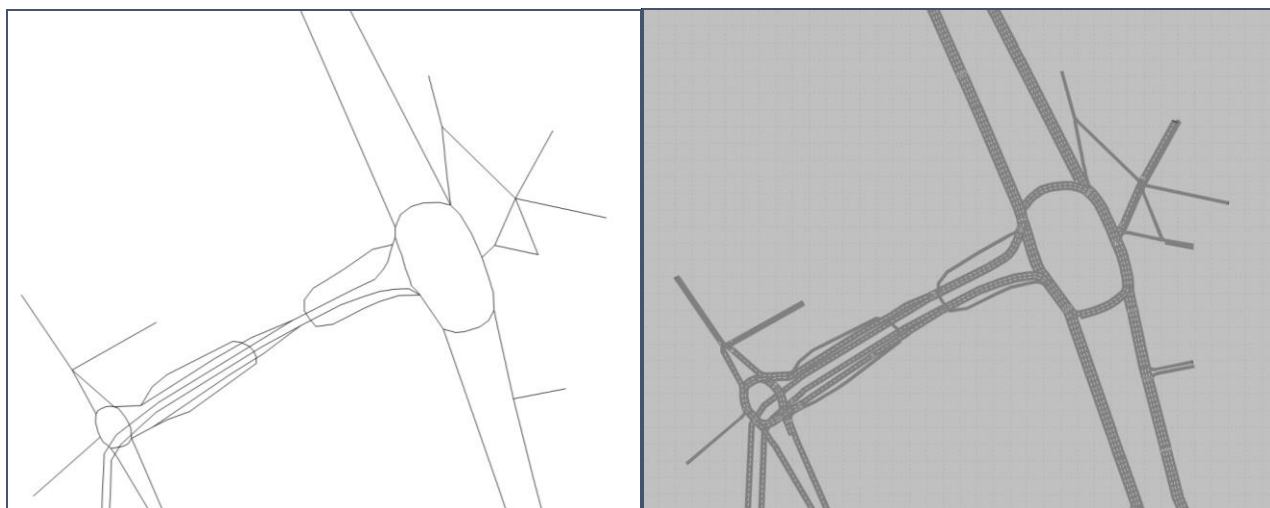


Figura 30 – Região de estudo para a microsimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário Atual

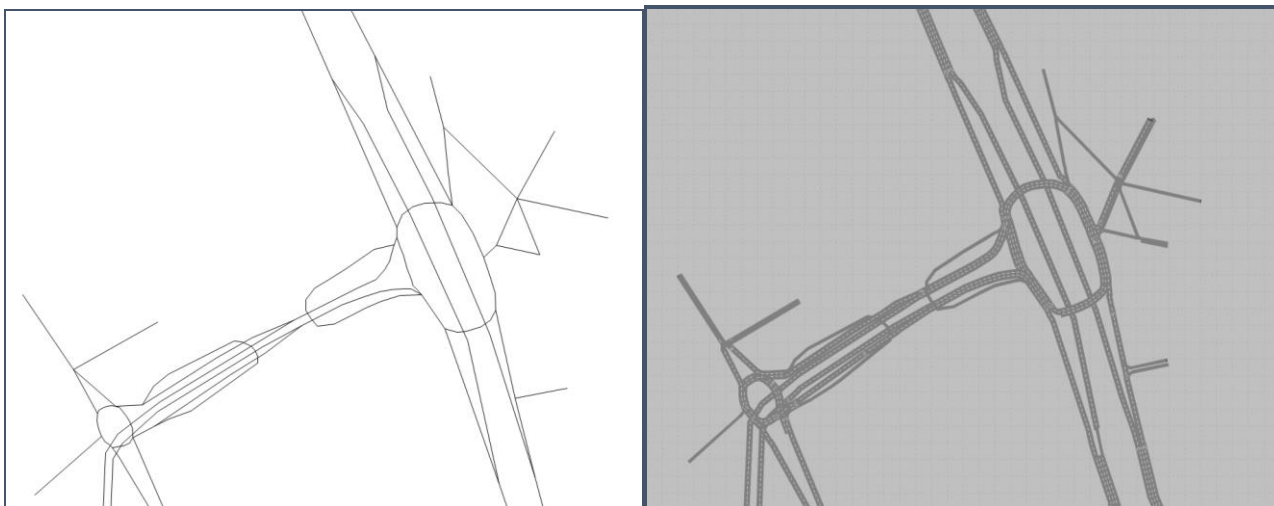


Figura 31 – Região de estudo para a microsimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 1

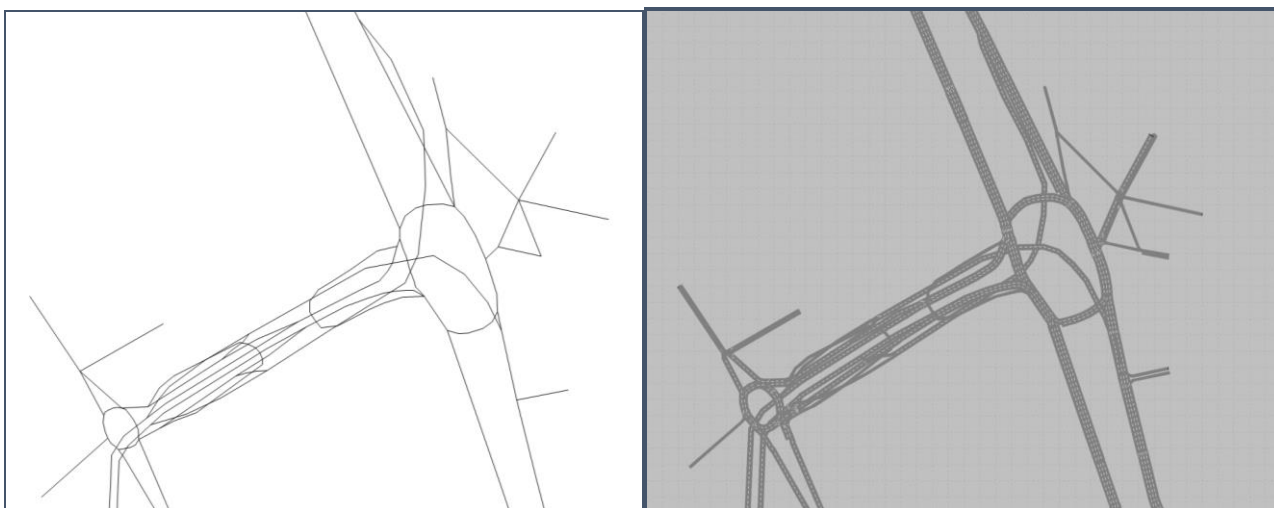


Figura 32 – Região de estudo para a microsimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 2

A rede de microsimulação foi calibrada para o cenário atual da manhã, com a interface de leitura do trânsito típico fornecida no Google Maps que fornece uma visualização agregada de velocidade, lentidão e filas para todos os horários do dia, em qualquer dia da semana². Após calibrada a rede para o cenário atual no pico da manhã, a mesma foi usada para gerar todos os outros cenários, com modificações feitas na sua codificação de acordo com a intervenção avaliada em cada cenário analisado.

² <https://support.google.com/maps/answer/3092439> e <https://support.google.com/gmm/answer/2840020?hl=pt-BR>

Nesta seção serão analisados os impactos das medidas propostas através de imagens coletadas diretamente do momento final de cada simulação que permitem uma rápida visualização qualitativa do desempenho da rede. Ao final os resultados apresentados correspondem à média de cinco simulações realizadas para cada cenário, mantendo-se as rotas e respectivos volumes.

Todos os cenários foram simulados utilizando-se um período de análise de 3600s, ou 1 hora, e os resultados tabelados contemplaram os valores de filas e velocidades extraídos nos últimos 20 minutos (1200 segundos) de simulação. Tanto para o pico da manhã, quanto da tarde, cada cenário simulado leva em conta as alterações realizadas nos cenários anteriores, permitindo que se observe o efeito cumulativo e progressivo das diversas alterações propostas e que a rede poderá sofrer.

Os dados foram coletados nas localidades identificadas como pontos notáveis para a visualização de crescimento e propagação de filas, e envolveram o uso de três tipos diferentes de leituras fornecidas no VISSIM:

Nodes (Figura 33): os pontos de junção de trechos de via permitem a avaliação do tamanho das filas que crescem a partir da sua localização ou se propagam através da mesma (podendo neste estudo registrar filas de no máximo 1500m). Nesta rede, 4 pontos ao longo da área de estudo foram selecionados para esta coleta de dados.

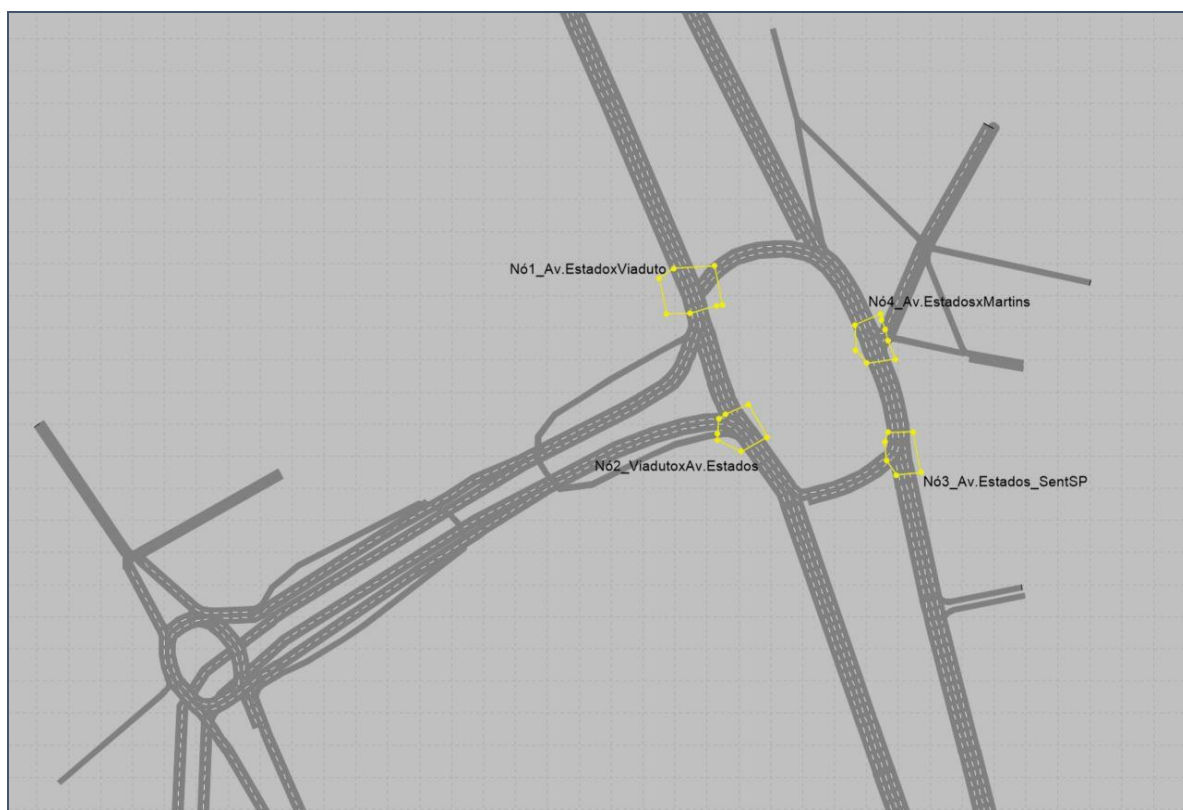


Figura 33 – Coleta de dados das simulações microscópicas: *Nodes*

Links (Figura 34): Os trechos de via da rede de simulação podem ser utilizados para a leituras de velocidade e intensidade horária do fluxo de tráfego servido pelo mesmo. Nesta rede, 9 trechos foram selecionados para esta coleta de dados.



Figura 34 – Coleta de dados das simulações microscópicas: Links

Durante esta seção serão mostradas imagens extraídas diretamente das simulações realizadas. Nestas figuras os carros são apresentados em cores de acordo com uma escala de velocidade, em km/h. (Figura 35).

LowerBound	UpperBound	Color
MIN	5.000	(255, 127, 255)
5.000	10.000	(255, 255, 255)
10.000	20.000	(255, 255, 255)
20.000	30.000	(255, 255, 255)
30.000	40.000	(255, 255, 255)
40.000	50.000	(255, 159, 255)
50.000	60.000	(255, 0, 25)
60.000	70.000	(255, 0, 25)
70.000	80.000	(255, 0, 69)
80.000	MAX	(255, 0, 69)

Figura 35 – Escala de velocidades usada para coloração dos veículos

5.1.1 Resultados das Simulações para o cenário atual – Pico da Manhã

Na microsimulação do cenário atual no pico da manhã, percebe-se grande formação de filas na Av. dos Estados sentido São Paulo na chegada à rotatória, e o cruzamento semaforizado do Viaduto Pres. Castelo Branco com a rotatória juntamente com a alta demanda de tráfego na chegada à Av. do Estado também geram problemas de congestionamento na saída do viaduto, conforme pode ser verificado na Figura 36.

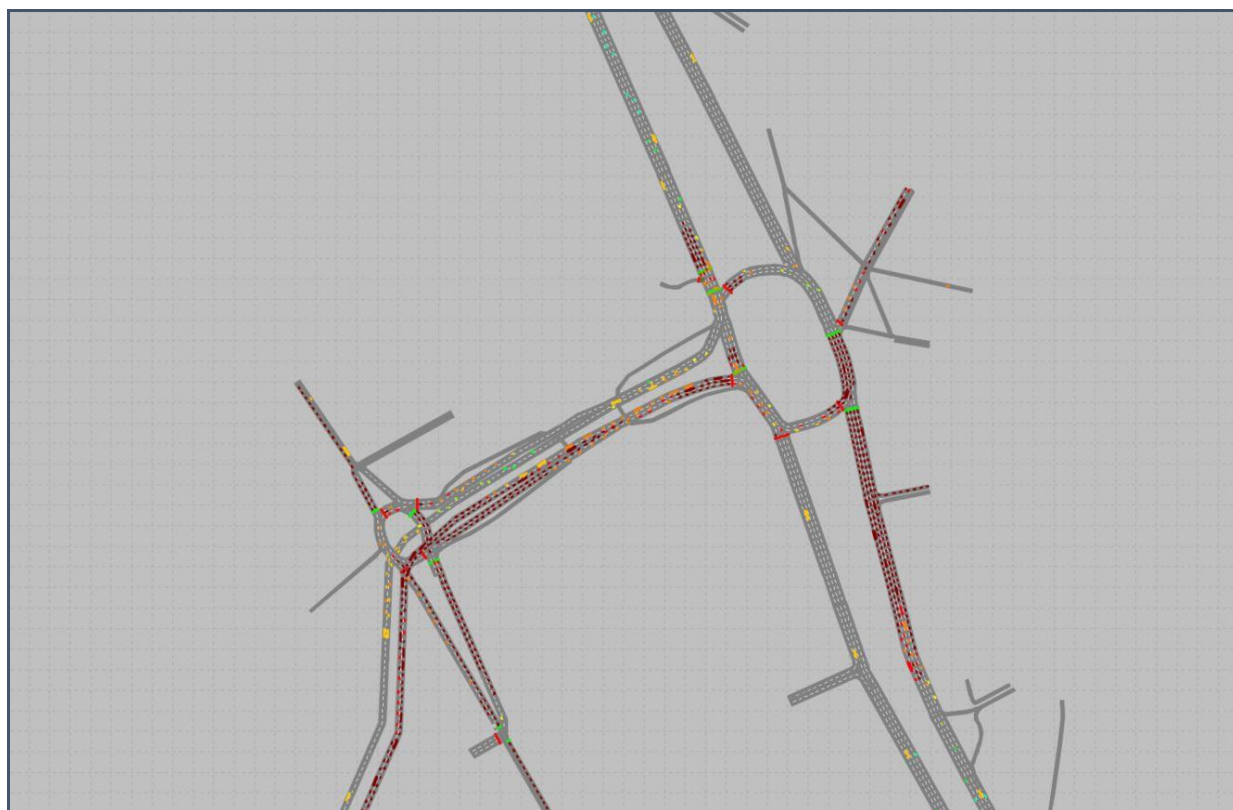


Figura 36 – Microsimulação para o Cenário Atual, Pico da Manhã

5.1.2 Resultados das Simulações para o cenário 1– Pico da Manhã

Para o cenário 1 (viaduto na Av. dos Estados), o semáforo de pedestres da Av. dos Estados, sentido Mauá, logo após a rotatória para o sentido São Paulo (ver Figura 1) foi removido, visando melhor desempenho do trecho. Nos dois sentidos, o trecho onde se dá a bifurcação entre a futura pista elevada da Av. dos Estados e a pista lateral possui duas faixas de rolamento. Logo após esta bifurcação, a pista lateral da Av. dos Estados passa para três faixas de rolamento até a aproximação no cruzamento com a rotatória. Após a rotatória, volta a para duas faixas até a convergência com a futura pista elevada da Av. dos Estados, passando a partir deste ponto a ter novamente quatro faixas.

Como pode ser verificado na Figura 37, há significativa melhoria de desempenho da rede no fluxo de veículos com a elevação da Av. dos Estados, no pico da manhã. A fluidez do viaduto Pres.

Castelo Branco se dá sem congestionamento e a formação de filas na Av. dos Estados reduz significativamente, principalmente no sentido São Paulo.

Ao retirar o tráfego de passagem da rotatória para a pista elevada, este viaduto promove melhor fluidez na Av. dos Estados, ao mesmo tempo que elimina grande parte do conflito entre este fluxo e o tráfego local proveniente de Sto. André e de Sta. Terezinha. Isto resulta em maior tempo de verde no semáforo da rotatória para os veículos provenientes do Viaduto Pres. Castelo Branco e também da Alameda Martin Fontes. E conseqüentemente, maior capacidade para o tráfego local. Isto faz com que as filas sejam muito menores nestas vias.

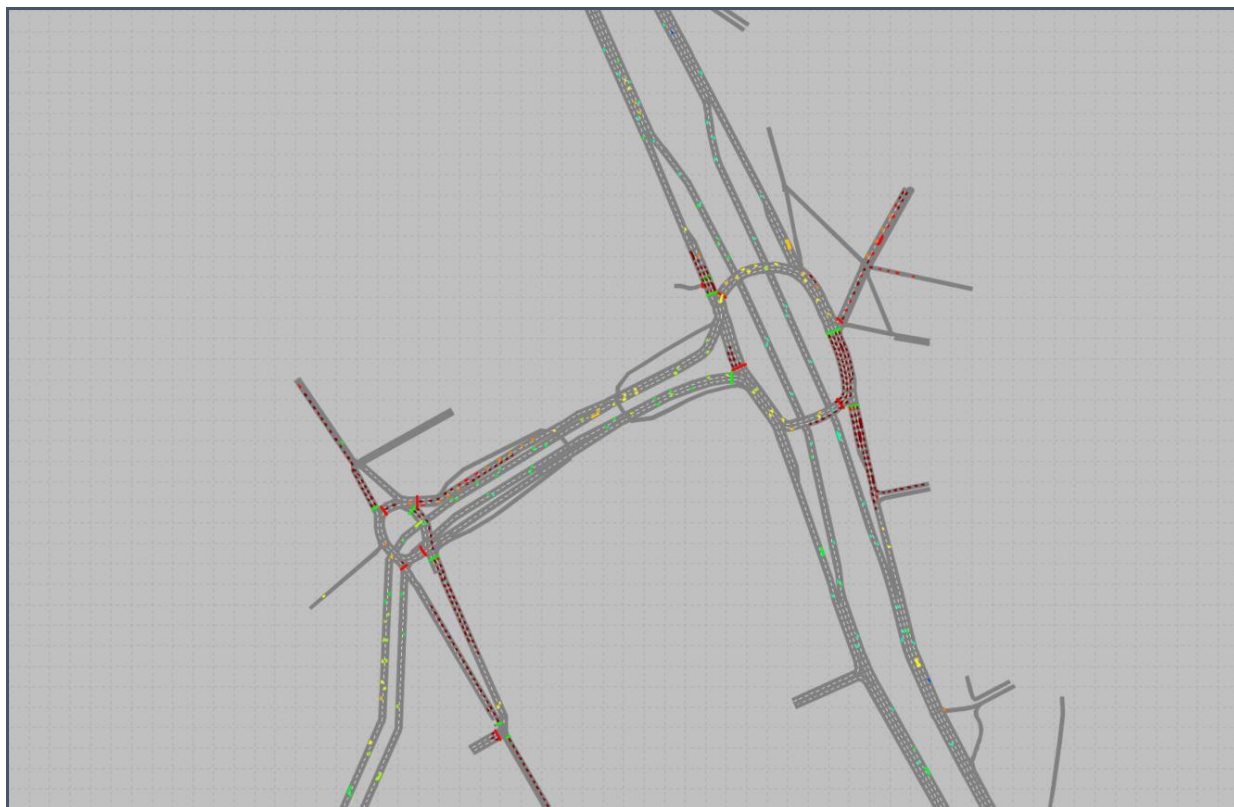


Figura 37 – Microsimulação para o Cenário 1, Pico da Manhã

5.1.3 Resultados das Simulações para o cenário 2 – Pico da Manhã

No cenário 2, o prolongamento do viaduto Pres. Castelo Branco possui dois acessos sentido São Paulo: um pelo próprio viaduto existente e outro pelo acesso da Av. Industrial, com uma faixa para cada. Também são duas as saídas: uma para o acesso à Av. Industrial e outra para o acesso ao viaduto Pres. Castelo Branco já existente, também com uma faixa cada.

Com a implementação do prolongamento da Av. do Estado previsto no cenário 2, no pico da manhã verifica-se também uma melhora significativa no tráfego do entorno da rotatória. As filas da Av. do Estado nos dois sentidos são reduzidas, principalmente no sentido São Paulo, pois os usuários que antes passavam pela rotatória para acessar o viaduto sentido São Bernardo, agora não o fazem mais, pois seguem pelo novo viaduto.

O cruzamento do viaduto com a Av. do Estado também não apresenta problemas de congestionamento, principalmente em função da diminuição de volume de tráfego, com parte dos usuários passando a utilizar o prolongamento do viaduto (não semaforizado) para acessar diretamente a Av. do Estado sentido São Paulo.

Esta solução privilegia o tráfego de intercâmbio (Sto. André-São Paulo e Sto. André – Mauá), pois facilita o acesso direto em ambos os sentidos. Porém o tráfego de passagem continua conflitando com o tráfego local no semáforo da rotatória.

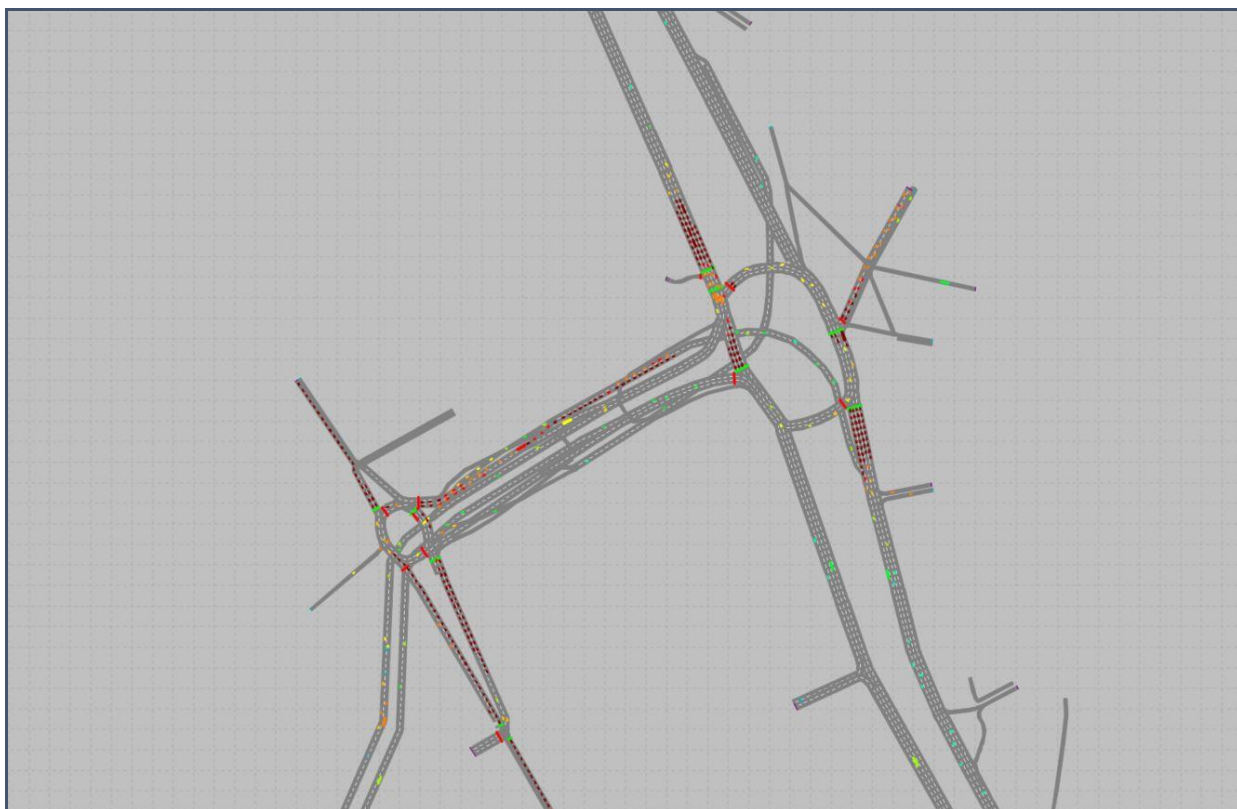


Figura 38 – Microsimulação para o Cenário 2, Pico da Manhã

5.1.4 Resumo dos Resultados para o Pico da Manhã

Ao observar a Tabela 4, nota-se que há um importante ganho de velocidade nos dois cenários comparativamente ao cenário atual no período da manhã. Percebe-se ligeira vantagem do cenário 1 em relação ao cenário 2, analisando as velocidades ponto a ponto.

Tabela 4 – Resumo dos resultados, Pico da Manhã – links

Pico da Manhã - Leituras nos links						
Trecho	Vmédia (km/h)			Veic/h		
	Atual	Cenário 1	Cenário 2	Atual	Cenário 1	Cenário 2
Rotatória	6.806188	8.818626	7.121665	1327.386778	1441.856444	810.123258
Viaduto_Sent_Av.Estados	3.587074	31.554938	11.852889	1221.185492	1905.540348	1040.077721
Viaduto_Sent_Av.Estados_v	2.989514	54.371721	54.536141	608.179405	1202.899626	769.488335
Viaduto_Sent_Industrial_v	36.798564	53.005404	51.155963	1238.230052	1425.24068	779.872078
Viaduto_Sent_Industrial	27.966216	37.236631	45.166116	2028.213335	2226.691752	1373.489161
Av.Estados_SentMauá	10.013672	7.704106	7.334035	2345.98501	1077.689518	2247.056023
Av.Estados_SentSP	4.412992	3.723844	4.835807	2171.470387	1054.717469	1537.493948
Viaduto_Sent_Av.Estados_a	2.730737	34.308159	37.274468	616.548722	705.715183	270.508225
Viaduto_Sent_Industrial_a	20.7472	25.85821	10.722551	782.31977	800.998139	598.863319

A Tabela 5 por sua vez mostra significativa redução das filas com a implantação dos cenários. Os benefícios da implantação dos dois cenários nesse parâmetro são semelhantes entre si, com melhoras em diferentes pontos para cada um deles.

Tabela 5 - Resumo dos resultados, Pico da Manhã – Filas

Pico da Manhã - Filas (m)				
Nó	Via	Máxima		
		Atual	Cenário 1	Cenário 2
1	Av.EstadosxViaduto - Rotatória	150.322989	157.617888	48.280132
1	Av.EstadosxViaduto - Av.Estados	279.481537	97.249524	243.096841
2	ViadutoxAv.Estados - Av.Estados	94.770002	75.308774	78.516269
2	ViadutoxAv.Estados - Viaduto	880.327235	85.85013	100.421588
3	Av.Estados_SentSP - Rotatória	140.611622	94.614299	62.852817
3	Av.Estados_SentSP - Av.Estados	557.377214	154.763323	103.509405
4	Av.EstadosxMartins - Martins Fontes	153.466733	150.103646	156.359826
4	Av.EstadosxMartins - Av.Estados	87.210833	86.758373	80.822475

5.1.5 Resultados das Simulações para o cenário atual – Pico da Tarde

No pico da tarde também é verificada formação de extensa fila no viaduto Pres. Castelo Branco sentido Av. do Estado. Há também problemas de congestionamento nas duas interseções semaforizadas da Av. do Estado com a rotatória, conforme Figura 39.



Figura 39 – Microsimulação para o Cenário Atual, Pico da Tarde

5.1.6 Resultados das Simulações para o cenário 1– Pico da Tarde

Todas as alterações de implantação do cenário 1 feitas no pico da manhã se mantiveram no pico da tarde. Percebe-se que os benefícios da implantação do cenário 1 na rede viária no período da manhã também são observados no período da tarde, com significativa redução de filas tanto na Av. do Estado (com a utilização da via elevada) quanto no viaduto Pres. Castelo Branco (com aumento nos tempos de verde).

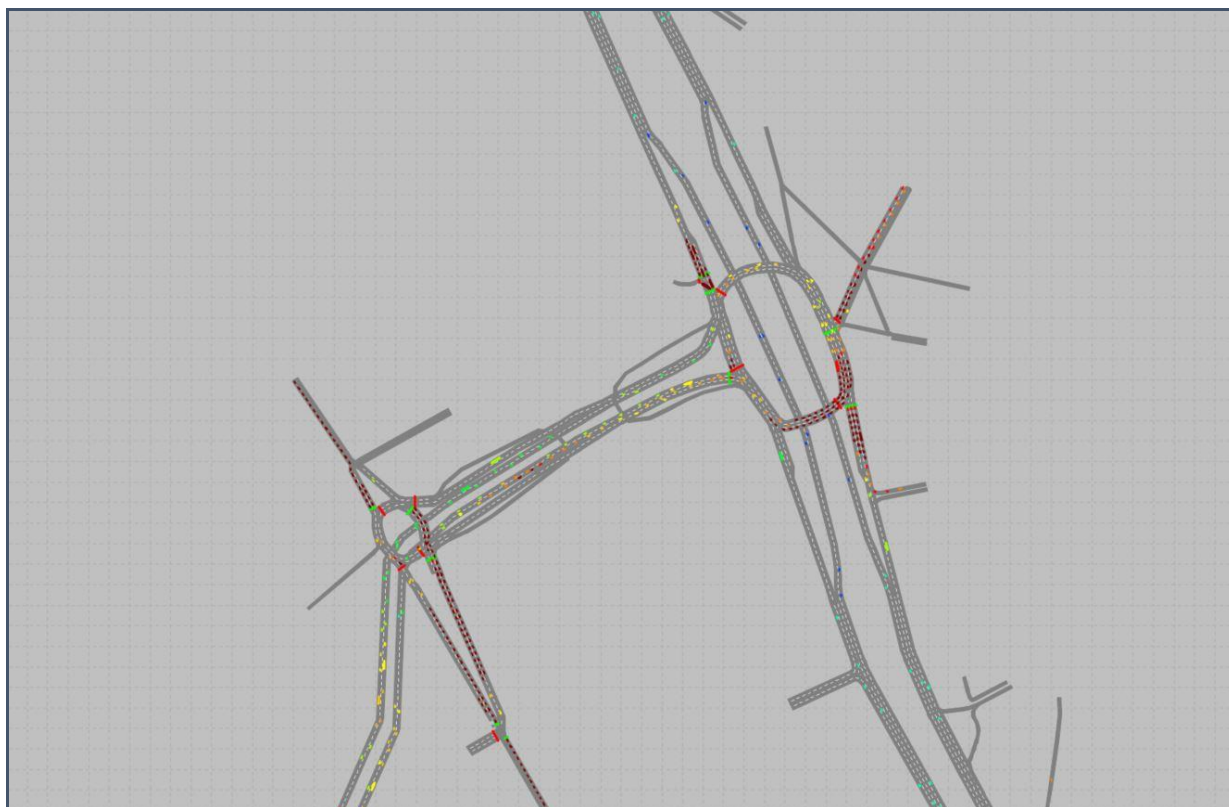


Figura 40 – Microssimulação para o Cenário 1, Pico da Tarde

5.1.7 Resultados das Simulações para o cenário 2 – Pico da Tarde

As alterações de implantação do cenário 2 no pico da manhã também se mantêm para o pico da tarde. A redução no tamanho das filas e a diminuição de congestionamento na rede como um todo também podem ser observados no período da tarde do cenário 2, conforme Figura 41. A grande extensão da fila no viaduto Pres. Castelo Branco até a rotatória de estudo, observada no cenário atual, é mitigada com a ligação direta do viaduto com a Av. do Estado não necessitando mais a passagem pela rotatória semaforizada para esses usuários. O mesmo ocorre com os usuários da Av. do Estado querendo acessar o viaduto Pres. Castelo Branco sentido Av. Industrial.

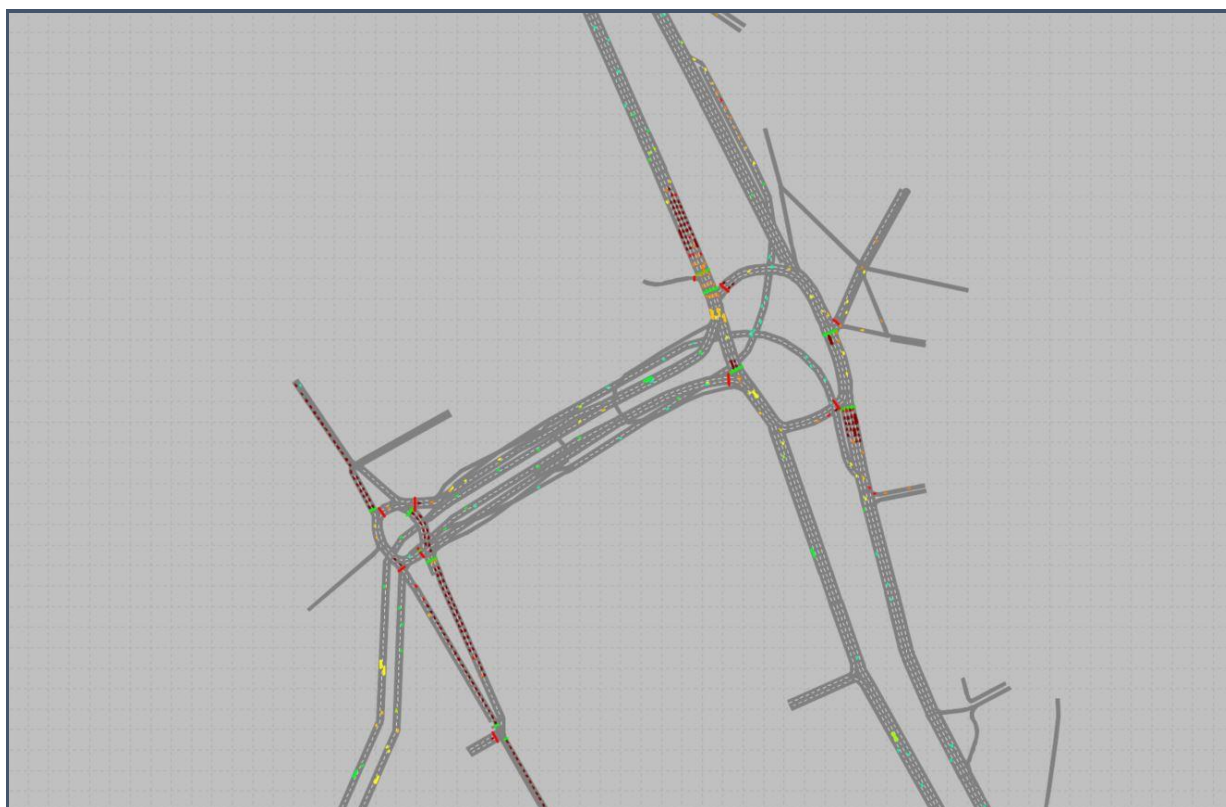


Figura 41 – Microsimulação para o Cenário 2, Pico da Tarde

5.1.8 Resumo dos Resultados para o Pico da Tarde

Analizando a comparação de velocidades médias dos cenários apresentados no pico da tarde, nota-se que tanto no cenário 1 quanto no cenário 2 há um importante ganho de velocidade comparativamente ao cenário atual, como pode ser visto na Tabela 6. Percebe-se um benefício ligeiramente superior do cenário 2 em relação ao cenário 1, analisando as velocidades ponto a ponto, invertendo a situação do pico da manhã, aonde o cenário 1 leva ligeira vantagem.

Tabela 6 – Resumo dos resultados, Pico da Tarde – links

Trecho	Pico da Tarde - Leituras nos links					
	Vmédia (km/h)			Veic/h		
	Atual	Cenário 1	Cenário 2	Atual	Cenário 1	Cenário 2
Rotatória	6.402007	8.275401	7.267629	1407.858792	1345.767863	551.099802
Viaduto_Sent_Av.Estados	3.641768	13.853235	8.534461	1142.133903	2280.364088	954.447836
Viaduto_Sent_Av.Estados_v	3.357596	18.760267	54.372304	685.667763	1793.147845	842.180118
Viaduto_Sent_Industrial_v	35.710834	52.692673	49.664984	1372.328943	1380.74534	519.854668
Viaduto_Sent_Industrial	30.35924	43.048262	48.957026	1810.904132	1791.748055	919.491342
Av.Estados_SentMauá	11.008587	7.538174	8.323577	2165.084699	719.86146	2322.076583
Av.Estados_SentSP	5.659048	4.462718	6.519139	2095.23696	1153.046386	1224.590676
Viaduto_Sent_Av.Estados_a	26.503571	28.528365	37.696535	444.92082	520.133994	109.393273
Viaduto_Sent_Industrial_a	39.997829	46.894096	46.331346	440.127077	408.056194	395.386154

A Tabela 7 também mostra significativa redução das filas com a implantação dos cenários no pico da tarde. Os benefícios da implantação do cenário 2 se mostram superiores ao cenário 1 na extensão de filas, no período da tarde.

Tabela 7 - Resumo dos resultados, Pico da Tarde – Filas

Pico da Tarde - Filas (m)				
Local	Via	Máxima		
		Atual	Cenário 1	Cenário 2
1	Av.EstadosxViaduto - Rotatória	150.46149	159.215306	51.555347
1	Av.EstadosxViaduto - Av.Estados	135.715955	82.085161	205.758699
2	ViadutoxAv.Estados - Av.Estados	39.286135	84.906597	66.397465
2	ViadutoxAv.Estados - Viaduto	879.467264	727.054059	106.338326
3	Av.Estados_SentSP - Rotatória	91.704612	142.086877	97.758456
3	Av.Estados_SentSP - Av.Estados	185.678116	165.154022	96.491209
4	Av.EstadosxMartins - Martins Fontes	129.32249	150.152511	121.240254
4	Av.EstadosxMartins - Av.Estados	85.149732	86.769939	81.144212

Sobre a alternativa 1 ainda foram estudadas três variantes: com uma ou duas rampas de acesso ao Viaduto Castelo Branco e com abertura da rotatória e incluídas as viagens que serão geradas pelo empreendimento comercial e residencial a ser construído na Avenida Industrial. Também foi incluído o binário viário da Alameda Martins Fontes e Rua Lorde Cochrane, implementado pelo DST. Os resultados das análises destes cenários são apresentados a seguir, na Fase 2 deste estudo.

6 MODELAGEM DE TRÁFEGO – FASE 2

Para esta nova fase foi incluída a demanda de um Polo Gerador de Tráfego (PGT) que será construído entre a linha férrea e a Av. Industrial (Figura 42), a nova configuração viária em Santa Terezinha (Binário formado com a Alameda Martins Fontes e a Rua Lorde Cochrane, Figura 43) e o aumento de uma faixa na Avenida Industrial, no trecho entre a Av. Prestes Maia e o acesso ao viaduto Castelo Branco. A demanda do PGT³ é apresentada em detalhes em ANEXO.



Figura 42 – Localização dos empreendimentos

³ A informação a respeito do PGT foi utilizada na íntegra, a partir da confirmação e validação dos dados pelo DST.



Figura 43 – Nova configuração viária (Binário Al. Martins Fontes e R. Lorde Cochrane)

6.1 Cenários Estudados – Fase 2

Além do cenário atual, foram definidos mais quatro cenários de simulação, variando o desenho para o viaduto proposto. Os cenários são descritos a seguir.

- **Cenário atual:** Este cenário representa a infraestrutura viária atual, conforme ela se apresentava na data da aplicação das pesquisas e da calibração do modelo. Este cenário também serve de referência para os demais cenários;
- **Cenário 1:** infraestrutura viária atual como base, com a elevação da Avenida dos Estados no trecho da rotatória de acesso ao Viaduto Pres. Castelo Branco e à Alameda Martins Fontes, evitando, desta forma, os cruzamentos semaforizados do trecho, além de dois retornos na Avenida dos Estados, próximos à rotatória. Foi agora incluído o empreendimento na Av. Industrial e o binário da Alameda Martins Fontes e Lorde Cochrane.
- **Cenário 3a:** infraestrutura viária atual como base, com a inclusão da elevação da Avenida dos Estados como no Cenário 1 e o prolongamento do Viaduto Presidente Castelo Branco acessando a própria elevação da Av. dos Estados, facilitando o acesso deste viaduto para quem utiliza a Av. dos Estados no sentido São Paulo e o acesso à Av. dos Estados no sentido Mauá.

- **Cenário 3b:** infraestrutura viária atual como base, com a inclusão da elevação da Avenida dos Estados como no Cenário 1 e a criação de uma alça de acesso da pista elevada no sentido São Paulo com o Viaduto Presidente Castelo Branco, sentido São Bernardo.
- **Cenário 3c:** infraestrutura viária atual como base, contemplando a elevação e a alça do Cenário 3b e uma ligação direta entre o Viaduto Presidente Castelo Branco e a Alameda Martins Fontes (Santa Terezinha).

As imagens do cenário atual e dos projetos funcionais para os dois cenários, juntamente com sua configuração no modelo de simulação serão apresentadas no item 4, a seguir.

Cada cenário foi simulado para o período de pico da manhã e da tarde, totalizando 10 cenários de simulação.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS – MACROSSIMULAÇÃO FASE 2

7.1 Cenário Atual

O cenário atual apresenta a rede de estudo sem nenhuma modificação viária, conforme Figura 11.

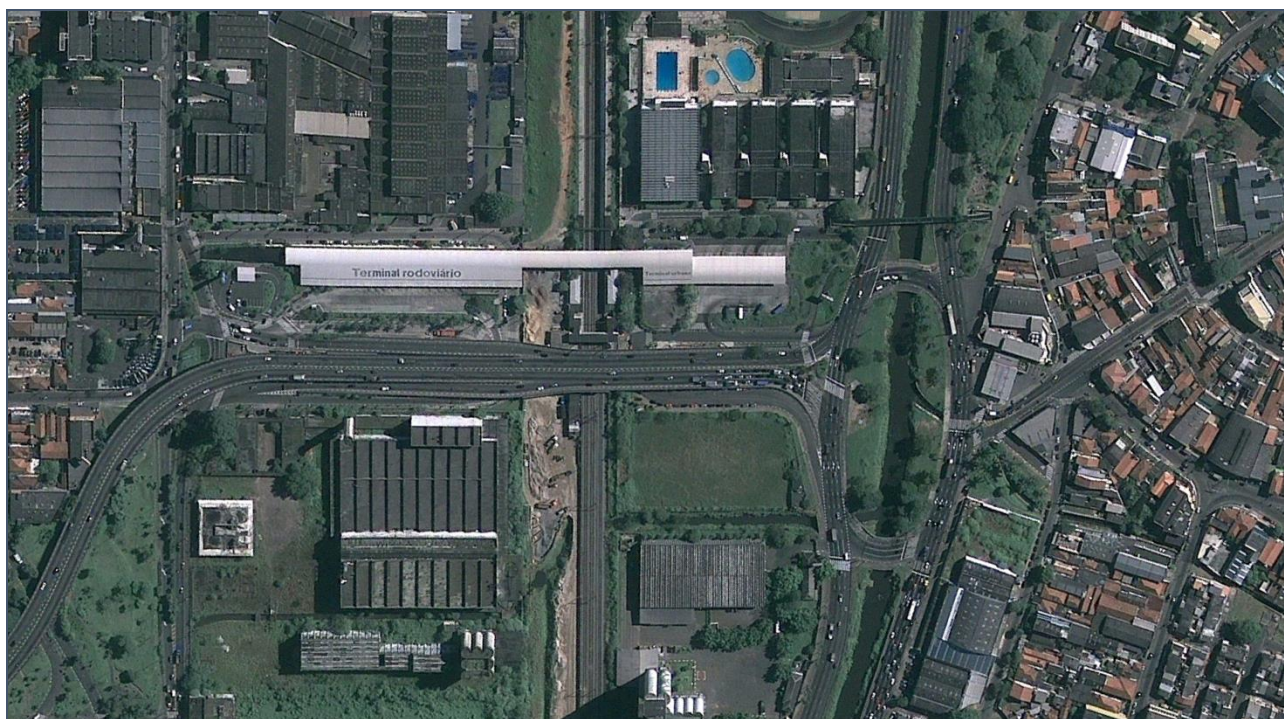


Figura 44 – Imagem Viaduto Pres. Castelo Branco e Avenida dos Estados com destaque para a travessia de pedestres – Cenário Atual

A Figura 45 mostra os carregamentos de tráfego e os níveis de serviço para o Cenário Atual para os horários de pico da manhã. E em maior detalhe na Figura 46.

Percebe-se para o período da manhã, em uma visão mais abrangente, a importância que as principais vias da cidade têm como artérias para o escoamento do tráfego, com ocorrência de altos volumes, como nas avenidas do Estado, Industrial e Dom Pedro II. Os viadutos sobre a linha férrea são importantes eixos de ligação da cidade, e consistem nas únicas opções de transposição. Focando mais especificamente na região de estudo, percebe-se que o nível de serviço é mais crítico nas entradas das rotatórias, onde os cruzamentos são em nível e semaforizados, gerando maiores atrasos. O Viaduto Pres. Castelo Branco atinge volumes de aproximadamente 2200 veículos equivalentes/hora nos dois sentidos, enquanto a rotatória no trecho próximo à Alameda Martins Fontes atinge o pico de aproximadamente 5700 veículos equivalentes/hora, na hora-pico da manhã.

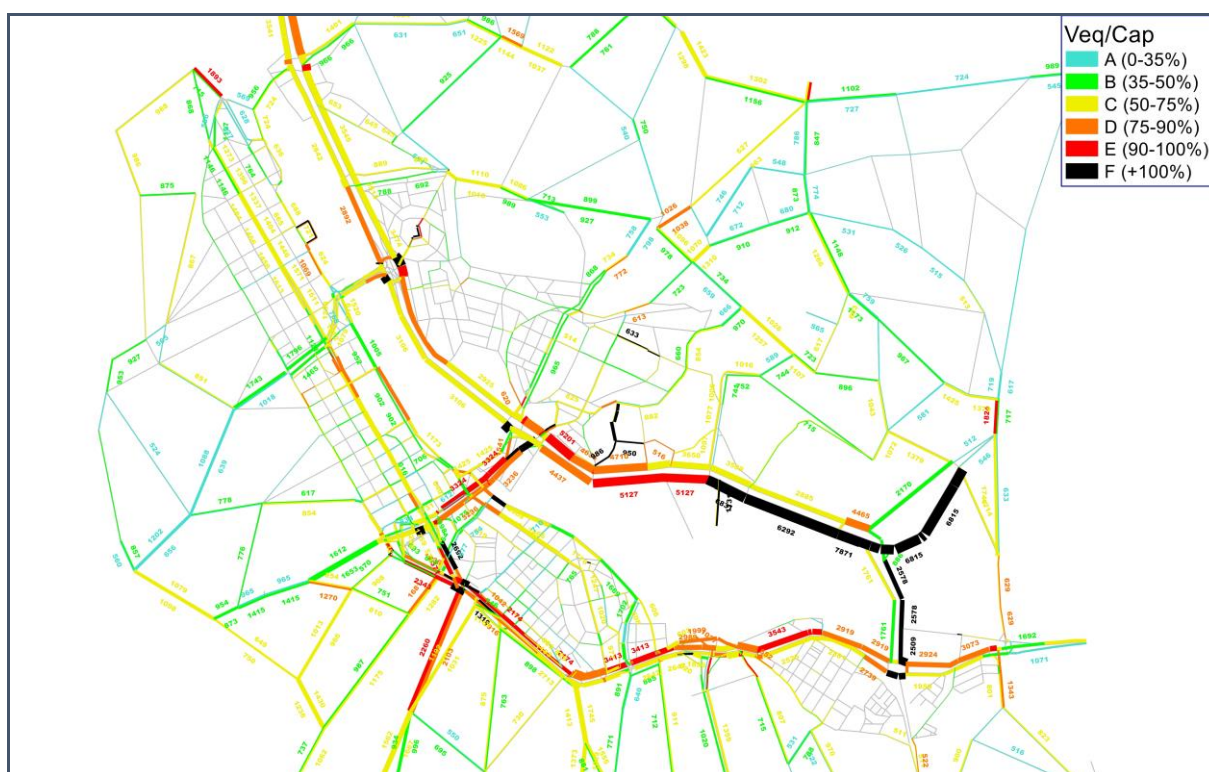


Figura 45 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário Atual – HPM – Rede Geral

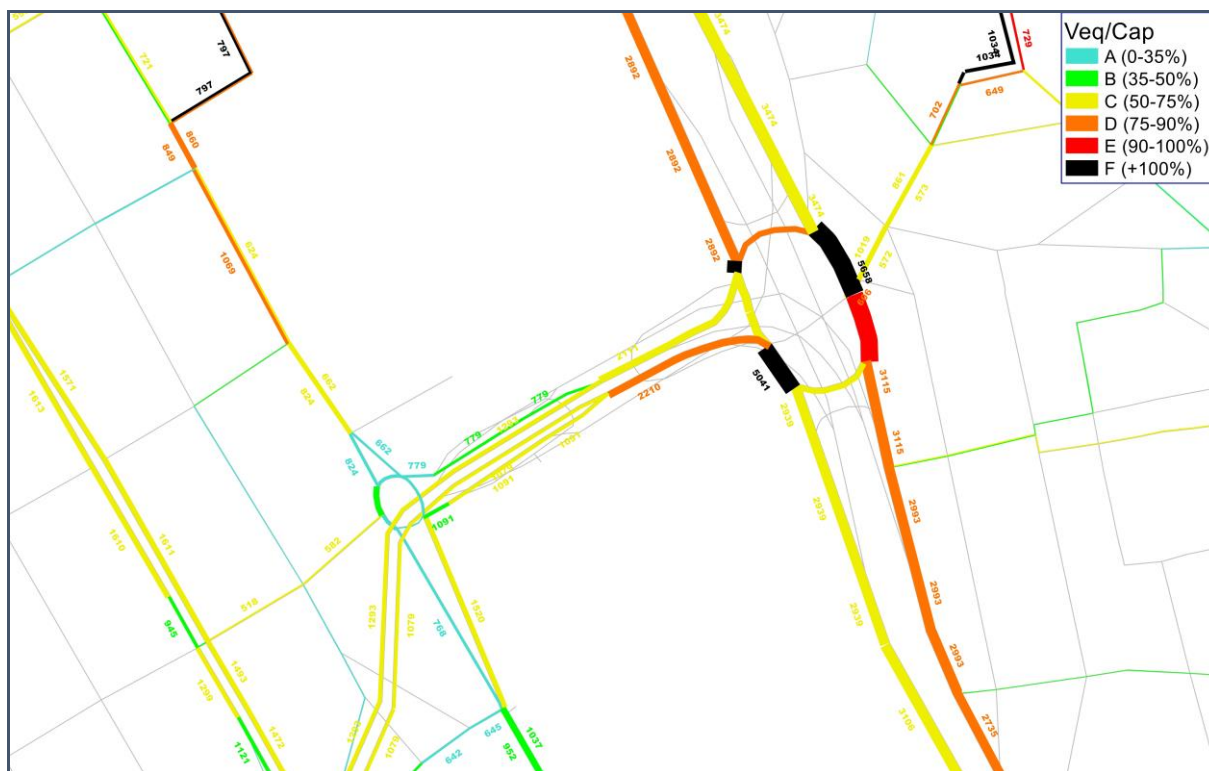


Figura 46 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário Atual – HPM – Rotatória de estudo

Para o período da tarde também pode-se perceber, a partir da Figura 47, a importância das vias arteriais como eixos de escoamento do tráfego. O Viaduto Pres. Castelo Branco, conforme observado na Figura 48, tem um fluxo de veículos mais intenso no sentido Alameda Martins Fontes, com aproximadamente 2700 veículos equivalentes/hora. A rotatória dessa região atinge o volume máximo de aproximadamente 4800 veículos equivalentes/hora.

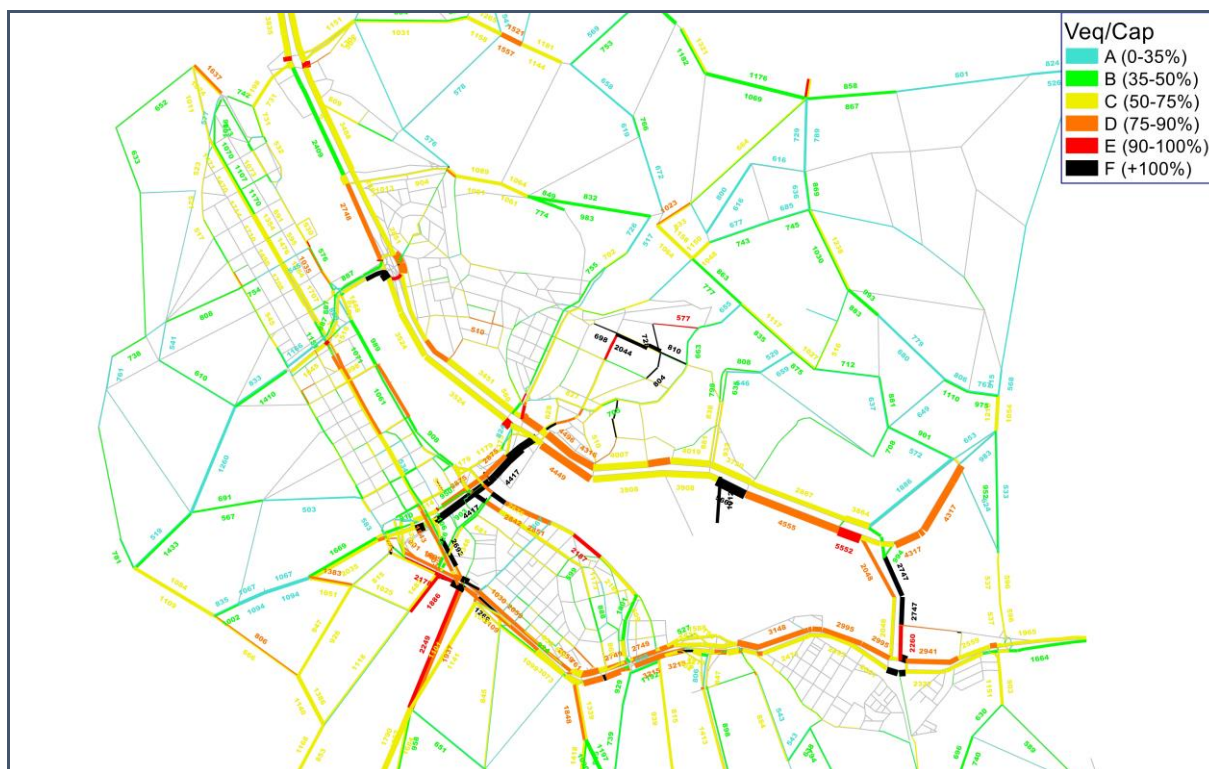


Figura 47 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário Atual – HPT – Rede Geral

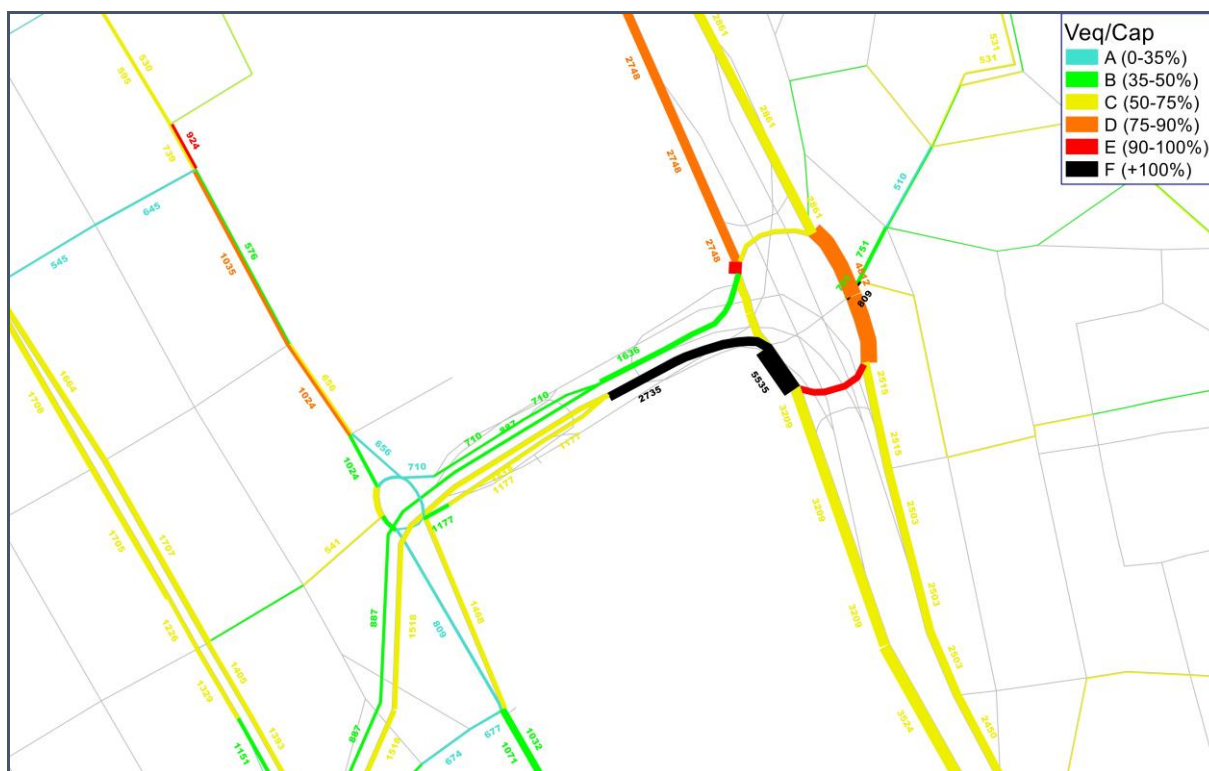


Figura 48 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário Atual – HPT – Rotatória de estudo

7.2 Cenário 1: elevação Av. dos Estados

O cenário 1 apresenta a proposta de elevação da Avenida dos Estados no trecho da rotatória de acesso ao Viaduto Pres. Castelo Branco e Alameda Martins Fontes, evitando atrasos no fluxo principal da Avenida dos Estados, atualmente muito carregada e baixo desempenho devido aos semáforos da rotatória. Essa proposta pode ser melhor visualizada na Figura 49. Nesta nova fase, este cenário foi simulado considerando as viagens geradas pelo empreendimento a ser construído na Av. Industrial e o binário a Alameda Martins Fontes e Lorde Cochrane.



Figura 49 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 1

Uma análise mais ampla da rede viária, para este cenário, sugere que não houve renovação de tráfego importante com relação ao cenário atual, tanto no período da manhã quanto no período da tarde. As principais vias da cidade seguem com fluxos de tráfego semelhantes ao que já havia anteriormente (Figura 50 e Figura 52).

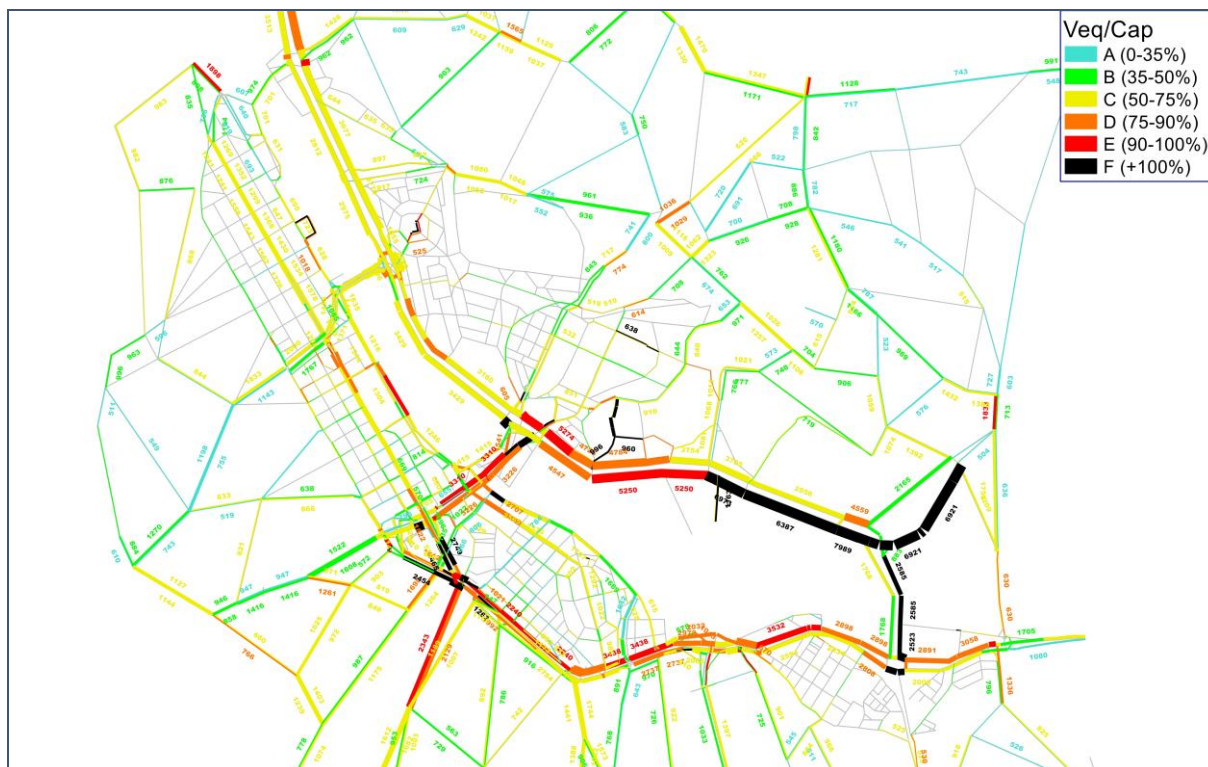


Figura 50 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 1 – HPM – Rede Geral

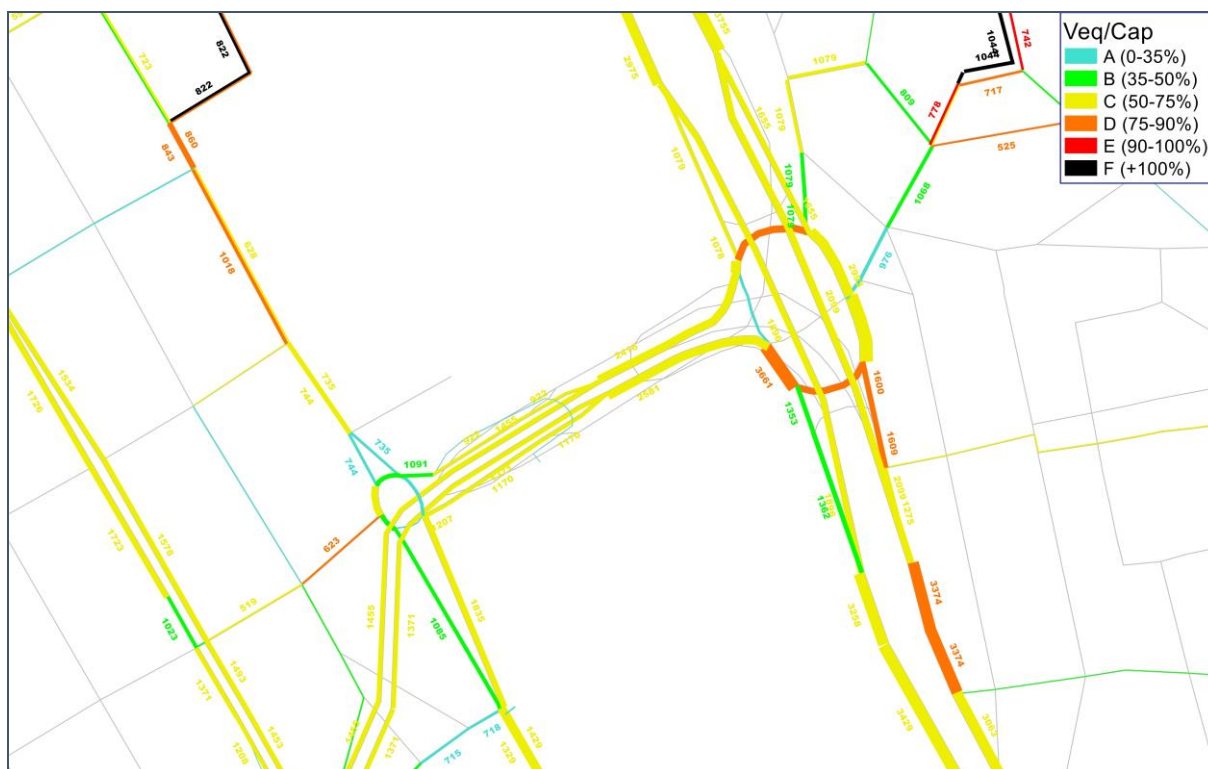


Figura 51 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 1 – HPM – Rotatória de estudo

Porém, analisando mais especificamente a área de estudo, percebe-se uma redistribuição dos volumes na região da rotatória. A Avenida dos Estados elevada atrai as viagens de passagem, desviando uma parte dos usuários, aliviando a pressão do tráfego sobre a rotatória, e melhorando o seu nível de serviço. Essa melhora no nível de serviço da rotatória se deve ao aumento de capacidade que o Viaduto Pres. Castelo Branco passa a ter, já que este não concorre mais com o fluxo principal da Avenida dos Estados, aumentando seu tempo de verde no semáforo e melhorando seu desempenho na rede. A renovação do tráfego com a elevação da Avenida dos Estados e a melhoria do nível de serviço na rotatória e no Viaduto Pres. Castelo Branco podem ser observados nos períodos da manhã e da tarde (Figura 51 e Figura 53).

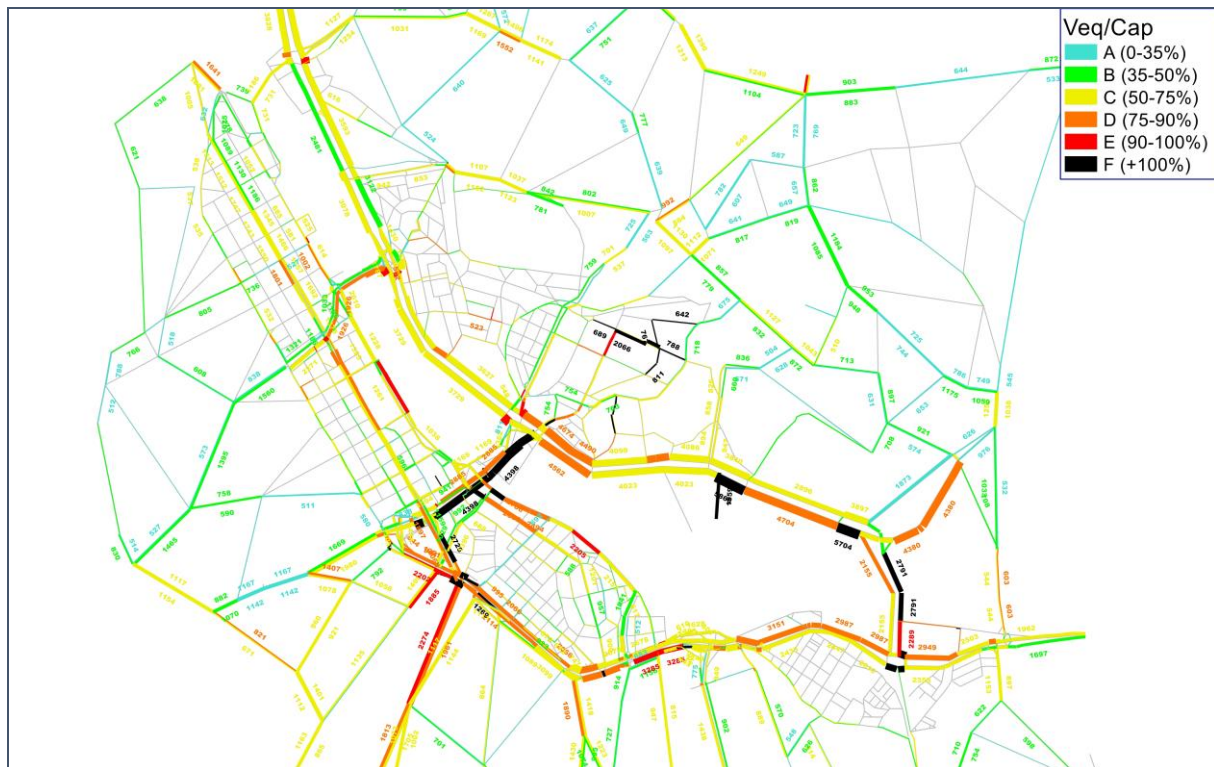




Figura 53 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 1 – HPT – Rotatória de estudo

Na Figura 54 é apresentada a diferença entre os volumes de tráfego para o cenário 1 e o cenário atual, para a hora-pico manhã. Percebe-se que há um efeito local intenso na implantação do viaduto, com transferência de volume do trecho da rotatória para o viaduto elevado da Avenida dos Estados, que se torna mais atraente nos dois sentidos da via, para fluxo de passagem. Para o período da manhã a elevação da Avenida dos Estados atrai aproximadamente 2100 veículos equivalentes no sentido São Paulo e 1900 veículos equivalentes no sentido Mauá. Para o período da tarde, esses valores invertem e chegam a 1800 veículos equivalentes no sentido Mauá e 1700 veículos equivalentes no sentido São Paulo (Figura 55).

Analisando o Viaduto Pres. Castelo Branco, nota-se também um ligeiro aumento no volume de tráfego. Esse aumento se deve à maior atratividade que esse viaduto passou a ter comparativamente aos outros viadutos da região com a implantação da Avenida dos Estados elevada, já que há diminuição de congestionamento da rotatória do estudo, gerando menos filas na região e tornando o viaduto uma opção mais vantajosa para os usuários que têm a opção de escolha.



Figura 54 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 1 X cenário atual – HPM

Analogamente ao período da manhã, o período da tarde também possui transferência de volumes para o novo viaduto elevado da Avenida dos Estados. Também há ligeiro aumento no volume de tráfego do Viaduto Pres. Castelo Branco, principalmente no sentido Alameda Martins Fontes em função de sua maior demanda no período da tarde.



Figura 55 – Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 1 X cenário atual – HPT

7.3 Cenário 3a: elevação da Av. dos Estados e prolongamento do Viaduto Presidente Castelo Branco nos 2 sentidos

O Cenário 3a apresenta a proposta da elevação da Av. dos Estados, como no cenário 1 e o prolongamento do Viaduto Castelo Branco acessando a elevação citada nos 2 sentidos, facilitando o acesso deste viaduto para quem utiliza a Av. dos Estados no sentido São Paulo e o acesso à Av. dos Estados no sentido Mauá (Figura 56). Essa configuração viária evitaria os cruzamentos semaforizados da rotatória, desta vez beneficiando o fluxo de acesso ao Viaduto Pres. Castelo Branco, sentido São Paulo e a saída do Viaduto Castelo Branco para a Av. dos Estados sentido Mauá.

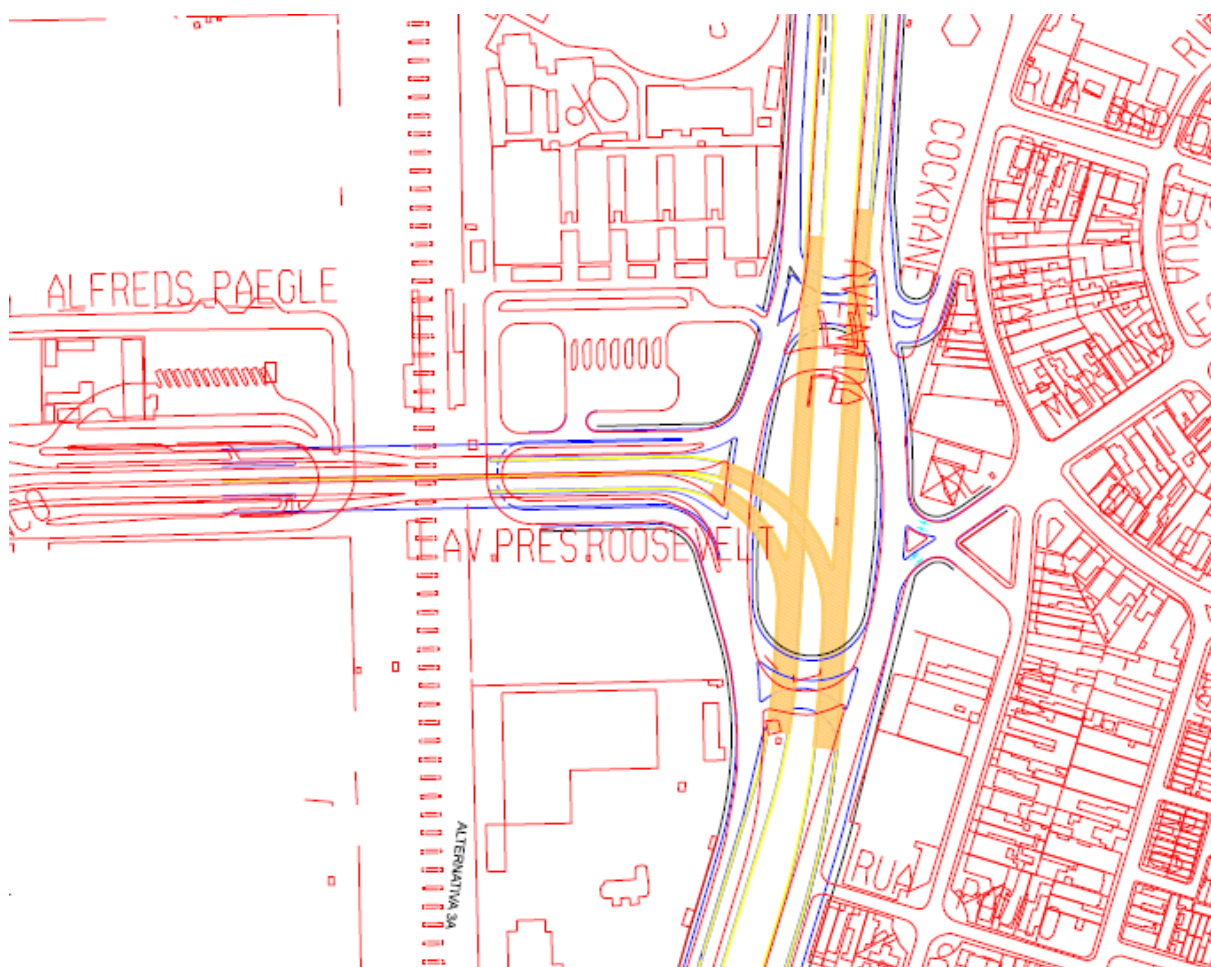


Figura 56 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 3a

A Figura 57 e Figura 59 mostra os carregamentos de tráfego e os níveis de serviço para o Cenário 3a para os horários de pico da manhã e da tarde. E em maior detalhe na Figura 58 e Figura 60.

Como nos cenários já avaliados, as intervenções pouco interverem na região em geral, porém apresenta alterações significantes no fluxo local, principalmente na rotatória de estudo. As estruturas implantadas atraem todos os fluxos de passagem, sejam eles sentido São Paulo, Mauá ou Av. Industrial, causando considerável redução de fluxo nos trechos de rotatória, mais atrativa para deslocamentos internos.

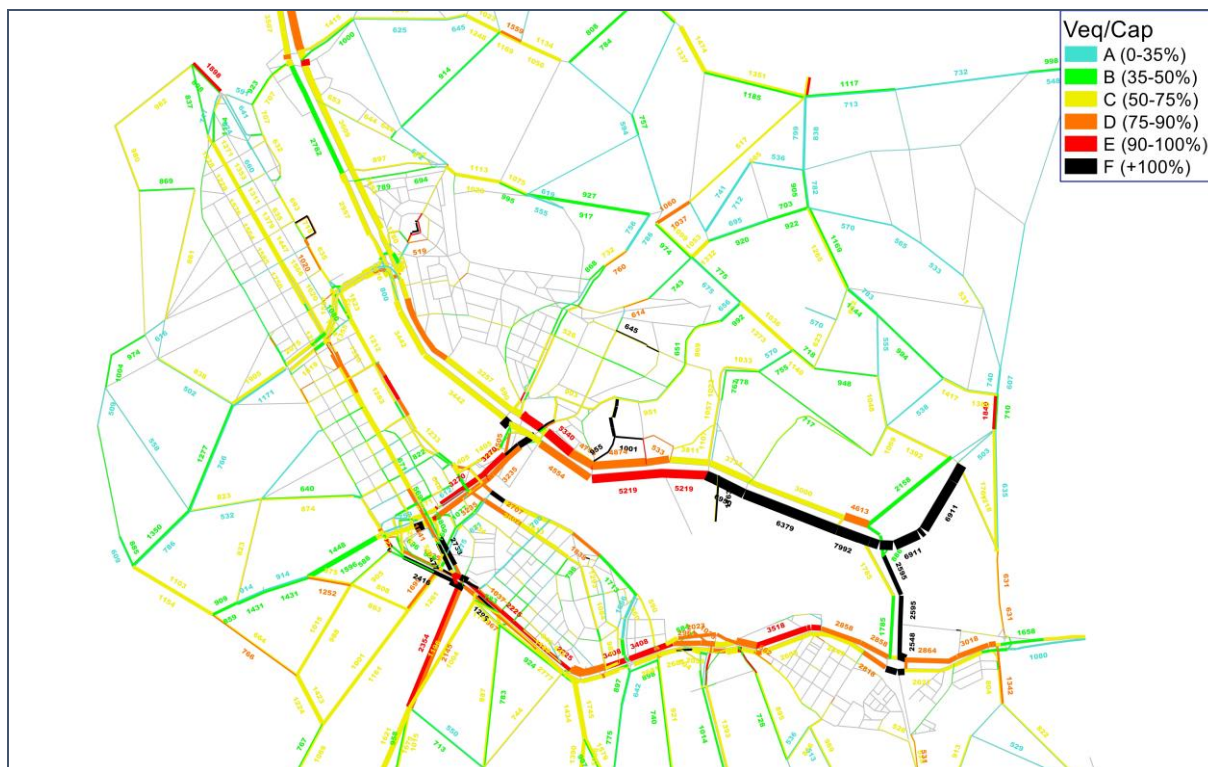


Figura 57 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3a – HPM – Rede geral



Figura 58 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3a – HPM – Rotatória de estudo

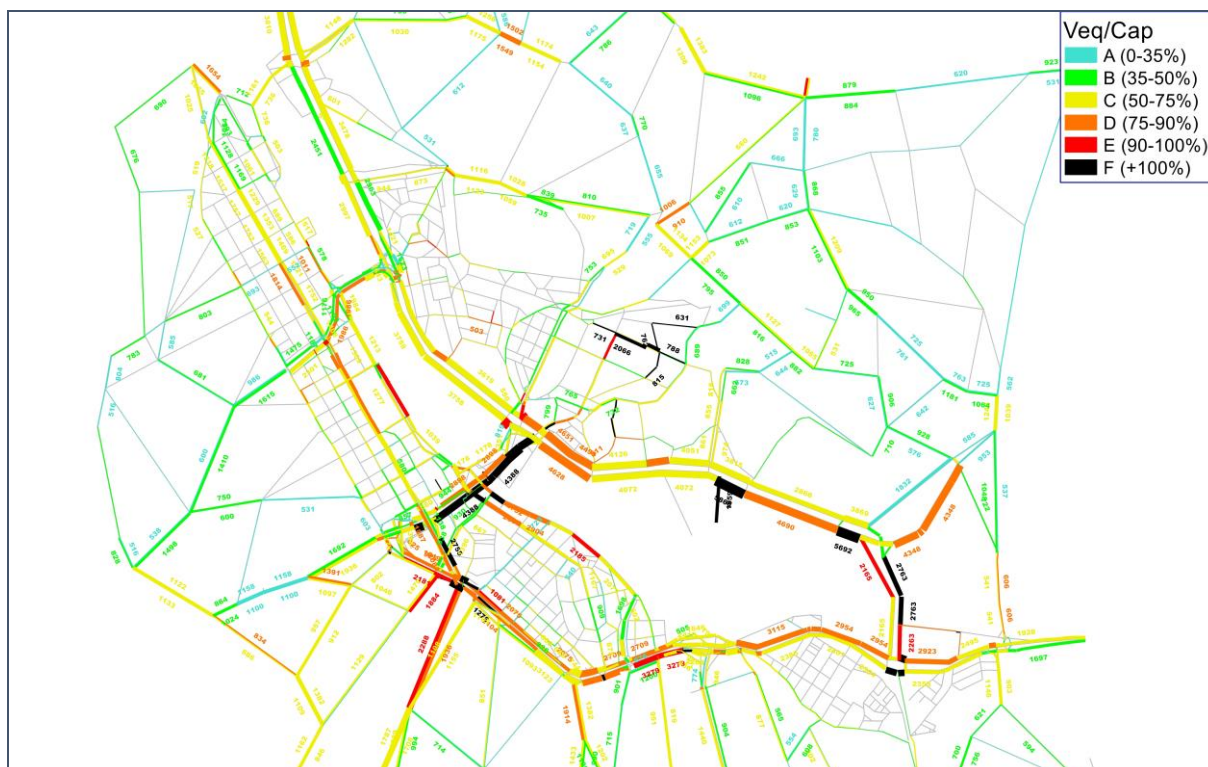


Figura 59 – Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3a – HPT – Rede geral



Figura 60 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3a – HPT – Rotatória de estudo

Na Figura 61 e na Figura 62 são apresentadas as diferenças entre os volumes de tráfego para o cenário 3a e o cenário atual, para as hora-pico manhã e tarde, respectivamente. Percebe-se que há um efeito local intenso na implantação do viaduto sobre a Avenida dos Estados, assim como observado no Cenário 1, com transferência de volume do trecho da rotatória para o viaduto elevado, que se torna mais atraente nos dois sentidos da via, para fluxo de passagem. Para o período da manhã a elevação da Avenida dos Estados atrai aproximadamente 1800 veículos equivalentes no sentido São Paulo e 2000 veículos equivalentes no sentido Mauá. Para o período da tarde, esses valores chegam a 1800 veículos equivalentes no sentido Mauá e 1500 veículos equivalentes no sentido São Paulo.

A presença da extensão do Viaduto Castelo Branco contribui para a redução de volume na rotatória, atraindo no período da manhã em torno de 700 veículos equivalentes no sentido Avenida Industrial, porém apenas 240 veículos equivalentes no sentido Mauá. No período da tarde entretanto essa atração é mais significativa, atingindo aproximadamente 710 veículos equivalentes no sentido Avenida Industrial e até 860 veículos equivalentes no sentido Mauá.



Figura 61 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3a X cenário atual – HPM

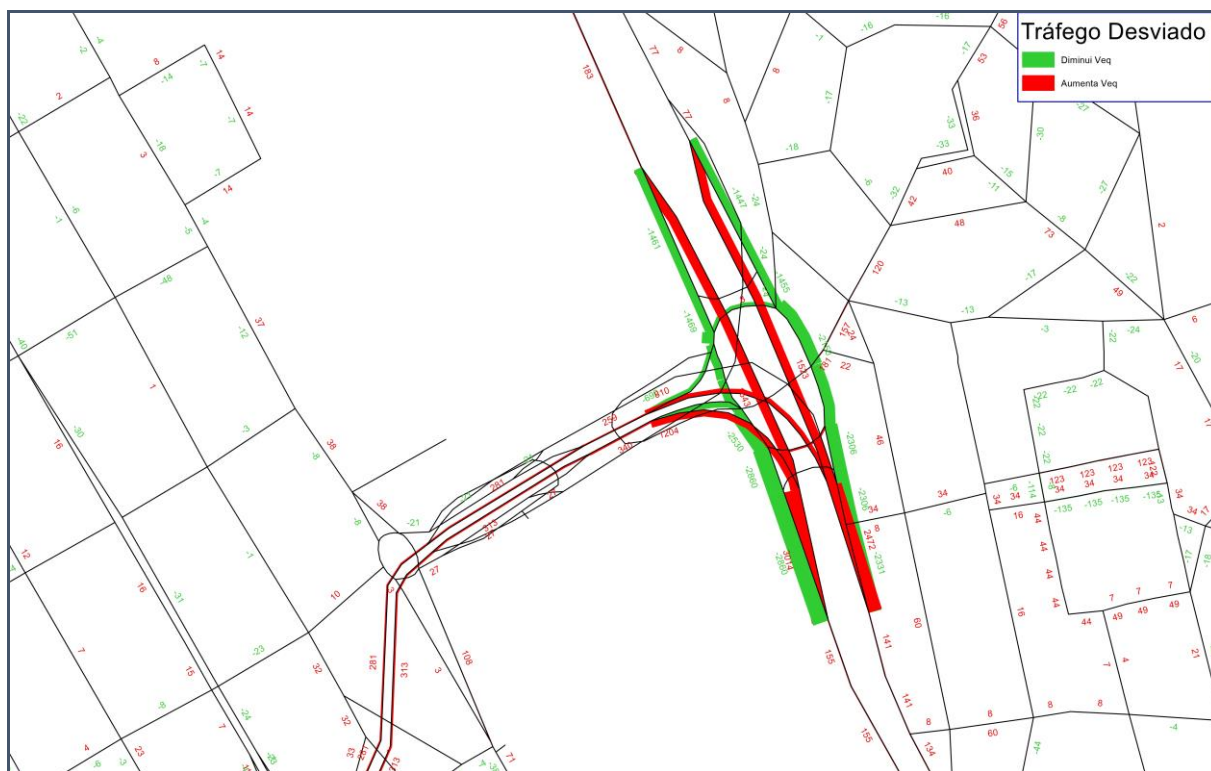


Figura 62 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3a X cenário atual – HPT

7.4 Cenário 3b: elevação da Av. dos Estados e alça conectando ao Viaduto Presidente Castelo Branco, sentido São Bernardo.

O Cenário 3b apresenta a proposta da elevação da Av. dos Estados, como no cenário 1 e o prolongamento do Viaduto Castelo Branco conectando-se à elevação citada apenas no sentido de acesso ao Viaduto (Figura 63). Essa configuração viária evitaria os cruzamentos semaforizados da rotatória, desta vez beneficiando apenas o fluxo de acesso ao Viaduto Pres. Castelo Branco, sentido São Paulo.

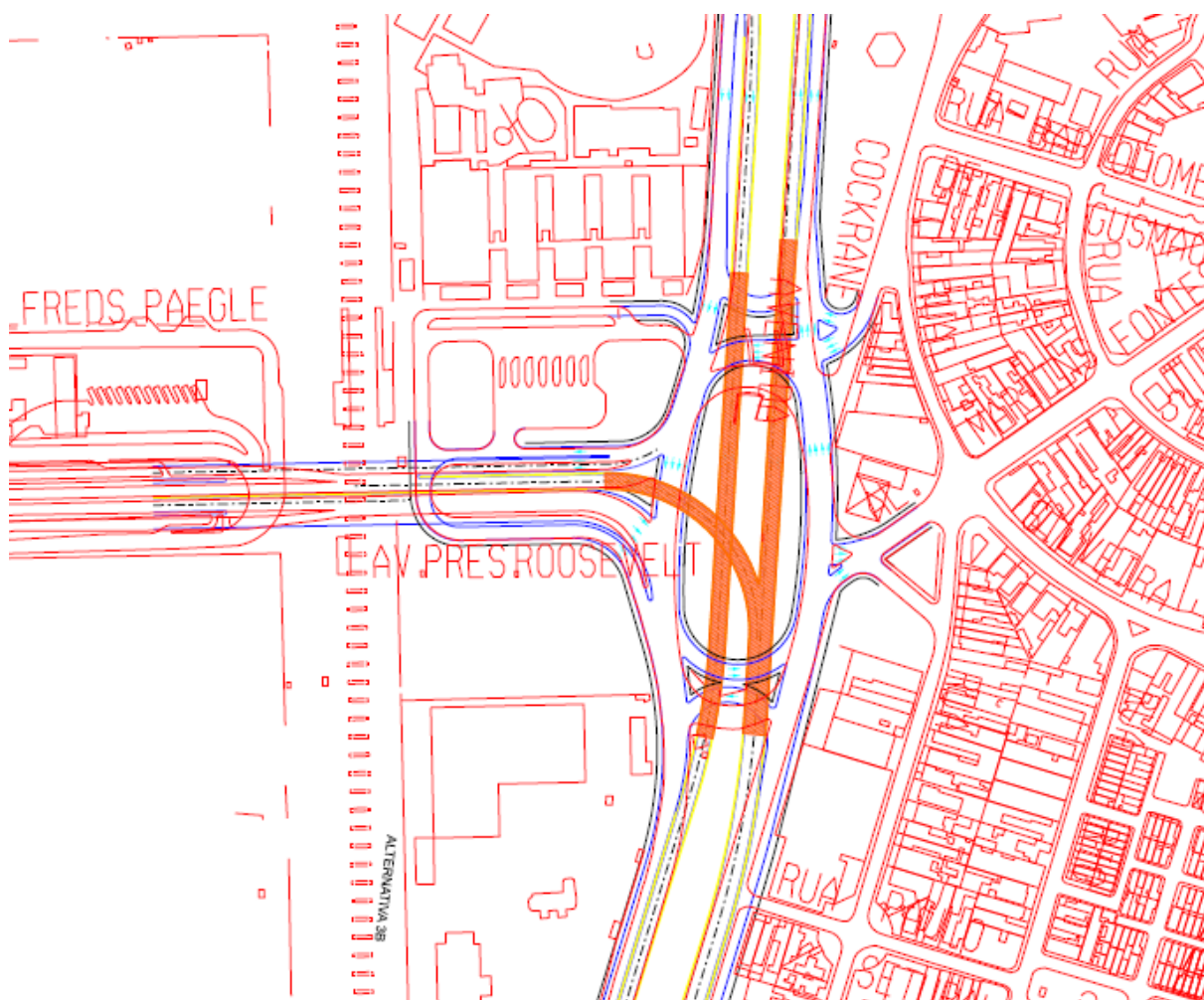


Figura 63 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 3b

A Figura 64 mostra os carregamentos de tráfego e os níveis de serviço para o Cenário 3b para os horários de pico da manhã. E em maior detalhe na Figura 65. Os carregamentos para o pico da tarde estão apresentados na Figura 66 e a Figura 67.

Pode-se observar que esse cenário difere pouco do cenário anterior 3a quanto a atratividade dos viadutos sobre a Av. do Estado e da extensão do Viaduto Castelo Branco. A redução de fluxo na rotatória e a influência nas vias da região também pouco se alteraram.

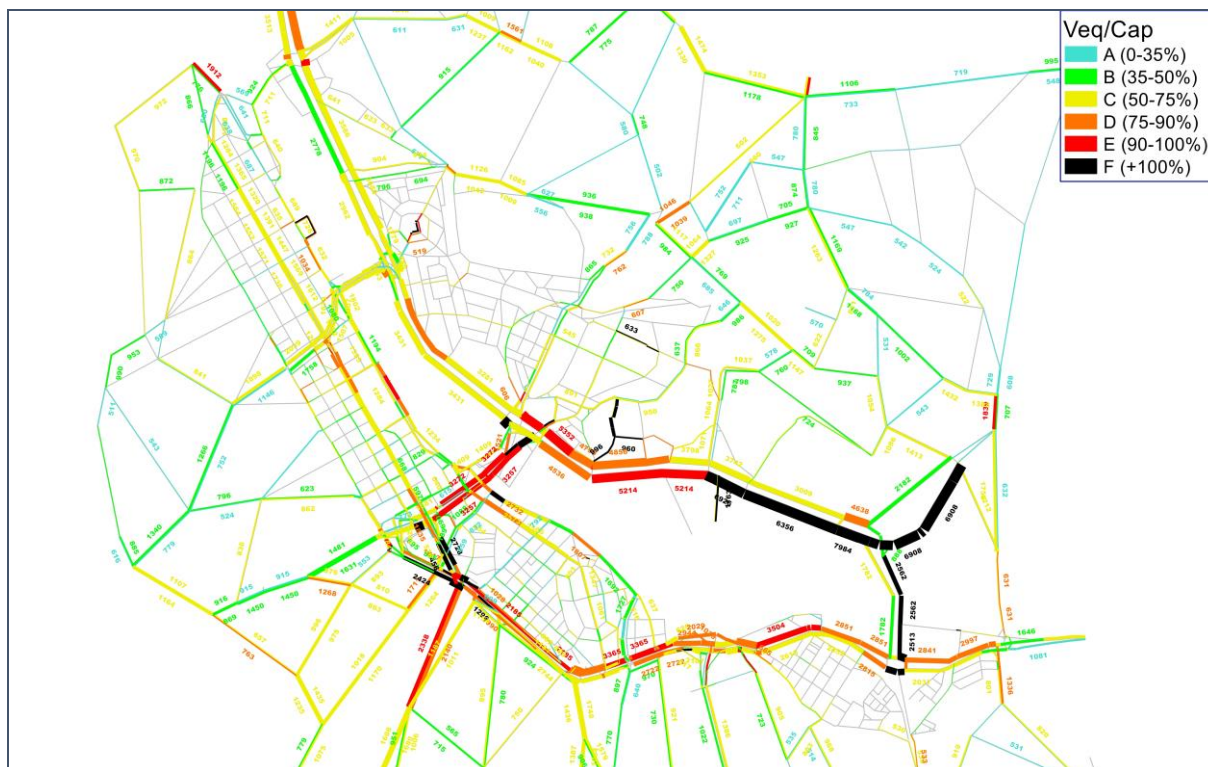


Figura 64 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3b – HPM – Rede geral



Figura 65 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3b – HPM – Rotatória de estudo

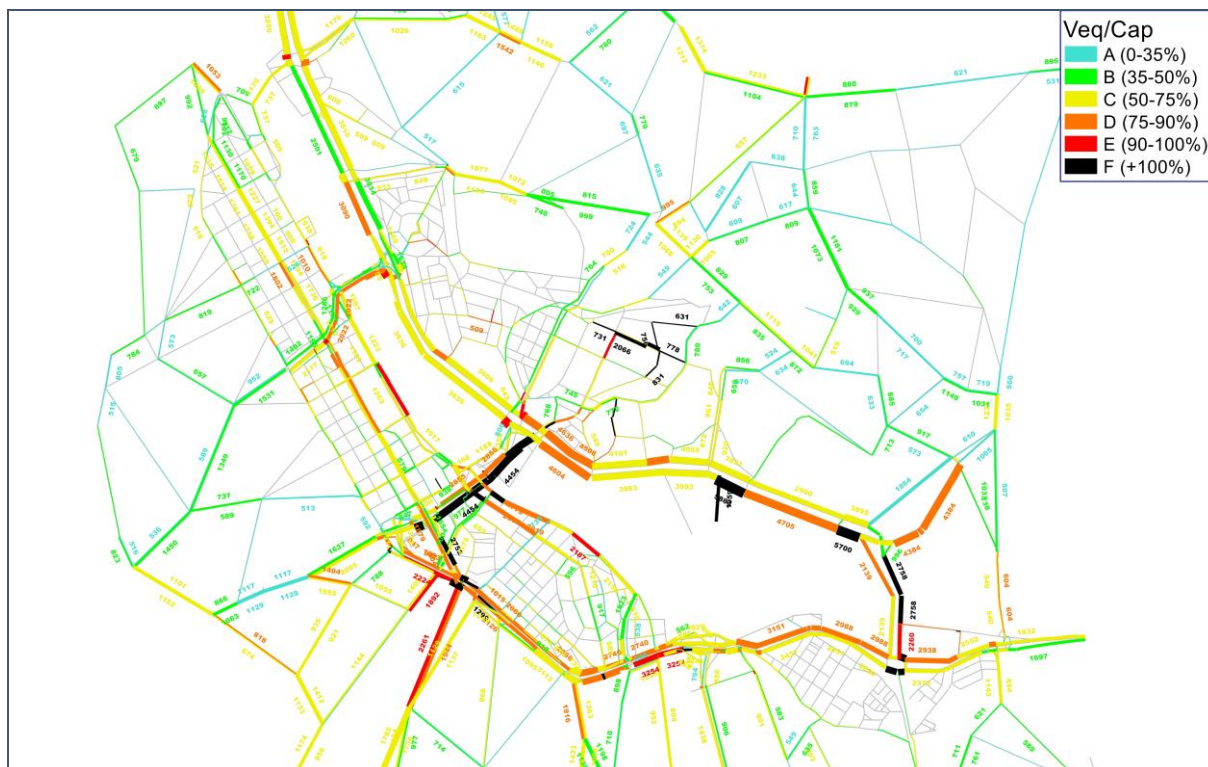


Figura 66 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3b – HPT – Rede geral



Figura 67 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3b – HPT – Rotatória de estudo

Na Figura 68 e na Figura 69 são apresentadas as diferenças entre os volumes de tráfego para o cenário 3b e o cenário atual, para as hora-pico manhã e tarde, respectivamente. Como nos cenários 1 e 3a o viaduto elevado atrai fluxo de passagem nos dois sentidos, reduzindo o volume na rotatória. Para o período da manhã a elevação da Avenida dos Estados atrai aproximadamente 1880 veículos equivalentes no sentido São Paulo e 1800 veículos equivalentes no sentido Mauá. Para o período da tarde, esses valores chegam a 1700 veículos equivalentes no sentido Mauá e 1500 veículos equivalentes no sentido São Paulo.

A presença da extensão do Viaduto Castelo Branco apenas no acesso sentido São Paulo contribui para a redução de volume na rotatória, atraindo no período da manhã em torno de 890 veículos equivalentes e até 770 veículos equivalentes no período da tarde.

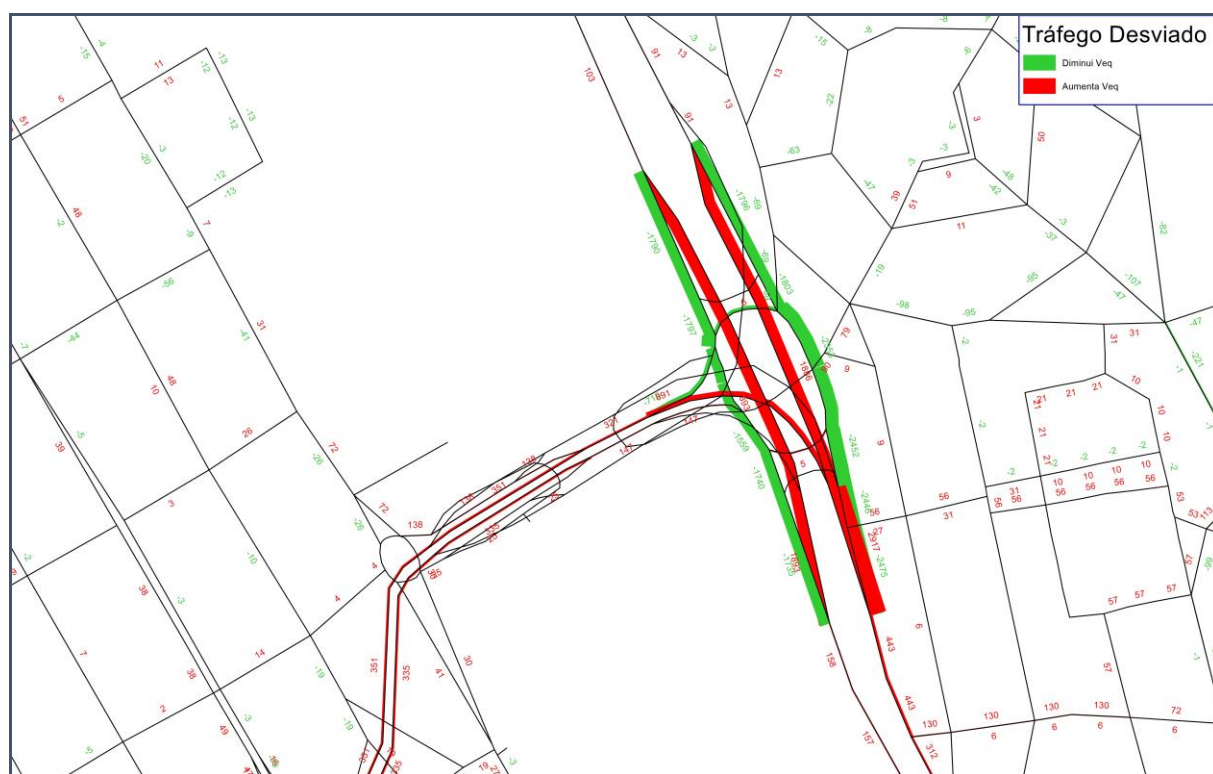


Figura 68 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3b X cenário atual – HPM

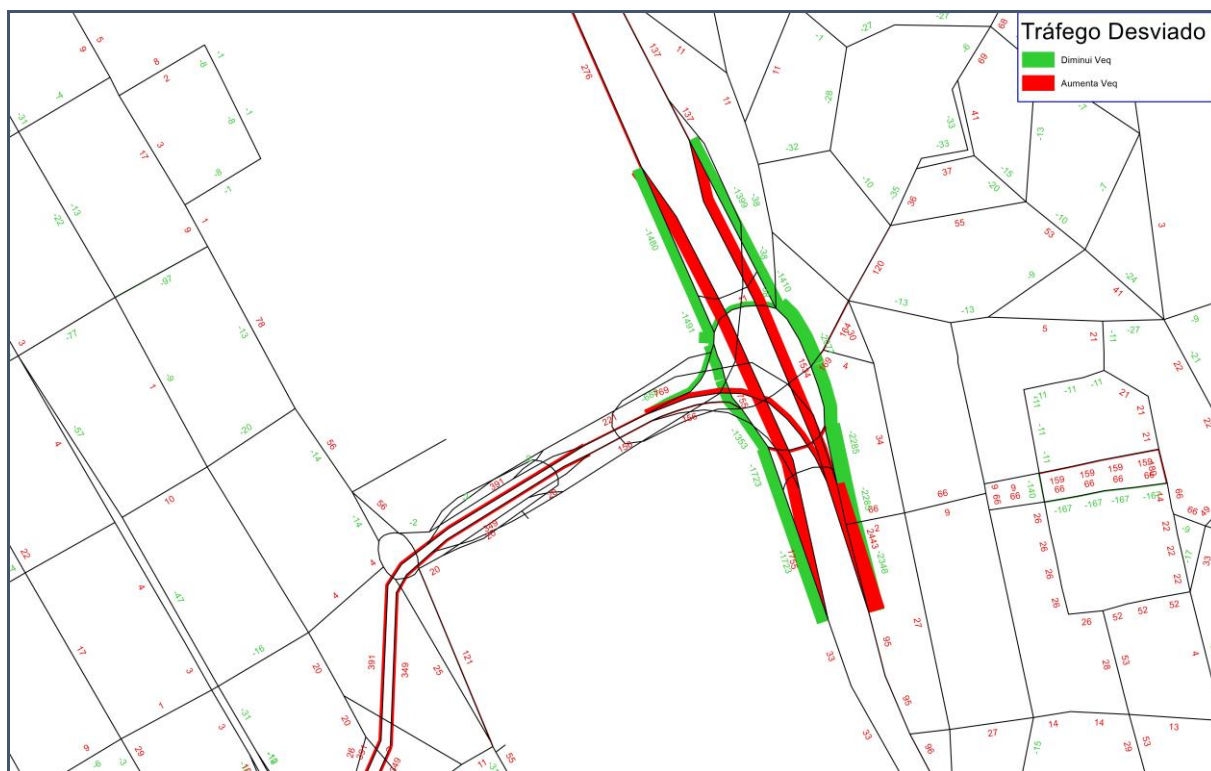


Figura 69 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3b X cenário atual – HPT

7.5 Cenário 3c: elevação da Av. dos Estados e alça conectando ao Viaduto Castelo Branco e ligação do Viaduto com a Martins Fontes

O cenário 3c contempla a elevação e a alça do Cenário 3b, uma ligação direta em nível entre o Viaduto Presidente Castelo Branco e a Alameda Martins Fontes (Santa Terezinha), como mostra a FIGURA XX e ampliação do Viaduto Castelo Branco no sentido Santa Terezinha. Essa configuração viária proporciona uma redução de veículos em alguns trechos da rotatória pela ligação direta para os usuários do Viaduto que seguem para Santa Terezinha.

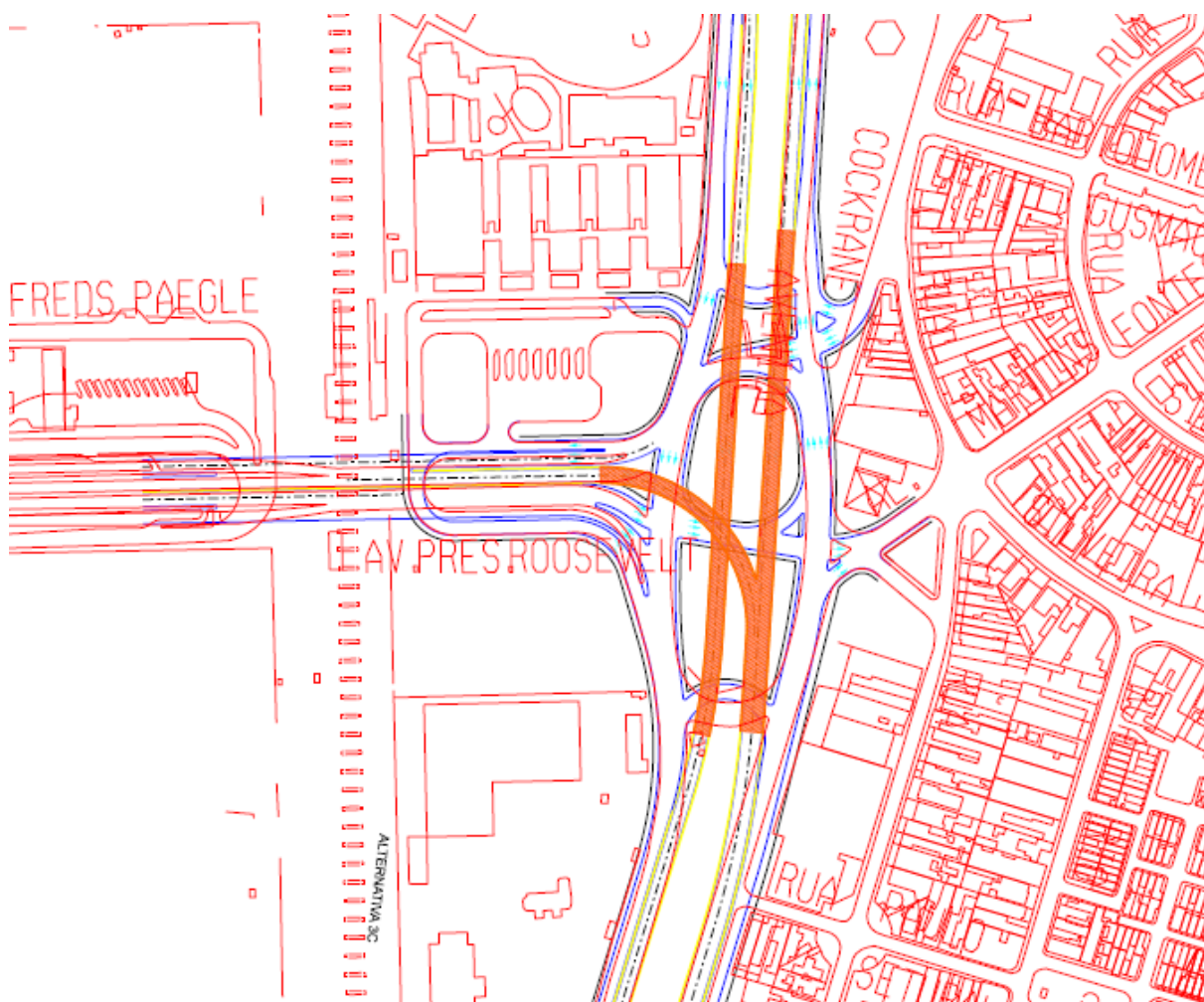


Figura 70 – Imagem Projeto Funcional – Cenário 3c

A Figura 71 e a Figura 73 mostra os carregamentos de tráfego e os níveis de serviço para o Cenário 3c para os horários de pico da manhã e da tarde. E em maior detalhe na Figura 72 e na Figura 74. A intervenção trará efeitos numa escala local, mas pouco interfere na região como um todo. Há uma significativa procura pela ligação direta em nível, que torna-se alternativa para aqueles que pretendem apenas cruzar a seção de leste para o oeste de Santo André. O efeito causado pelos viadutos sobre a Av. do Estado e pela extensão do Viaduto Castelo Branco não se altera significativamente quando comparados com os cenários 3a e 3b.

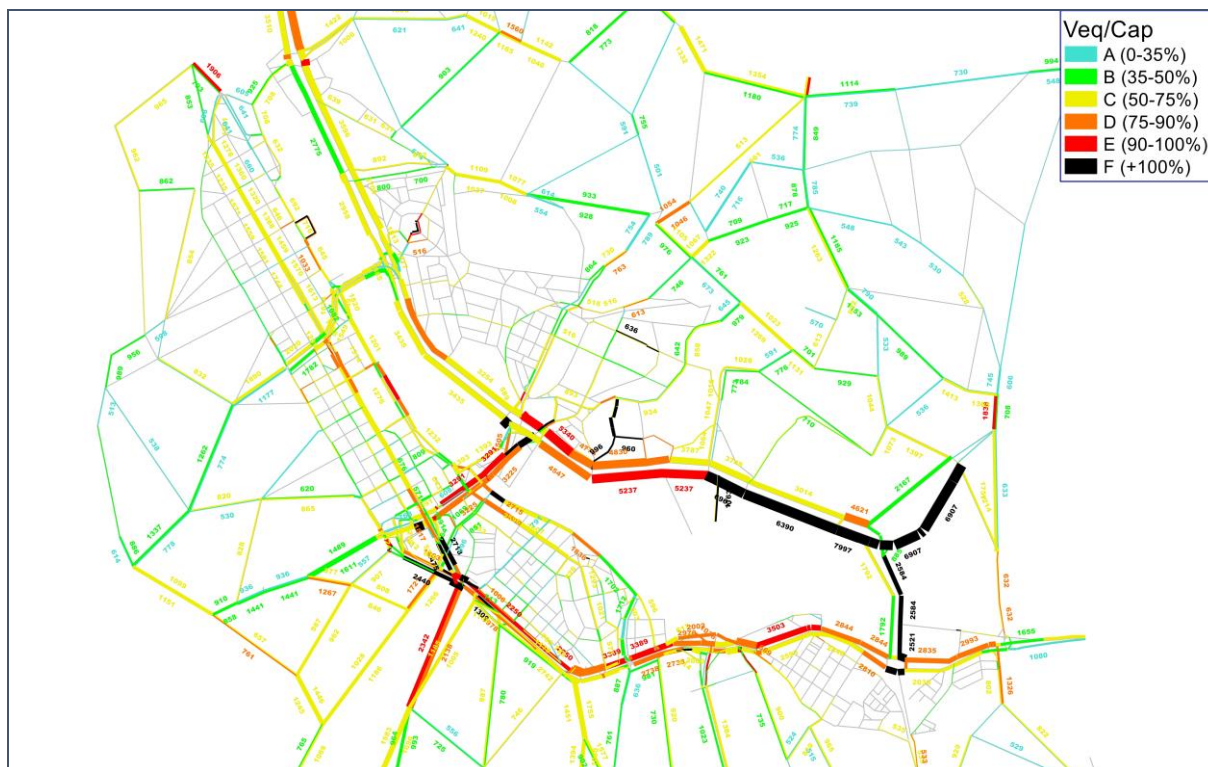


Figura 71 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3c – HPM – Rede geral



Figura 72 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3c – HPM – Rotatória de estudo

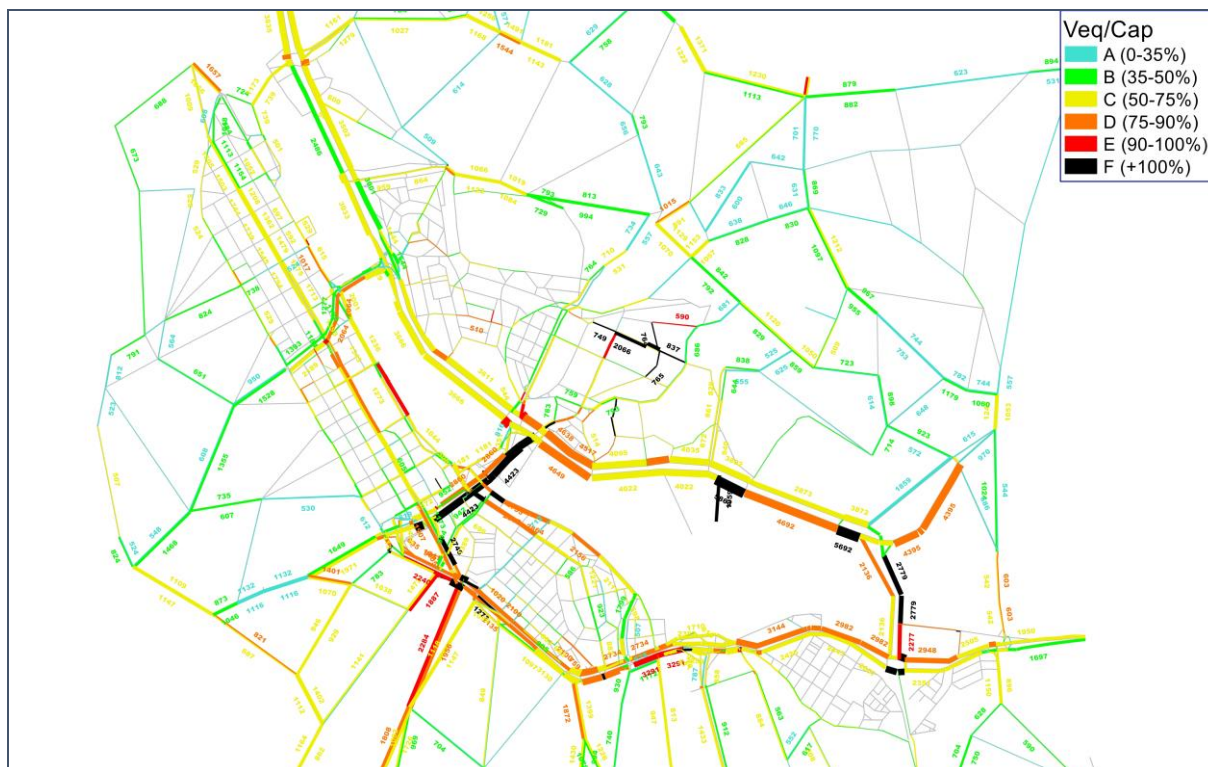


Figura 73 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3c – HPT – Rede geral



Figura 74 - Carregamentos de tráfego e níveis de serviço – Cenário 3c – HPT – Rotatória de estudo

Na Figura 75 e na Figura 76 são apresentadas as diferenças entre os volumes de tráfego para o cenário 3c e o cenário atual, para as hora-pico manhã e tarde, respectivamente. Os elevados sobre a Av. do Estado mantêm a atratividade, alcançando em torno de 1870 veículos equivalentes a mais no sentido São Paulo e 1800 veículos equivalentes no sentido Mauá no período da manhã; e 1500 veículos equivalentes no sentido São Paulo e 1730 no sentido Mauá. A atração da extensão do Viaduto Castelo Branco é de aproximadamente 870 veículos equivalentes no período da manhã e 740 veículos equivalentes no período da tarde. A ligação direta que cruza a rotatória atrai em torno de 2010 veículos equivalentes no sentido oeste de Santo André no período da manhã e 2500 veículos equivalentes no período da tarde. Esse cenário indica uma expressiva redução de fluxo na rotatória de até 3600 veículos equivalentes no trecho sentido Mauá.

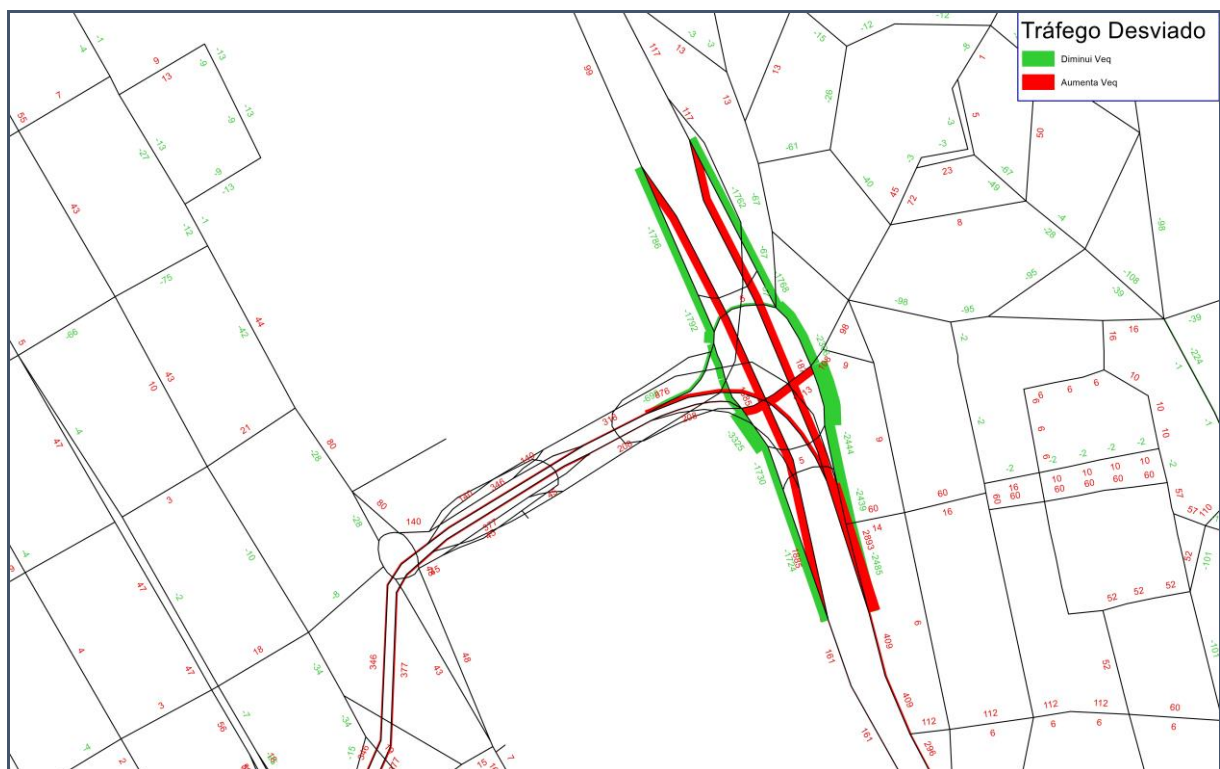


Figura 75 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3c X cenário atual – HPM

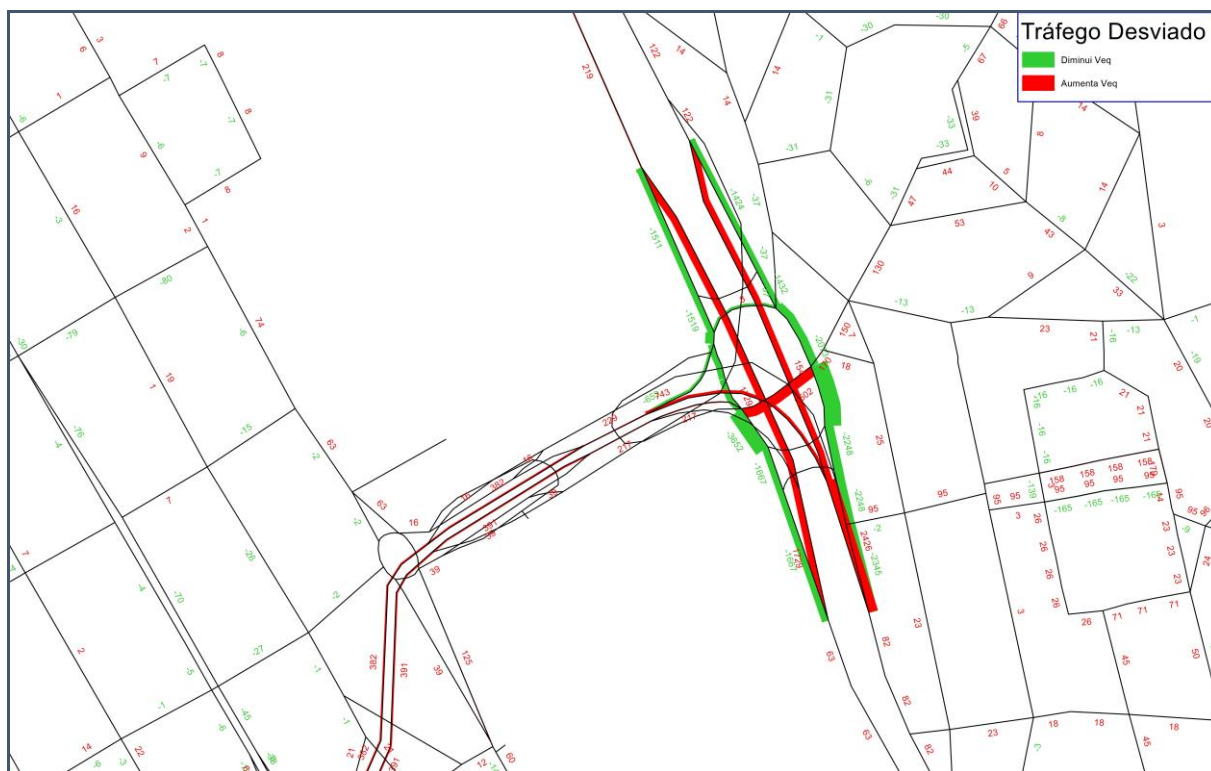


Figura 76 - Comparação entre os carregamentos de tráfego – cenário 3c X cenário atual – HPT

8 MICROSSIMULAÇÃO – FASE 2

8.1 Indicadores dos resultados das simulações microscópicas -

Após realizadas as simulações macroscópicas no software VISUM, uma parte da rede foi selecionada e recortada para ser simulada microscopicamente de forma a permitir uma avaliação mais detalhada dos cenários propostos, como feito na primeira fase do projeto. Neste processo, para cada cenário foram importados para o software PTV-VISSIM as rotas e respectivos volumes veiculares obtidos nos cenários de modelagem macroscópica, bem como a codificação da rede (trechos de via abertos/fechados, movimentos, velocidades e número de faixas).

A rede selecionada contempla a região diretamente afetada pela implantação das melhorias viárias propostas, desde o acesso da Avenida Industrial ao Viaduto Pres. Castelo Branco até o final deste, na rotatória do cruzamento com a Avenida dos Estados. Na Figura 30, Figura 31 e Figura 32 são apresentadas as representações da área de estudo para a simulação nos dois softwares, Visum e Vissim, utilizados na modelagem macroscópica e microscópica respectivamente, para o cenário atual, cenário 1 e cenário 3a, cenário 3b e cenário 3c.

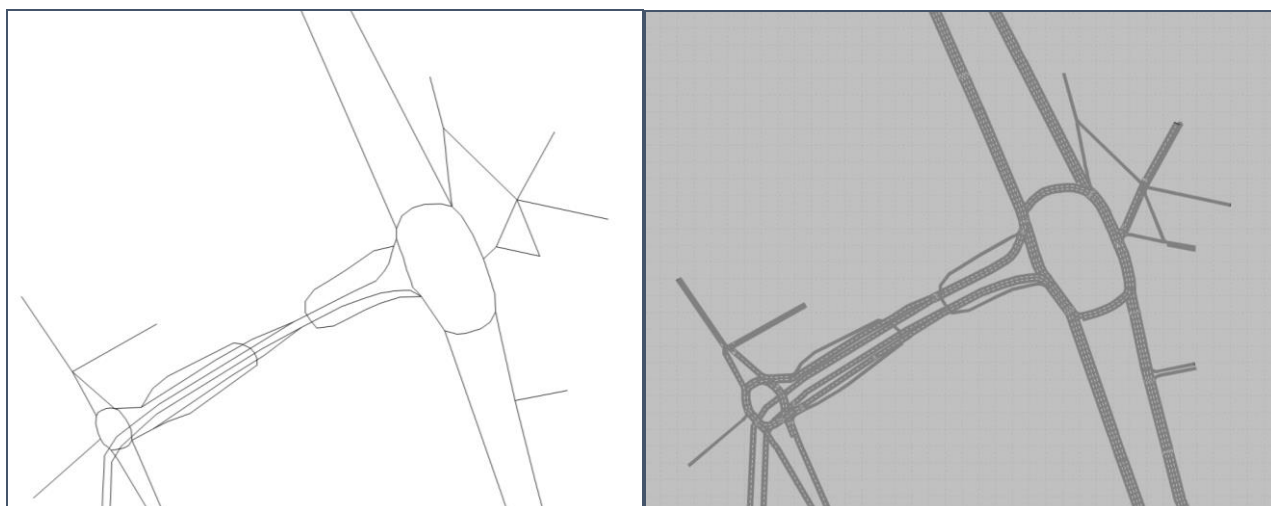


Figura 77 – Região de estudo para a microsimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário Atual

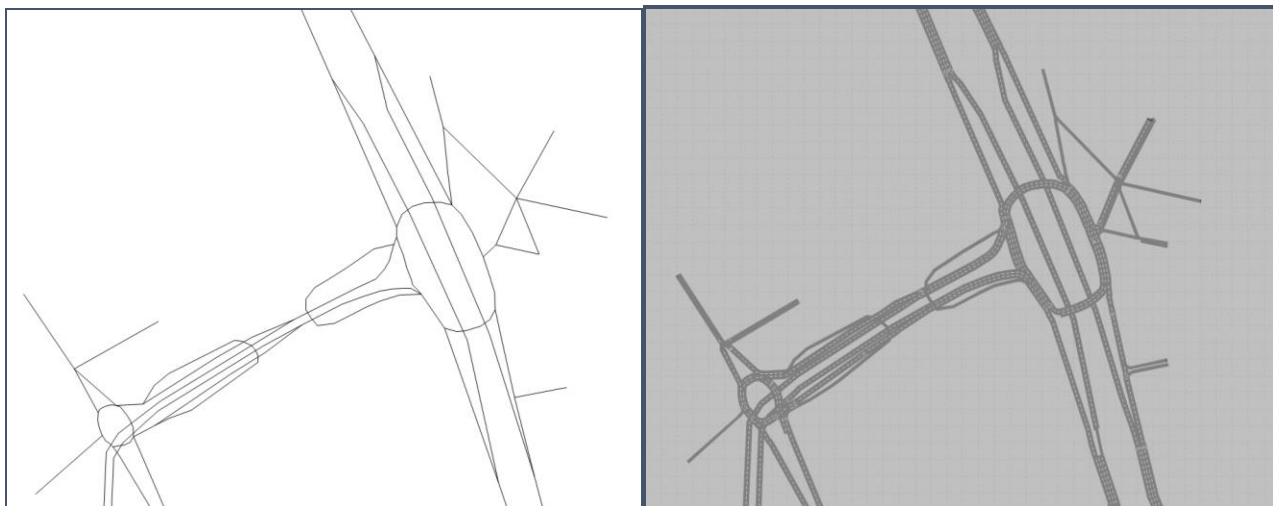


Figura 78 – Região de estudo para a microsimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 1

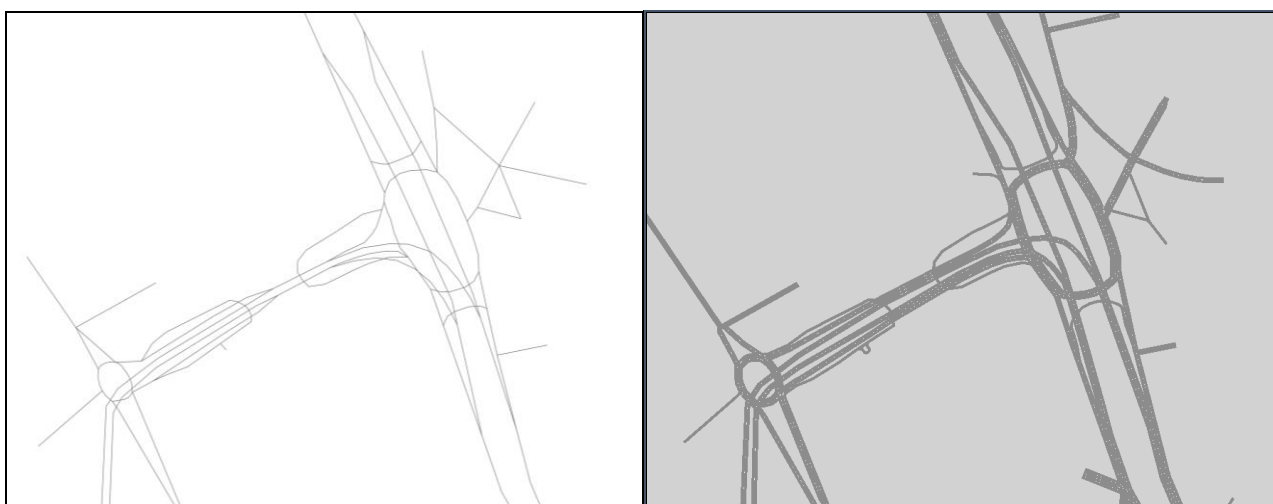


Figura 79 – Região de estudo para a microsimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 3a

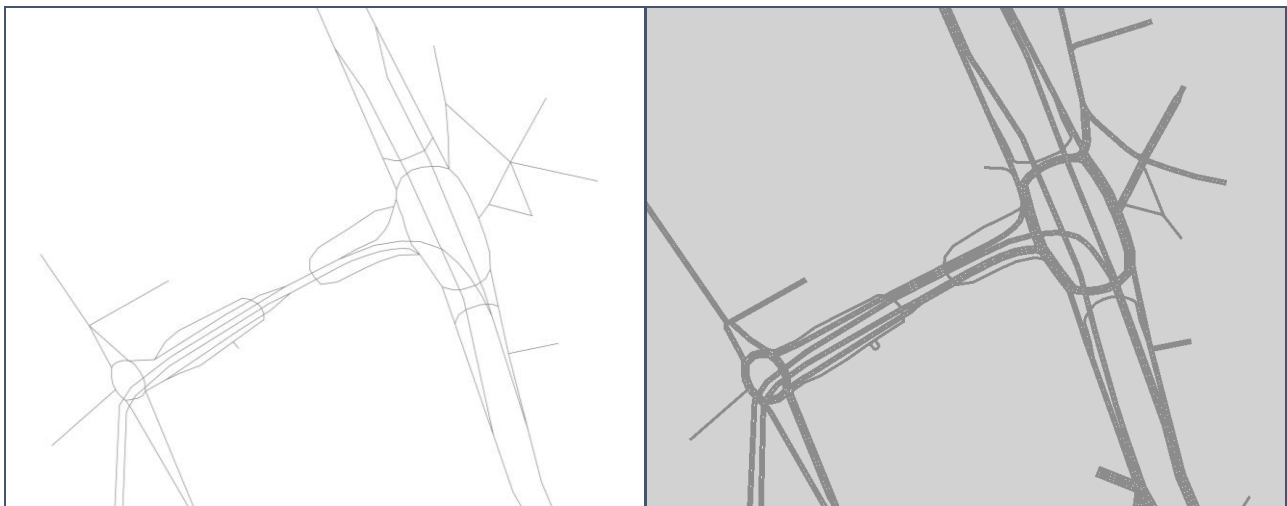


Figura 80 – Região de estudo para a microsimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 3b

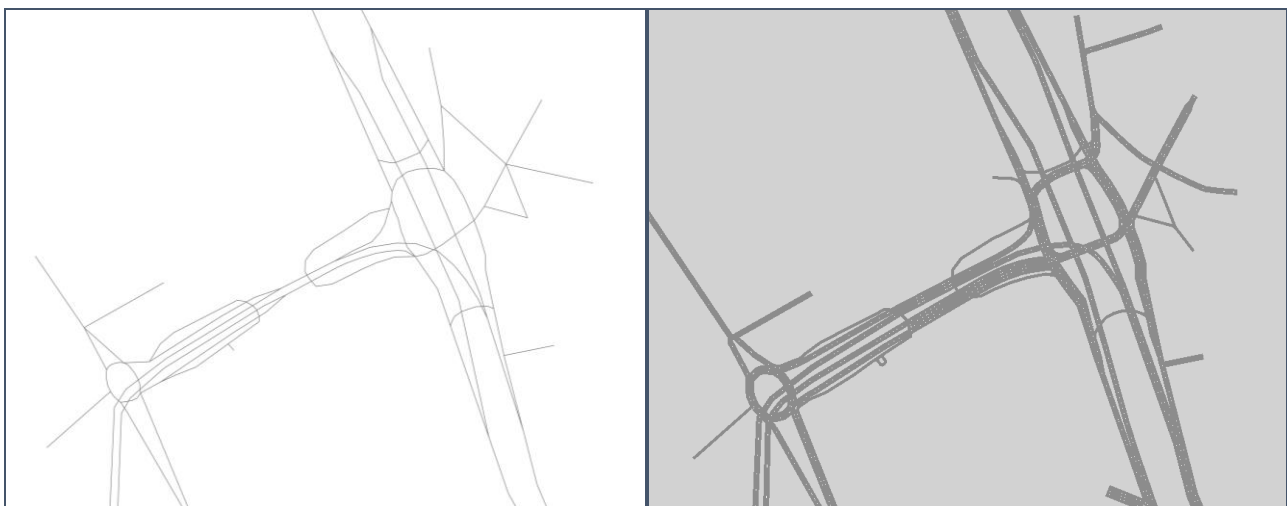


Figura 81 – Região de estudo para a microsimulação representada no VISUM e no VISSIM, respectivamente – Cenário 3c

A rede de microsimulação foi calibrada para o cenário atual da manhã, com a interface de leitura do trânsito típico fornecida no *Google Maps* que fornece uma visualização agregada de velocidade, lentidão e filas para todos os horários do dia, em qualquer dia da semana⁴. Após calibrada a rede para o cenário atual no pico da manhã, a mesma foi usada para gerar todos os outros cenários, com modificações feitas na sua codificação de acordo com a intervenção avaliada em cada cenário analisado.

⁴ <https://support.google.com/maps/answer/3092439> e <https://support.google.com/gmm/answer/2840020?hl=pt-BR>

Nesta seção serão analisados os impactos das medidas propostas através de imagens coletadas diretamente do momento final de cada simulação que permitem uma rápida visualização qualitativa do desempenho da rede. Ao final os resultados apresentados correspondem à média de cinco simulações realizadas para cada cenário, mantendo-se as rotas e respectivos volumes.

Todos os cenários foram simulados utilizando-se um período de análise de 3600s, ou 1 hora, e os resultados tabelados contemplaram os valores de filas e velocidades extraídos nos últimos 20 minutos (1200 segundos) de simulação. Tanto para o pico da manhã, quanto da tarde, cada cenário simulado leva em conta as alterações realizadas nos cenários anteriores, permitindo que se observe o efeito cumulativo e progressivo das diversas alterações propostas e que a rede poderá sofrer.

Os dados foram coletados nas localidades identificadas como pontos notáveis para a visualização de crescimento e propagação de filas, e envolveram o uso de três tipos diferentes de leituras fornecidas no VISSIM:

Nodes (Figura 82): os pontos de junção de trechos de via que permitem a avaliação do tamanho das filas que crescem a partir da sua localização ou se propagam através da mesma (podendo neste estudo registrar filas de no máximo 1000m), por exemplo. Nesta rede, 8 pontos ao longo da área de estudo foram selecionados para esta coleta de dados. Os atributos de nós que foram utilizados para a avaliação dos cenários são os seguintes:

- Tamanho de fila médio por aproximação:
- Tamanho de fila máximo por aproximação:
- Número de veículos que passam na aproximação:

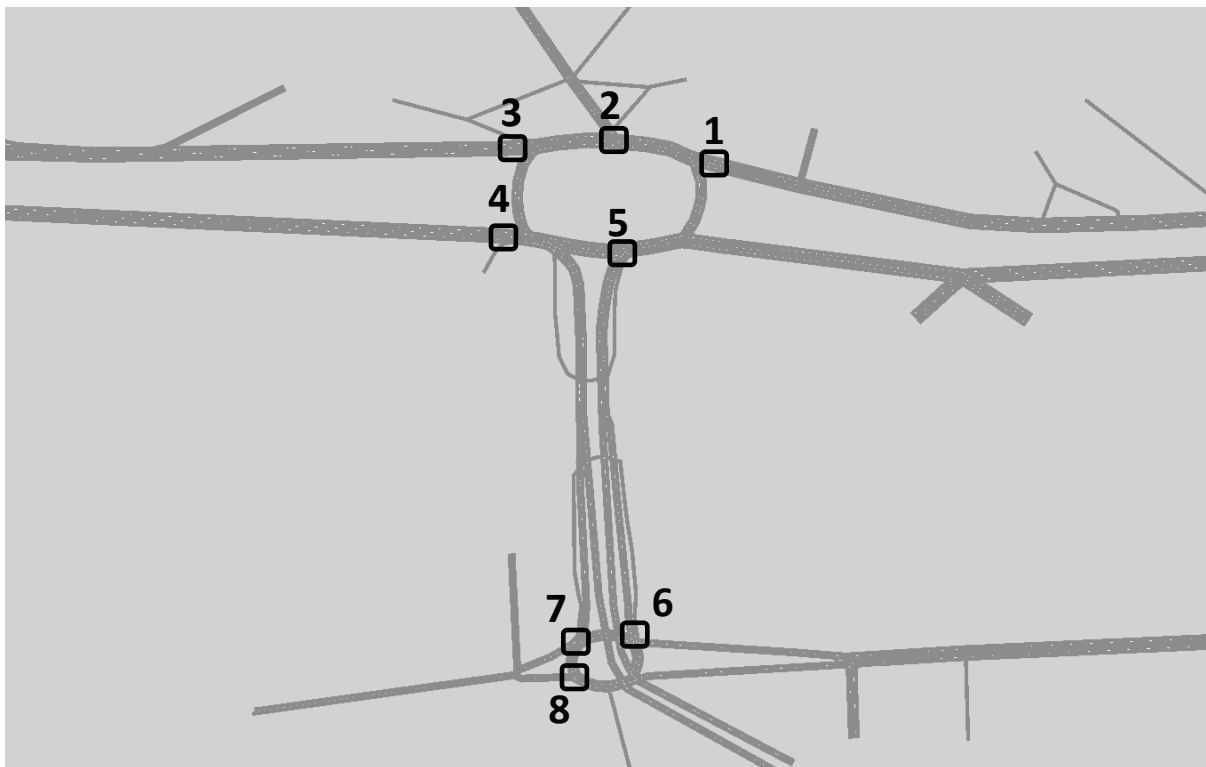


Figura 82 – Coleta de dados das simulações microscópicas: *Nodes*

Links (Figura 83): Os trechos de via da rede de simulação podem ser utilizados para a leituras de velocidade e intensidade horária do fluxo de tráfego servido pelo mesmo. Nesta rede, 2 trechos foram selecionados para esta coleta de dados.

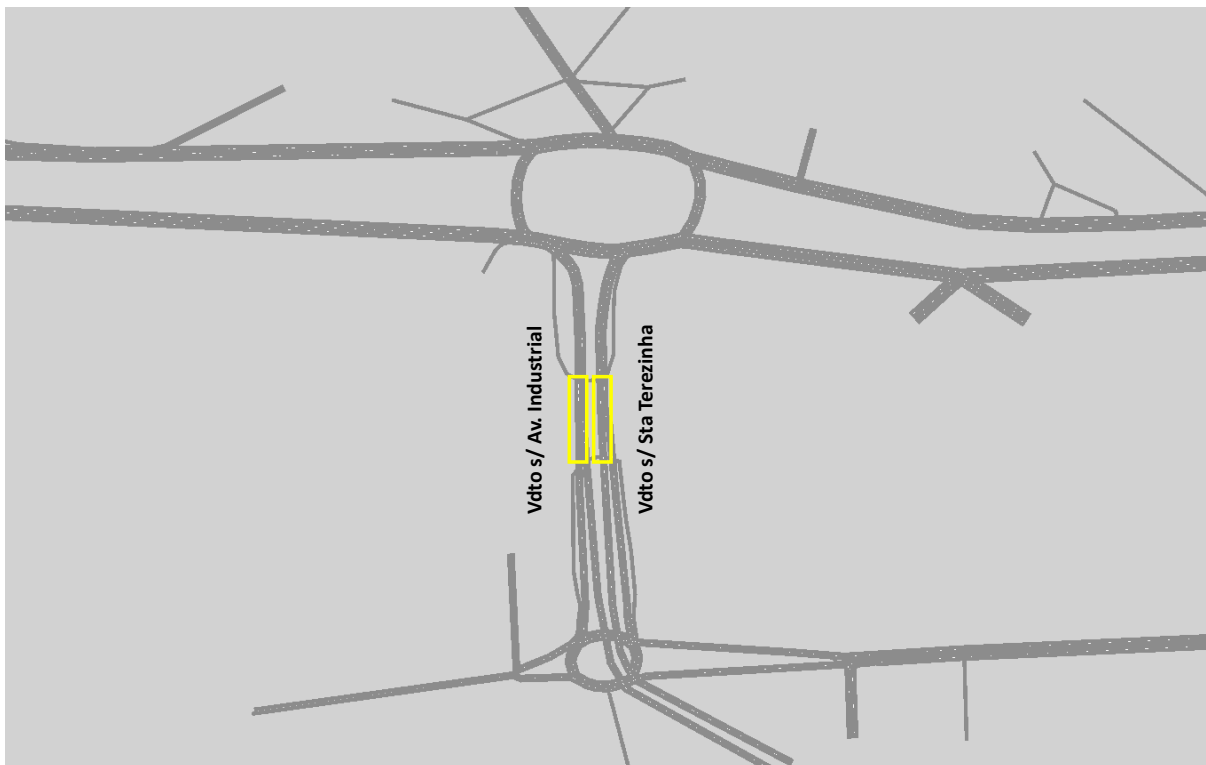


Figura 83 – Coleta de dados das simulações microscópicas: *Links*

Network Performance: Os atributos que dizem respeito à rede em geral auxiliam na análise dos resultados de cada cenário simulado. Seguem abaixo os indicadores provenientes das simulações.

- Atraso médio por veículo (min):
- Atraso total dos veículos (horas):
- Atraso médio por veículo nas paradas (min):
- Atraso total dos veículos nas paradas (horas):
- Demanda latente (veh):
- Atraso da demanda latente (horas):
- Distância total percorrida (veh x km):
- Velocidade média na rede (km/h):
- Número de paradas médio por veículo:
- Número total de paradas na rede:
- Tempo de viagem total (veh x hora):
- Veículos na rede ao final da simulação (veh):
- Veículos que completaram a rota (veh):

Durante esta seção serão mostradas imagens extraídas diretamente das simulações realizadas. Nestas figuras os carros são apresentados em cores de acordo com uma escala de velocidade, em km/h. (Figura 35).

LowerBound	UpperBound	Color
MIN	5.000	(255, 127, 0)
5.000	10.000	(255, 255, 0)
10.000	20.000	(255, 255, 0)
20.000	30.000	(255, 255, 0)
30.000	40.000	(255, 255, 0)
40.000	50.000	(255, 159, 0)
50.000	60.000	(255, 0, 25)
60.000	70.000	(255, 0, 25)
70.000	80.000	(255, 0, 69)
80.000	MAX	(255, 0, 69)

Figura 84 – Escala de velocidades usada para coloração dos veículos

8.1.1 Resultados das Simulações para o cenário atual – Pico da Manhã

Na microssimulação do cenário atual no pico da manhã, percebe-se formação de filas na Av. dos Estados sentido Mauá na chegada à rotatória, e o cruzamento semaforizado do Viaduto Pres. Castelo Branco com a rotatória juntamente com a alta demanda de tráfego na chegada à Av. do Estado também geram problemas de congestionamento na saída do viaduto, conforme pode ser verificado na Figura 85. Pode-se observar também a formação de fila na Av. Industrial no sentido São Caetano e na Alameda Martins Fontes, sentido rotatória.

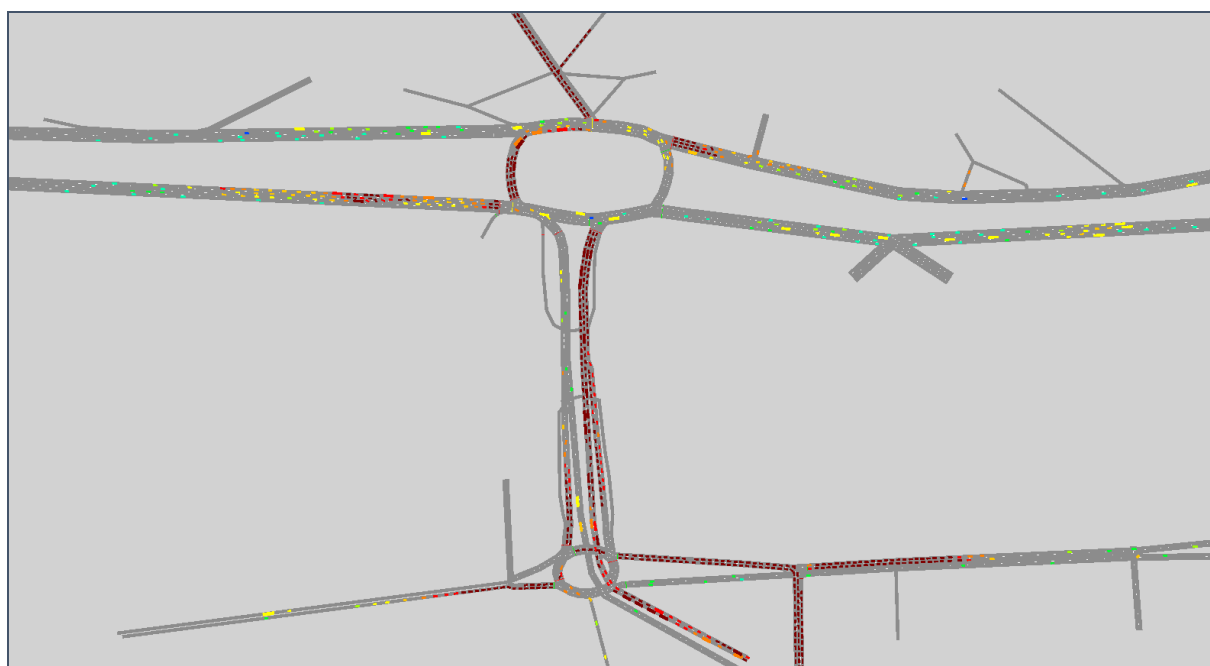


Figura 85 – Microssimulação para o Cenário Atual, Pico da Manhã

8.1.2 Resultados das Simulações para o cenário 1– Pico da Manhã

Para o cenário 1 (viaduto na Av. dos Estados), o semáforo de pedestres da Av. dos Estados, sentido Mauá, logo após a rotatória para o sentido São Paulo e o semáforo na entrada do viaduto Castelo Branco sentido Av. Industrial foram removidos, visando melhor desempenho do trecho. Nos dois sentidos, o trecho onde se dá a bifurcação entre a futura pista elevada da Av. dos Estados e a pista

lateral possui duas faixas de rolamento. Logo após esta bifurcação, a pista lateral da Av. dos Estados passa para três faixas de rolamento até a aproximação no cruzamento com a rotatória. Após a rotatória, volta a para duas faixas até a convergência com a futura pista elevada da Av. dos Estados, passando a partir deste ponto a ter novamente quatro faixas.

Como pode ser verificado na Figura 86, há significativa melhoria de desempenho da rede no fluxo de veículos com a elevação da Av. dos Estados, no pico da manhã. A fluidez do viaduto Pres. Castelo Branco se dá sem congestionamento e a formação de filas na Av. dos Estados reduz significativamente, principalmente no sentido Mauá.

Ao retirar o tráfego de passagem da rotatória para a pista elevada, este viaduto promove melhor fluidez na Av. dos Estados, ao mesmo tempo que elimina grande parte do conflito entre este fluxo e o tráfego local proveniente de Sto. André e de Sta. Terezinha. Isto resulta em maior tempo de verde no semáforo da rotatória para os veículos provenientes do Viaduto Pres. Castelo. E consequentemente, maior capacidade para o tráfego local. Isto faz com que as filas sejam muito menores nestas vias. Outro ponto notado foi a melhor fluidez dos veículos de Santa Terezinha com a criação do binário da Alameda Martins Fontes e da Rua Lorde Cochrane.

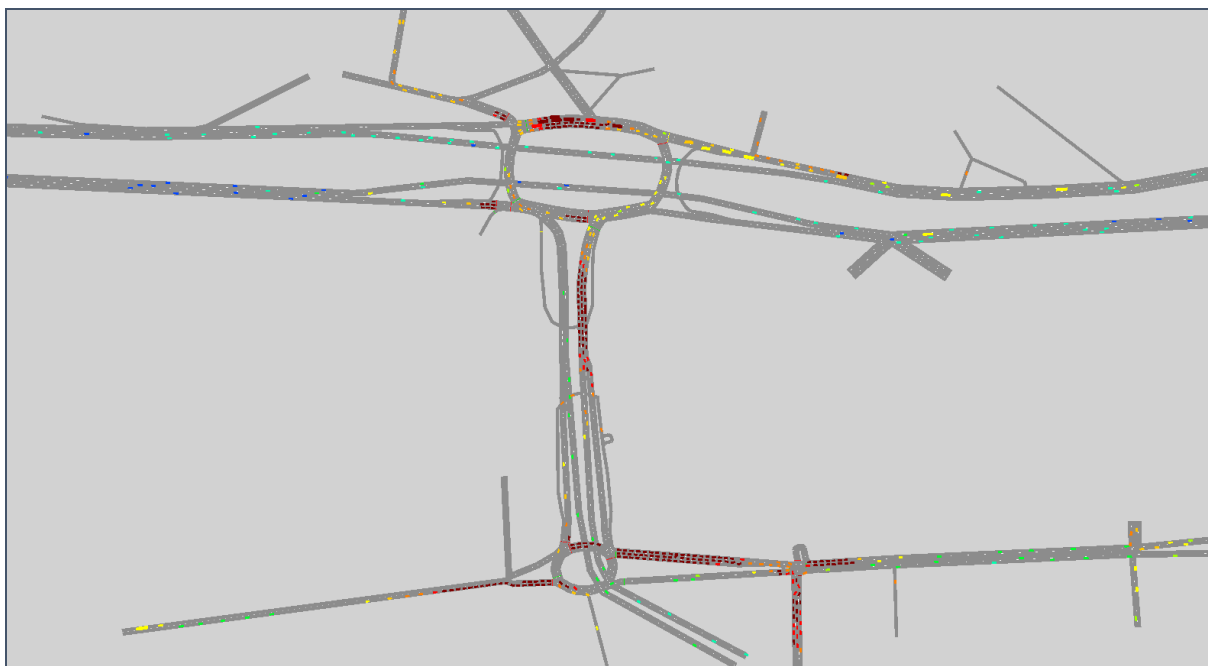


Figura 86 – Microsimulação para o Cenário 1, Pico da Manhã

8.1.3 Resultados das Simulações para o cenário 3a – Pico da Manhã

No cenário 3a, a elevação da Avenida dos Estados possui dois acessos, facilitando o acesso ao Viaduto Castelo Branco para quem utiliza a Av. dos Estados no sentido São Paulo e o acesso à Av. dos Estados no sentido Mauá, com 2 faixas para cada um desses.

Com a implementação dos dois acessos e da elevação da Av. dos Estados previstos no cenário 3a, no pico da manhã verifica-se também uma melhora significativa no tráfego do entorno da

rotatória. As filas da Av. do Estado nos dois sentidos são reduzidas, principalmente no sentido Mauá, além disso, os usuários que antes utilizavam a rotatória para acessar o Viaduto Castelo Branco sentido Santo André e para acessar a Av. dos Estados no sentido Mauá, agora utilizam estes acessos.

O cruzamento do viaduto com a Av. do Estado também não apresenta problemas de congestionamento, principalmente em função da diminuição de volume de tráfego, com parte dos usuários passando a utilizar o prolongamento da elevação (não semaforizado) para acessar diretamente a Av. do Estado sentido Mauá. Pode-se notar na Figura 87 que o acesso criado no Viaduto Castelo Branco sentido Av. dos Estados cria um entrelaçamento entre os usuários que vêm do acesso da Av. Industrial e utilizarão o novo acesso e os usuários que vêm pelo viaduto Castelo Branco e que utilizarão a rotatória. Este entrelaçamento causa a diminuição da velocidade neste trecho do Viaduto, como é visto na Tabela 8 de análise dos *Links*.

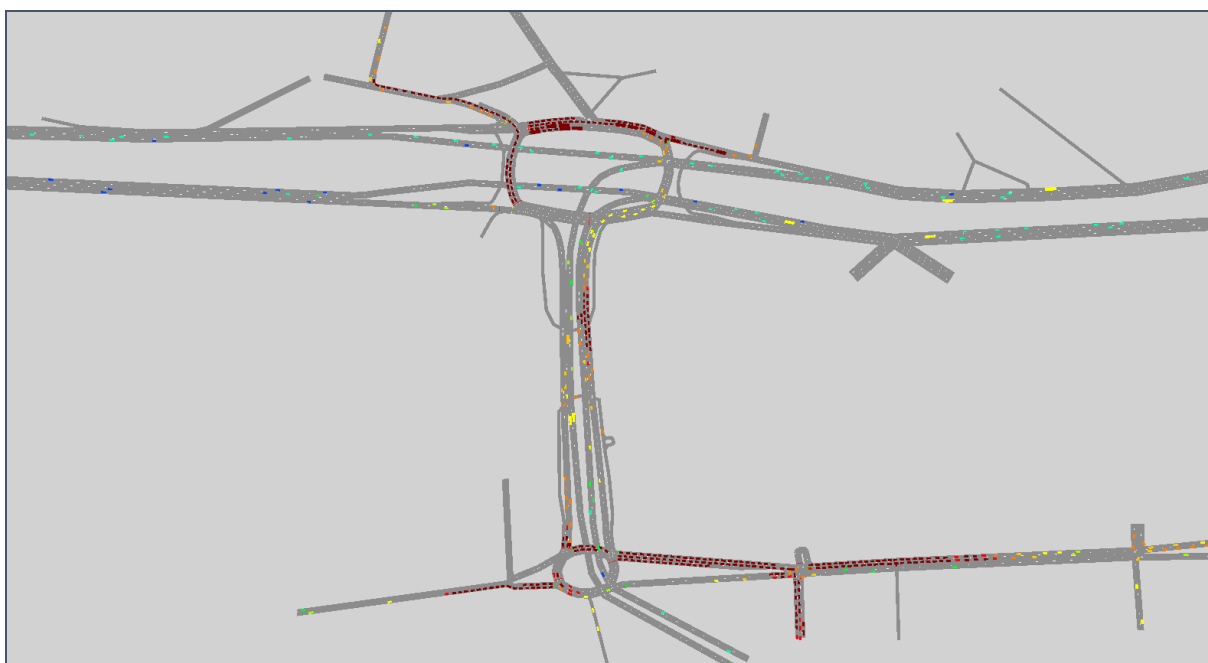


Figura 87 – Microsimulação para o Cenário 3a, Pico da Manhã

8.1.4 Resultados das Simulações para o Cenário 3b – Pico da Manhã

No cenário 3b, a elevação proposta no cenário 1 para a Av. dos Estados possui um prolongamento conectando-se ao Viaduto Castelo Branco, apenas no sentido de acesso a este Viaduto, contemplando 2 faixas de rolamento.

Com a implementação das alterações propostas neste cenário nota-se a uma melhora significativa no entorno da rotatória, como nos cenários anteriores. As filas tanto na Av. dos Estados, no Viaduto Castelo Branco e no viário de Santa Terezinha são reduzidas (Figura 88). Neste cenário, o fluxo no sentido São Paulo da Av. dos Estados é beneficiado com a criação do acesso direto ao Viaduto, mas os outros fluxos se beneficiam indiretamente pela diminuição do volume na rotatória de estudo.

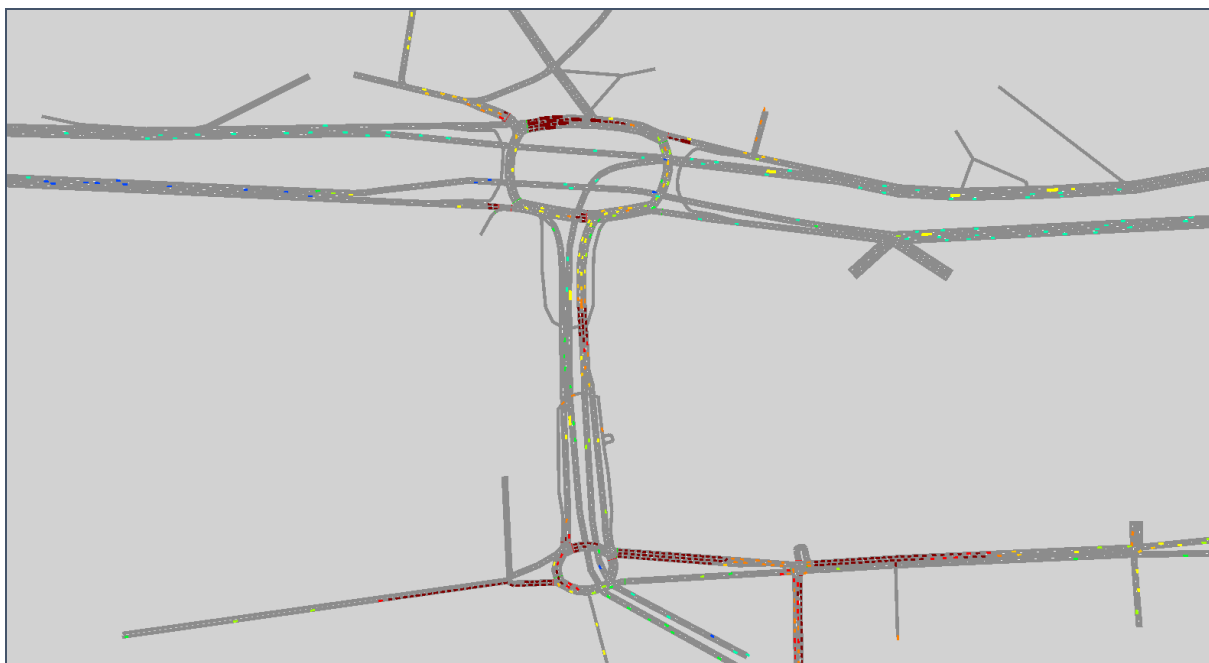


Figura 88 – Microsimulação para o Cenário 3b, Pico da Manhã

8.1.5 Resultados das Simulações para o Cenário 4 – Pico da Manhã

No cenário 3c, a elevação proposta no cenário 1 e a alça de acesso proposta no cenário 3b são somadas à uma ligação direta entre o viaduto Castelo Branco e a Alameda Martins Fontes. Nesta nova configuração viária, o viaduto Castelo Branco possui 5 faixas de rolamento no sentido Santa Terezinha e a ligação criada em nível possui 3 faixas.

Com a implementação da configuração viária deste cenário é possível perceber uma melhora significativa nas vias do entorno do local de estudo (Figura 89). Nota-se também que há um entrelaçamento entre o fluxo que vem pelo viaduto Castelo Branco e que segue pela Av. dos Estado sentido Mauá com o fluxo que vem pela Av. Industrial, utiliza a alça de acesso ao Viaduto Castelo Branco e segue pela nova ligação direta para a Alameda Martins Fontes ou para a Av. dos Estado sentido São Paulo.

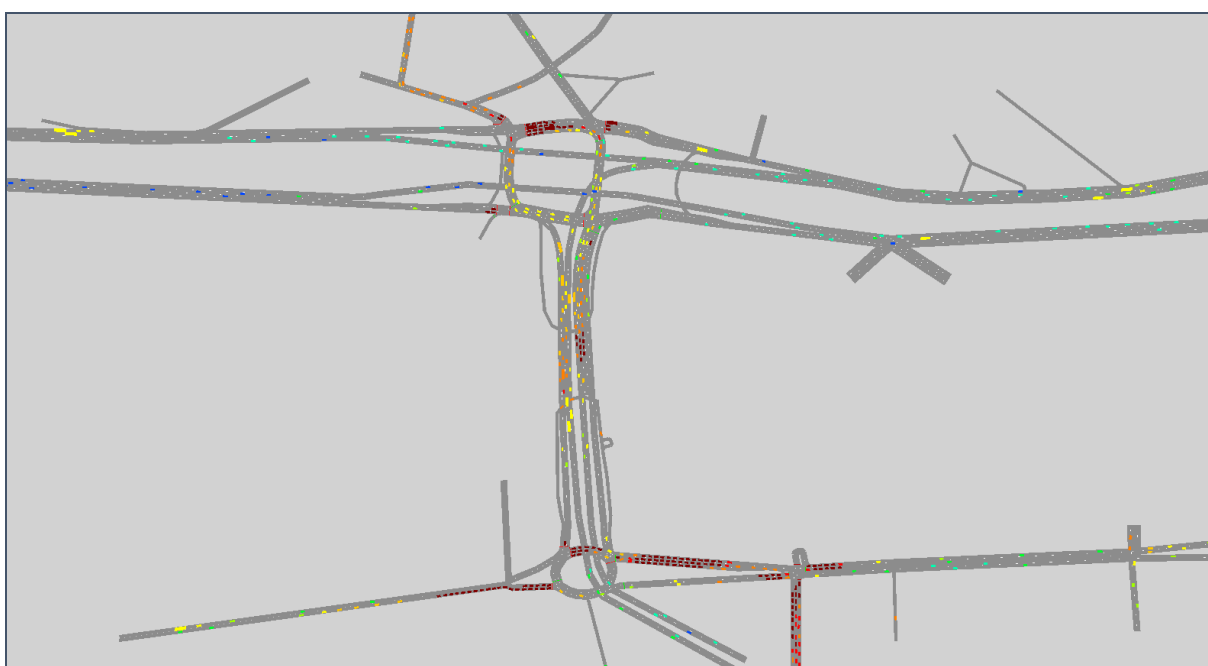


Figura 89 - Microsimulação para o Cenário 3c, Pico da Manhã

Os resultados numéricos dos cenários analisados estão apresentados no próximo item deste capítulo, dividido nas 3 categorias já citadas anteriormente: Resultados para os *Links*, *Nodes* e *Network Performance*.

8.1.6 Resumo dos Resultados para o Pico da Manhã – Fase 2

Ao observar a Tabela 8, nota-se que há um importante ganho de velocidade em todos os cenários comparativamente ao cenário atual no período da manhã, no sentido Santa Terezinha. No sentido da Av. Industrial, não há uma diferença relevante pois já no cenário atual, não há fila no viaduto neste sentido. Percebe-se que, como dito no item 8.1.3, o cenário 3a apresenta uma velocidade menor neste trecho de análise por estar no entrelaçamento citado. Nota-se pela tabela também que o volume atendido pelo viaduto é maior nos cenários 1, 3a, 3b e 3c, sem haver redução na velocidade da via.

Tabela 8 – Resumo dos resultados, Pico da Manhã – links

Pico da Manhã - Leitura nos links - Viaduto Castelo Branco						
Sentido	Indicador	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Av. Industrial	Velocidade (km/h)	30,8	36,7	29,7	31,8	25,8
Av. Industrial	Volume (veh/h)	1823	2307	2417	2372	2383
Sta Terezinha	Velocidade (km/h)	6,9	24,1	12,8	24,0	32,5
Sta Terezinha	Volume (veh/h)	1721	2423	2405	2387	2410

A Tabela 9 por sua vez mostra os resultados dos parâmetros de rede para o pico da manhã com a implantação dos cenários, para todos os tipos em veículos em conjunto (Automóveis, caminhões e ônibus). Os benefícios da implantação dos quatro cenários nesses parâmetros são semelhantes entre si, com melhoras em diferentes pontos para cada um deles. Há um aumento de cerca de 20% na distância total percorrida entre o cenário atual e os outros. Já o aumento na velocidade média da rede varia de 43% a 52% entre as novas configurações e o cenário base. Outro parâmetro analisado foi o tempo de viagem total dos usuários que diminuiu aproximadamente 20% para os cenários futuros.

Tabela 9 – Resumo dos resultados – Geral, Pico da Manhã - Rede

Pico da Manhã - Indicadores de rede - Geral					
Indicador	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Atraso médio por veículo (min)	2,48	1,27	1,43	1,34	1,32
Atraso total dos veículos (horas)	580	345	391	363	359
Atraso médio por veículo nas paradas (min)	1,53	0,70	0,79	0,74	0,72
Atraso total dos veículos nas paradas (horas)	358	191	217	199	197
Demanda latente (veh)	501	105	62	86	63
Atraso da demanda latente (horas)	133	26	16	25	17
Distancia total percorrida (veh x km)	15726	19246	19274	19211	18999
Velocidade média na rede (km/h)	19	28	27	28	28
Número de paradas médio por veículo	3,11	1,62	1,75	1,62	1,58
Número total de paradas na rede	43731	26442	28713	26319	25713
Tempo de viagem total (veh x hora)	855	682	726	697	690
Veículos na rede ao final da simulação (veh)	930	724	746	707	730
Veículos que completaram a rota (veh)	11238	14118	14208	14112	14136

A Tabela 10, Tabela 11 e a Tabela 12 apresentam os resultados destes parâmetros de rede separados para cada tipo de veículo presente na simulação.

Tabela 10 – Resumo dos resultados – Automóveis, Pico da Manhã - Rede

Pico da Manhã - Indicadores de rede - Automóveis					
Indicador	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Atraso médio por veículo (min)	2,47	1,30	1,46	1,38	1,35
Atraso total dos veículos (horas)	552	338	383	358	353
Atraso médio por veículo nas paradas (min)	1,52	0,71	0,80	0,76	0,74
Atraso total dos veículos nas paradas (horas)	340	186	211	196	194
Demanda latente (veh)	501	105	62	86	63
Atraso da demanda latente (horas)	133	26	16	25	17
Distancia total percorrida (veh x km)	14833	18251	18282	18222	18015
Velocidade média na rede (km/h)	19	29	27	28	28
Número de paradas médio por veículo	3,09	1,65	1,78	1,66	1,61
Número total de paradas na rede	41484	25770	28038	25854	25158
Tempo de viagem total (veh x hora)	799	644	687	662	654
Veículos na rede ao final da simulação (veh)	873	686	706	672	694
Veículos que completaram a rota (veh)	10740	13575	13668	13566	13593

Tabela 11 – Resumo dos resultados – Caminhões, Pico da Manhã - Rede

Pico da Manhã - Indicadores de rede - Caminhões					
Indicador	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Atraso médio por veículo (min)	2,42	0,45	0,29	0,23	0,27
Atraso total dos veículos (horas)	20	4	2	2	2
Atraso médio por veículo nas paradas (min)	1,51	0,30	0,16	0,14	0,16
Atraso total dos veículos nas paradas (horas)	13	2	1	1	1
Demanda latente (veh)	501	105	62	86	63
Atraso da demanda latente (horas)	133	26	16	25	17
Distancia total percorrida (veh x km)	677	764	757	756	753
Velocidade média na rede (km/h)	16	28	29	30	30
Número de paradas médio por veículo	3,26	0,72	0,44	0,42	0,50
Número total de paradas na rede	1635	354	213	210	246
Tempo de viagem total (veh x hora)	41	27	26	25	26
Veículos na rede ao final da simulação (veh)	45	26	26	25	24
Veículos que completaram a rota (veh)	366	411	408	414	417

Tabela 12 – Resumo dos resultados – Ônibus, Pico da Manhã - Rede

Pico da Manhã - Indicadores de rede - Ônibus					
Indicador	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Atraso médio por veículo (min)	2,86	1,33	1,96	1,08	1,23
Atraso total dos veículos (horas)	8	4	6	3	3
Atraso médio por veículo nas paradas (min)	1,80	0,93	1,37	0,73	0,76
Atraso total dos veículos nas paradas (horas)	5	3	4	2	2
Demanda latente (veh)	501	105	62	86	63
Atraso da demanda latente (horas)	133	26	16	25	17
Distancia total percorrida (veh x km)	216	232	235	234	231
Velocidade média na rede (km/h)	15	21	18	23	22
Número de paradas médio por veículo	3,71	1,90	2,65	1,56	1,87
Número total de paradas na rede	612	318	462	258	309
Tempo de viagem total (veh x hora)	15	11	13	10	11
Veículos na rede ao final da simulação (veh)	11	12	14	11	12
Veículos que completaram a rota (veh)	132	129	129	132	129

As tabelas abaixo apresentam os indicadores da rede que estão relacionados com os nós. Foram criados 8 nós nas principais interseções da rede de estudo para avaliar tais parâmetros. Dentro de cada um desses nós, é feita a avaliação de suas aproximações.

A Figura 90 abaixo apresenta as aproximações de cada nó com uma referência para facilitar a explicação. Todas as tabelas referentes aos parâmetros de nós contemplam estas referências.

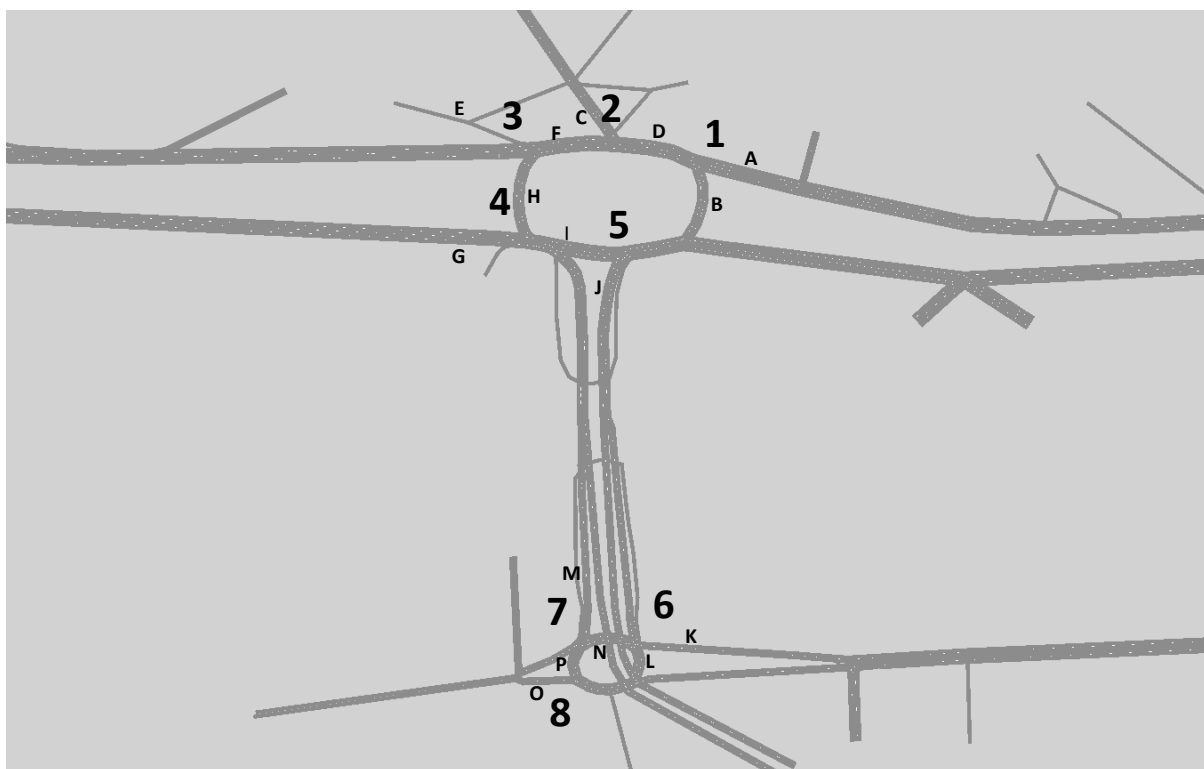


Figura 90 – Nós de análise e suas aproximações

Na Tabela 13 se apresenta o volume de veículos que passam pelos nós de análise no período de 1 hora. Pode-se notar que nas aproximações 'A', 'G' e 'I', há uma diminuição no volume devido à criação da elevação na Av. dos Estados, nos dois sentidos. O volume na aproximação 'B' aumenta devido a entrada do volume do PGT nos cenários futuros e também ao aumento na capacidade de algumas vias pelos novos tempos semafóricos. O volume na aproximação 'C' só existe no cenário atual, pois nos outros cenários há a nova configuração viária de Santa Terezinha (Binário), isto ocorre inversamente com a aproximação 'E', tendo volume apenas nos cenários futuros. A aproximação 'H' tem seu maior volume no Cenário 1, devido à resolução da rotatória e à criação do binário, este volume começa a utilizar a alça de acesso da Av. dos Estados ao Viaduto Castelo Branco a partir do cenário 3a. Já a aproximação 'J' tem um maior volume devido ao aumento na capacidade do Viaduto, com o recálculo semafórico. A aproximação 'M' tem seu volume superior nos cenários futuros também devido à resolução da rotatória e à criação do binário. Já as aproximações 'N' e 'P' têm seus volumes modificados pela inserção da demanda do PGT na rede de simulação. Isto acontece tanto no pico da manhã quanto no pico da tarde, que está representado na Tabela 21.

Tabela 13 – Volume de veículos, Pico da Manhã – Nós

Pico da Manhã - Leitura nos nós - Volume de Veículos			Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Nó	Aproximação						
1	A	Av. dos Estados sent. SP	2460	1155	636	606	633
	B	Rotatória sent. Martins Fontes	1443	1854	1899	1905	0
	-	Ligação direta Viaduto-Martins Fontes					1938
2	C	Martins Fontes sent. Rotatória	558				
	D	Rotatória sent. SP	3876	2994	2520	2487	597
3	E	Rua Cochrane		1080	942	1047	1026
	F	Rotatória sent. SP	3981	2232	1719	1656	1680
4	G	Av. dos Estados sent. Mauá	2361	831	915	804	795
	H	Rotatória sent. Oeste	1257	2043	1173	1278	1260
	-	Entrada rotatória: R. Martins Fontes	0	0	0	0	0
5	I	Rotatória sentido Mauá	1803	504	540	576	516
	J	Viaduto Castelo Branco sent. Sta. Terezinha	1719	2424	1914	2436	2448
6	K	Av. Industrial sent. São Caetano	1077	1587	1560	1572	1524
	L	Rotatória da Av. Industrial sent. Sta. Terezinha	339	309	309	327	327
7	M	Viaduto Castelo Branco sent. Oeste (Descida)	582	939	915	963	1050
	N	Rotatória da Av. Industrial sent. Norte	459	726	687	711	690
8	O	Av. Industrial sent. Mauá	753	657	648	663	657
	P	Rotatória da Av. Industrial sent. Oeste	675	1164	1155	1167	1161

Na Tabela 14, pode-se observar o comprimento médio de fila para cada uma de suas aproximações. Nota-se que nas vias de chegada da rotatória (Av. dos Estados sentido São Paulo e sentido Mauá, Alameda Martins Fontes e Viaduto Castelo Branco) há uma diminuição considerável no comprimento médio dessas filas, em todos os cenários futuros em comparação com o atual. Já a Tabela 15 apresenta o comprimento máximo de fila para as mesmas aproximações. Estes 2 parâmetros quando comparados mostram uma oscilação maior do ponto de análise se estão distantes, ou seja, quanto maior a diferença entre o comprimento máximo de fila e o comprimento médio dentro da simulação, maior a instabilidade da aproximação. Nota-se que há um aumento no tamanho das filas na Av. Industrial, isso se deve ao aumento do número de viagens na região com a implementação dos empreendimentos (PGT) nesta Avenida.

Tabela 14 – Resumo dos resultados – Comprimento médio de fila, Pico da Manhã – nodes

Pico da Manhã - Leitura nos nós - Comprimento Médio de Fila (m)			Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Nó	Aproximação						
1	A	Av. dos Estados sent. SP	257	61	89	30	0
	B	Rotatória sent. Martins Fontes	17	16	8	12	0
	-	Ligação direta Viaduto-Martins Fontes	0	0	0	0	8
2	C	Martins Fontes sent. Rotatória	151	0	0	0	0
	D	Rotatória sent. SP	300	17	26	9	16
3	E	Rua Cochrane	0	74	17	42	85
	F	Rotatória sent. SP	12	34	38	14	8
4	G	Av. dos Estados sent. Mauá	215	42	51	38	52
	H	Rotatória sent. Oeste	34	17	14	1	16
	-	Entrada rotatória: R. Martins Fontes	0	0	0	0	0
5	I	Rotatória sentido Mauá	6	31	14	26	58
	J	Viaduto Castelo Branco sent. Sta. Terezinha	516	40	138	39	29
6	K	Av. Industrial sent. São Caetano	314	453	544	573	523
	L	Rotatória da Av. Industrial sent. Sta. Terezinha	25	15	16	14	13
7	M	Viaduto Castelo Branco sent. Oeste (Descida)	52	65	72	52	137
	N	Rotatória da Av. Industrial sent. Norte	7	30	26	27	36
8	O	Av. Industrial sent. Mauá	22	42	29	36	39
	P	Rotatória da Av. Industrial sent. Oeste	11	22	25	11	10

Tabela 15 – Resumo dos resultados – Comprimento máximo de fila, Pico da Manhã – nodes

Pico da Manhã - Leitura nos nós - Comprimento Máximo de Fila (m)			Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Nó	Aproximação						
1	A	Av. dos Estados sent. SP	383	175	160	109	6
	B	Rotatória sent. Martins Fontes	100	124	86	88	0
	-	Ligação direta Viaduto-Martins Fontes	0	0	0	0	74
2	C	Martins Fontes sent. Rotatória	166	0	0	0	0
	D	Rotatória sent. SP	461	81	85	83	64
	E	Rua Cochrane	0	198	91	162	201
3	F	Rotatória sent. SP	76	87	84	86	86
	G	Av. dos Estados sent. Mauá	355	130	145	136	153
4	H	Rotatória sent. Oeste	92	91	67	15	90
	-	Entrada rotatória: R. Martins Fontes	0	0	0	0	0
	I	Rotatória sentido Mauá	40	96	49	102	219
5	J	Viaduto Castelo Branco sent. Sta. Terezinha	548	204	380	208	145
	K	Av. Industrial sent. São Caetano	472	671	827	739	728
	L	Rotatória da Av. Industrial sent. Sta. Terezinha	80	70	78	59	73
6	M	Viaduto Castelo Branco sent. Oeste (Descida)	120	187	200	141	261
	N	Rotatória da Av. Industrial sent. Norte	47	55	53	56	55
7	O	Av. Industrial sent. Mauá	159	169	125	156	172
	P	Rotatória da Av. Industrial sent. Oeste	43	43	40	42	43

8.1.7 Resultados das Simulações para o cenário atual – Pico da Tarde

No pico da tarde também é verificada formação de extensa fila no viaduto Pres. Castelo Branco sentido Av. do Estado, conforme Figura 91. Há também problemas de congestionamento nas duas interseções semaforizadas da Av. do Estado com a rotatória. Os resultados numéricos são apresentados ao fim da descrição de todos os cenários.

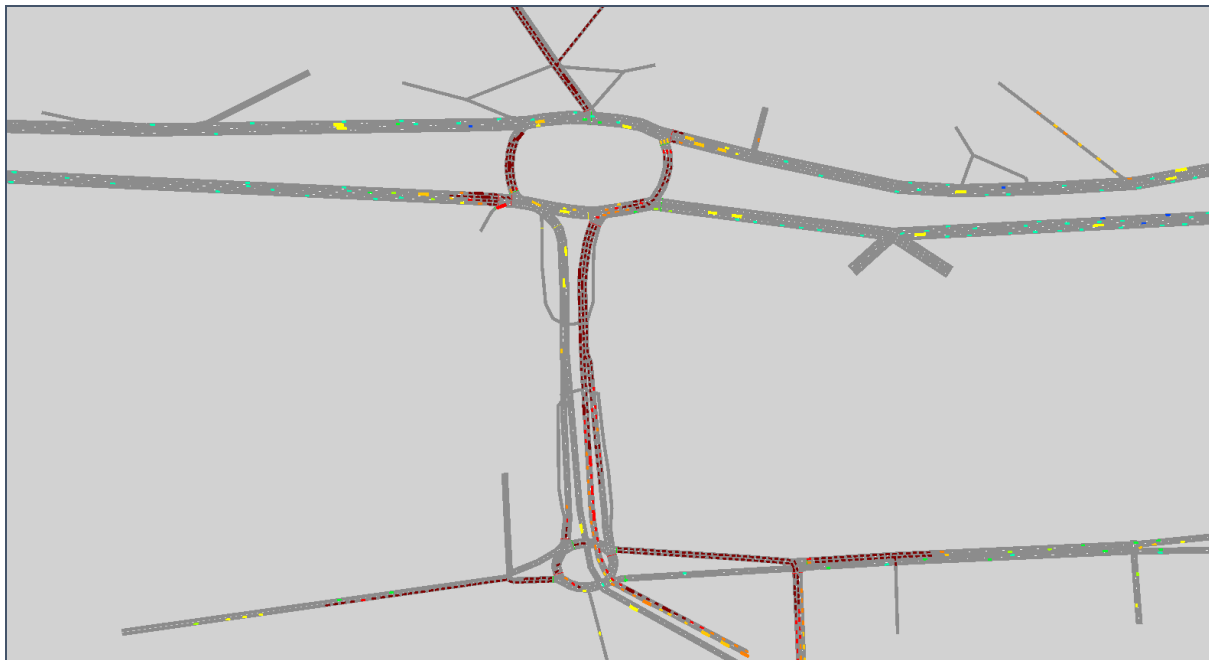


Figura 91 – Microsimulação para o Cenário Atual, Pico da Tarde

8.1.8 Resultados das Simulações para o cenário 1 – Pico da Tarde

Todas as alterações de implantação do cenário 1 feitas no pico da manhã se mantiveram no pico da tarde. Percebe-se que os benefícios da implantação do cenário 1 (Figura 92) na rede viária no período da manhã também são observados no período da tarde, com redução de filas tanto na Av. do Estado (com a utilização da via elevada) quanto no viaduto Pres. Castelo Branco (com aumento nos tempos de verde).

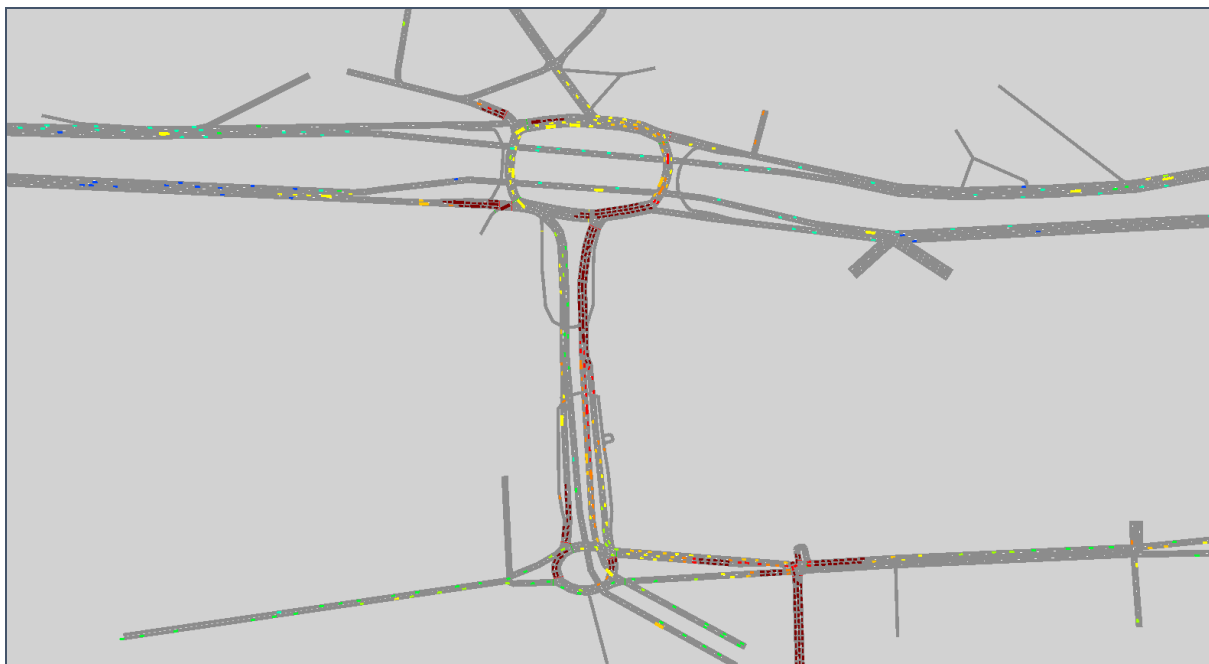


Figura 92 – Microsimulação para o Cenário 1, Pico da Tarde

8.1.9 Resultados das Simulações para o cenário 3a – Pico da Tarde

As alterações de implantação do cenário 3a no pico da manhã também se mantém para o pico da tarde. A redução no tamanho das filas e a diminuição de congestionamento na rede como um todo também podem ser observados no período da tarde do cenário 3a, conforme Figura 93. A grande extensão da fila no viaduto Pres. Castelo Branco até a rotatória de estudo, observada no cenário atual, é mitigada com as alças do viaduto com a Av. dos Estados não necessitando mais a passagem pela rotatória semaforizada para esses usuários. Percebe-se no período da tarde, como na manhã, que há um entrelaçamento dos usuários, no Viaduto Castelo Branco, causando perda de velocidade.

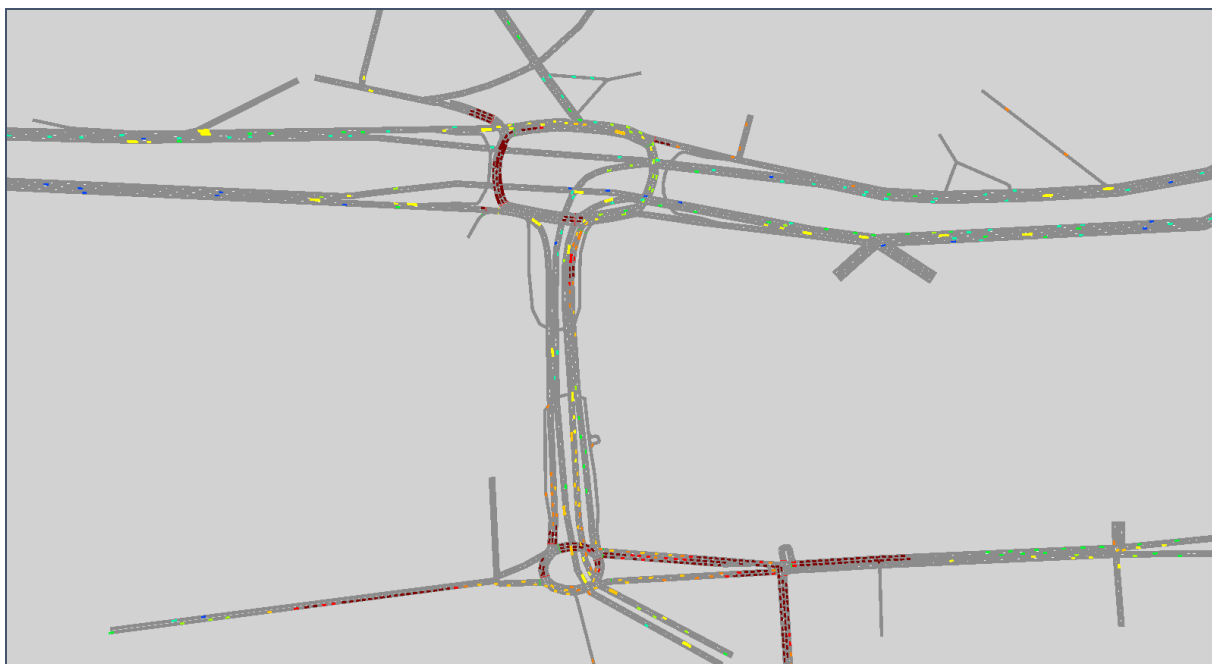


Figura 93 – Microsimulação para o Cenário 3a, Pico da Tarde

8.1.10 Resultados das Simulações para o cenário 3b – Pico da Tarde

As alterações de implantação do cenário 3b no pico da manhã se mantêm para o pico da tarde. Há uma redução no número de veículos que utilizam a rotatória e consequentemente uma diminuição no comprimento das filas nas chegadas da rotatória (Figura 94), como pode ser visto também nos outros cenários. Os resultados estão presentes no item 8.1.12.

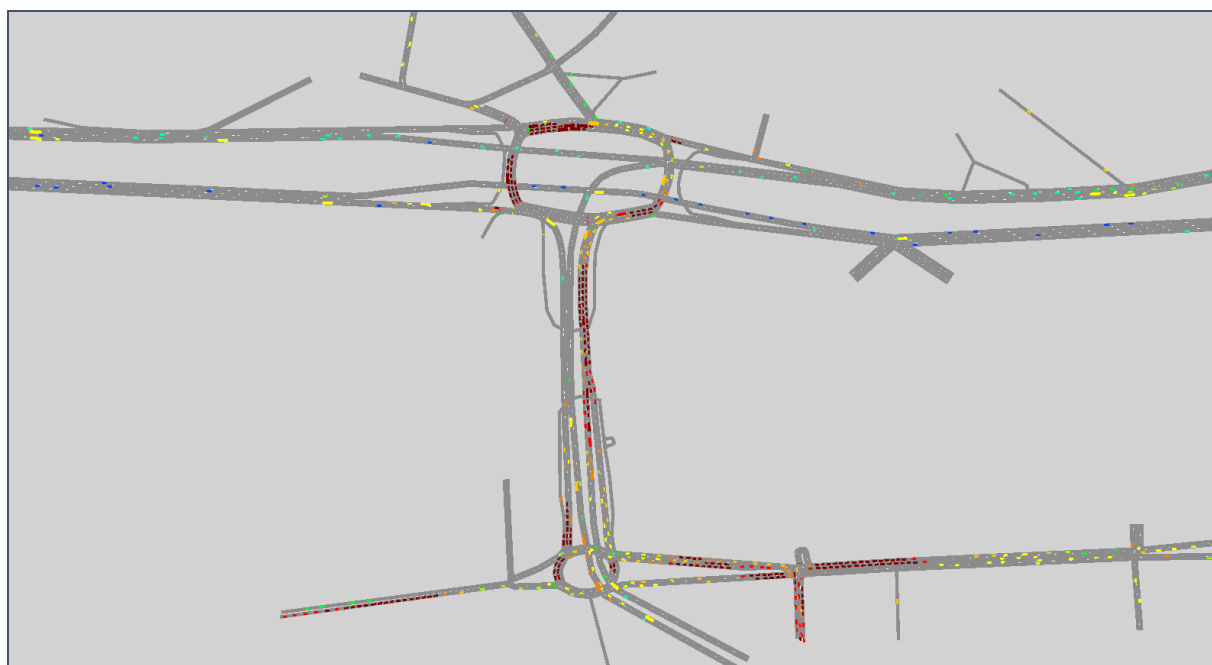


Figura 94 – Microsimulação para o Cenário 3b, Pico da Tarde

8.1.11 Resultados das Simulações para o cenário 3c – Pico da Tarde

As alterações viárias do cenário 3c manhã como a elevação proposta no cenário 1 e a alça de acesso proposta no cenário 3b além da ligação direta entre o viaduto Castelo Branco e a Alameda Martins Fontes, se mantêm para o pico da tarde (Figura 95). Há uma diminuição no tamanho das filas e um aumento tanto na velocidade geral da rede quanto no Viaduto Castelo Branco.

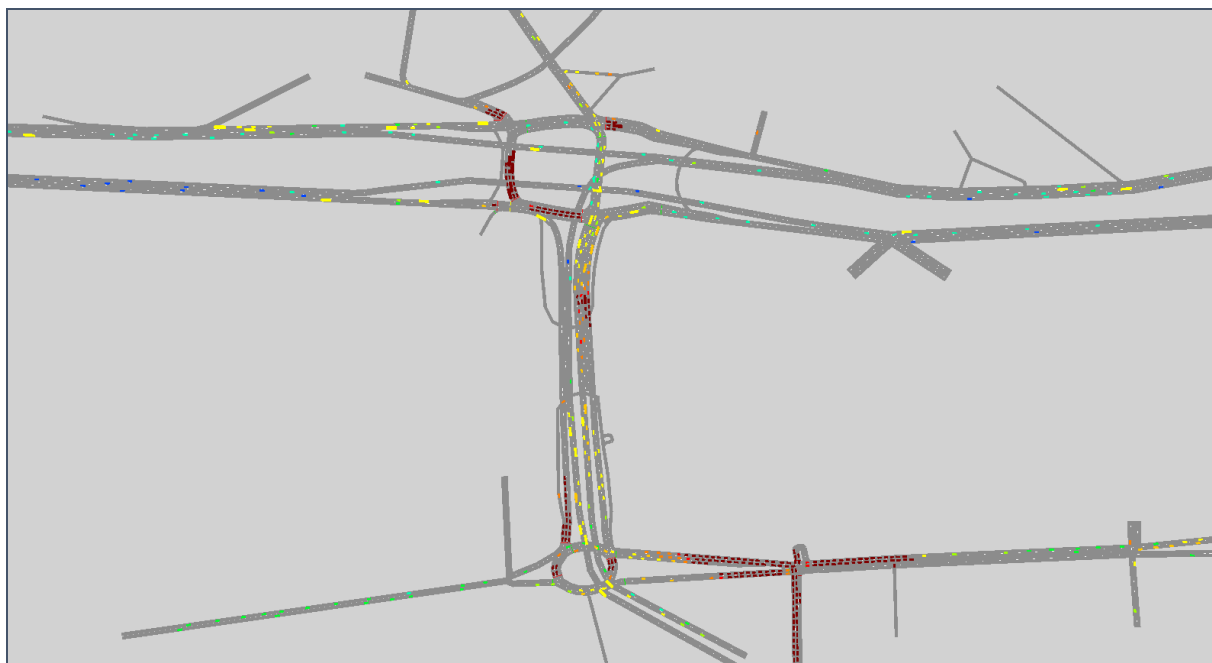


Figura 95 – Microsimulação para o Cenário 3c, Pico da Tarde

8.1.12 Resumo dos Resultados para o Pico da Tarde – Fase 2

Analisando a comparação de velocidades médias dos cenários apresentados no pico da tarde, nota-se que tanto no cenário 1 quanto nos outros cenários há um importante ganho de velocidade comparativamente ao cenário atual, como pode ser visto na Tabela 16. Nota-se pela tabela também que o volume atendido pelo viaduto é maior nos cenários 1, 3a, 3b e 3c, sem haver redução na velocidade da via.

Tabela 16 – Resumo dos resultados, Pico da Tarde – links

Pico da Tarde - Leitura nos links - Viaduto Castelo Branco						
Sentido	Indicador	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Av. Industrial	Velocidade (km/h)	24,0	29,2	42,8	33,2	38,3
Av. Industrial	Volume (veh/h)	1037	1827	1946	1884	1881
Sta Terezinha	Velocidade (km/h)	7,4	17,0	25,3	22,8	33,6
Sta Terezinha	Volume (veh/h)	1480	2914	3003	2874	3007

A Tabela 17 mostra os resultados dos parâmetros de rede para o pico da tarde com a implantação dos cenários, para todos os tipos de veículos em conjunto (Automóveis, caminhões e ônibus). Os benefícios da implantação dos quatro cenários nesses parâmetros são semelhantes entre si, com melhoras em diferentes pontos para cada um deles. Há um aumento de cerca de 20% na distância total percorrida entre o cenário atual e os outros. Já o aumento na velocidade média da rede varia de 38% a 62% entre as novas configurações e o cenário base. Outro parâmetro analisado foi o tempo de viagem total dos usuários que diminuiu entre 15% e 25% para os cenários futuros.

Tabela 17 – Resumo dos resultados – Geral, Pico da Tarde - Rede

Pico da Tarde - Indicadores de rede - Geral					
Indicador	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Atraso médio por veículo (min)	2,46	1,42	1,09	1,12	1,31
Atraso total dos veículos (horas)	531	374	284	286	338
Atraso médio por veículo nas paradas (min)	1,49	0,80	0,55	0,59	0,83
Atraso total dos veículos nas paradas (horas)	321	210	143	150	213
Demanda latente (veh)	655	56	12	105	88
Atraso da demanda latente (horas)	171	13	3	24	18
Distancia total percorrida (veh x km)	15916	19188	19369	18795	18898
Velocidade média na rede (km/h)	20	27	32	31	28
Número de paradas médio por veículo	2,92	1,70	1,29	1,28	1,45
Número total de paradas na rede	37812	26859	20115	19635	22398
Tempo de viagem total (veh x hora)	812	710	614	613	664
Veículos na rede ao final da simulação (veh)	864	766	655	648	693
Veículos que completaram a rota (veh)	10320	13461	13623	13401	13392

A Tabela 10, Tabela 11 e a Tabela 12 apresentam os resultados destes parâmetros de rede separados para cada tipo de veículo presente na simulação.

Tabela 18 – Resumo dos resultados – Automóveis, Pico da Tarde - Rede

Pico da Tarde - Indicadores de rede - Automóveis					
Indicador	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Atraso médio por veículo (min)	2,49	1,45	1,12	1,15	1,34
Atraso total dos veículos (horas)	506	365	279	281	333
Atraso médio por veículo nas paradas (min)	1,50	0,81	0,56	0,60	0,85
Atraso total dos veículos nas paradas (horas)	305	205	140	147	209
Demanda latente (veh)	655	56	12	105	88
Atraso da demanda latente (horas)	171	13	3	24	18
Distancia total percorrida (veh x km)	14897	18227	18405	17834	17942
Velocidade média na rede (km/h)	20	28	32	31	29
Número de paradas médio por veículo	2,94	1,72	1,31	1,30	1,48
Número total de paradas na rede	35868	26034	19707	19158	21900
Tempo de viagem total (veh x hora)	755	671	580	578	630
Veículos na rede ao final da simulação (veh)	811	720	615	610	653
Veículos que completaram a rota (veh)	9765	12951	13104	12879	12876

Tabela 19 – Resumo dos resultados – Caminhões, Pico da Tarde - Rede

Indicador	Pico da Tarde - Indicadores de rede - Caminhões				
	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Atraso médio por veículo (min)	2,00	0,64	0,20	0,24	0,22
Atraso total dos veículos (horas)	18	5	2	2	2
Atraso médio por veículo nas paradas (min)	1,24	0,31	0,10	0,13	0,14
Atraso total dos veículos nas paradas (horas)	11	3	1	1	1
Demanda latente (veh)	655	56	12	105	88
Atraso da demanda latente (horas)	171	13	3	24	18
Distancia total percorrida (veh x km)	800	748	745	744	742
Velocidade média na rede (km/h)	19	26	30	30	30
Número de paradas médio por veículo	2,66	0,98	0,29	0,44	0,39
Número total de paradas na rede	1437	474	141	210	189
Tempo de viagem total (veh x hora)	43	28	25	25	25
Veículos na rede ao final da simulação (veh)	39	32	27	27	27
Veículos que completaram a rota (veh)	426	396	399	405	402

Tabela 20 – Resumo dos resultados – Ônibus, Pico da Tarde - Rede

Indicador	Pico da Tarde - Indicadores de rede - Ônibus				
	Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Atraso médio por veículo (min)	2,45	1,47	1,09	1,12	1,25
Atraso total dos veículos (horas)	7	4	3	3	3
Atraso médio por veículo nas paradas (min)	1,53	0,87	0,71	0,74	0,85
Atraso total dos veículos nas paradas (horas)	4	2	2	2	2
Demanda latente (veh)	655	56	12	105	88
Atraso da demanda latente (horas)	171	13	3	24	18
Distancia total percorrida (veh x km)	219	213	218	217	214
Velocidade média na rede (km/h)	16	20	23	23	22
Número de paradas médio por veículo	3,03	2,24	1,74	1,72	2,00
Número total de paradas na rede	510	351	267	267	309
Tempo de viagem total (veh x hora)	14	10	10	10	10
Veículos na rede ao final da simulação (veh)	14	14	13	12	13
Veículos que completaram a rota (veh)	126	117	117	120	117

As tabelas abaixo apresentam os indicadores da rede que estão relacionados com os nós. Foram criados 8 nós nas principais interseções da rede de estudo para avaliar tais parâmetros. Dentro de cada um desses nós, é feita a avaliação de suas aproximações. A Tabela 21 apresenta o volume de veículos para o pico da tarde em cada aproximação da rede.

Tabela 21 – Volume de veículos, Pico da Tarde – Nós

Pico da Tarde - Leitura nos nós - Volume de Veículos			Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Nó	Aproximação						
1	A	Av. dos Estados sent. SP	1827	1023	339	345	384
	B	Rotatória sent. Martins Fontes	1230	2352	2385	2331	0
	-	Ligação direta Viaduto-Martins Fontes					2391
2	C	Martins Fontes sent. Rotatória	300				
	D	Rotatória sent. SP	3045	3372	2715	2667	360
3	E	Rua Cochrane		495	471	492	501
	F	Rotatória sent. SP	2820	2076	1401	1320	1347
4	G	Av. dos Estados sent. Mauá	1875	936	1104	1008	954
	H	Rotatória sent. Oeste	858	1515	732	768	714
5	-	Entrada rotatória: R. Martins Fontes	0	0	0	0	513
	I	Rotatória sentido Mauá	1668	693	804	714	117
	J	Viaduto Castelo Branco sent. Sta. Terezinha	1503	2886	1737	2850	3060
6	K	Av. Industrial sent. São Caetano	849	1656	1758	1644	1665
	L	Rotatória da Av. Industrial sent. Sta. Terezinha	357	450	447	447	453
7	M	Viaduto Castelo Branco sent. Oeste (Descida)	393	780	795	828	813
	N	Rotatória da Av. Industrial sent. Norte	405	837	936	840	786
8	O	Av. Industrial sent. Mauá	726	903	891	915	912
	P	Rotatória da Av. Industrial sent. Oeste	501	1071	1080	1095	1092

Na Tabela 22, pode-se observar o comprimento médio de fila para cada uma de suas aproximações. Nota-se que nas vias de chegada da rotatória (Av. dos Estados sentido São Paulo e sentido Mauá, Alameda Martins Fontes e Viaduto Castelo Branco) há uma diminuição considerável no comprimento médio dessas filas, em todos os cenários futuros em comparação com o atual. Já a Tabela 23 apresenta o comprimento máximo de fila para as mesmas aproximações. Estes 2 parâmetros quando comparados mostram uma oscilação maior do ponto de análise se estão distantes, ou seja, quanto maior a diferença entre o comprimento máximo de fila e o comprimento médio dentro da simulação, maior a instabilidade da aproximação.

Tabela 22 – Resumo dos resultados – Comprimento médio de fila, Pico da Tarde – nodes

Pico da Tarde - Leitura nos nós - Comprimento Médio de Fila (m)			Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Nó	Aproximação						
1	A	Av. dos Estados sent. SP	77	58	20	24	0
	B	Rotatória sent. Martins Fontes	46	38	29	27	0
	-	Ligação direta Viaduto-Martins Fontes	0	0	0	0	15
2	C	Martins Fontes sent. Rotatória	162	0	0	0	0
	D	Rotatória sent. SP	111	9	1	1	13
3	E	Rua Cochrane	0	20	14	15	13
	F	Rotatória sent. SP	14	24	15	14	20
4	G	Av. dos Estados sent. Mauá	264	59	78	64	60
	H	Rotatória sent. Oeste	38	6	14	17	22
5	-	Entrada rotatória: R. Martins Fontes	0	0	0	0	25
	I	Rotatória sentido Mauá	13	27	21	20	33
	J	Viaduto Castelo Branco sent. Sta. Terezinha	525	166	34	63	28
6	K	Av. Industrial sent. São Caetano	523	363	269	478	478
	L	Rotatória da Av. Industrial sent. Sta. Terezinha	49	27	40	39	30
7	M	Viaduto Castelo Branco sent. Oeste (Descida)	100	77	53	75	72
	N	Rotatória da Av. Industrial sent. Norte	8	30	27	42	34
8	O	Av. Industrial sent. Mauá	209	113	308	215	67
	P	Rotatória da Av. Industrial sent. Oeste	19	18	19	16	12

Tabela 23 – Resumo dos resultados – Comprimento máximo de fila, Pico da Tarde – nodes

Pico da Tarde - Leitura nos nós - Comprimento Máximo de Fila (m)			Cenário Atual	Cenário 1	Cenário 3a	Cenário 3b	Cenário 3c
Nó	Aproximação						
1	A	Av. dos Estados sent. SP	216	158	88	91	3
	B	Rotatória sent. Martins Fontes	138	133	145	144	0
	-	Ligação direta Viaduto-Martins Fontes	0	0	0	0	78
2	C	Martins Fontes sent. Rotatória	167	0	0	0	0
	D	Rotatória sent. SP	294	77	41	40	52
3	E	Rua Cochrane	0	70	49	62	60
	F	Rotatória sent. SP	71	92	73	78	87
4	G	Av. dos Estados sent. Mauá	381	192	219	201	182
	H	Rotatória sent. Oeste	91	71	66	91	71
5	-	Entrada rotatória: R. Martins Fontes	0	0	0	0	69
	I	Rotatória sentido Mauá	62	91	77	64	79
	J	Viaduto Castelo Branco sent. Sta. Terezinha	544	492	239	278	141
6	K	Av. Industrial sent. São Caetano	791	439	448	597	499
	L	Rotatória da Av. Industrial sent. Sta. Terezinha	88	89	89	88	90
7	M	Viaduto Castelo Branco sent. Oeste (Descida)	145	186	165	188	190
	N	Rotatória da Av. Industrial sent. Norte	43	53	56	57	53
8	O	Av. Industrial sent. Mauá	371	297	445	373	302
	P	Rotatória da Av. Industrial sent. Oeste	42	43	41	40	43

9 ANEXO

Segue em anexo ao relatório a demanda proveniente do PGT, utilizada nas simulações da Fase 2 deste estudo.

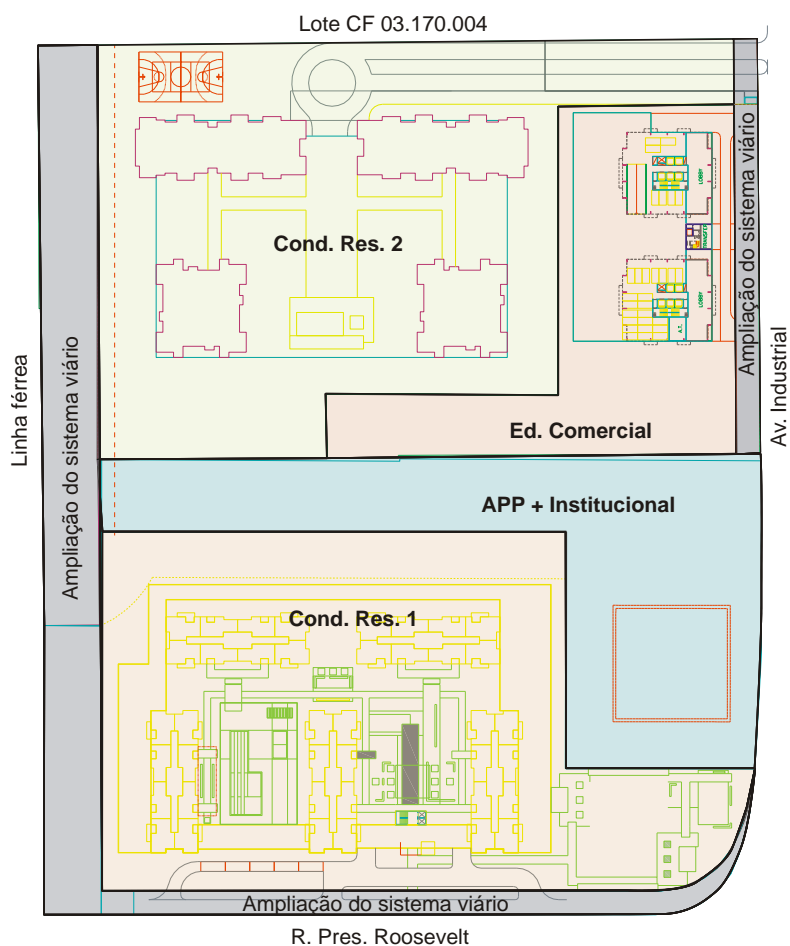
GERAÇÃO DE VIAGENS DE EMPREENDIMENTOS FUTUROS – AV. INDUSTRIAL

EMPREENDIMENTO DA ODEBRECHT

CONJUNTOS RESIDENCIAIS E EDIFÍCIO COMERCIAL

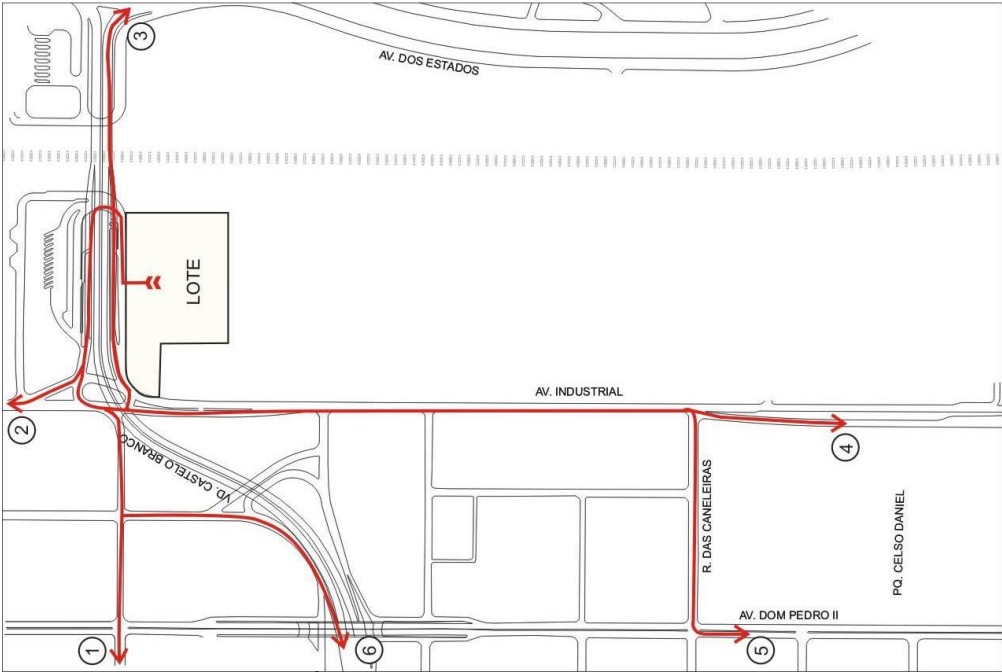
AV. INDUSTRIAL, Nº 1.600 / 1.740

C.F. 03.170.027



Condomínio Residencial 1

Modo motorizado:



ROTAS DE SAÍDA DO EMPREENDIMENTO – MODO MOTORIZADO

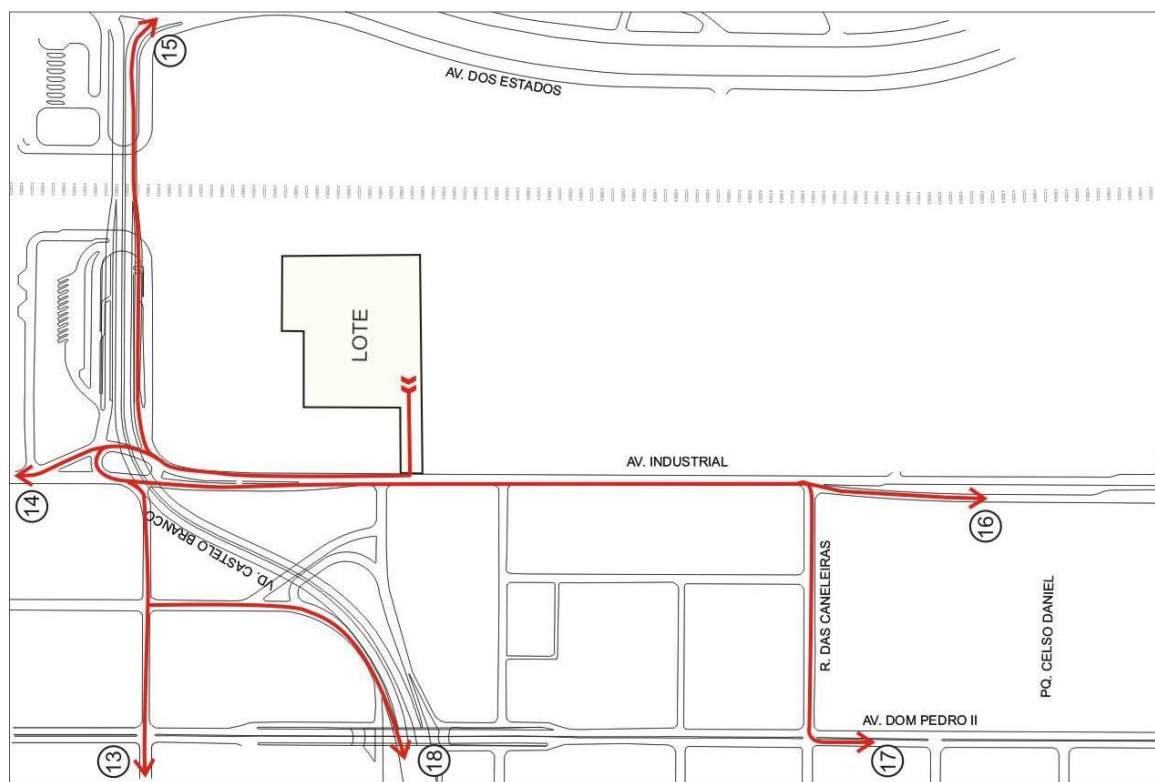


ROTAS DE CHEGADA AO EMPREENDIMENTO – MODO MOTORIZADO

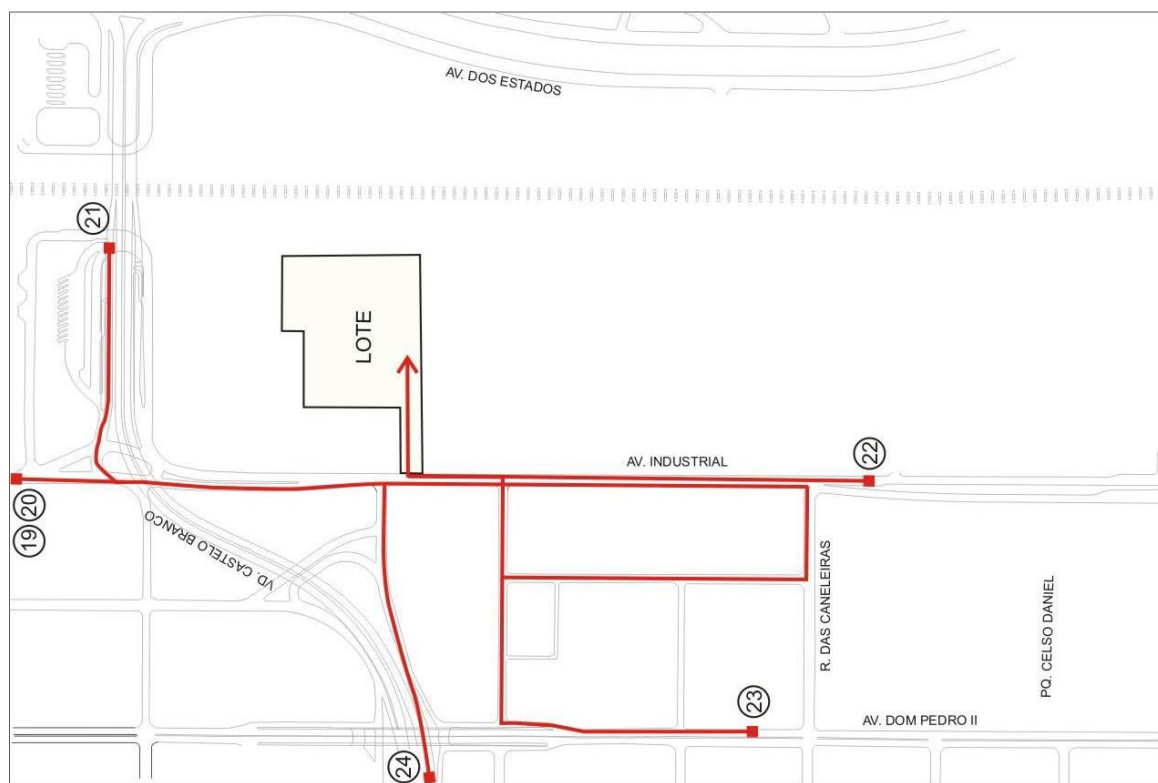
Rota	HORA-PICO DA MANHÃ		HORA-PICO DA TARDE	
	Chegando	Saindo	Chegando	Saindo
1 ou 7	5	22	21	11
2 ou 8	5	22	21	11
3 ou 9	2	11	11	6
4 ou 10	10	45	43	23
5 ou 11	4	18	17	9
6 ou 12	11	51	49	26
TOTAL	36	169	162	85

Condomínio Residencial 2

Modo motorizado:



ROTAS DE SAÍDA DO EMPREENDIMENTO – MODO MOTORIZADO

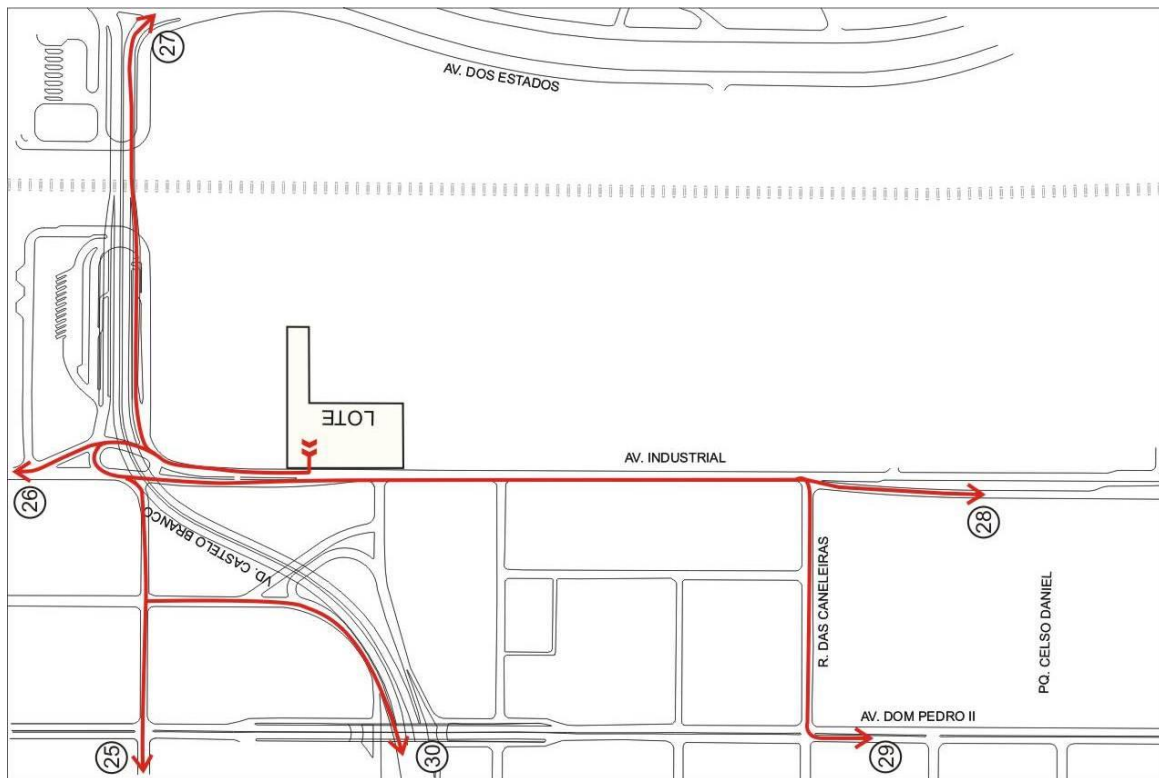


ROTAS DE CHEGADA AO EMPREENDIMENTO – MODO MOTORIZADO

Rota	HORA-PICO DA MANHÃ		HORA-PICO DA TARDE	
	Chegando	Saindo	Chegando	Saindo
13 ou 19	4	21	20	10
14 ou 20	4	21	19	10
15 ou 21	2	10	10	5
16 ou 22	9	42	40	20
17 ou 23	4	17	16	8
18 ou 24	10	48	45	23
TOTAL	33	159	149	76

Edifício comercial

Modo motorizado:



ROTAS DE SAÍDA DO EMPREENDIMENTO – MODO MOTORIZADO



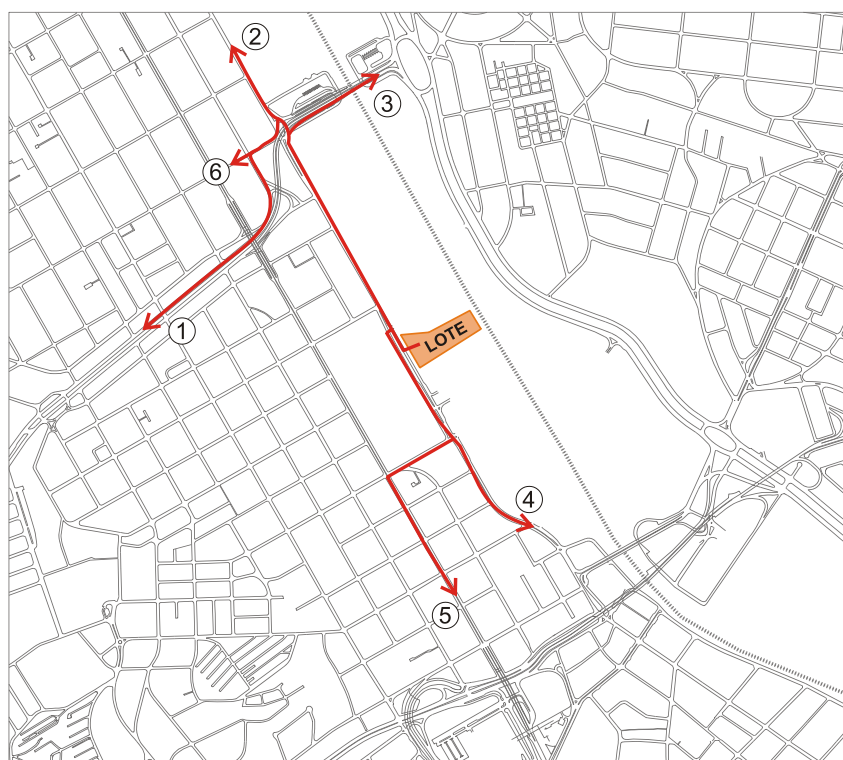
ROTAS DE CHEGADA AO EMPREENDIMENTO – MODO MOTORIZADO

Rota	HORA-PICO DA MANHÃ		HORA-PICO DA TARDE	
	Chegando	Saindo	Chegando	Saindo
25 ou 31	43	5	8	40
26 ou 32	35	4	7	33
27 ou 33	65	8	12	61
28 ou 34	30	4	6	28
29 ou 35	45	6	9	42
30 ou 36	27	3	5	25
TOTAL	244	30	47	228

EMPREENDIMENTO DA HORIZON 11

CONJUNTOS RESIDENCIAIS E EDIFÍCIO COMERCIAL
AV. INDUSTRIAL, S/N
C.F. 03.170.017

Modo motorizado:



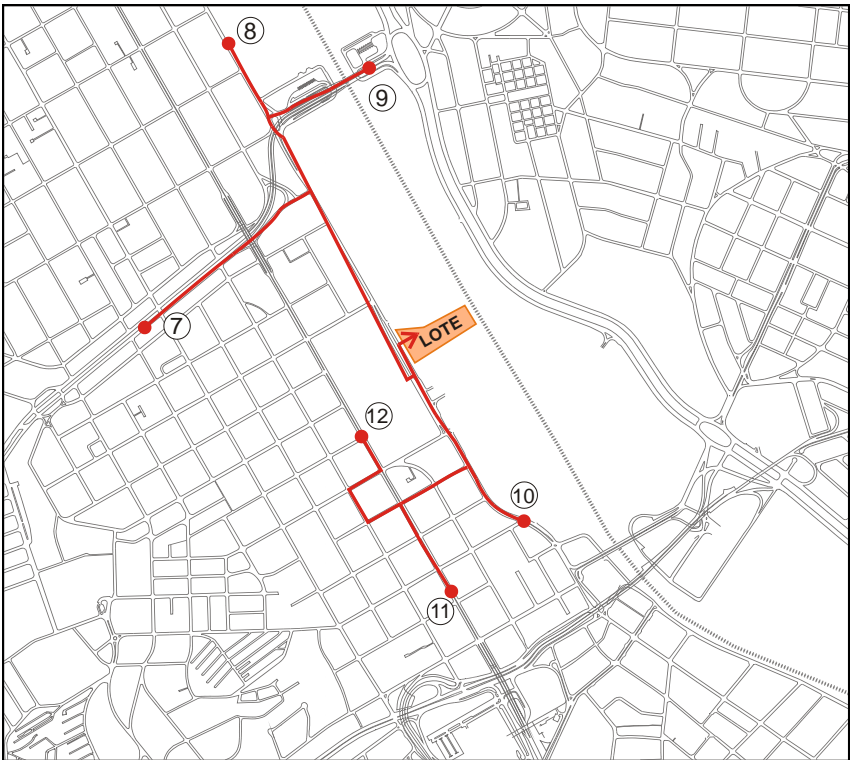
ROTAS DE SAÍDA DOS EMPREENDIMENTOS

Manhã

ROTA	PORCENTAGEM	VOLUME
1	13,3%	22
2	2,3%	4
3	14,5%	23
4	38,4%	62
5	24,3%	39
6	7,2%	12
TOTAL	100,0%	162

Tarde

ROTA	PORCENTAGEM	VOLUME
1	13,3%	33
2	2,3%	6
3	14,5%	36
4	38,4%	96
5	24,3%	61
6	7,2%	18
TOTAL	100,0%	251



ROTAS DE CHEGADA AOS EMPREENDIMENTOS

Manhã

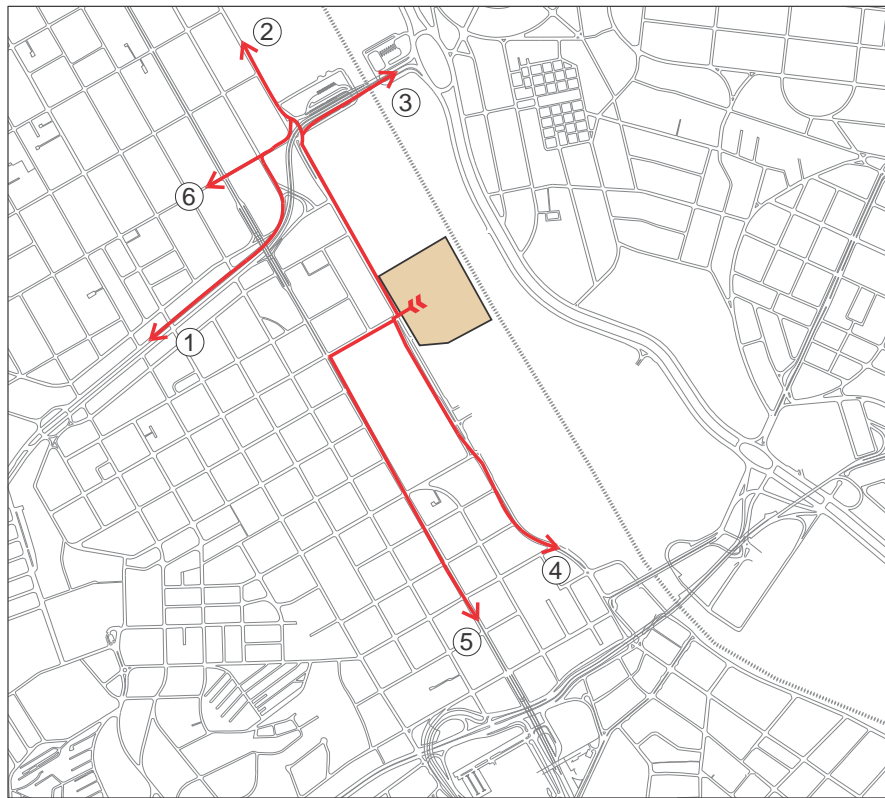
ROTA	PORCENTAGEM	VOLUME
7	6,9%	16
8	10,5%	24
9	19,1%	44
10	28,0%	65
11	25,3%	58
12	10,2%	23
TOTAL	100,0%	230

Tarde

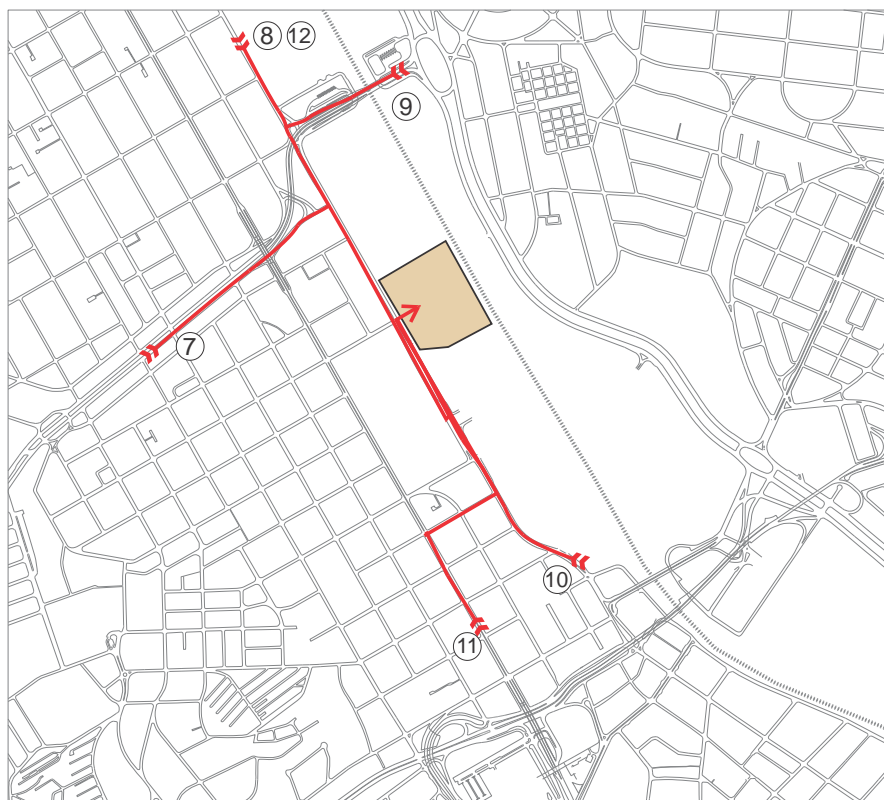
ROTA	PORCENTAGEM	VOLUME
7	6,9%	10
8	10,5%	15
9	19,1%	27
10	28,0%	40
11	25,3%	36
12	10,2%	14
TOTAL	100,0%	142

EMPREENDIMENTO DA PLANO & PLANO (ATUALMENTE EM REVISÃO)

CONJUNTOS RESIDENCIAIS E EDIFÍCIO COMERCIAL
AV. INDUSTRIAL, Nº 900
C.F. 03.170.006 e 03.170.021



ROTAS DE SAÍDA DE VEÍCULOS (TODOS OS EMPREENDIMENTOS)



ROTAS DE CHEGADA DE VEÍCULOS (TODOS OS EMPREENDIMENTOS)

Carregamentos – Condomínio residenciais

Rota	HORA-PICO DA MANHÃ		HORA-PICO DA TARDE	
	Chegando	Saindo	Chegando	Saindo
6 ou 12	13	62	58	29
2 ou 8	12	61	57	28
3 ou 9	6	31	28	14
4 ou 10	25	126	116	57
5 ou 11	10	50	47	23
1 ou 7	29	143	133	66
TOTAL	96	474	438	217

Carregamentos – Edifício comercial

Rota	HORA-PICO DA MANHÃ		HORA-PICO DA TARDE	
	Chegando	Saindo	Chegando	Saindo
6 ou 12	37	5	7	34
2 ou 8	30	4	6	28
3 ou 9	56	7	11	52
4 ou 10	26	3	5	24
5 ou 11	38	5	7	36
1 ou 7	23	3	4	21
TOTAL	210	26	40	196

Carregamentos – Todos os empreendimentos

Rota	HORA-PICO DA MANHÃ		HORA-PICO DA TARDE	
	Chegando	Saindo	Chegando	Saindo
6 ou 12	49	67	65	63
2 ou 8	43	65	62	56
3 ou 9	62	38	39	66
4 ou 10	52	129	121	82
5 ou 11	49	55	54	59
1 ou 7	52	146	137	87
TOTAL	306	500	478	413