



Resp. Técnico / Projetista: Percival Bisca

CREA nº: 060025531-5 – PERPLAN Eng e Plan Ltda

Resp. Técnico / Concessionária

Lote:
07Rodovia:
SPI081/360

DE – DER

Trecho:
Km 0+000 ao km 9+750

Verificado – ARTESP

Objeto:
Estudo de Tráfego e Capacidade

Aprovado – ARTESP

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

Rev.	Data	Resp. Téc/Proj.	Resp. Téc/Conces.	DE - DER	Ver - ARTESP	Aprovado - ARTESP

CONTEÚDO

1	INTRODUÇÃO	4
2	ESTIMATIVA DA DEMANDA FUTURA	5
2.1	METODOLOGIA GERAL	5
2.2	CONTAGENS VOLUMÉTRICAS	6
2.3	EXPANSÃO DOS FLUXOS ATUAIS EM TERMOS DE VDM	7
2.3.1	<i>Fluxos das Pistas Principais</i>	7
2.3.2	<i>Interseções</i>	7
2.4	PROCESSO DE ESTIMATIVA DO VDM DA FUTURA PERIMETRAL	9
2.4.1	<i>Pesquisa OD</i>	9
2.4.2	<i>Características</i>	9
2.4.3	<i>Processamento da Pesquisa</i>	9
2.5	DEFINIÇÃO DE ZONAS DE TRÁFEGO	10
2.6	TABULAÇÃO DE MATRIZES OD POR PONTO DE PESQUISA	11
2.7	MATRIZES UNIFICADAS	11
3	MODELAGEM DA DEMANDA	13
3.1	METODOLOGIA GERAL	13
3.2	ESTIMATIVA DAS MATRIZES OD	13
3.2.1	<i>Processo de Estimativa</i>	13
3.2.2	<i>Matrizes Semente</i>	13
3.2.3	<i>Matrizes OD e Tráfego Atual</i>	14
3.3	SIMULAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO PROPOSTO	21
3.4	CÁLCULO DOS FLUXOS DE PROJETO	26
3.5	PROJEÇÕES	32
4	NÍVEL DE SERVIÇO NA PISTA PRINCIPAL DO PERIMETRAL	34
4.1	CONCEITO DE NÍVEL DE SERVIÇO	34
4.2	APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE NÍVEL DE SERVIÇO	34
4.3	A METODOLOGIA DO HCM	35
4.4	CÁLCULO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO	36
4.4.1	<i>Premissas Básicas</i>	36
4.4.2	<i>Critérios para o aumento de capacidade na Rodovia</i>	36
4.4.3	<i>Análise do Trecho como Pista Simples</i>	38
4.4.4	<i>Análise do Trecho com Duas Pistas de Rolamento</i>	41
5	ANÁLISE DE NÍVEL DE SERVIÇO NAS INTERSEÇÕES	44
5.1	NECESSIDADE DE REFORMULAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE INTERSEÇÕES	44
5.2	METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DESEMPENHO EM INTERSEÇÕES	44
5.2.1	<i>Premissas Básicas</i>	44
5.2.2	<i>Principais Conflitos que Afetam a Fluidez do Tráfego</i>	45
5.2.3	<i>Pontos de Convergência e Divergência</i>	45
5.2.4	<i>Cruzamentos em Nível</i>	45
5.2.5	<i>Entrelaçamentos</i>	46
5.3	ANÁLISE DAS INTERSEÇÕES	47
5.3.1	<i>Interseção com a SP 360 (km 81+500)</i>	47
5.3.2	<i>Interseção com a SP 065</i>	57
6	NÚMERO N	65
6.1	CONCEITO DO NÚMERO “N”	65
6.2	CÁLCULO DO NÚMERO “N”	67
7	CONCLUSÃO	70
7.1	PISTA PRINCIPAL	70
7.2	INTERSEÇÕES	70

ANEXO A – RESULTADOS DAS CONTAGENS VOLUMÉTRICAS.....	71
ANEXO B – RESULTADOS DETALHADOS DOS ENTRELAÇAMENTOS E DOS CONFLITOS DE CONVERGÊNCIA E DIVERGÊNCIA – HCS.....	78
ANEXO C – RESULTADOS DETALHADOS FATORES DE PISTA SIMPLES – HCS.....	100
ANEXO D: CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULO.....	102

1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os estudos de tráfego relativos ao projeto de implantação da futura Via Perimetral da cidade de Itatiba.

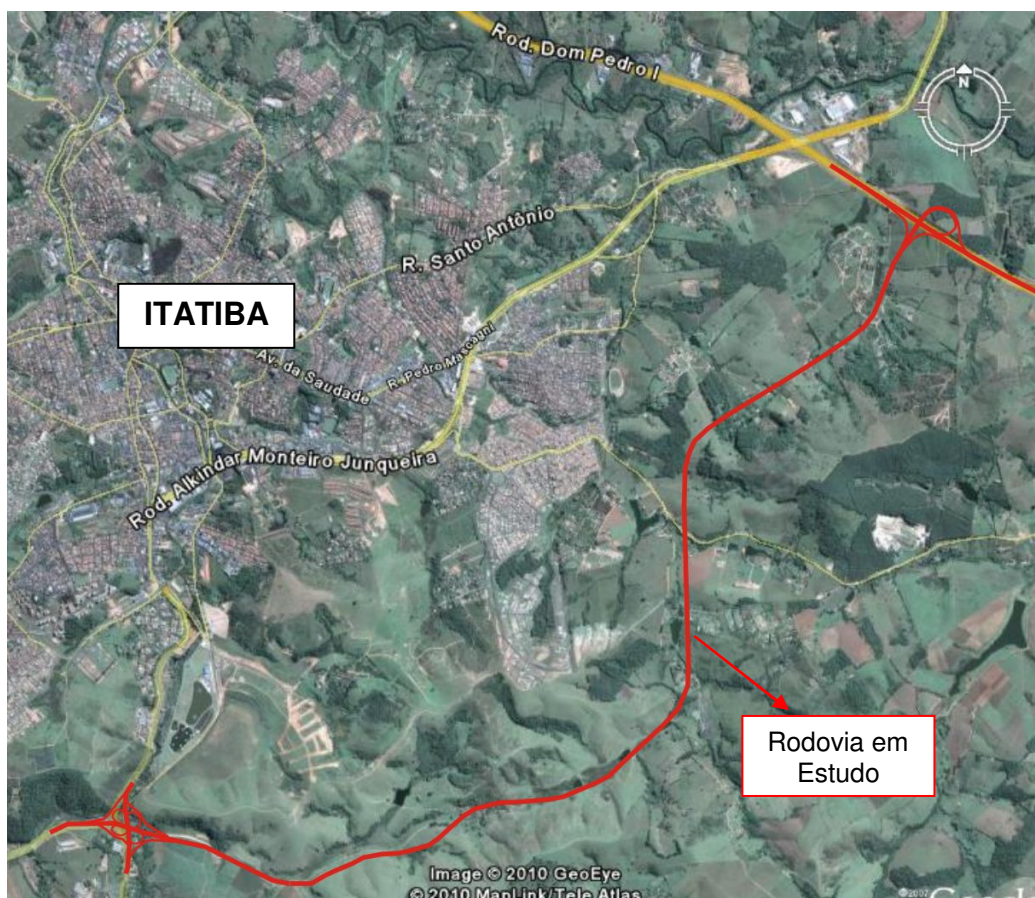
A Perimetral de Itatiba permitirá ao tráfego interurbano entre as rodovias SP 063/SP 360 e SP 065 uma variante dos trajetos atuais que obrigatoriamente cortam a região central da cidade, proporcionando maior fluidez através de uma nova via ininterrupta, de traçado tangente à região urbanizada da cidade. O conceito geral da futura Via Perimetral de Itatiba é apresentado na Figura 1.1.

Os principais objetivos deste trabalho foram:

- Estimar os fluxos que utilizarão a futura perimetral através de pesquisas de campo e obtenção de dados relativos às características da atual demanda;
- Calcular os Níveis de Serviço e Número N para dimensionamento da capacidade e do pavimento da futura Via Perimetral.

As análises realizadas seguiram as metodologias estabelecidas no Highway Capacity Manual 2000 e SIDRA, em conjunto com recomendações da ARTESP para a realização de estudos de tráfego em rodovias concessionadas estaduais.

Figura 1.1: Identificação do Trecho em Estudo



2 ESTIMATIVA DA DEMANDA FUTURA

2.1 Metodologia Geral

Quando se implanta um novo sistema viário, o tráfego futuro é composto por três grupos:

- Tráfego desviado: Trata-se do tráfego que encontrará no novo trecho um percurso mais atrativo, em função da diminuição do tempo de viagem e custos de transporte;
- Tráfego gerado: Aquele que derivará da melhoria da acessibilidade da região servida pelo novo sistema viário, através do incremento da atividade econômica;
- Tráfego normal: Trata-se do tráfego existente no trecho exato onde será implantado o novo sistema viário.

Tendo em vista esses conceitos, é possível definir uma área geográfica dentro da qual, considerando o sistema viário existente, haverá possibilidade de desvios para a nova rota criada pelo projeto. Essa área geográfica é a área de influência do projeto.

No caso específico do projeto aqui estudado, considerou-se que:

- Devido à proximidade da Perimetral de Itatiba das rodovias SP 063 e SP 360, o efeito do tráfego gerado foi considerado inexpressivo. Na verdade, a implantação da futura perimetral poderá incentivar em parte a instalação de novos empreendimentos lindeiros, o que caracterizaria a geração de tráfego no sistema. Entretanto, este efeito já está considerado em parte nas taxas de crescimento adotadas para o sistema (ver item 2.6);
- Como o traçado da futura perimetral cortará uma região sem viário existente, o tráfego futuro também não terá a componente de tráfego normal;
- Caberá à perimetral essencialmente a parcela de tráfego desviado das rodovias SP 360 e SP 063. Atualmente, os trajetos intermunicipais são obrigados a atravessar a região urbana de Itatiba, o que causa atrasos significativos nos tempos de viagem. A futura perimetral deverá atrair, assim, este tráfego rodoviário sem relação direta com Itatiba, através de um trajeto com velocidade operacional significativamente maior.

A área de influência principal do projeto será, portanto, as regiões tributárias das rodovias de acesso à cidade de Itatiba pelo sul (SP 360) e pelo norte (SP 063).

O problema consiste em segregar o tráfego interurbano do tráfego urbano dessas rodovias, uma vez que o primeiro deverá ser atraído em quase sua totalidade para a perimetral, enquanto o segundo deverá continuar utilizando a rota pela região central da cidade através do viário existente.

O procedimento de estimativa do tráfego da futura Via Perimetral consistiu nas seguintes etapas:

- Contagem do tráfego das rodovias SP 063 e SP 360, em seções logo ao norte e logo ao sul da região urbana da cidade;
- Expansão destas contagens em termos de VDM;
- Realização de Pesquisas OD;
- Estimativa de Matrizes Origem Destino (OD), as quais são definidas por diversos pares OD entre zonas externas da cidade, e entre uma zona externa e uma zona interna;
- Alocação das Matrizes OD na Rede Viária futura através de software especializado, definindo-se o tráfego que utilizará a futura Via Perimetral da cidade.

2.2 Contagens Volumétricas

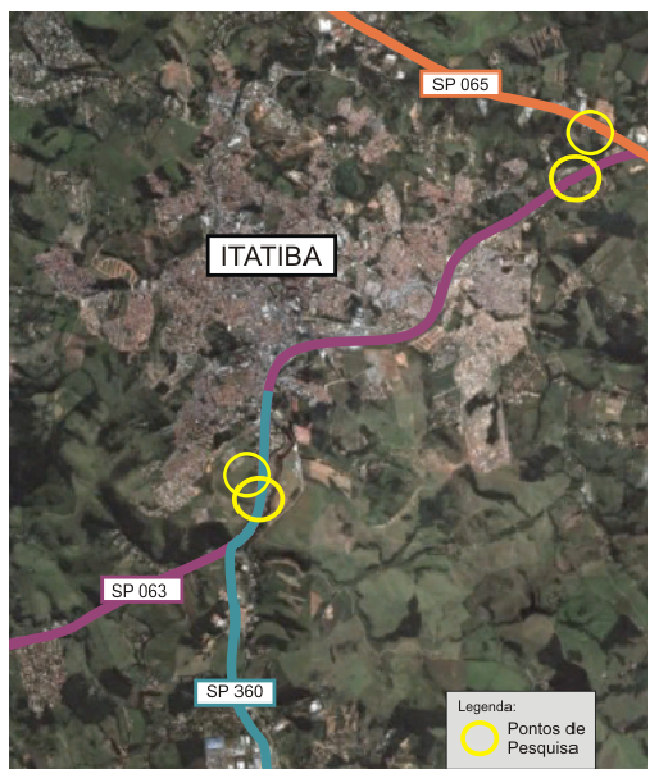
Os dados referentes aos volumes de tráfego utilizados nas análises da rodovia e interseções foram obtidos através de contagens realizadas no trecho em estudo no dia 05 de janeiro de 2010.

As contagens foram feitas com a classificação dos veículos por categoria durante um período de 14 horas (das 06:00 h as 20:00 h). Os resultados completos encontram-se no Anexo A deste relatório.

Foram realizadas contagens volumétricas em duas seções de rodovia nos limites do perímetro urbano da cidade de Itatiba, além contagens direcionais em duas interseções. Os pontos pesquisados estão descritos abaixo, e encontram-se assinalados na Figura 2.1:

- Seção 1 – km 82 da SP 360;
- Seção 2 – km 24 da SP 063;
- Interseção A – Entroncamento da SP 063 com a SP 360;
- Interseção B (contagem parcial ¹) - Entroncamento da SP 063 com a SP 065;

Figura 2.1: Identificação dos Pontos de Pesquisas de Tráfego



¹ Foram contados apenas os movimentos que entrarão em entrelaçamento com o tráfego de acesso à futura interseção da Via Perimetral com a SP 360.

2.3 Expansão dos Fluxos Atuais em Termos de VDM

2.3.1 Fluxos das Pistas Principais

A expansão dos dados das contagens em termos de VDM foi feita através de dados de contagens ininterruptas de 168 horas (uma semana), realizadas no km 77 da SP 360, onde está sendo implantada uma Praça de Pedágio. Estas contagens são apresentadas no Anexo A na Tabela A4.

De modo geral, foi adotado o seguinte procedimento de ajuste dos fluxos em termos de VDM:

- a) Através dos dados de contagem ininterrupta, foi calculada a relação entre o fluxo 24 horas do mesmo dia da semana das contagens de campo (terça feira) e a média dos sete dias, obtendo-se o fator de ajuste de 14 horas para o período de 24 horas e, ainda, o fator de expansão em termos de VDM;
- b) Multiplicando-se os fatores determinados em (a) pelos volumes obtidos nas contagens de campo (14 horas de contagem), os volumes das contagens de tráfego foram expandidos em termos de VDM.

Os fluxos atuais das rodovias SP 360 e SP 063, já expressos em termos de VDM, encontram-se na Tabela 2.1.

2.3.2 Interseções

A expansão dos dados das contagens nas interseções em termos de VDM foi feita da seguinte forma:

- a) Os fluxos direcionais identificados na contagem da interseção do km 81+500 da SP 360 (entroncamento com a SP 063) foram somados, formando um banco de 12 horas para cada fluxo direcional;
- b) Os fluxos direcionais que resultam no tráfego da seção da SP 360 do km 82 foram somados (Itatiba-Jundiaí e Jundiaí-Itatiba; Itatiba-Louveira e Louveira-Itatiba);
- c) O fluxo calculado em (b), relativo ao período de 12 horas, foi então comparado com o VDM calculado para a mesma seção na Tabela 2.1 (Fluxo Bidirecional de 19.331 leves e 3.670 pesados);
- d) Dividindo-se o VDM da SP 360 calculado na Tabela 2.1 pelo fluxo calculado em (b), obteve-se um fator de expansão dos fluxos em termos de VDM;
- e) Este mesmo fator foi utilizado para expandir os fluxos dos demais movimentos direcionais nas interseções. A Tabela 2.2 apresenta o procedimento de cálculo destes fluxos.

Tabela 2.1: SP 360 km 82 e SP 063 km 24 - Cálculos dos Volumes Diários Médios 2010

Contagem de 14 horas na Terça-feira														
Rodovia	Movimento:	Leves	Caminhões			Carretas				Ônibus		Pesados		Total
			2 Eixos	3 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total
SP 063	Dom Pedro - Itatiba	5.866	675	573	1	51	255	113	38	158	1	24%	1.865	7.731
	Itatiba - Dom Pedro	5.559	744	569	-	73	267	127	31	102	-	26%	1.913	7.472
SP 360	Itatiba - Louveira	8.437	597	738	-	50	322	141	35	180	-	20%	2.063	10.500
	Louveira - Itatiba	7.246	643	524	-	39	229	74	56	138	-	19%	1.703	8.949

Fator de Expansão de 14 horas para VDM					
Movimento:	Leves	Caminhões		Carretas	
		2 Eixos	3 Eixos	2 Eixos	3 Eixos
Sul	1,21	0,90	0,97	1,00	1,22
Norte	1,26	0,82	1,00	1,10	1,17

VDM														
Rodovia	Movimento:	Leves	Caminhões			Carretas				Ônibus		Pesados		Total
			2 Eixos	3 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total
SP 063	Dom Pedro - Itatiba	7.091	608	555	1	51	256	113	38	193	1	20%	1.817	8.908
	Itatiba - Dom Pedro	7.006	608	570	-	80	292	139	34	120	-	21%	1.842	8.848
SP 360	Total Bidirecional	14.097	1.216	1.125	1	131	548	252	72	313	1	21%	3.659	17.756
	Itatiba - Louveira	10.199	538	715	-	50	323	141	35	220	-	17%	2.022	12.221
SP 360	Louveira - Itatiba	9.132	525	525	-	43	251	81	61	162	-	15%	1.648	10.780
	Total Bidirecional	19.331	1.063	1.240	-	93	574	222	96	382	-	16%	3.670	23.001

Tabela 2.2 – Cálculo dos Volumes Diários Médios 2010 nas Interseções em Estudo

Cálculo do Fator VDM

Fluxos da Interseção do km 81+500 que Resultam no Tráfego do km 82 da SP 360	Contagem de 12h na Interseção do km 81+500		VDM Calculado na Seção do km 82 (Tabela 2.1)		Fator VDM	
	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados
Jundiaí - Itatiba	4114	1228				
Itatiba - Jundiaí	4010	1031				
Louveira - Itatiba	2968	805				
Itatiba - Louveira	3150	847				
Total	14.242	3.911	19.331	3.670	1,36	0,94

Cálculo dos VDMs na Interseção da SP 063 com a SP 360 (km 81+500)

Movimentos	Contagem de 12h		Fator VDM		VDM	
	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados
Jundiaí - Itatiba	4114	1228	1,36	0,94	5578	1152
Itatiba - Jundiaí	4010	1031	1,36	0,94	5437	968
Jundiaí - Louveira	222	50	1,36	0,94	301	47
Louveira - Jundiaí	228	55	1,36	0,94	309	52
Louveira - Itatiba	2968	805	1,36	0,94	4024	755
Itatiba - Louveira	3150	847	1,36	0,94	4271	795

Cálculo dos VDMs na Interseção da SP 065 com a SP 063 (km 24)

Movimentos	Contagem de 12h		Fator VDM		VDM	
	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados
Itatiba - Atibaia	2325	1097	1,36	0,94	3152	1030
Atibaia - Itatiba	2313	1169	1,36	0,94	3136	1097

2.4 Processo de Estimativa do VDM da Futura Perimetral

2.4.1 Pesquisa OD

O objetivo deste trabalho foi estimar o volume de veículos que utilizará a futura perimetral de Itatiba, o qual desviará da atual rota que corta a região urbana de Itatiba através de um sistema viário de velocidade operacional baixa.

Essa propensão para desviar seu percurso depende de vários fatores, mas fundamentalmente das características de origem e destino da viagem.

Para levantar essas informações, foi realizada uma pesquisa de Origem-Destino (OD) nos pontos de chegada da cidade através das rodovias SP 360 e SP 063:

- Seção 1 – km 82 da SP 360;
- Seção 2 – km 24 da SP 063.

2.4.2 Características

A pesquisa foi realizada através de entrevistas com motoristas nos locais mencionados com auxílio da Polícia Rodoviária. Os policiais solicitavam a parada dos veículos em áreas de escape da rodovia e os pesquisadores realizarem as entrevistas diretamente com os usuários.

2.4.3 Processamento da Pesquisa

a) Digitação

Toda a informação coletada foi digitada em planilhas eletrônicas, uma para cada ponto e sentido de tráfego. Nessas planilhas, cada linha corresponde a uma entrevista e cada coluna contém um elemento de informação coletado, formando uma imagem do formulário de entrevista.

b) Escolha dos Tipos de Veículos para Processamento

Embora tivessem sido entrevistados motoristas de veículos de todos os tipos, de forma aleatória, após análise concluiu-se que a amostra coletada não seria significativa caso se desejasse processar a informação desagregada por muitas categorias de veículo. De fato, algumas categorias englobam poucos veículos, e uma amostra desses poucos veículos traria pouca segurança quanto a sua significância. Assim, o processamento foi agregado em 4 tipos de veículos:

- Veículos de passageiros (exceto ônibus e motos, que não foram entrevistados);
- Veículos pesados de 2 Eixos;
- Veículos pesados de 3 Eixos;
- Veículos pesados articulados.

c) Expansão da Amostra

A expansão da amostra consiste em multiplicar as informações de uma pesquisa por um fator igual ao número de elementos no universo dividido pelo número de elementos da amostra. No caso de entrevistas em rodovia, o fator de expansão de cada tipo de veículo é igual ao Volume Diário Médio (VDM) daquele tipo dividido pelo número de entrevistas feitas com motoristas do mesmo tipo de veículo. Para este efeito, foram utilizados os VDMs apresentados na Tabela 2.1.

2.5 Definição de Zonas de Tráfego

Nas entrevistas de OD, a instrução do pesquisador foi de obter a informação sobre os municípios de origem e destino de cada motorista. Em casos de viagens muito curtas, porém, julgou-se relevante anotar o bairro ou distrito.

Nessa base de municípios (e alguns distritos), o número de origens e destinos possíveis é muito grande, resultando em dispersão de informações.

Como é usual em estudos de transporte, os municípios foram agrupados em zonas de tráfego, as quais passaram a constituir a unidade básica espacial.

A definição dessas zonas, sob medida para os propósitos do presente estudo, teve a seguinte seqüência:

- Primeiro, listar os municípios (ou distritos) que aparecem na pesquisa.
- Segundo, com auxílio do mapa, agrupar em zonas aos seguintes critérios:
 - Dividir a cidade de Itatiba em regiões, cada uma representadas por uma zona com o nome do bairro representativo daquela região;
 - Foi mantida a individualidade das cidades mais próximas de Itatiba que geram viagens ligadas ao viário estudado;
 - Os municípios distantes foram agrupados em zonas de acordo com o corredor de entrada no sistema.

A Tabela 2.3 mostra as 12 zonas de Tráfego definidas para o estudo.

Tabela 2.3: Zonas de Tráfego

Zona	Nome
1	Atibaia
2	Bairro da Ponte
3	Bairro Serrinha
4	Bragança Paulista
5	Campinas
6	Centro de Itatiba
7	Cidade Jardim
8	Jardim Monte Verde
9	Jardim Santa Rosa
10	Jundiaí
11	Louveira
12	Morungaba

2.6 Tabulação de Matrizes OD por Ponto de Pesquisa

De posse dos dados das entrevistas, da definição de zonas e dos fatores de expansão, foi possível tabular as matrizes por tipo de veículo por posto, num total de 8 matrizes (relativos aos 2 pontos de pesquisa e 4 tipos de veículos), de modo que:

$$F_{ijpvs} = S_{ijpvs} e_{pvs} \quad (23.1)$$

Onde:

F_{ijpvs} = Fluxo com origem na zona i e destino na zona j , passando pelo posto p , do tipo de veículo V no sentido de tráfego S .

S_{ijpvs} = Somatória de todas as entrevistas com origem em municípios componentes da zona i e destino em municípios componentes da zona j , passando pelo posto p , do tipo de veículo V no sentido de tráfego S .

e_{pvs} = Fator de expansão relativo ao posto p , ao tipo de veículo V , no sentido S .

2.7 Matrizes Unificadas

Para realizar as análises de desvios de tráfego, é necessário utilizar uma só matriz de OD por tipo de veículo, representativa dos fluxos em todo o sistema.

Como foram realizadas entrevistas em dois postos, foram detectados pares OD comum nas matrizes de cada ponto, no caso viagens externas à cidade de Itatiba, como o par Jundiaí -Bragança.

Assim, a matriz unificada de veículos leves teve a seguinte definição:

$$F_{ijv} = \text{média} (F_{ijpv})_{p=1 \text{ e } 2} \quad (2.2)$$

Onde:

F_{ijv} = Fluxo com origem na zona i e destino na zona j , do tipo de veículo v ;

F_{ijpv} = Fluxo com origem na zona i e destino na zona j, passando pelo posto p, do tipo de veículo v.

Cada matriz assim construída unifica a informação disponível, pois engloba os fluxos que passam somente por um posto e também aqueles que passam por mais de um posto (selecionando a média do valor absoluto daquele par ij).

O passo seguinte nesse processo foi a simetrização das matrizes, tanto de veículos leves quanto de veículos pesados, pois não há motivos para crer que o fluxo em um sentido seja diferente do outro. Assim, fez-se:

$$\text{Novo } F_{ijv} = (F_{ijv} + F_{jiv}) / 2 \quad (2.3)$$

Essas matrizes assim obtidas ainda não são as finais. A etapa final do ajuste é descrita no capítulo 3, onde são apresentadas as matrizes finais por tipo de veículo.

3 MODELAGEM DA DEMANDA

3.1 Metodologia Geral

A metodologia empregada para modelar a demanda que utilizará a nova ponte consistiu em:

- Utilização de software especializado em análise de redes de transporte.
- Definição da rede viária da região, constituída pelas principais rodovias e avenidas urbanas. Cada trecho é definido por seu traçado e por suas características tais como extensão, tipo e qualidade do pavimento, velocidade diretriz, número de faixas, etc.
- Estimativa de matrizes de origem e destino (OD) por tipo de veículo a partir de:
 - Matrizes OD parciais obtidas da pesquisa OD
 - Contagens conhecidas no maior número possível de trechos da rede. Essa estimativa é realizada através do uso do software especializado.
- Definição de nova rede, constituída pela rede atual mais o novo trecho a ser construído, igualmente definido por suas características.
- Com a introdução desse novo elemento, o software identifica as viagens para as quais o caminho será mais atraente pela nova via, e estima o fluxo que será desviado pelo novo caminho.

3.2 Estimativa das Matrizes OD

3.2.1 Processo de Estimativa

O software especializado utilizado no presente estudo pode estimar uma matriz OD através do seguinte processo:

- Estima-se uma matriz inicial denominada matriz semente. Essa matriz pode ser estimada a partir de uma matriz parcial conhecida, a partir de uma matriz antiga, ou mesmo de uma matriz puramente estimada subjetivamente;
- Aloca-se essa matriz à rede representativa do sistema viário atual, tendo como resultado a estimativa dos fluxos em cada trecho dessa rede;
- Comparam-se, trecho a trecho, os fluxos alocados com os fluxos conhecidos através de contagens volumétricas;
- O software, através de um processo iterativo de otimização numérica, modifica a matriz semente até que os fluxos alocados resultem compatíveis com os fluxos contados na rede real;
- Findo o processo, ter-se-á uma estimativa mais adequada da matriz OD real;
- O processo é repetido para todos os tipos de veículos.

3.2.2 Matrizes Semente

As matrizes semente foram obtidas com base nas viagens entre zonas cujo trajeto passa em pelo menos um dos pontos onde foi realizada pesquisa OD (km 24 da SP063 e km 82 da SP360). Essas matrizes semente, como apresentado no item 3.2.1, constituem a primeira aproximação para obtenção das matrizes OD finais.

3.2.3 Matrizes OD e Tráfego Atual

Com base nas matrizes semente, foi realizado o processo descrito no item 3.2.1, com auxílio do software especializado. As Tabelas 3.1 a 3.4 mostram as matrizes OD estimadas através desse processo, em termos de VMD de veículos leves, caminhões de 2 eixos, caminhões de 3 eixos e carretas para 2010.

As Figuras 3.1 a 3.4 apresentam o resultado da alocação dessas matrizes à rede viária atual para cada tipo de veículo.

Cabe ressaltar que estas matrizes, da maneira como foram concebidas, não representam todo o tráfego da rede viária adotada, e sim os volumes que ao menos trafegam por um dos pontos onde foram feitas as pesquisas OD. Os volumes absolutos reais do trecho são representados apenas nos pontos de OD, sendo que nas demais seções há apenas uma fração do fluxo real, representado pelos fluxos relacionados com as pesquisas. A parcela restante caberia ao tráfego intramunicipal (ex: Jd Santa Rosa – Centro) ou àquele que não corta a cidade de Itatiba (ex: tráfego reto da Rodovia D. Pedro).

Do ponto de vista dos objetivos do presente estudo, as matrizes utilizadas são suficientes, pois todo o tráfego potencial da perimetral trafega ao menos em um dos pontos onde foram realizadas as pesquisas OD.

Tabela 3.1: Matriz OD Veículos Leves (VMD 2010)

Para De	Atibaia	B da Ponte	B Serrinha	Bragança Paulista	Campinas	Centro de Itatiba	Cidade Jardim	Jd Monte Verde	Jd Santa Rosa	Jundiaí	Louveira	Morungaba	Total geral
Atibaia	-	-	-	-	-	1.438	-	72	-	770	281	-	2.560
B da Ponte	-	-	24	-	-	-	-	-	-	274	-	-	298
B Serrinha	-	24	-	72	-	-	-	-	-	110	55	-	260
Bragança Paulista	-	-	72	-	-	2.252	-	48	96	1.076	177	-	3.721
Campinas	-	-	-	-	-	-	407	-	19	119	14	-	558
Centro de Itatiba	1.438	-	-	2.252	-	1.369	-	56	-	4.573	1.013	-	10.701
Cidade Jardim	-	-	-	-	407	-	-	-	-	-	27	288	722
Jd Monte Verde	72	-	-	48	-	56	-	-	-	110	27	48	360
Jd Santa Rosa	-	-	-	96	19	-	-	-	-	520	27	-	662
Jundiaí	770	274	110	1.076	119	4.573	-	110	520	-	28	433	8.012
Louveira	281	-	55	177	14	1.013	27	27	27	28	-	59	1.709
Morungaba	-	-	-	-	-	-	288	48	-	433	59	-	828
Total geral	2.560	298	260	3.721	558	10.701	722	360	662	8.012	1.709	828	30.391

Tabela 3.2: Matriz OD Caminhões 2 eixos (VMD 2010)

Para De	Atibaia	B da Ponte	B Serrinha	Bragança Paulista	Campinas	Centro de Itatiba	Cidade Jardim	Jd Monte Verde	Jd Santa Rosa	Jundiaí	Louveira	Morungaba	Total geral
Atibaia	-	-	-	-	-	-	124	-	-	83	62	-	269
B da Ponte	-	-	-	-	-	-	10	-	-	7	7	-	23
B Serrinha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	14
Bragança Paulista	-	-	-	-	-	152	-	28	14	73	4	-	270
Campinas	-	-	-	-	-	-	69	-	-	8	-	-	77
Centro de Itatiba	-	-	-	152	-	-	-	-	-	199	27	-	378
Cidade Jardim	124	10	-	-	69	-	-	-	-	-	-	-	203
Jd Monte Verde	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	28
Jd Santa Rosa	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	14
Jundiaí	83	7	14	73	8	199	-	-	-	-	-	48	431
Louveira	62	7	-	4	-	27	-	-	-	-	-	-	101
Morungaba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-	-	48
Total geral	269	23	14	270	77	378	203	28	14	431	101	48	1.855

Tabela 3.3: Matriz OD Caminhões 3 eixos (VMD 2010)

Para De	Atibaia	B da Ponte	B Serrinha	Bragança Paulista	Campinas	Centro de Itatiba	Cidade Jardim	Jd Monte Verde	Jd Santa Rosa	Jundiaí	Louveira	Morungaba	Total geral
Atibaia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	253	89	-	342
B da Ponte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B Serrinha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bragança Paulista	-	-	-	-	-	102	-	-	51	66	-	-	220
Campinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-	24
Centro de Itatiba	-	-	-	102	-	-	-	-	-	114	26	14	257
Cidade Jardim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jd Monte Verde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	9
Jd Santa Rosa	-	-	-	51	-	-	-	-	-	-	-	-	51
Jundiaí	253	-	-	66	24	114	-	9	-	-	-	21	488
Louveira	89	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-	16	132
Morungaba	-	-	-	-	-	14	-	-	-	21	16	-	52
Total geral	342	-	-	220	24	257	-	9	51	488	132	52	1.575

Tabela 3.4: Matriz OD Carretas (VMD 2010)

Para De	Atibaia	B da Ponte	B Serrinha	Bragança Paulista	Campinas	Centro de Itatiba	Cidade Jardim	Jd Monte Verde	Jd Santa Rosa	Jundiaí	Louveira	Morungaba	Total geral
Atibaia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	293	31	-	323
B da Ponte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B Serrinha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bragança Paulista	-	-	-	-	-	41	-	-	-	31	26	-	97
Campinas	-	-	-	-	-	-	81	-	-	12	-	-	93
Centro de Itatiba	-	-	-	41	-	-	-	-	-	58	23	-	122
Cidade Jardim	-	-	-	-	81	-	-	-	-	-	-	-	81
Jd Monte Verde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jd Santa Rosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jundiaí	293	-	-	31	12	58	-	-	-	-	-	20	413
Louveira	31	-	-	26	-	23	-	-	-	-	-	-	80
Morungaba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	20
Total geral	323	-	-	97	93	122	81	-	-	413	80	20	1.230

Figura 3.1: Fluxo de Veículos Leves na Rede Atual (VMD 2010)

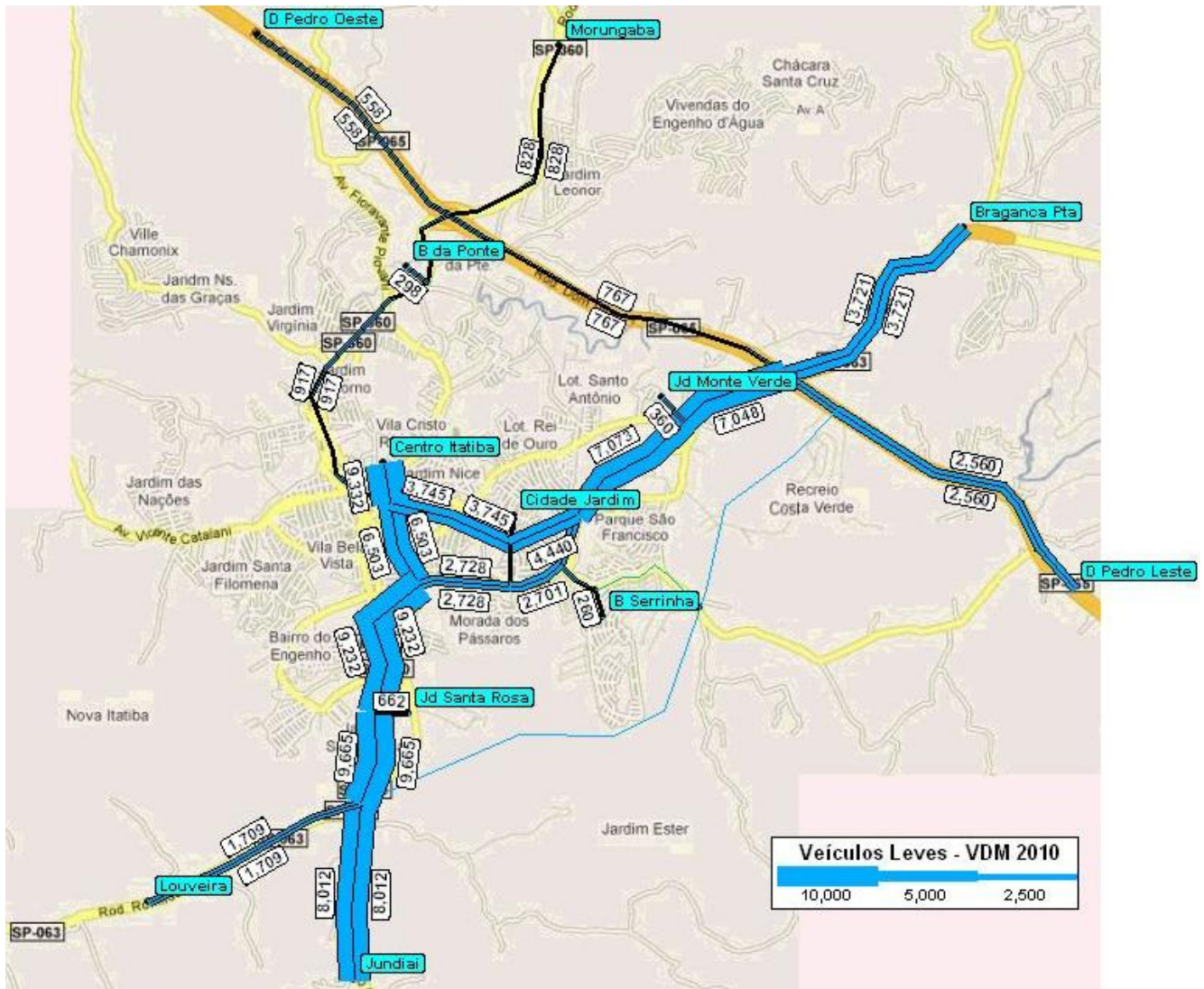


Figura 3.2: Fluxo de Caminhões de 2 eixos na Rede Atual (VMD 2010)

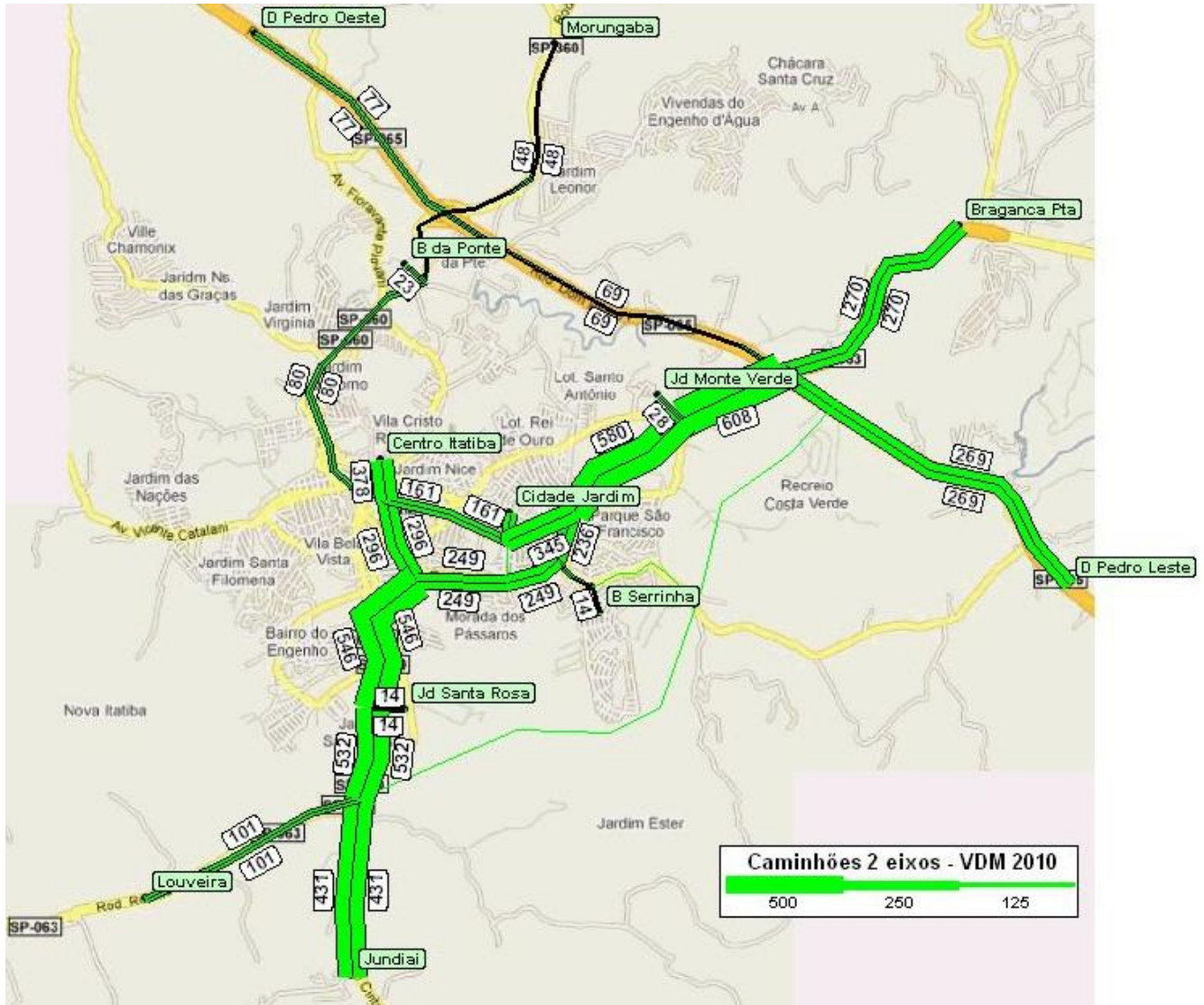


Figura 3.3: Fluxo de Caminhões de 3 eixos na Rede Atual (VMD 2010)

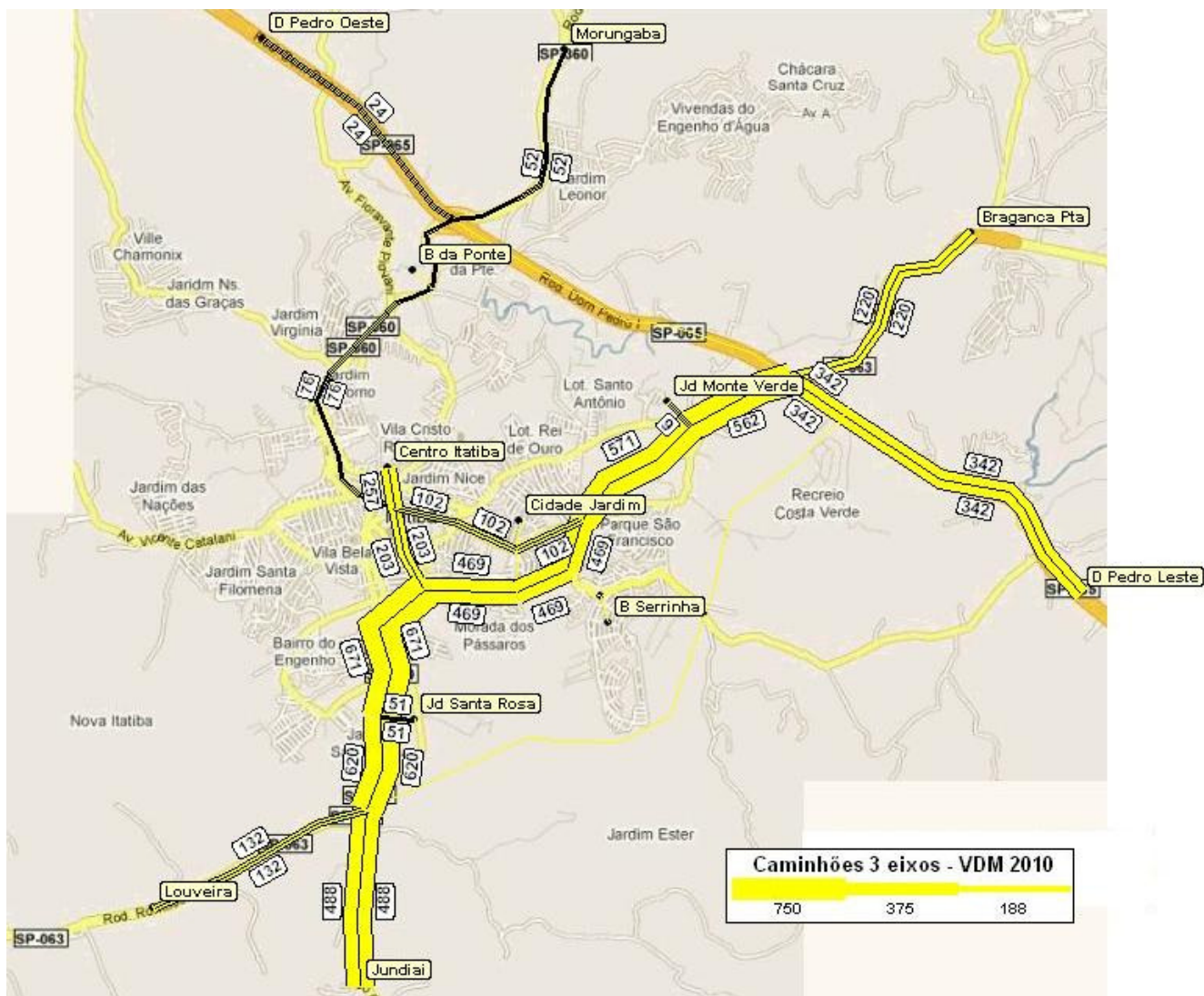
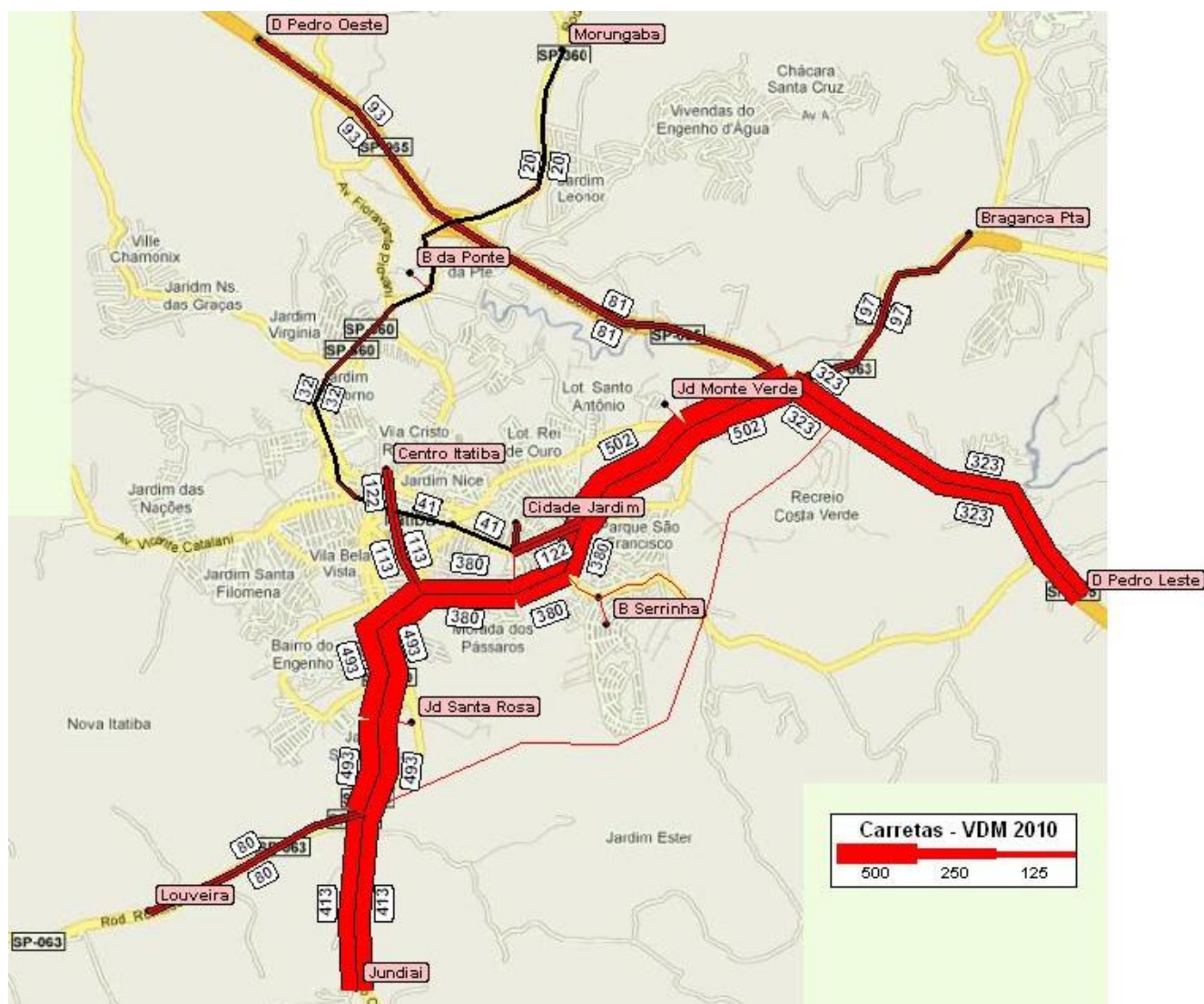


Figura 3.4: Fluxo de Carretas na Rede Atual (VMD 2010)



3.3 Simulação do Sistema Viário Proposto

Conhecendo-se as matrizes OD atuais, é possível simular o efeito causado pela adição de novos trechos ao sistema viário existente. A Figura 3.5 mostra a rede viária representativa do sistema viário proposto, com a rodovia de contorno da área urbana da cidade de Itatiba. Nessa figura são mostradas as velocidades adotadas para os vários trechos do sistema viário.

As Figuras 3.6 a 3.9 mostram os fluxos das matrizes OD de veículos leves, caminhões 2 eixos, caminhões 3 eixos e carretas realocados na rede proposta.

Figura 3.5: Rede Viária Proposta e Velocidades de Operação

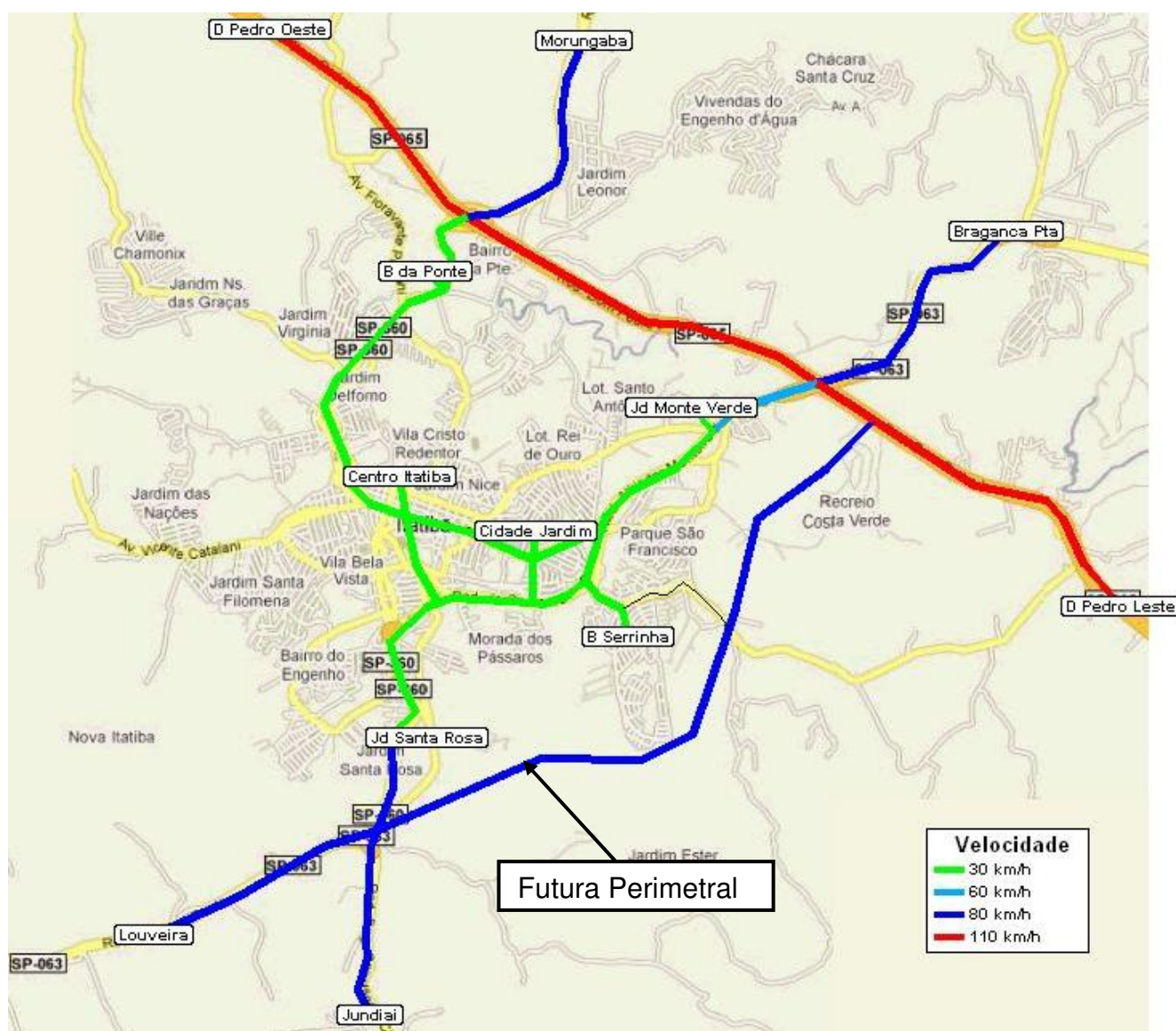


Figura 3.6: Fluxo de Veículos Leves (VMD 2010) na Rede Proposta



Figura 3.7: Fluxo de Caminhões 2 eixos (VMD 2010) na Rede Proposta

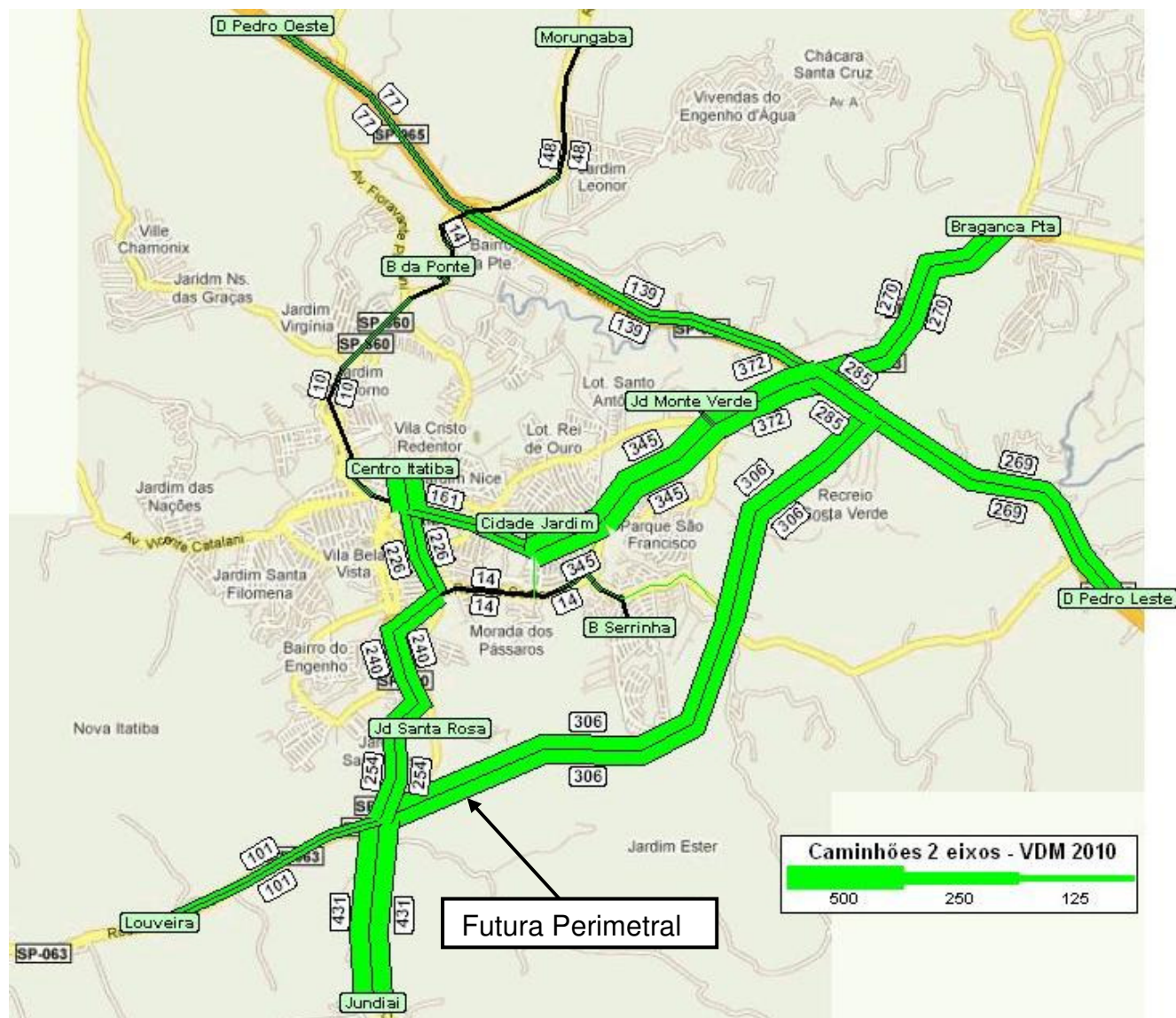


Figura 3.8: Fluxo de Caminhões 3 eixos (VMD 2010) na Rede Proposta

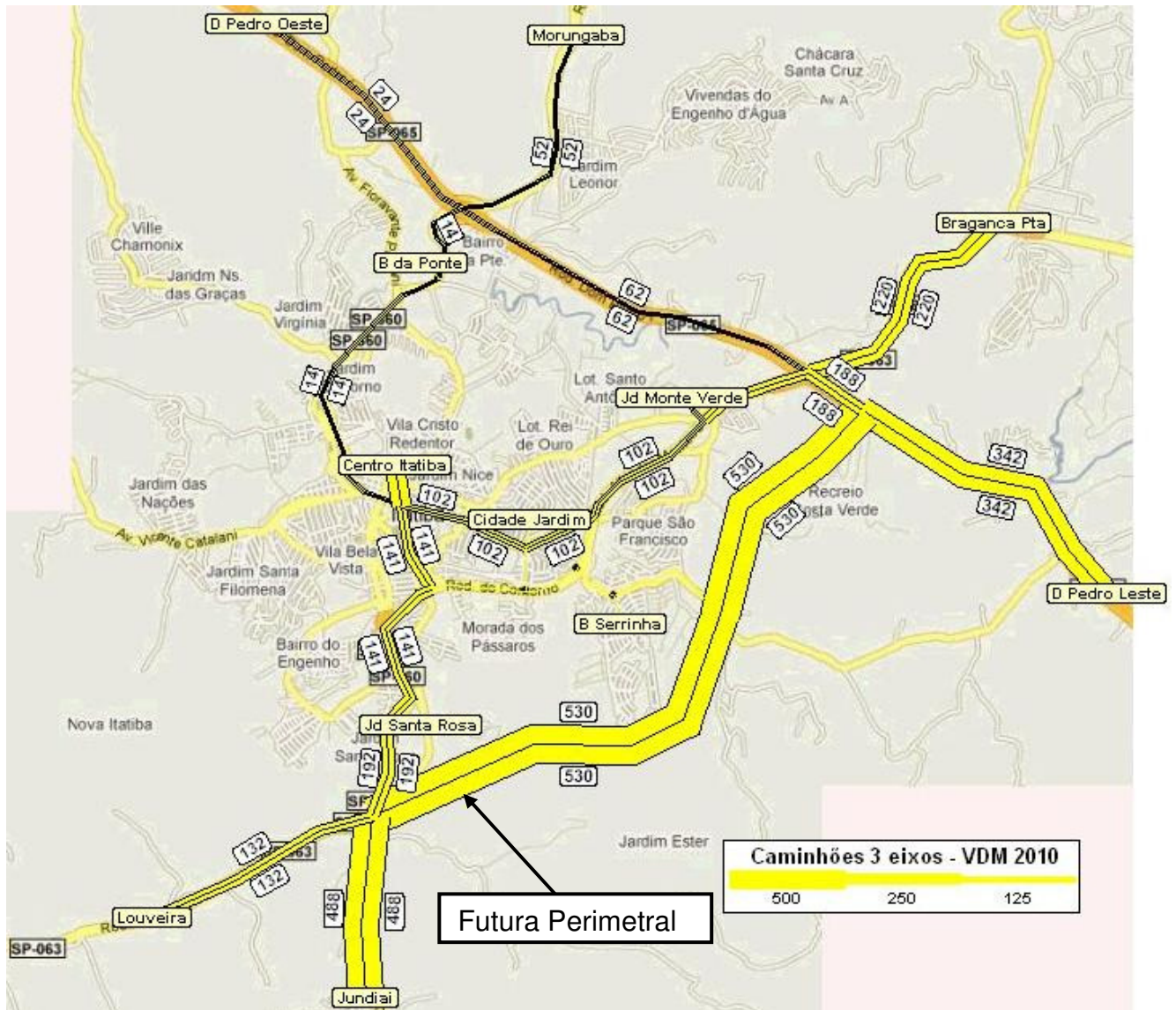
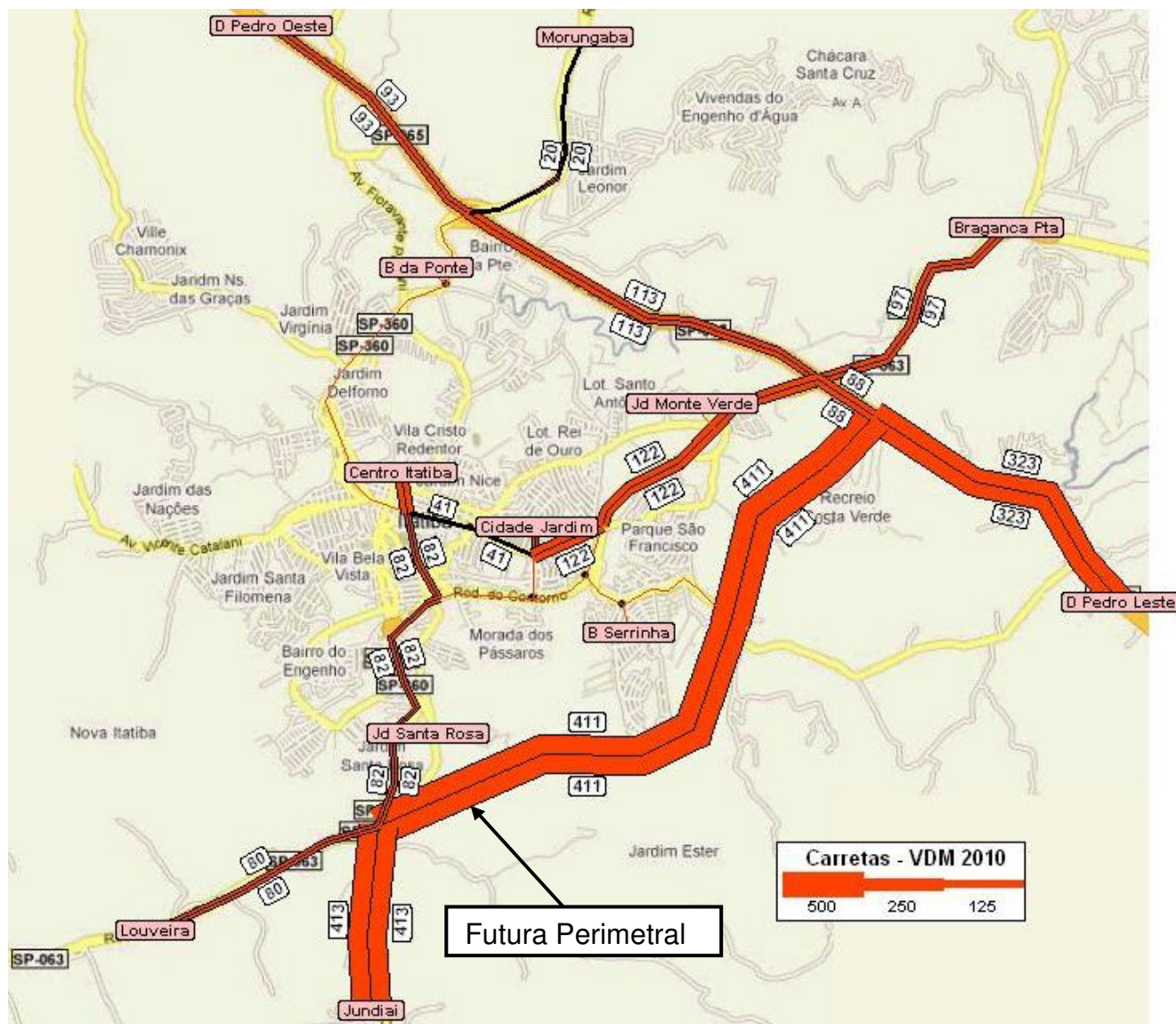


Figura 3.9: Fluxo de Carretas (VMD 2010) na Rede Proposta



3.4 Cálculo dos Fluxos de Projeto

Para a realização de estudos de capacidade e Nível de Serviço é necessária a determinação do fluxo da 50ª Hora maior volume de tráfego do ano. Este dado pode ser obtido diretamente se houver contagens ininterruptas no trecho estudado, formando um banco de dados de um ano completo.

Caso não houver uma estação contadora no trecho em estudo, pode-se utilizar o mesmo Fator K (relação entre 50ª Hora e VMD) de um trecho rodoviário próximo que possui contagem ininterrupta.

No caso do trecho em estudo, a SP 360 contribui com a maior parte do tráfego que utilizará a Via Perimetral de Itatiba. Assim, uma medida razoável para se determinar os fluxos de projeto no trecho em estudo seria aplicar o mesmo fator K da SP 360 sobre o VDM estimado para a futura Via Perimetral.

Entretanto, não há ainda um banco de contagem ininterrupta na SP 360 que permita identificar diretamente o Fator K, pois a Praça do km 77 ainda está em fase de implantação.

Pana a análise do Fator K da SP 360, forma feitas as seguintes considerações:

- As características da SP 360 demonstram predominância de viagens transversais à capital e tráfego de curta e média distância. Rodovias com tráfego desta natureza apresentam fatores K baixos de 7% a 10%, pois não há picos anuais que se sobressaem demasiadamente do tráfego dos dias úteis de semanas típicas.
- Rodovias que apresentam fatores K maiores, entre 10% e 20%, apresentam geralmente características rurais e tráfego radial (parte ou se dirige à capital). Nos casos de rodovias com fatores K acima de 15%, em geral o VDM é relativamente baixo, porém há um pico semanal nos domingos, sextas-feiras e vésperas de feriados que se sobressaem dos fluxos dos dias úteis;
- Em qualquer caso, a 50ª Hora ocorre geralmente numa semana típica do ano. Semanas atípicas com feridos prolongados costumam concentrar as horas de maior fluxo do ano, porém a 50ª Hora já se situa fora destes casos especiais;
- Para a análise de uma semana típica na SP 360, há disponibilidade de dados, pois foram realizadas contagens ininterruptas de uma semana completa no km 77, no mês de junho de 2008;
- A Figura 3.10 apresenta a variação do tráfego ao longo desta semana típica através da relação entre os fluxos horários equivalentes (leves + pesadosx2,0) e o VDM semanal. Nesta figura se observa que a SP 360 não apresenta um pico semanal acentuado, apenas picos diários bastante similares. Na semana observada, a máxima relação entre fluxo horário e VDM identificada foi de 8,5%. Ou seja, o pico semanal apresenta Fator K de 8,5%. Como os picos semanais representam fluxos horários bastante similares ao da 50ª Hora, pode-se dizer que o fator de 8,5% é próximo do fator k50 da rodovia;
- As informações disponíveis apontam, portanto, um fato K anual abaixo de 10% na rodovia. Porém, a favor da segurança, optou-se por utilizar um fator K mais alto, compatível com os estudos de tráfego realizados para dimensionamento da praça de pedágio do km 77. O fator K utilizado naquele estudo foi de 13%.

Assim, para a estimativa dos Fluxos de Projeto do presente estudo, foi adotado o Fator K de 13%. Este fator foi aplicado sobre o VDM da futura Via Perimetral, referente ao ano 2010.

A Tabela 3.5 apresenta os Fluxos de Projeto 2010 bidirecionais nas pistas principais da Via Perimetral de Itatiba. A Tabela 3.7 apresenta os Fluxos de Projeto nas Interseções em estudo, já considerando os efeitos de desvio de tráfego para a futura Via Perimetral.

Em relação às análises da interseção da Via Perimetral com a SP 065, o Fator K (relação entre 50ª Hora e VMD) utilizado para verificação das turbulências na SP 065 foi o da praça de pedágio

03-Itatiba na SP 065. As Tabelas 3.6a e 3.6b apresentam essa ordenação da praça de pedágio 03-Itatiba Norte e Sul.

O volume de tráfego total da interseção da Via Perimetral com a SP 065 (somando todos os movimentos) corresponde ao mesmo volume da Via Perimetral. A distribuição deste tráfego entre os sentidos da SP 065 (Atibaia e Campinas) foi feita com base nas Matrizes OD calculadas.

Figura 3.10: SP 360 km 77 – Tráfego entre 21/06/2008 e 27/06/2008
Variação do Fluxo Horário Equivalente em Relação ao VDM

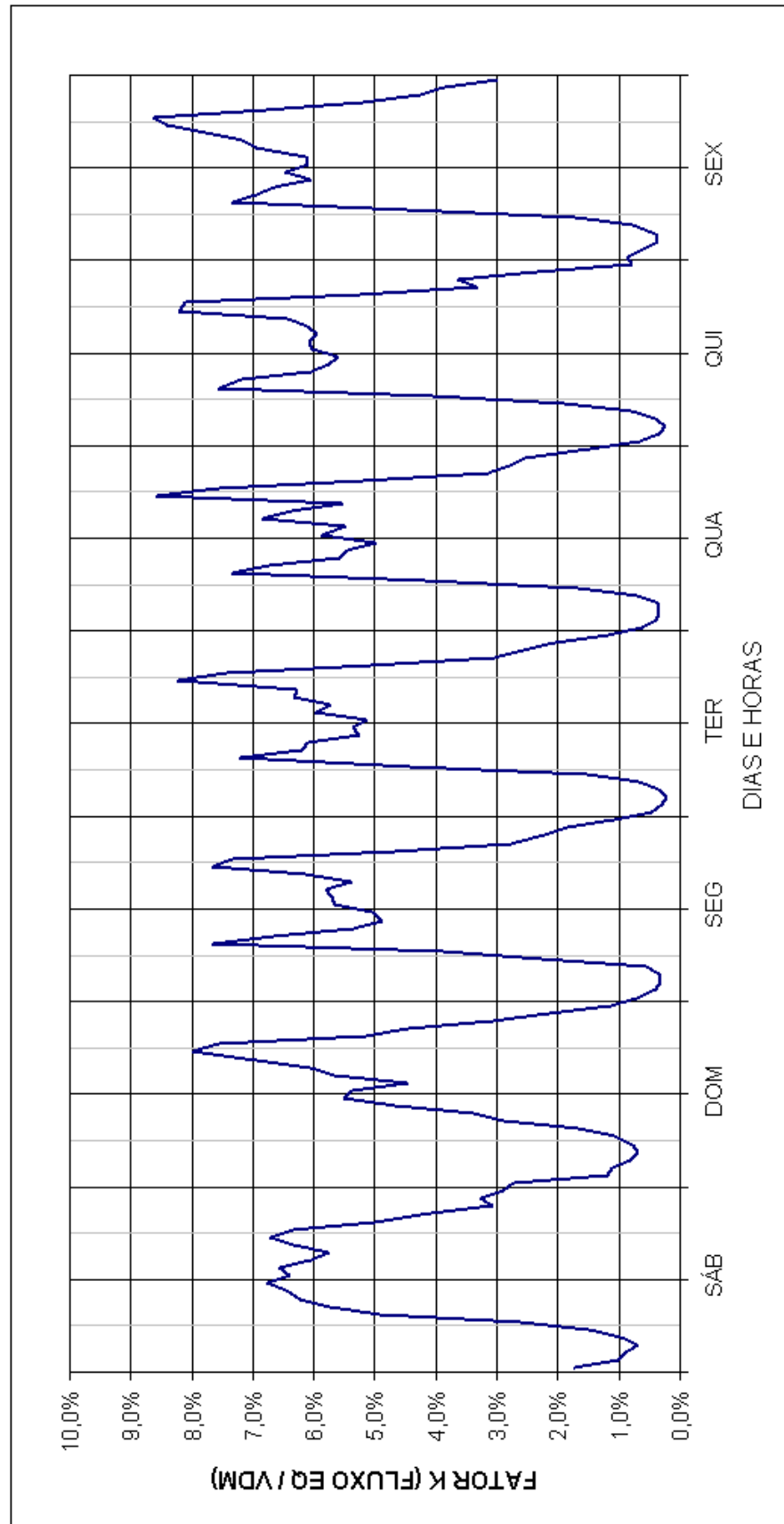


Tabela 3.5: Fluxos de Projeto da Via Perimetral de Itatiba – Ano 2010**Fluxos da Futura Via Perimetral**

Movimento	VDM		Fator K		Fluxos de Projeto			
	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Total	% de Pes
Bidirecional	6.908	2.494	13,0%	13,0%	898	324	1.222	27%

Tabela 3.6a: Fator K39 da Praça de Pedágio 03-Itatiba da SP 065 – Norte

Ordem	PRAÇA	SENTIDO	DATA	HORA	Passeio	Comercial	Eq
1	03 - ITATIBA	NORTE	8/12/2009	15	2.628	1.639	5.906
2	03 - ITATIBA	NORTE	8/12/2009	14	2.249	1.517	5.283
3	03 - ITATIBA	NORTE	11/12/2009	17	2.260	1.398	5.056
4	03 - ITATIBA	NORTE	6/11/2009	17	1.930	1.548	5.026
5	03 - ITATIBA	NORTE	6/11/2009	18	2.013	1.495	5.003
6	03 - ITATIBA	NORTE	18/12/2009	17	2.206	1.397	5.000
7	03 - ITATIBA	NORTE	30/10/2009	18	2.226	1.378	4.982
8	03 - ITATIBA	NORTE	22/1/2010	17	2.450	1.257	4.964
9	03 - ITATIBA	NORTE	8/12/2009	16	2.148	1.402	4.952
10	03 - ITATIBA	NORTE	21/1/2010	14	1.972	1.487	4.946
11	03 - ITATIBA	NORTE	30/10/2009	17	2.299	1.316	4.931
12	03 - ITATIBA	NORTE	8/12/2009	13	1.885	1.458	4.801
13	03 - ITATIBA	NORTE	22/1/2010	18	2.357	1.211	4.779
14	03 - ITATIBA	NORTE	10/12/2009	18	1.772	1.488	4.748
15	03 - ITATIBA	NORTE	29/1/2010	18	2.096	1.322	4.740
16	03 - ITATIBA	NORTE	23/10/2009	16	1.956	1.379	4.714
17	03 - ITATIBA	NORTE	5/2/2010	19	1.951	1.379	4.709
18	03 - ITATIBA	NORTE	11/12/2009	16	1.874	1.414	4.702
19	03 - ITATIBA	NORTE	12/2/2010	18	2.136	1.283	4.702
20	03 - ITATIBA	NORTE	4/12/2009	17	2.179	1.260	4.699
21	03 - ITATIBA	NORTE	4/12/2009	18	2.310	1.194	4.698
22	03 - ITATIBA	NORTE	8/12/2009	17	2.020	1.331	4.682
23	03 - ITATIBA	NORTE	15/1/2010	17	2.306	1.186	4.678
24	03 - ITATIBA	NORTE	18/12/2009	15	1.884	1.396	4.676
25	03 - ITATIBA	NORTE	22/10/2009	17	1.799	1.433	4.665
26	03 - ITATIBA	NORTE	8/12/2009	12	1.765	1.450	4.665
27	03 - ITATIBA	NORTE	12/2/2010	16	2.133	1.261	4.655
28	03 - ITATIBA	NORTE	18/12/2009	18	2.129	1.260	4.649
29	03 - ITATIBA	NORTE	23/10/2009	18	2.229	1.209	4.647
30	03 - ITATIBA	NORTE	13/11/2009	18	2.208	1.215	4.638
31	03 - ITATIBA	NORTE	26/2/2010	18	2.276	1.180	4.636
32	03 - ITATIBA	NORTE	30/10/2009	16	1.969	1.333	4.635
33	03 - ITATIBA	NORTE	21/1/2010	13	1.748	1.442	4.632
34	03 - ITATIBA	NORTE	18/11/2009	18	1.654	1.480	4.614
35	03 - ITATIBA	NORTE	24/2/2010	18	1.726	1.443	4.612
36	03 - ITATIBA	NORTE	23/12/2009	18	2.299	1.149	4.597
37	03 - ITATIBA	NORTE	19/11/2009	18	1.844	1.376	4.596
38	03 - ITATIBA	NORTE	20/1/2010	18	1.760	1.418	4.596
39	03 - ITATIBA	NORTE	22/1/2010	16	2.266	1.158	4.582

Total	5.927.076	4.147.128	14.221.332
VDM	20.870	14.603	50.075
39h	2.266	1.158	4.582
K39	10,9%	7,9%	9,2%

Osbs: A Hora 39 é referente ao banco de dados de 9 meses (mesma relação da Hora 50 para um banco de dados de 12 meses).

Tabela 3.6b: Fator K39 da Praça de Pedágio 03-Itatiba da SP 065 - Sul

Ordem	PRAÇA	SENTIDO	DATA	HORA	Passeio	Comercial	Eq
1	03 - ITATIBA	SUL	12/2/2010	15	3.536	1.167	5.870
2	03 - ITATIBA	SUL	12/2/2010	17	3.448	1.143	5.734
3	03 - ITATIBA	SUL	30/10/2009	16	3.254	1.239	5.732
4	03 - ITATIBA	SUL	12/2/2010	16	3.482	1.108	5.698
5	03 - ITATIBA	SUL	8/7/2010	19	2.965	1.365	5.695
6	03 - ITATIBA	SUL	12/2/2010	18	3.366	1.123	5.612
7	03 - ITATIBA	SUL	30/10/2009	18	3.316	1.148	5.612
8	03 - ITATIBA	SUL	30/10/2009	17	3.363	1.120	5.603
9	03 - ITATIBA	SUL	12/2/2010	19	3.346	1.097	5.540
10	03 - ITATIBA	SUL	19/11/2009	18	2.765	1.228	5.221
11	03 - ITATIBA	SUL	8/7/2010	17	2.731	1.236	5.203
12	03 - ITATIBA	SUL	30/10/2009	15	2.907	1.145	5.197
13	03 - ITATIBA	SUL	19/11/2009	19	2.602	1.290	5.182
14	03 - ITATIBA	SUL	19/11/2009	17	2.817	1.181	5.179
15	03 - ITATIBA	SUL	11/12/2009	19	2.435	1.309	5.053
16	03 - ITATIBA	SUL	11/12/2009	17	2.508	1.253	5.014
17	03 - ITATIBA	SUL	5/2/2010	18	2.647	1.180	5.007
18	03 - ITATIBA	SUL	19/11/2009	16	2.561	1.216	4.993
19	03 - ITATIBA	SUL	1/4/2010	15	2.941	1.018	4.977
20	03 - ITATIBA	SUL	1/4/2010	17	3.145	915	4.975
21	03 - ITATIBA	SUL	15/1/2010	17	2.534	1.208	4.950
22	03 - ITATIBA	SUL	4/12/2009	17	2.700	1.119	4.938
23	03 - ITATIBA	SUL	30/10/2009	14	2.641	1.147	4.935
24	03 - ITATIBA	SUL	18/12/2009	18	2.589	1.159	4.907
25	03 - ITATIBA	SUL	13/11/2009	17	2.591	1.157	4.905
26	03 - ITATIBA	SUL	1/4/2010	16	2.930	979	4.888
27	03 - ITATIBA	SUL	4/12/2009	19	2.486	1.197	4.880
28	03 - ITATIBA	SUL	18/12/2009	17	2.615	1.130	4.875
29	03 - ITATIBA	SUL	22/1/2010	18	2.644	1.101	4.846
30	03 - ITATIBA	SUL	18/12/2009	16	2.391	1.214	4.819
31	03 - ITATIBA	SUL	21/5/2010	17	2.475	1.170	4.815
32	03 - ITATIBA	SUL	27/11/2009	17	2.488	1.147	4.782
33	03 - ITATIBA	SUL	26/2/2010	18	2.420	1.170	4.760
34	03 - ITATIBA	SUL	1/4/2010	19	3.052	852	4.756
35	03 - ITATIBA	SUL	23/10/2009	17	2.522	1.107	4.736
36	03 - ITATIBA	SUL	23/10/2009	18	2.380	1.165	4.710
37	03 - ITATIBA	SUL	1/4/2010	18	2.925	892	4.709
38	03 - ITATIBA	SUL	6/11/2009	17	2.510	1.098	4.706
39	03 - ITATIBA	SUL	13/11/2009	18	2.452	1.121	4.694

Total	5.902.811	4.151.707	14.206.225
VDM	20.785	14.619	50.022
39h	2.452	1.121	4.694
K39	11,8%	7,7%	9,4%

Osbs: A Hora 39 é referente ao banco de dados de 9 meses (mesma relação da Hora 50 para um banco de dados de 12 meses).

Tabela 3.7: Interseções em Estudo – Fluxos de Projeto

Interseção da SP 360 com a SP 063

Movimentos	VDM Atual		VDM Após Perimetral		Fator K		Fluxos de Projeto			
	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Total	% de Pes
Jundiaí - Itatiba	5.578	1.152	5.904	453	13,0%	13,0%	768	59	826	7%
Jundiaí - Louveira	301	47	672	72	13,0%	13,0%	87	9	97	10%
Louveira - Jundiaí	309	52	332	27	13,0%	13,0%	43	4	47	8%
Louveira - Itatiba	4.024	755	199	5	13,0%	13,0%	26	1	27	2%
Itatiba - Louveira	4.271	795	97	0	13,0%	13,0%	13	0	13	0%
Itatiba - Jundiaí	5.437	968	5.513	361	13,0%	13,0%	717	47	764	6%
Itatiba - Perimetral			830	163	13,0%	13,0%	108	21	129	16%
Jundiaí - Perimetral			1.436	807	13,0%	13,0%	187	105	292	36%
Louveira - Perimetral			1.188	277	13,0%	13,0%	154	36	190	19%
Perimetral - Itatiba			337	66	13,0%	13,0%	44	9	52	16%
Perimetral - Jundiaí			2.177	947	13,0%	13,0%	283	123	406	30%
Perimetral - Louveira			940	235	13,0%	13,0%	122	31	153	20%

Interseção da SP 065 com a SP 063

Movimentos	VDM Atual		VDM Após Perimetral		Fator K		Fluxos de Projeto			
	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Total	% de Pes
Itatiba - Atibaia	3.152	1.030	1.383	127	13,0%	13,0%	180	17	196	8%
Atibaia - Itatiba	3.136	1.097	2.104	207	13,0%	13,0%	274	27	300	9%

Interseção da Via Perimetral com a SP 065

Movimentos	VDM Atual		VDM Após Perimetral		Fator K		Fluxos de Projeto			
	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Total	% de Pes
Perimetral - Campinas			2.736	469	13,0%	13,0%	356	61	417	15%
Perimetral - Atibaia			717	776	13,0%	13,0%	93	101	194	52%
Campinas - Perimetral			2.069	404	13,0%	13,0%	269	53	321	16%
Atibaia - Perimetral			1.384	844	13,0%	13,0%	180	110	290	38%

Fluxos Diretos na SP 065 - km 99

Movimentos	VDM		Fator K		Fluxos de Projeto			
	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Leves	Pesados	Total	% de Pes
Atibaia - Campinas	11.557	5.097	10,9%	7,9%	1.260	403	1.662	24%
Campinas - Atibaia	11.763	6.162	11,8%	7,7%	1.388	474	1.863	25%

3.5 Projeções

Os fluxos críticos foram projetados ao longo dos anos futuros em que a concessão da Rota das Bandeiras estará em vigor, à taxa anual uniforme de 2,5%.

Esta taxa pode ser considerada otimista e a favor da segurança em face ao crescimento médio do tráfego observado nas rodovias da região em períodos longos, como o período estabelecido para a concessão.

De fato, observando-se o crescimento do tráfego em um ano isolado, é possível que a taxa verificada seja superior a 2,5%. Entretanto, num período de vários anos, a manutenção de períodos de alto crescimento dificilmente se sustentaria, sendo muito mais provável a alternância de períodos

de maior crescimento com períodos de baixo crescimento, inclusive negativo, conforme demonstra o histórico da evolução do PIB no Brasil.

Diante deste cenário de instabilidade e incertezas em relação ao crescimento do tráfego, entende-se que a adoção da taxa de crescimento média de 2,5% é uma medida a favor da segurança para a análise do trecho em estudo nos anos futuros.

A Tabela 3.8 apresenta a projeção dos fluxos de interesse deste trabalho ao longo de todo o período de concessão.

Tabela 3.8: Projeção dos Fluxos de Projeto ao Longo do Período de Concessão

Fluxos da Via Perimetral

Movimento	2010	2013	2016	2019	2022	2025	2028	2031	2034	2037	2039	% de Pes.
Bidirecional	1.222	1.316	1.417	1.526	1.644	1.770	1.906	2.053	2.211	2.381	2.501	27%

Interseção da SP 360 com a SP 063

Movimentos	2010	2013	2016	2019	2022	2025	2028	2031	2034	2037	2039	% de Pes.
Jundiaí - Itatiba	826	890	958	1.032	1.111	1.197	1.289	1.388	1.495	1.610	1.691	7%
Jundiaí - Louveira	97	104	112	121	130	140	151	162	175	188	198	10%
Louveira - Jundiaí	47	50	54	58	63	68	73	78	84	91	96	8%
Louveira - Itatiba	27	29	31	33	36	38	41	45	48	52	54	2%
Itatiba - Louveira	13	14	15	16	17	18	20	21	23	25	26	0%
Itatiba - Jundiaí	764	822	886	954	1.027	1.106	1.191	1.283	1.381	1.487	1.563	6%
Itatiba - Perimetral	129	139	150	161	174	187	201	217	233	251	264	16%
Jundiaí - Perimetral	292	314	338	364	392	422	455	490	527	568	597	36%
Louveira - Perimetral	190	205	221	238	256	276	297	320	344	371	390	19%
Perimetral - Itatiba	52	56	61	65	70	76	82	88	95	102	107	16%
Perimetral - Jundiaí	406	437	471	507	546	588	633	682	735	791	831	30%
Perimetral - Louveira	153	164	177	191	205	221	238	257	276	298	313	20%

Interseção da SP 065 com a SP 063

Movimentos	2010	2013	2016	2019	2022	2025	2028	2031	2034	2037	2039	% de Pes.
Itatiba - Atibaia	196	211	228	245	264	284	306	330	355	382	402	8%
Atibaia - Itatiba	300	324	348	375	404	435	469	505	543	585	615	9%

Interseção da Via Perimetral com a SP 065

Movimentos	2010	2013	2016	2019	2022	2025	2028	2031	2034	2037	2039	% de Pes.
Perimetral - Campinas	417	449	483	520	560	603	650	700	754	812	853	15%
Perimetral - Atibaia	194	209	225	242	261	281	303	326	351	378	397	52%
Campinas - Perimetral	321	346	373	401	432	466	501	540	581	626	658	16%
Atibaia - Perimetral	290	312	336	362	390	419	452	486	524	564	593	38%

Fluxos Diretos na SP 065 - km 99

Movimentos	2010	2013	2016	2019	2022	2025	2028	2031	2034	2037	2039	% de Pes.
Atibaia - Campinas	1.662	1.790	1.928	2.076	2.236	2.408	2.593	2.792	3.007	3.238	3.402	24%
Campinas - Atibaia	1.863	2.006	2.160	2.326	2.505	2.697	2.905	3.128	3.369	3.628	3.811	25%

4 NÍVEL DE SERVIÇO NA PISTA PRINCIPAL DO PERIMETRAL

4.1 Conceito de Nível de Serviço

O Nível de Serviço é uma medida de desempenho empregada para se avaliar uma determinada rodovia ao longo de uma determinada seção. O Nível de Serviço está diretamente relacionado à fluidez do tráfego, a qual pode ser medida através de variáveis básicas como a velocidade do fluxo, a densidade e o tempo médio que os veículos mais rápidos permanecem em fila atrás de veículos mais lentos, aguardando uma oportunidade de ultrapassagem.

A escala de variação do Nível de Serviço pode atingir níveis de “A” a “F”. O Nível de Serviço “A” corresponde ao fluxo completamente livre, enquanto o Nível “F” corresponde ao fluxo completamente congestionado.

Os níveis intermediários correspondem a um determinado grau de fluidez, onde os Níveis “B”, “C” e “D” são considerados toleráveis. O Nível de Serviço “E” já é considerado sempre intolerável, correspondendo a condições instáveis, na iminência de ser atingido o fluxo completamente congestionado (Nível “F”).

O Nível de Serviço é medido sempre através do fluxo de uma determinada hora, ou em um período de 15 minutos correspondendo ao intervalo de maior fluxo da respectiva hora.

Para que a rodovia não mantenha capacidade ociosa, são considerados toleráveis congestionamentos nas horas de maiores fluxos do ano, como horários de pico durante feriados prolongados. Não fosse assim, as rodovias seriam dimensionadas para um fluxo intenso e atípico, e seriam subutilizadas ao longo de todo o ano.

Em geral, utiliza-se como base para a hora de projeto fluxos horários que variam entre a 30.^a e a 200.^a hora de maior volume de tráfego do ano. Para o presente trabalho, o contrato de concessão estabelece que a Hora de Projeto seja a 50.^a Hora de maior volume de tráfego do ano.

4.2 Aplicação da Análise de Nível de Serviço

A análise de Nível de Serviço pode ser empregada essencialmente para estas duas situações:

- Análise de Desempenho Operacional, e;
- Planejamento.

Na análise de desempenho operacional, o Nível de Serviço indica a atual qualidade do serviço oferecido por uma determinada rodovia ao longo de um determinado trecho. Tais análises são realizadas para verificar a possível saturação da rodovia.

A análise de Nível de Serviço realizada com fins de planejamento é utilizada normalmente para a programação de futuras intervenções de aumento de capacidade em uma determinada rodovia.

Com uma estimativa ou projeção do tráfego para um determinado horizonte de projeto, pode-se simular a operação da rodovia em anos futuros, programando-se, caso necessário, eventuais intervenções como implantação de faixa adicional ou duplicação. Além desta aplicação, a análise de Nível de Serviço também é utilizada para se determinar a capacidade ou o número de faixas de uma futura rodovia a ser projetada.

No caso do presente trabalho, a análise de Nível de Serviço foi utilizada para verificar, ao longo do período considerado, as prováveis necessidades de ampliações de capacidade no sistema e as respectivas épocas de implantação.

4.3 A Metodologia do HCM

A metodologia do HCM pode ser empregada para analisar trechos genéricos de rodovia (sucessão de aclives e declives, com muitos quilômetros de extensão), ou trechos menores, de forma mais detalhada.

Para a análise de trechos genéricos, o HCM 2000 propõe alguns critérios e definições que auxiliam na classificação do trecho de rodovia que será analisado:

- Terreno Plano: combinação de alinhamento horizontal e vertical que permita aos veículos pesados manter aproximadamente a mesma velocidade dos veículos leves. Isto geralmente ocorre quando há rampas curtas de não mais de 1% ou 2%.
- Terreno Ondulado: combinação de alinhamento horizontal e vertical que causa redução substancial na velocidade dos veículos pesados, porém não a ponto de atingirem velocidades abaixo de 30 km/h (crawl speeds) por muito tempo ou a intervalos freqüentes. Geralmente, isto inclui segmentos de extensão curta ou média, com inclinação não maior que 4%.
- Terreno Montanhoso: combinação de alinhamento horizontal e vertical que causa redução substancial na velocidade dos veículos pesados a ponto de atingirem velocidades abaixo de 30 km/h (crawl speeds) por muito tempo ou intervalos freqüentes. Geralmente, isto inclui segmentos de aclives longos, com inclinação superior a 4%.

De acordo com o tipo de perfil vertical da rodovia analisada, a classificação do terreno irá determinar o efeito da presença dos veículos pesados sobre a capacidade da rodovia.

A análise genérica tem a vantagem de proporcionar resultados rápidos e diretos, porém não representa com detalhes o Nível de Serviço em trechos específicos da rodovia.

Sabe-se que o Nível de Serviço em uma rodovia não é uniforme ao longo de um trecho extenso, uma vez que nos aclives, por exemplo, a velocidade dos caminhões reduz substancialmente, o que piora o Nível de Serviço.

Assim, a análise da rodovia em trechos menores e uniformes é considerada mais adequada para o cálculo do Nível de Serviço em uma determinada rodovia.

A divisão da rodovia em trechos uniformes é feita através da definição das Seções Básicas de Análises. Uma nova Seção Básica deve sempre ser definida quando variar:

- Perfil Vertical;
- Fluxo;
- Velocidade de Fluxo Livre.

A variação do fluxo é determinada pelas entradas e saídas da rodovia. No caso deste trabalho, como a Via Perimetral de Itatiba não apresenta interseções intermediárias, há apenas uma única seção de tráfego homogênea e, portanto, não há uma divisão de seções básicas em função da variação do tráfego.

O mesmo ocorre em relação à velocidade, pois todo o trecho analisado apresenta a mesma velocidade diretriz de 80km/h.

A divisão de seções básicas foi relacionada então apenas à variação do perfil vertical da rodovia. Para a identificação da variação do perfil vertical, o HCM recomenda que qualquer trecho com inclinação superior a 3% e extensão superior a 400m sejam tratados como Rampas Específicas.

No caso de análise de rodovias de pista simples, os trechos que não são enquadrados como Rampas Específicas são analisados bidirecionalmente, através de uma metodologia própria. No caso de pista dupla, cada sentido da rodovia é analisado separadamente, independente do tipo de terreno que o segmento em análise apresenta.

Tanto na análise de pista simples como pista dupla, é possível verificar a influência de faixas adicionais sobre o Nível de Serviço na rodovia. Isto permite diferenciar a análise de um segmento onde não existe faixa adicional de um trecho onde já existe a faixa, ou então verificar a magnitude do alívio que a implantação de uma terceira faixa teria sobre o trecho estudado.

4.4 Cálculo dos Níveis de Serviço

4.4.1 Premissas Básicas

A capacidade da futura Perimetral de Itatiba foi analisada preliminarmente considerando a rodovia com pista única, partindo-se do princípio de que, do ponto de vista técnico e econômico, a duplicação não é necessária quando a rodovia opera em níveis adequados com apenas uma pista de rolamento.

Entretanto, ao considerar o período longo de concessão, apenas uma pista não seria suficiente para acomodar a demanda futura de tráfego do trecho.

Assim, as análises de Níveis de Serviço foram realizadas testando-se a capacidade da rodovia por etapas, partindo de solução com pista única, a qual atende as exigências da rodovia ao longo de um determinado número de anos, e recomendando intervenções como implantação de terceiras faixas e duplicação somente nas épocas em que elas realmente sejam necessárias. O critério utilizado para verificar a época necessária de cada intervenção foi a saturação da rodovia em termos de capacidade.

4.4.2 Critérios para o aumento de capacidade na Rodovia

Implantação de Terceiras Faixas em Rampas Ascendentes

Recomendações recentes da ARTESP contidas nos documentos IP-00.000.000-0-A23_001 e IP-00.000.000-0-A24_001 citam algumas definições do “Green Book” da “AASHTO” e do “HCM”, as quais não se prendem apenas ao critério de manutenção de Nível de Serviço “D” para a operação adequada em rodovias de pista simples, principalmente nos trechos de rampas ascendentes.

De fato, em análises utilizando as versões de 1998 e de 2000 do “HCM”, o Nível de Serviço “E” somente é atingido num momento em que a operação das rampas já está bastante comprometida. Pode-se dizer que, na prática, a operação destas rampas já se torna inadequada antes de ser atingido o Nível “E”, quando as possibilidades de ultrapassagens já se tornam muito difíceis.

Segundo o “HCM-2000”, a operação de rodovias de pista simples em Nível de Serviço “D” é dada por “condições extremamente difíceis de ultrapassagem, em que a demanda de ultrapassagens é muito alta, enquanto a capacidade de ultrapassagem se aproxima do zero”. A operação em Nível “E”, por sua vez, já classifica as condições de ultrapassagem como “virtualmente impossíveis”.

Tendo isso em vista, a ARTESP recomenda a construção de faixas adicionais em rampas ascendentes de pista simples quando as seguintes condições forem ambas atendidas:

- a) O comprimento efetivo da rampa deve superar o comprimento crítico de rampa; ou seja, a rampa analisada deve apresentar comprimento e inclinação suficiente para que os veículos pesados sofram uma redução de velocidade de 15 km/h ou mais;
- b) Na hora de projeto, deve ser atingido o Nível de Serviço “D” ou pior, ou seja, deve ser atingido o nível “D” ou pior em cinquenta horas ou mais ao longo do ano;

A condição (a) procura determinar se a rampa analisada causa uma redução de velocidade tal que se justifique uma análise de implantação de faixa adicional. No caso de um trecho em que não seja atingido o comprimento crítico de rampa, os veículos pesados conseguirão manter praticamente as mesmas velocidades dos veículos leves, não se justificando a construção de uma faixa adicional.

No entanto, é importante verificar que a redução substancial da velocidade dos caminhões não justifica, por si só, a construção de uma faixa adicional. Em condições de tráfego moderado e visibilidade boa, os veículos lentos podem ser facilmente ultrapassados pela faixa do sentido oposto, não se justificando a implantação de uma faixa adicional.

Assim, a condição (b) engloba uma análise considerando o volume de tráfego envolvido e as condições físicas de ultrapassagem de cada rampa, além de outros parâmetros, determinando se a redução da velocidade dos veículos pesados ao longo do aclive prejudicará substancialmente a fluidez da rodovia. Esta análise é feita exatamente pelo cálculo do Nível de Serviço na rampa.

Caso a faixa adicional se revele necessária, o seu ponto de início e fim deve seguir a seguinte regra (no caso de rodovias com regulamentação de velocidade igual para veículos leves e pesados):

- A faixa adicional deve iniciar no ponto em que um caminhão pesado crítico de relação peso/potência de 180 kg/kw reduzir sua velocidade para 65 km/h (15 km/h abaixo da velocidade regulamentada). Caso seja proibida a ultrapassagem desde o início da rampa (ponto baixo), a faixa adicional deve iniciar nesse ponto.
- A faixa adicional deve terminar no ponto em que o mesmo caminhão crítico consiga retomar a velocidade de 65 km/h. Caso esta condição determine um comprimento excessivo de rampa, a faixa poderá terminar no ponto em que o caminhão retomar a velocidade de 60 km/h, desde que haja permissão de ultrapassagem adequada além deste ponto.

Duplicação ou Implantação de Multivia

As rodovias de pista simples apresentam saturação inicialmente nas rampas ascendentes, onde a inclinação da pista afeta significativamente a velocidade dos caminhões, causando a formação de pelotões quando as condições de ultrapassagem são restritas.

No entanto a implantação de terceiras faixas nestes segmentos de rampas prolonga a vida útil da rodovia por vários anos, pois o efeito negativo dos caminhões é praticamente eliminado.

Nos trechos planos, os caminhões operam essencialmente nas mesmas condições de velocidade dos veículos leves e, portanto, há uma capacidade muito maior. Inclusive nestes segmentos o Nível de Serviço “D” é tolerável, já que a demanda de ultrapassagens é muito menor em função da velocidade operacional semelhante de todos os veículos da corrente de tráfego.

Contudo, os trechos planos possuem também um determinado limite de capacidade. Quando este limite é excedido (Nível de Serviço “E”), tecnicamente não há benefícios práticos na implantação de mais faixas adicionais pontuais, pois o problema de falta de capacidade passa a ocorrer em todo o trecho, sendo que os pontos de afunilamento para faixa única causariam retenção a montante.

A solução menos onerosa para aumentar a capacidade da rodovia é implantar uma faixa adicional contínua em cada sentido da rodovia ao longo de toda a sua extensão, ou daquela seção de tráfego onde ocorre a saturação. Essa condição caracteriza a rodovia como Multivia, onde existem duas faixas de tráfego por sentido sem a separação por canteiro central ou barreira New Jersey.

Porém, a configuração de Multivia é empregada em apenas um número restrito de rodovias. O que se pratica na grande maioria de casos de saturação de pista simples é a construção da segunda pista, independente da existente e separada por canteiro central ou barreira.

Embora a duplicação seja mais onerosa, ela apresenta maior capacidade e maior segurança, e por isso é a solução empregada em maior escala para aumentar a capacidade de trechos de pista simples saturados.

4.4.3 Análise do Trecho como Pista Simples

Para a análise da rodovia na configuração de pista simples, foi realizado o seguinte procedimento:

- a) Inicialmente, a rodovia foi segmentada em Seções Básicas de Análise, conforme os critérios descritos no item anterior;
- b) De acordo com a classificação do trecho em termos de perfil vertical, foi feita a análise de Nível de Serviço com os fluxos apresentados nas Tabelas 3.5 e 3.8. O Software utilizado para as análises foi o HCS 2000;
- c) Os trechos classificados como “Plano” ou “Ondulado” foram analisados bidirecionalmente, de acordo com as recomendações do HCM 2000;
- d) Os trechos classificados como “Rampa” foram analisados no sentido ascendente;
- e) Nos trechos ascendentes onde os Níveis de Serviço se mostraram insatisfatórios (“D” ou pior), considerou-se a construção da terceira faixa e as análises prosseguiram para os anos seguintes contando com a existência destas faixas;

Os Parâmetros de cálculo foram os seguintes:

- Rodovia Classe I;
- Velocidade de Fluxo Livre de 80 km/h;
- Distribuição Direcional Crítica de 55%;
- Fator de Pico Horário de 0,88;
- Fator de Aptidão do Motorista de 1,0.

A Figura 4.1 apresenta o perfil vertical do trecho em estudo da Via Perimetral de Itatiba, destacando os trechos planos, ondulados e rampas específicas. Esta figura também apresenta a simulação do desempenho da velocidade de um caminhão típico ao longo do trecho, com relação peso/potência de 180kg/kw.

A Tabela 4.1 apresenta os cálculos de Níveis de Serviço realizados na Via Perimetral. Estas tabelas apresentam a segmentação da rodovia em Seções Básicas de Análise, as características de cada seção e os Níveis de Serviço para os anos de 2010 e 2024. Não foi feito o cálculo da rodovia de pista simples além do ano de 2024 pois nesta época todos parte dos trechos planos chegarão à saturação e a rodovia deverá ser duplicada. O item seguinte analisa a Via Perimetral de Itatiba com Pista Dupla ao longo de todo o período de concessão.

A Tabela 4.1 apresenta também a coluna “Ano Limite”, a qual indica o ano em que o segmento analisado estará saturado (Nível de Serviço passa de “C” para “D” nos trechos inclinados e de “D” para “E” nos trechos planos).

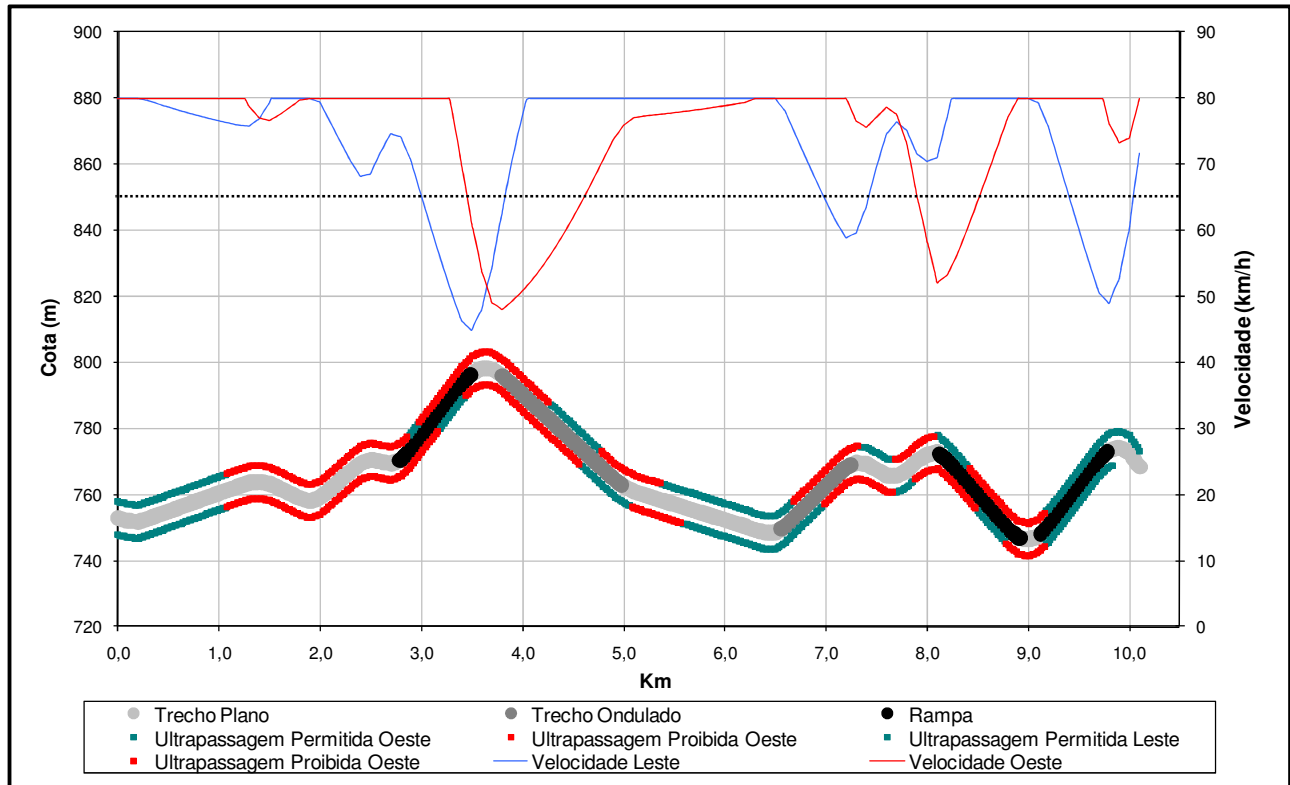
A Tabela 4.2 apresenta as faixas adicionais que deverão ser implantadas na Via Perimetral para que a rodovia apresente capacidade adequada para atender a demanda de tráfego ao longo de um determinado número de anos. Estas faixas foram determinadas de acordo com os critérios descritos no item 4.4.2, o desempenho de velocidade dos caminhões simulado na Figura 4.1 e os resultados das análises da Tabela 4.1.

Conforme se pode observar na Tabela 4.1, mesmo os trechos planos de maior capacidade operariam em Nível de Serviço “E”, logo na inauguração da Via Perimetral. Assim, verifica-se que a pista única não atenderá a demanda de tráfego da Via Perimetral, o que evidencia a necessidade de sua construção com duas pistas de rolamento.

Tabela 4.1: Cálculo de Nível de Serviço na Perimetral de Itatiba – Pista Simples

ANÁLISE DE NÍVEL DE SERVIÇO											
Trecho	Km		Extensão (km)	Inclinação Média	Terreno	Proibição de Ultrapassagem (%)	Volume de Tráfego 2010 - Total	% de PES	2010		Nível de Serviço
	Inicial	Final							ATS	PTSF	
1	0,0	2,8	2,78	0,6%	Plano	100%	1222	27%	59,3	77,1	E
2	2,8	3,5	0,72	3,7%	Rampa	100%	1222	27%	53,9	90,2	E
3	3,5	3,8	0,30	0,3%	Plano	100%	1222	27%	58,5	78,3	E
4	3,8	5,0	1,20	2,8%	Ondulado	100%	1222	27%	57,4	76,3	E
5	5,0	6,6	1,56	0,8%	Plano	100%	1222	27%	60,1	74,8	D
6	6,6	7,3	0,70	2,8%	Ondulado	100%	1222	27%	57,4	76,3	E
7	7,3	8,1	0,86	0,4%	Plano	100%	1222	27%	59,2	77,3	E
8	8,1	8,9	0,82	3,1%	Rampa	100%	1222	27%	57,0	88,0	E
9	8,9	9,1	0,18	0,8%	Plano	100%	1222	27%	58,5	78,3	E
10	9,1	9,8	0,68	3,7%	Rampa	100%	1222	27%	56,5	79,9	E
11	9,8	10,1	0,30	1,7%	Plano	100%	1222	27%	61,2	70,5	D

Figura 4.1: Perfil da Perimetral de Itatiba (km 0+000 ao km 10+000)



4.4.4 Análise do Trecho com Duas Pistas de Rolamento

Para o cálculo da rodovia com duas pistas de rolamento, foi realizado o seguinte procedimento:

- a) O trecho em estudo foi segmentado em seções básicas de análise, conforme apresentado na Figura 4.1;
- b) Com as características de cada seção, foi calculado um fator de equivalência de veículos pesados;
- c) Através destes fatores de equivalência e dos Fluxos de Projeto, foi feito o cálculo do Nível de Serviço para cada segmento, ao longo de todo o período de concessão (desde 2010 até 2039). As análises de Níveis de Serviço são apresentadas nas Tabelas 4.2 a 4.3;
- d) Os Fluxos de Projeto foram extraídos das Tabelas 3.5 e 3.8;
- e) Os Parâmetros de cálculo foram os seguintes:
 - Metodologia de Rodovia de Múltiplas Faixas;
 - Velocidade de Fluxo Livre de 80 km/h;
 - Distribuição Direcional Crítica de 55%;
 - Fator de Pico Horário de 0,9;
 - Fator de Aptidão do Motorista de 1,0.

Como se pode observar nas Tabelas 4.2 a 4.3, no caso da Via Perimetral contar com duas pistas de rolamento, os Níveis de Serviço não serão piores do que "C" na hora de projeto ao longo de todo o período de concessão.

Tabela 4.2: Cálculo de Nível de Serviço na Perimetral de Itatiba – Pista Leste

ANÁLISE DE NÍVEL DE SERVIÇO PISTA LESTE														
Trecho	Km		Cota (m)		Inclinação Média	Seção de Tráfego	Volume de Tráfego 2010		% de PES	ET (HCM 1998)	2010		2039	
	Inicial	Final	Inicial	Final			Leves	Pesados			pc/ph/pl	Nível de Serviço	pc/ph/pl	Nível de Serviço
1	0,00	2,02	752,78	759,56	0,3%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
2	2,02	2,48	759,56	770,37	2,4%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
3	2,48	2,78	770,37	770,33	0,0%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
4	2,78	3,50	770,33	796,81	3,7%	1	494	178	27%	2,2	507	A	1038	C
5	3,50	3,80	796,81	795,97	-0,3%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
6	3,80	5,00	795,97	762,48	-2,8%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
7	5,00	6,56	762,48	749,71	-0,8%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
8	6,56	7,26	749,71	769,11	2,8%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
9	7,26	8,12	769,11	772,33	0,4%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
10	8,12	8,94	772,33	746,68	-3,1%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
11	8,94	9,12	746,68	748,07	0,8%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C
12	9,12	9,80	748,07	773,43	3,7%	1	494	178	27%	2,2	507	A	1038	C
13	9,80	10,10	773,43	768,27	-1,7%	1	494	178	27%	1,5	435	A	889	C

* Velocidade de fluxo livre = 80 km/h

* 2 faixas de rolamento em cada pista

Tabela 4.3: Cálculo de Nível de Serviço na Perimetral de Itatiba – Pista Oeste

ANÁLISE DE NÍVEL DE SERVIÇO PISTA OESTE														
Trecho	Km		Cota (m)		Inclinação Média	Seção de Tráfego	Volume de Tráfego 2010			% de PES	ET (HCM 1998)	2010		2039
	Inicial	Final	Inicial	Final			Leves	Pesados	Total			pc/ph/pl	Nível de Serviço	
1	0,00	2,02	752,78	759,56	-0,3%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
2	2,02	2,48	759,56	770,37	-2,4%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
3	2,48	2,78	770,37	770,33	0,0%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
4	2,78	3,50	770,33	796,81	-3,7%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
5	3,50	3,80	796,81	795,97	0,3%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
6	3,80	5,00	795,97	762,48	2,8%	1	494	178	672	27%	1,9	476	A	973 C
7	5,00	6,56	762,48	749,71	0,8%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
8	6,56	7,26	749,71	769,11	-2,8%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
9	7,26	8,12	769,11	772,33	-0,4%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
10	8,12	8,94	772,33	746,68	3,1%	1	494	178	672	27%	2,2	507	A	1038 C
11	8,94	9,12	746,68	748,07	-0,8%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
12	9,12	9,80	748,07	773,43	-3,7%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C
13	9,80	10,10	773,43	768,27	1,7%	1	494	178	672	27%	1,5	435	A	889 C

* Velocidade de fluxo livre = 80 km/h

* 2 faixas de rolamento em cada pista

5 ANÁLISE DE NÍVEL DE SERVIÇO NAS INTERSEÇÕES

5.1 Necessidade de Reformulação e Implantação de Interseções

Em função da implantação da futura Perimetral de Itatiba, será necessária a reformulação ou implantação de duas interseções, as quais farão a conexão da perimetral com o sistema viário existente. Estas interseções são as seguintes:

- Interseção do km 81+500 da SP 360: Dispositivo existente que promove o entroncamento da SP 063 com a SP 360. Deverá ser reformulado para contemplar o acesso à futura Via Perimetral de Itatiba;
- Interseção da Via Perimetral com a SP 065: Trata-se de um novo dispositivo, o qual distribuirá o tráfego da Via perimetral para as Pistas Leste e Oeste da Rodovia Dom Pedro I (SP 065).

5.2 Metodologia de Análise de Desempenho em Interseções

5.2.1 Premissas Básicas

Para a análise de desempenho de uma interseção, é necessário considerar igualmente os aspectos da acessibilidade, segurança e fluidez do tráfego.

Acessibilidade

A questão da acessibilidade é simples de ser verificada em um dispositivo. Caso existam acessos locais nos arredores da interseção, é importante que esta permita através de seus ramos os acessos às propriedades, ruas e avenidas locais.

Embora a acessibilidade seja uma premissa básica e simples de ser compreendida, ela muitas vezes não é atendida de forma correta em um projeto devido à existência de dificuldades de implantação, custos ou mesmo negligência por parte dos projetistas.

Assim, para que o dispositivo seja adequado em termos gerais, é importante primeiramente que ele atenda uma de suas principais funções que é o acesso às vias e propriedades locais.

Segurança

Mesmo nas interseções em desnível, a questão da segurança é de extrema importância, pois ainda ocorrem cruzamentos em nível nas aproximações dos viadutos ou outros tipos de conflitos como entrelaçamentos, convergências e divergências. Assim, para que seja garantido um nível de segurança adequado em uma interseção, devem ser considerados os seguintes itens:

- Sinalização;
- Familiaridade dos motoristas com a geometria;
- Ramos com geometria apropriada;
- Abrigo para esperas de travessia nos cruzamentos em nível;
- Visibilidade;
- Fluidez.

Como se observa, os requisitos de segurança de uma interseção estão ligados principalmente a sua geometria, mas também existe uma relação quanto o aspecto da fluidez. Ainda que os cinco primeiros requisitos sejam respeitados, se a capacidade for inadequada, haverá problemas na interseção. De fato, se o tempo de espera for excessivo, os motoristas poderão executar manobras imprudentes, comprometendo a segurança no local.

As características de acessibilidade e segurança devem ser analisadas de forma qualitativa, verificando se o dispositivo respeita os requisitos mencionados.

Fluidez

Quanto ao aspecto da fluidez do tráfego, uma interseção pode ter seu desempenho analisado através do cálculo de Nível de Serviço.

De forma geral, os dispositivos recomendados neste trabalho seguiram as seguintes premissas:

- Completa acessibilidade local;
- Configuração usual e familiar ao motorista.

Questões mais específicas de sinalização, geometria de ramos e abrigos em travessias devem ser tratadas no projeto funcional, seguindo as premissas básicas de segurança.

Com relação à fluidez, coube ao estudo de tráfego analisar se a capacidade dos dispositivos apresentados será suficiente para a acomodação do tráfego com os níveis mínimos de desempenho exigidos pela ARTESP.

5.2.2 Principais Conflitos que Afetam a Fluidez do Tráfego

Mesmo que as interseções em análise sejam desniveladas, ainda ocorrem pontos de conflitos de veículos que causam filas de espera ou a diminuição das velocidades. Estes conflitos são:

- Cruzamentos em Nível;
- Convergências e Divergências;
- Entrelaçamentos.

Esses são na verdade os pontos críticos das interseções em termos de fluidez, portanto nesses locais devem ser realizadas as análises de Níveis de Serviço. Ao garantir que a fluidez seja satisfatória nos principais pontos de conflito, o analista estará garantindo a fluidez adequada em todo o dispositivo.

Os itens seguintes detalham o conceito e a metodologia de análise dos principais pontos de conflito em interseções.

5.2.3 Pontos de Convergência e Divergência

Nas junções dos ramos de entrada e saída da interseção com as pistas principais da SP 360 ocorrem os conflitos de convergência e divergência.

Sob condições de tráfego leve ou moderado, estes conflitos geralmente não causam problemas, apresentando bons Níveis de Serviço em rodovias de pista simples e rodovias de pista dupla. Porém, no caso presente, é importante verificar, através de cálculos, o Nível de Serviço destes conflitos junto à SP 360, tendo em vista o fluxo de projeto verificado nos movimentos diretos da rodovia.

Para a análise do Nível de Serviço nos pontos de convergência e divergência, foi utilizado o software HCS 2000 5.1, que se baseia nos métodos de cálculo do Highway Capacity Manual 2000.

5.2.4 Cruzamentos em Nível

Os principais cruzamentos em nível que ocorrem nas interseções são cruzamentos em “X”, os cruzamentos em “T” e os cruzamentos através de rotatórias. Todos estes conflitos têm a mesma característica de formar filas de espera para a travessia. Destes, a rotatória apresenta vantagens em termos de fluidez e segurança, porém necessariamente ocupa uma área maior.

Quando os fluxos são rarefeitos e não há disponibilidade de espaço e recursos, os cruzamentos em “X” são indicados. Quando os fluxos conflitantes são de ordem mais significativa, a rotatória ou a semaforização é mais indicada para coordenar os fluxos de maneira eficaz e segura.

A metodologia mais completa utilizada para a análise de rotatórias e cruzamentos é aquela preconizada pelo software SIDRA. Esse software calcula parâmetros de desempenho para interseções em nível, a partir da geometria proposta e dos fluxos envolvidos.

Os principais parâmetros de desempenho são:

- Nível de Serviço, calculado para cada entrada da interseção e em termos médios para todas as entradas;
- Tempo (intervalo entre o instante de chegada de cada veículo à interseção e o instante em que termina a travessia) médio para cada entrada da interseção e em termos médios para todas as entradas;
- Número máximo de veículos na fila (a 95% de probabilidade) em cada entrada da interseção e global para todas as entradas.

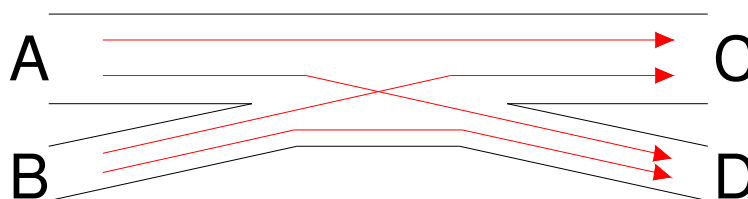
Mesmo no caso das interseções em desnível (em relação à rodovia SP 360), o SIDRA trata os demais cruzamentos em nível do dispositivo como interseções isoladas, e assim calcula os parâmetros de desempenho para cada ponto.

5.2.5 Entrelaçamentos

Os trechos de entrelaçamento ocorrem nas rodovias devido à distância limitada entre dois ramos de acesso adjacentes ou devido a junções de rodovias seguidas de bifurcações. Nestas áreas, veículos que entram em paralelo se conflitam ao trocarem de faixa de tráfego entre si ao longo de uma determinada distância.

Um exemplo comum de entrelaçamento pode ser observado na Figura 5.1.

Figura 5.1 – Exemplo Genérico de Entrelaçamento



Os movimentos A-D e B-C são os movimentos críticos do entrelaçamento, pois são aqueles que entram em conflito direto. Porém, os movimentos A-C e B-D também influenciam na análise, tendo em vista sua ocupação do espaço no trecho de entrelaçamento.

Os principais fatores que influenciam no Nível de Serviço de um entrelaçamento são:

- Volume de Tráfego: A medida que o fluxo cresce em áreas de entrelaçamento, aumenta a dificuldade do motorista em encontrar uma oportunidade para trocar de faixa, o que acarreta na diminuição da velocidade e do Nível de Serviço;
- Distância de Entrelaçamento: Uma longa distância de entrelaçamento permite aos motoristas melhor se adequarem ao trocar de faixas de tráfego sem a diminuição excessiva da velocidade;
- Número de Faixas: Faixas adicionais dispostas nas rodovias ao longo das regiões de entrelaçamento permitem que os veículos que não são conflitantes (A-C e B-D; Figura 5.1), permaneçam em faixas de tráfego exclusivas para os movimentos diretos, o que diminui a densidade de veículos e permite aos motoristas melhor se adequarem ao trocarem de faixas de tráfego;

- Tipo de Entrelaçamento: Alguns tipos de entrelaçamento obrigam os veículos a fazerem a mudança de duas ou mais faixas de tráfego ao longo de uma distância determinada, o que caracteriza uma situação mais crítica.

Os métodos usuais de cálculo para se avaliar o desempenho de áreas de entrelaçamentos são aqueles estabelecidos no Highway Capacity Manual (HCM).

No presente trabalho, para se avaliar o Nível de Serviço dos entrelaçamentos foi utilizado o software HCS 2000 versão 5.1, que se baseia nos métodos de cálculo do HCM 2000.

Os resultados detalhados das análises de Níveis de Serviço nas seções de entrelaçamento encontram-se no Anexo B deste relatório, na forma de folhas de saída do software HCS.

5.3 Análise das Interseções

5.3.1 Interseção com a SP 360 (km 81+500)

A Figura 5.2 apresenta a atual configuração da interseção do km 81+500 da SP 360, a qual será completamente reformulada para se adequar à implantação da futura Via Perimetral.

Como ponto de partida do projeto, a SP 360 será desnivelada da SP 063, rodovia esta que terá o seu traçado prolongado, formando assim o traçado inicial da futura Via Perimetral.

A geometria proposta para a interseção é um trevo de quatro folhas, como apresentado na Figura 5.3. De acordo com a configuração proposta, os conflitos críticos do dispositivo serão compostos pelos entrelaçamentos e pelas junções de convergência e divergência dos ramos da interseção com as pistas principais das rodovias SP 063 e SP 360. Esses conflitos estão assinalados na Figura 5.3.

Os fluxos de projeto utilizados para a análise foram obtidos a partir das Tabelas 3.5 e 3.7, e estão apresentados de forma esquemática na Figura 5.4, em forma de Fluxo de Projeto referente ao ano de 2010.

As análises de Nível de Serviço para os entrelaçamentos estão apresentadas nas Figuras 5.5 a 5.8. As análises dos conflitos nas junções, de convergência e divergência, são apresentadas na Figura 5.9. Os resultados detalhados das análises se encontram no Anexo A deste relatório, no formato de folhas de saída do software HCS 2000.

A Figura 5.10 apresenta um resumo de todos os resultados das Análises dos Níveis de Serviço na interseção da Via Perimetral com a SP 360.

Como se pode observar nas Figuras 5.5 a 5.10, em termos de capacidade, não haverá problemas ao longo de todo o período de concessão, pois o dispositivo operará com Níveis de Serviço não piores que “D” no último ano da concessão (2039).

Figura 5.2: Interseção SP 360 km 81+500 – Configuração Atual



Figura 5.3: Interseção SP 360 km 81+500 – Configuração Proposta

Principais Conflitos na Interseção

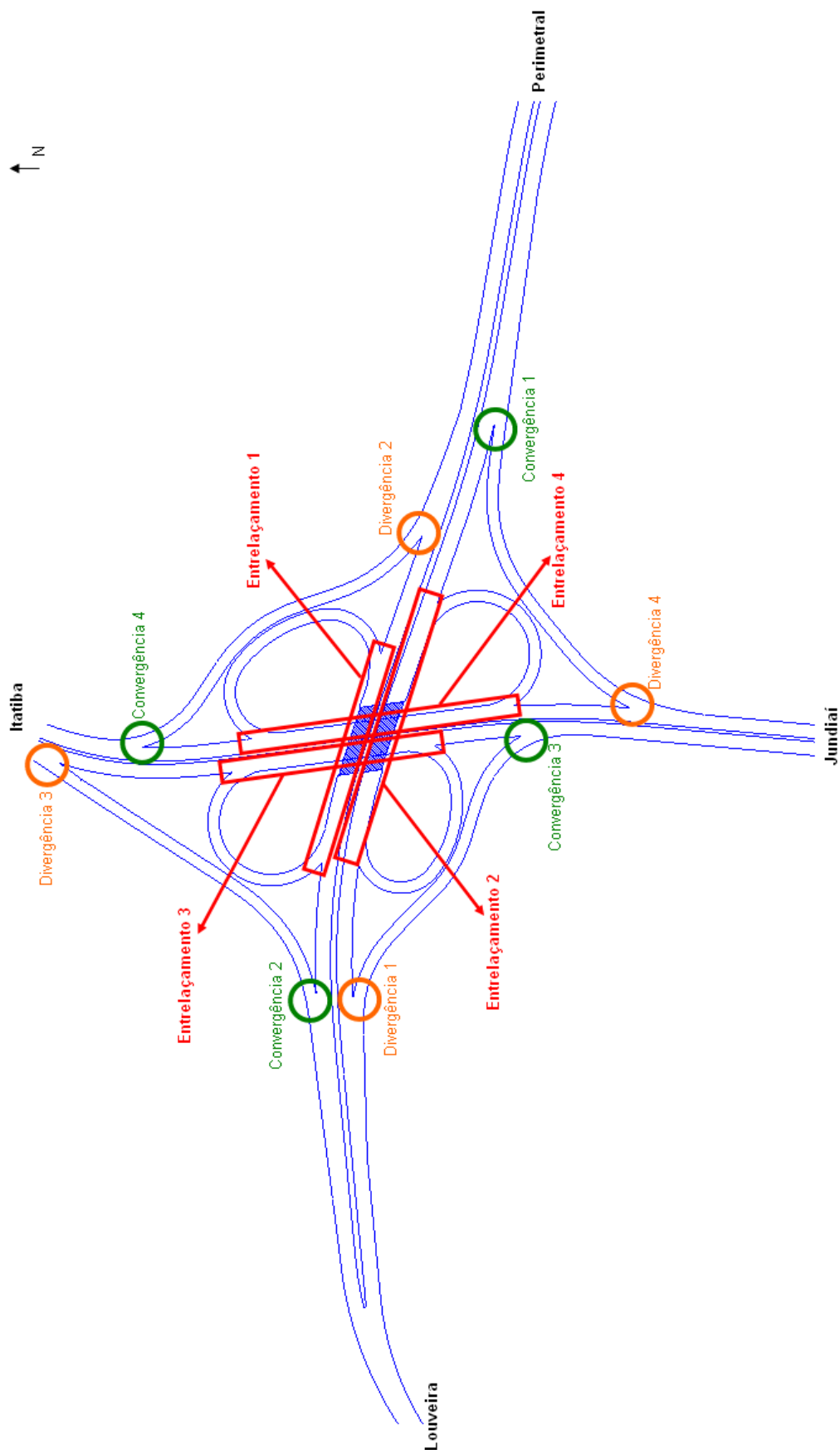


Figura 5.4: Fluxos de Projeto na Interseção SP 360 km 81+500 – 2010

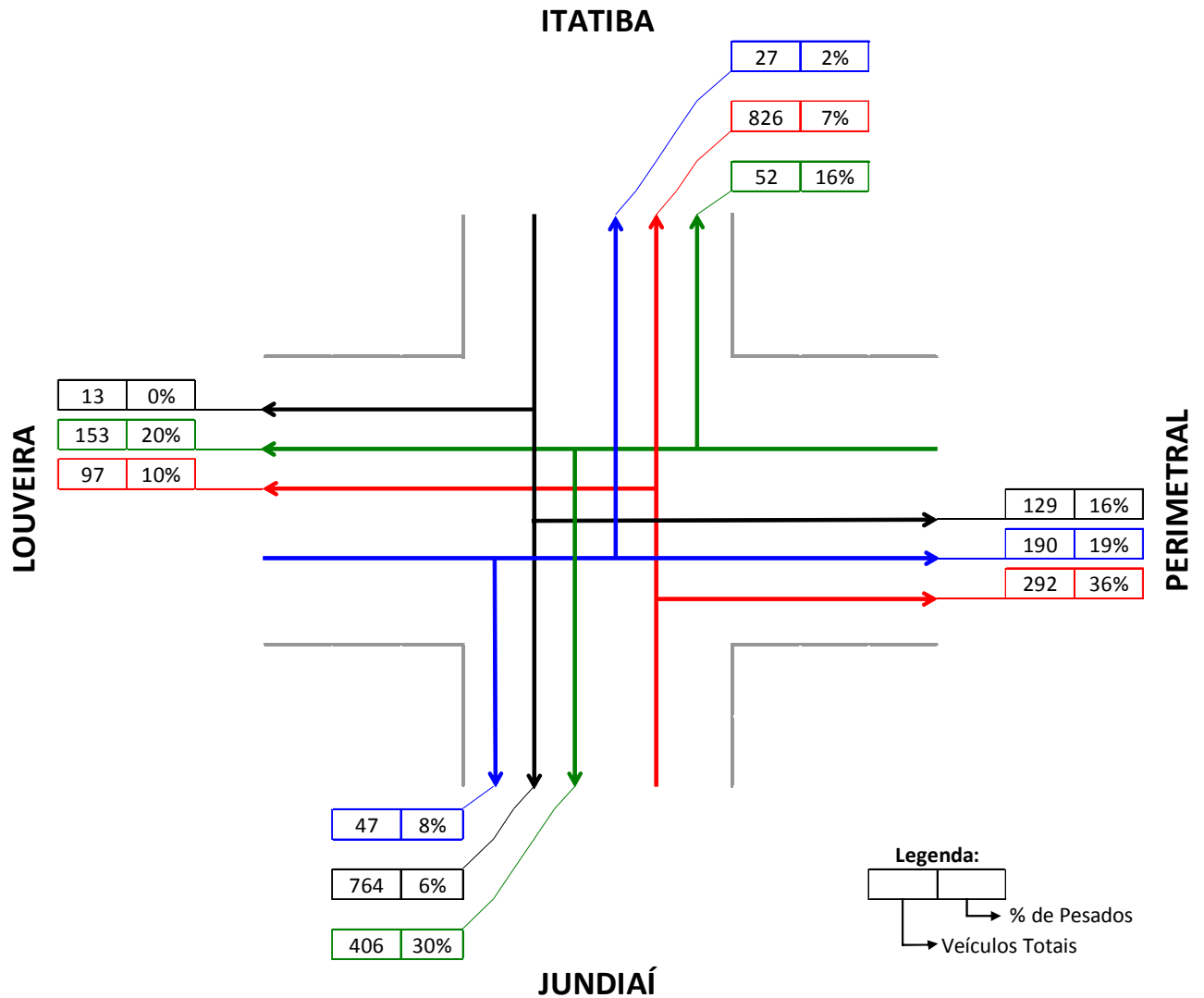
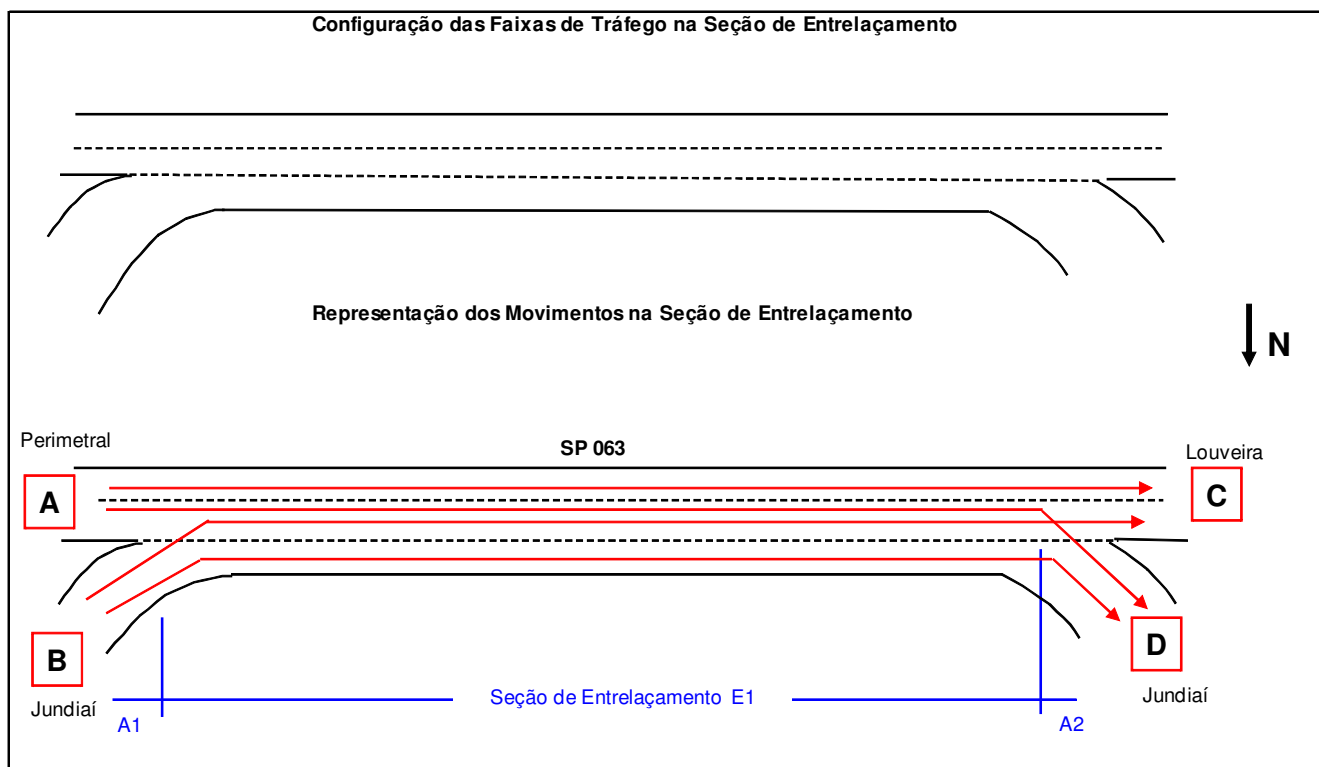
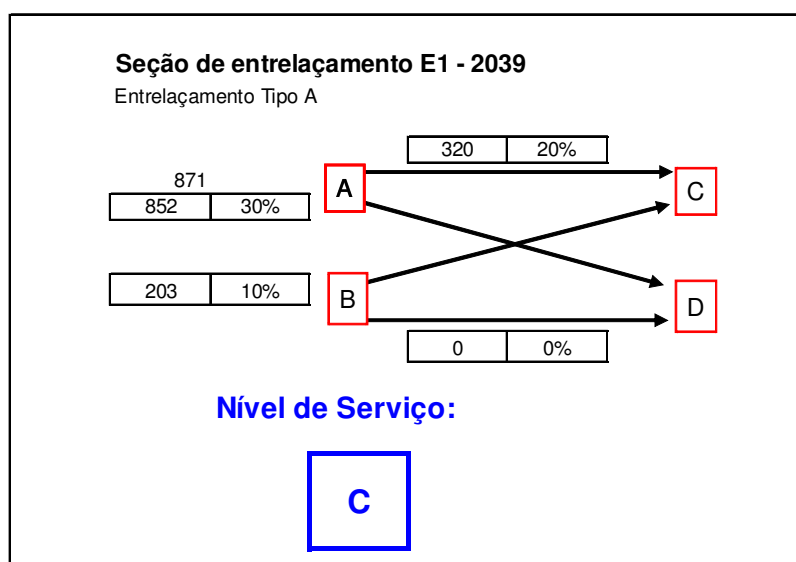


Figura 5.5: Interseção SP 360 km 81+500 – Análise do Entrelaçamento 1
Análise do Nível de Serviço para 2039



Distância A1 - A2 = 140 m

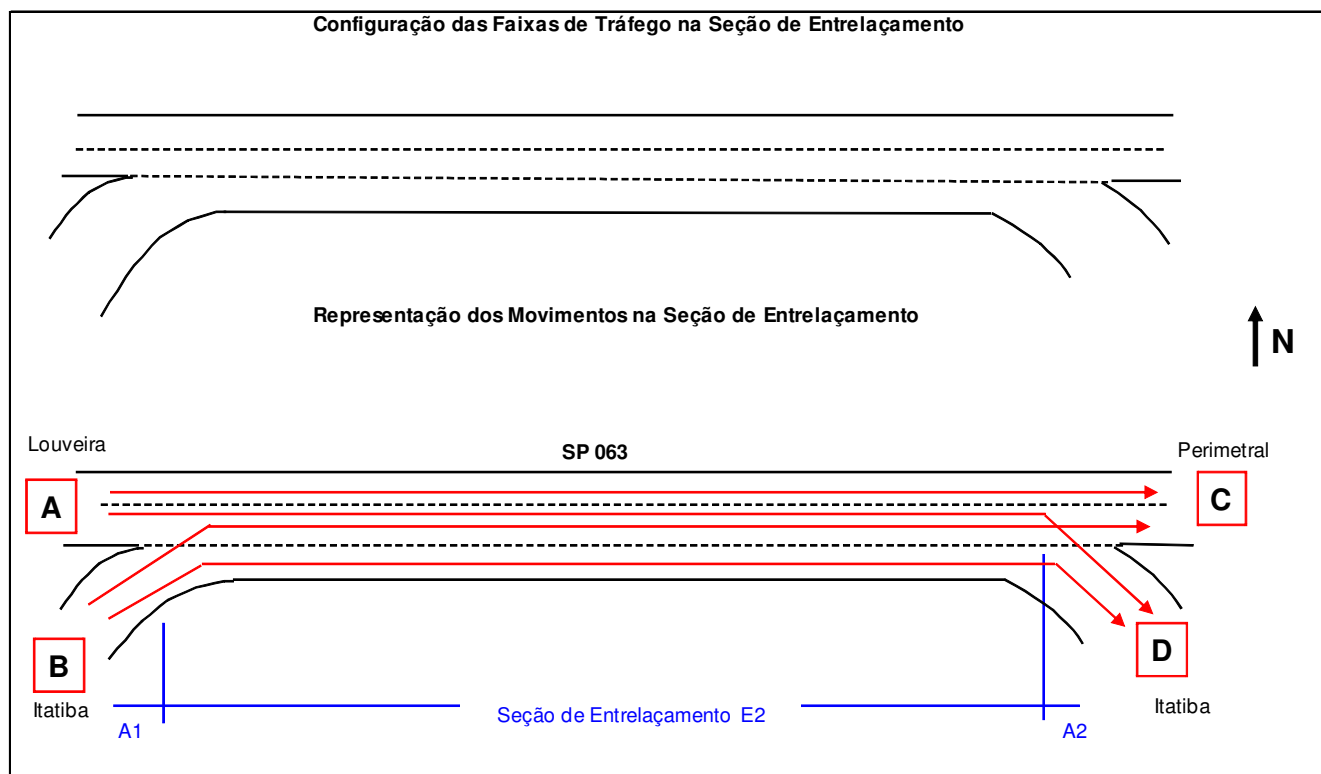
Número de Faixas de Entrelaçamento - 3



Legenda:

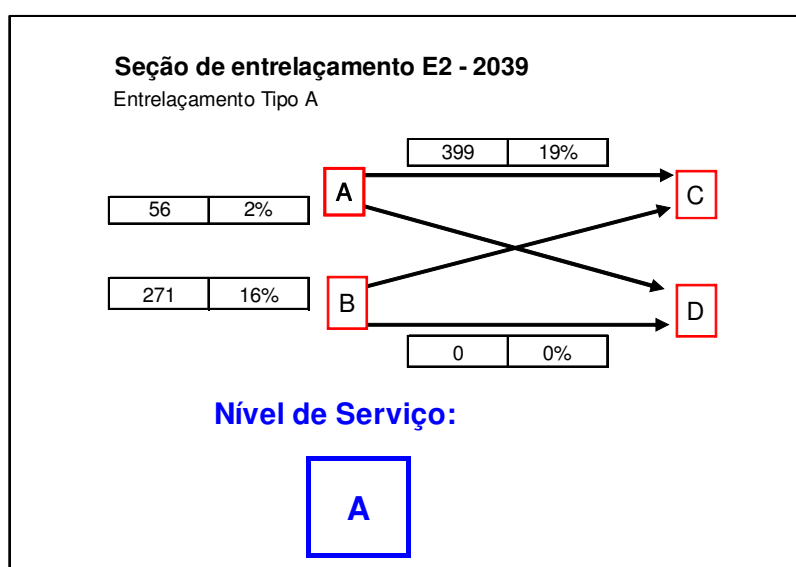
1	2	1	Fluxo de Projeto (Veículos Totais)
		2	Porcentagem de Pesados

Figura 5.6: Interseção SP 360 km 81+500 – Análise do Entrelaçamento 2
Análise do Nível de Serviço para 2039



Distância A1 - A2 = 195 m

Número de Faixas de Entrelaçamento - 3

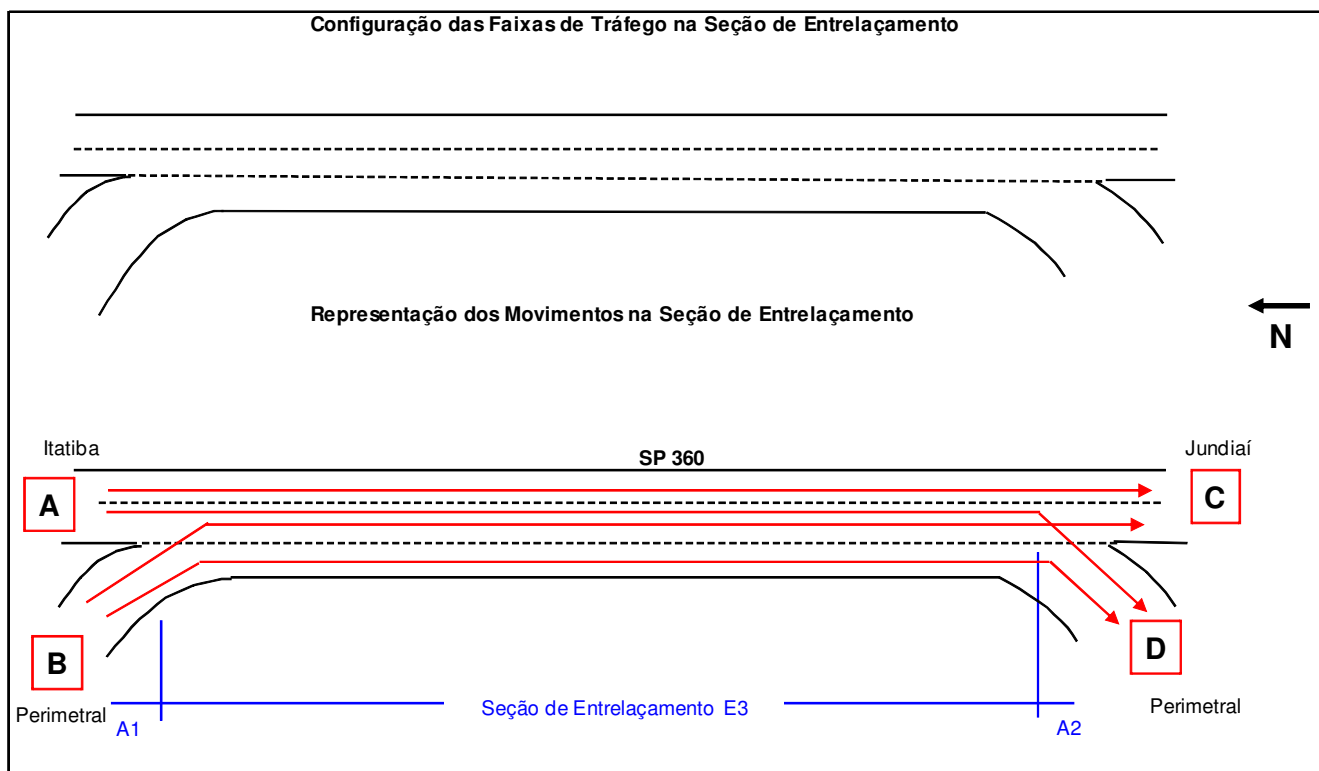


Legenda:

1	2
---	---

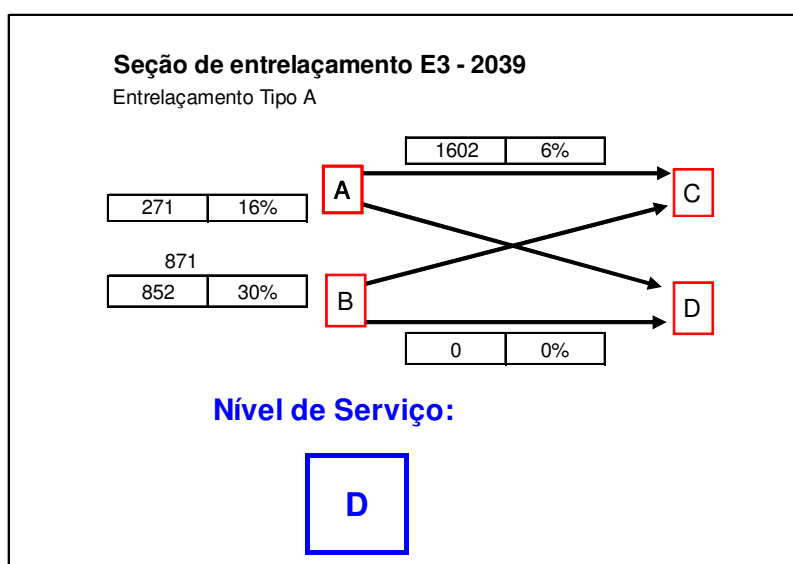
- 1 Fluxo de Projeto (Veículos Totais)
2 Porcentagem de Pesados

Figura 5.7: Interseção SP 360 km 81+500 – Análise do Entrelaçamento 3
Análise do Nível de Serviço para 2039



Distância A1 - A2 = 145 m

Número de Faixas de Entrelaçamento - 3

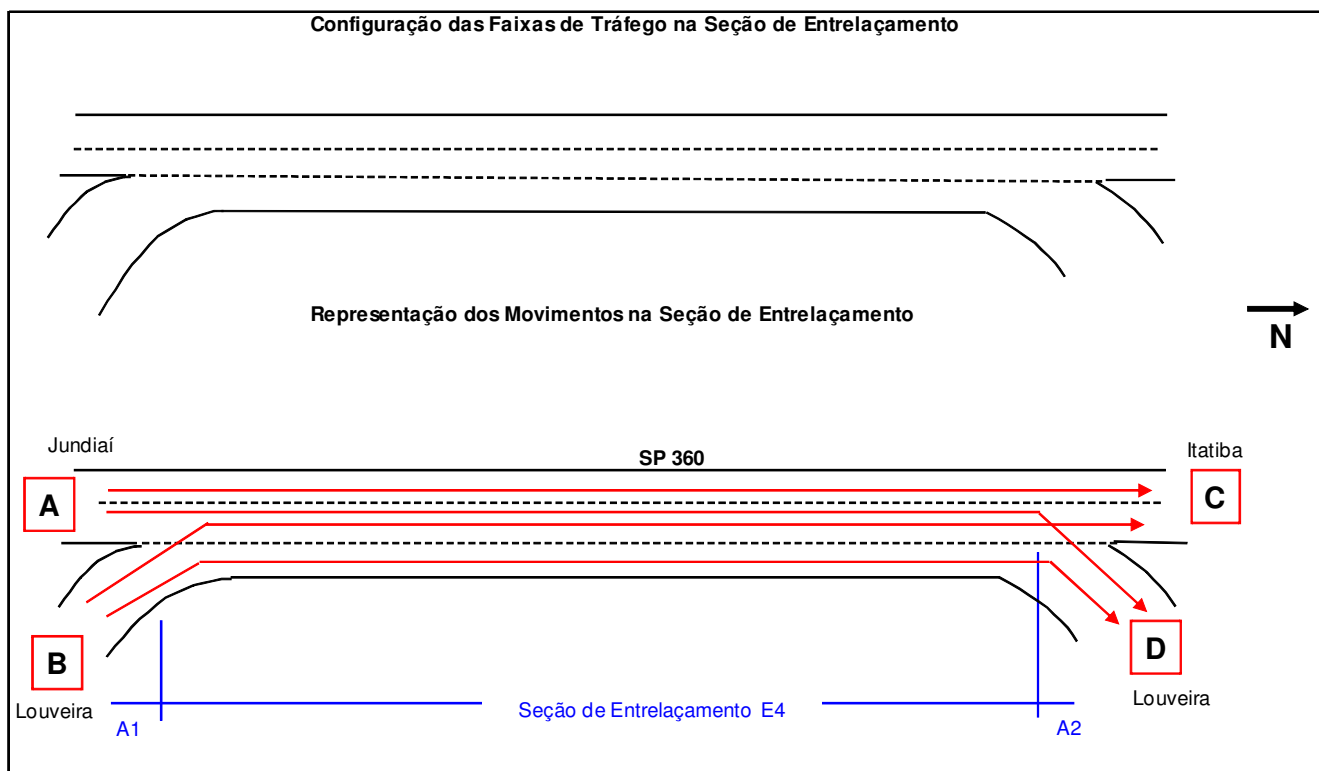


Legenda:

1	2
---	---

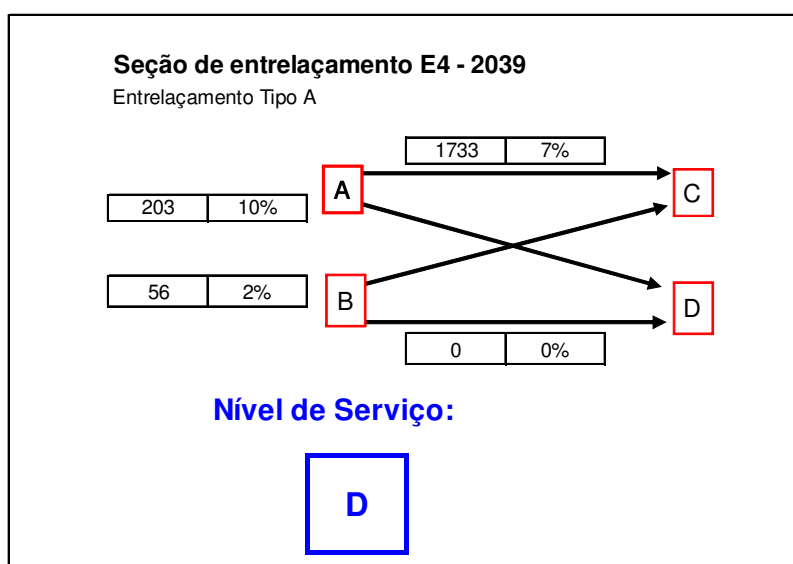
- 1 Fluxo de Projeto (Veículos Totais)
2 Porcentagem de Pesados

Figura 5.8: Interseção SP 360 km 81+500 – Análise do Entrelaçamento 4
Análise do Nível de Serviço para 2039



Distância A1 - A2 = 190 m

Número de Faixas de Entrelaçamento - 2



Legenda:

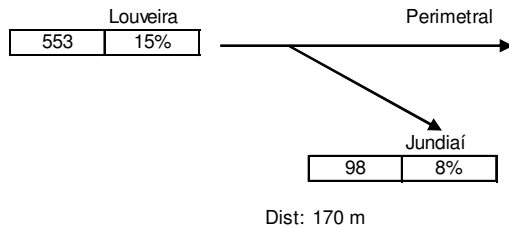
1	2
---	---

- 1 Fluxo de Projeto (Veículos Totais)
2 Porcentagem de Pesados

Figura 5.9: Interseção SP 360 km 81+500 – Análise de Convergências e Divergências

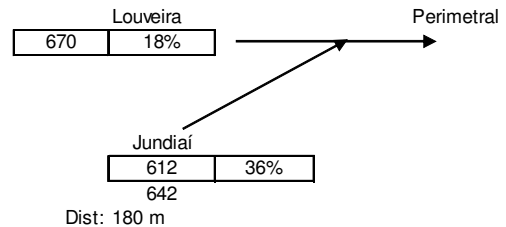
Análise do Nível de Serviço para 2039

Ponto de Divergência D1



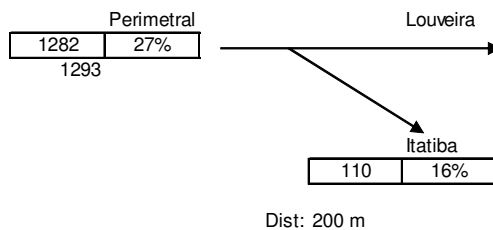
Nível de Serviço (2039): **A**

Ponto de Convergência C1



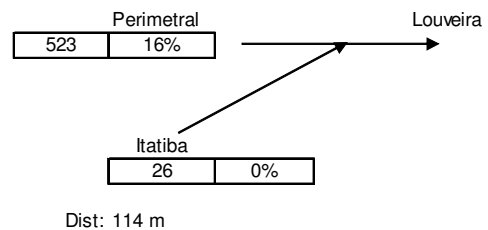
Nível de Serviço (2039): **B**

Ponto de Divergência D2



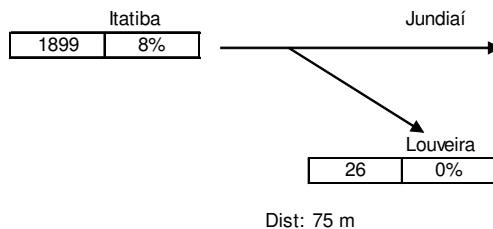
Nível de Serviço (2039): **B**

Ponto de Convergência C2



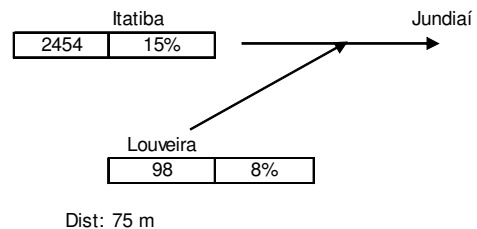
Nível de Serviço (2039): **A**

Ponto de Divergência D3



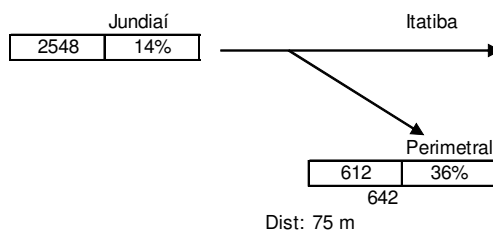
Nível de Serviço (2039): **C**

Ponto de Convergência C3



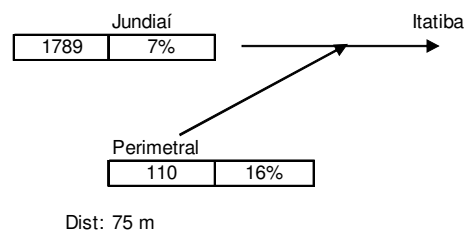
Nível de Serviço (2039): **D**

Ponto de Divergência D4



Nível de Serviço (2039): **D**

Ponto de Convergência C4



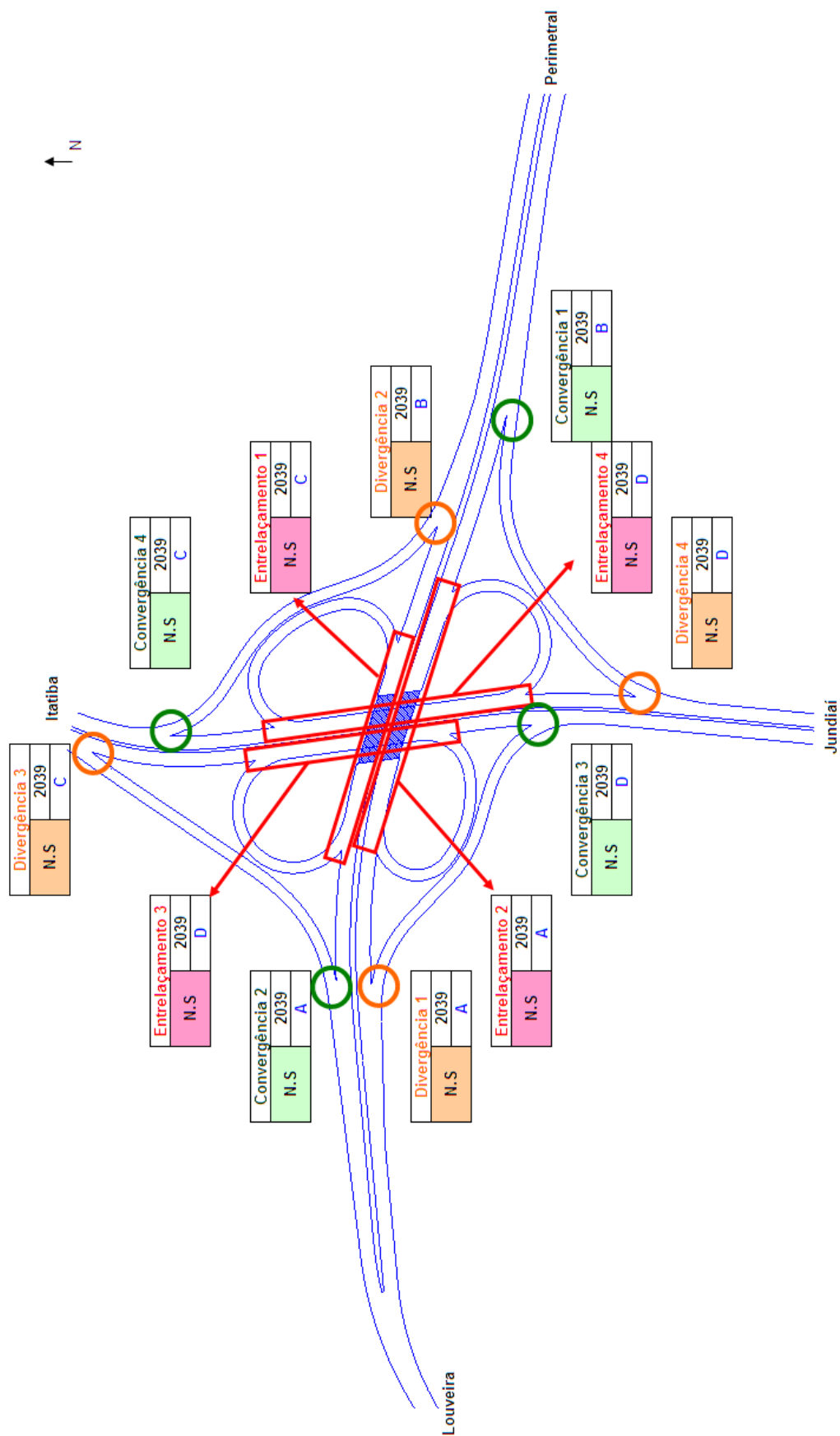
Nível de Serviço (2039): **C**

Legenda:

1	2
---	---

- 1 Fluxo de Projeto (Veículos Totais)
2 Porcentagem de Pesados

Figura 5.10: Interseção SP 360 km 81+500 – Configuração Proposta
Resultados das Análises de Nível de Serviço (Ano 2039)



5.3.2 Interseção com a SP 065

A Interseção da Perimetral de Itatiba com a SP 065 será concebida a partir de um novo dispositivo no formato de trombeta, conforme se pode observar na Figura 5.11.

Os pontos a serem analisados neste tipo de dispositivo são conflitos de convergência e divergência nas conexões dos ramos do dispositivo com as rodovias envolvidas.

Entretanto, analisando a interseção sob uma ótica mais abrangente, verifica-se que seus ramos de acesso à SP 065 estão relativamente próximos dos ramos de entrada e saída da interseção da SP 065 com a SP 063. Caso esta distância (entre narizes) seja inferior a 750m, é caracterizado um conflito de entrelaçamento na rodovia. Já distâncias superiores permitem que o tráfego se acomode de forma mais ordenada, diluindo essencialmente os efeitos do entrelaçamento. Nesse caso a rodovia opera com uma seção básica comum.

Segundo o projeto funcional, representado no croqui da Figura 5.12, a distância entre narizes na Pista Oeste da SP 065 é superior a 1000 metros, não havendo o entrelaçamento. Na pista Leste a distância é de cerca de 660 metros. Nesse caso, deve ser realizada a análise de entrelaçamento.

O entrelaçamento em questão e os conflitos de convergência e divergência da interseção estão assinalados na Figura 5.11.

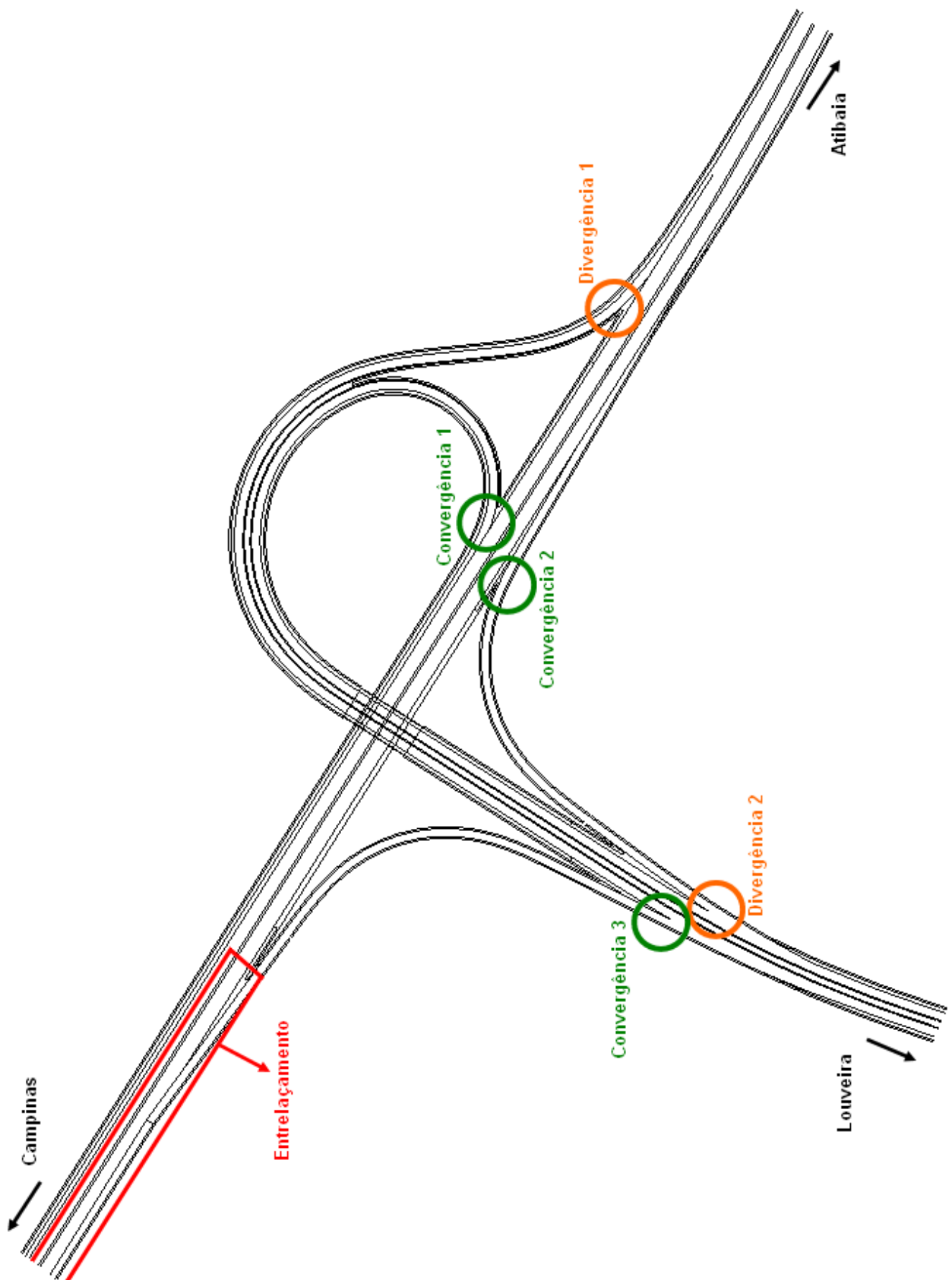
Os fluxos utilizados para os cálculos de Níveis de Serviço foram obtidos a partir das Tabelas 3.5 a 3.8, e estão apresentados em forma gráfica no croqui da Figura 5.13, no formato de fluxo de projeto referente ao ano de 2010.

A análise de Nível de Serviço para o entrelaçamento é apresentada na Figura 5.14. As análises dos conflitos nas junções de convergência e divergência são apresentadas na Figura 5.15. Os resultados detalhados das análises se encontram no Anexo A deste relatório, no formato de folhas de saída do software HCS 2000.

A Figura 5.16 apresenta um resumo de todos os resultados das Análises dos Níveis de Serviço.

Como se pode observar nas Figuras 5.14 a 5.16, em termos de capacidade, as Convergências e Divergências não terão problemas ao longo de todo o período de concessão, com Níveis de Serviço não piores que “D” no último ano da concessão (2039). Porém o Entrelaçamento terá Nível de Serviço adequado até o ano de 2029, depois desse período sugere-se observação no trecho.

Figura 5.11: Interseção da Perimetral com a SP 065 – Configuração Proposta



**Figura 5.12: Interseção da Perimetral com a SP 065
Efeito da Proximidade com a Interseção SP065 x SP063**

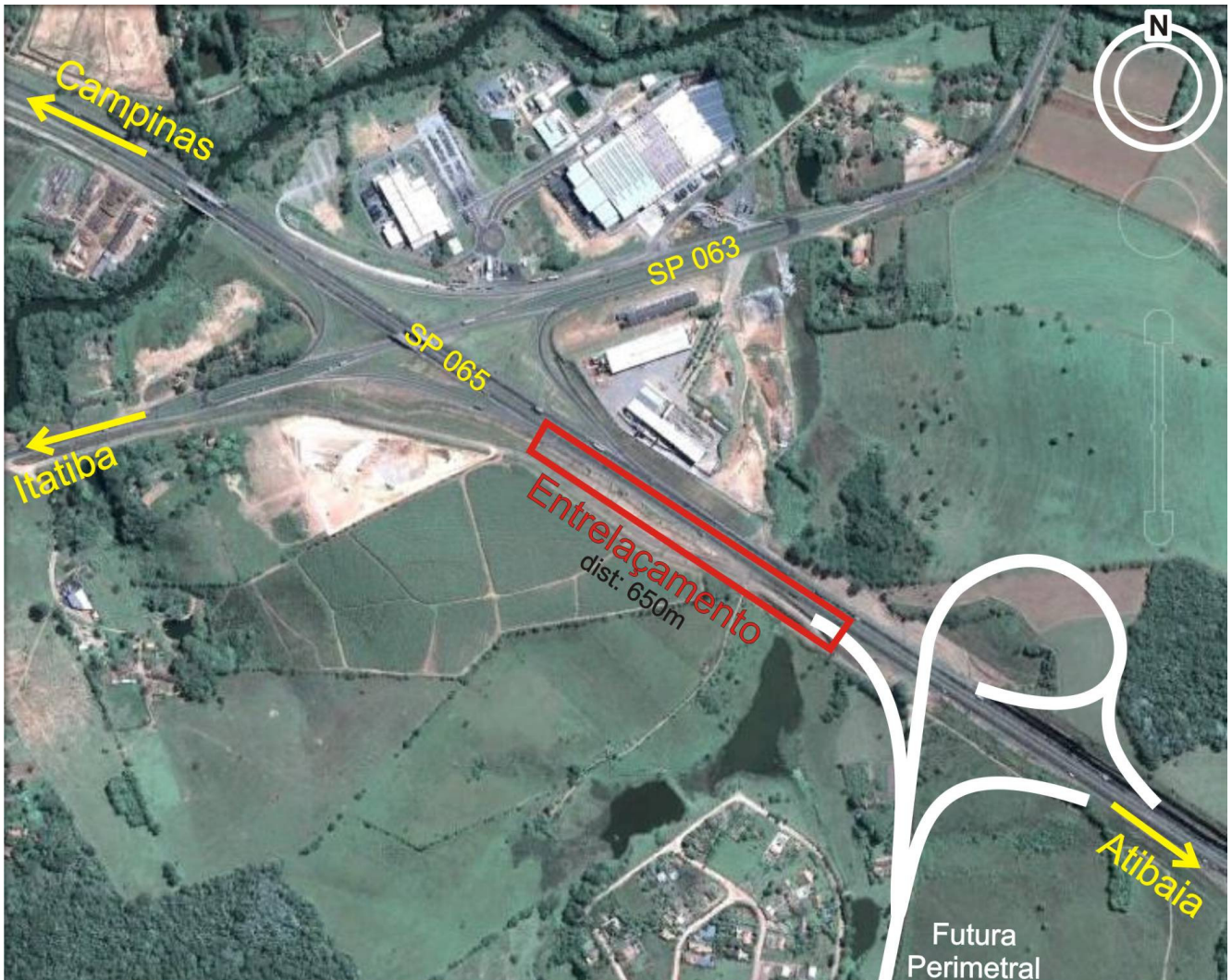


Figura 5.13: Fluxos de Projeto na Interseção da Perimetral com a SP 065 – 2010

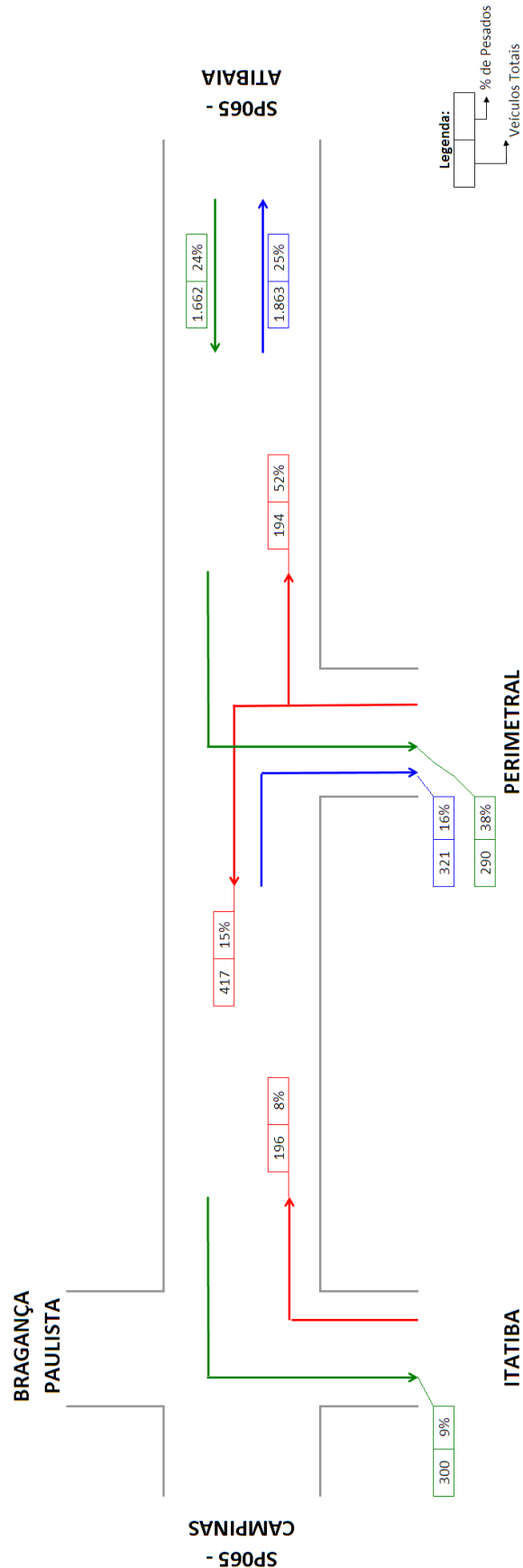
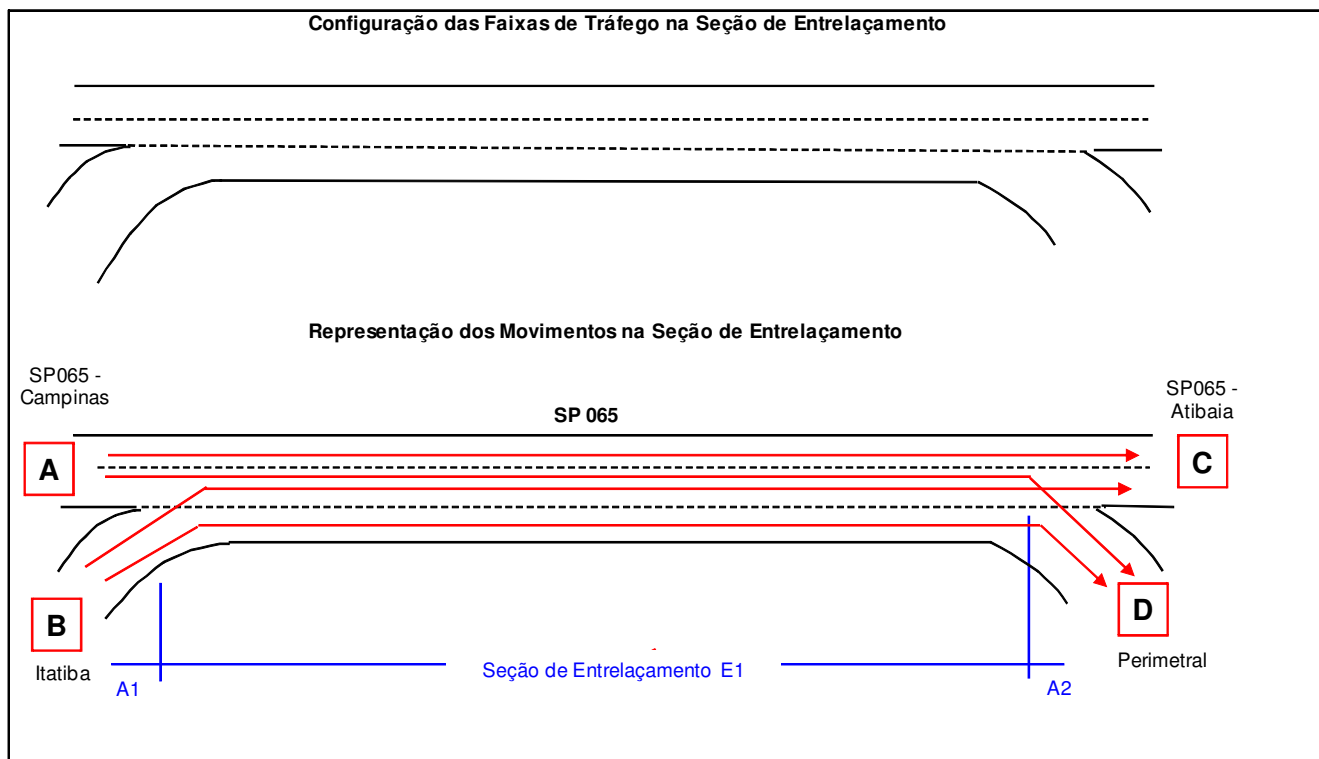


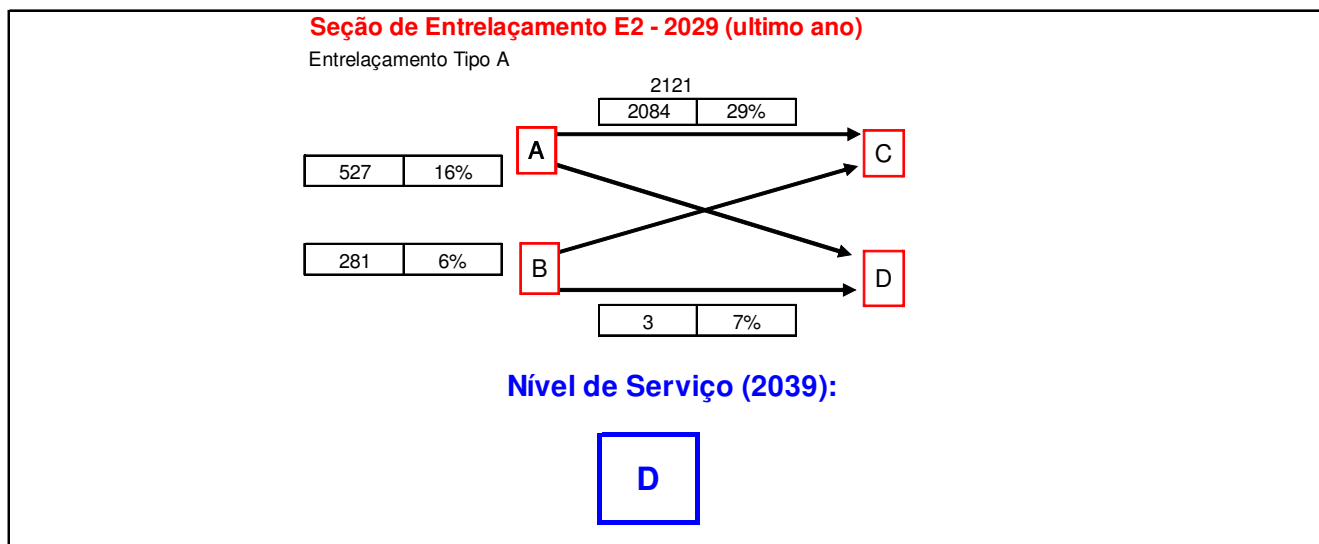
Figura 5.14: Interseção da Perimetral com a SP 065 – Análise do Entrelaçamento

Análise do Nível de Serviço para 2039



Distância A1 - A2 = 660 m

Número de Faixas de Entrelaçamento - 2

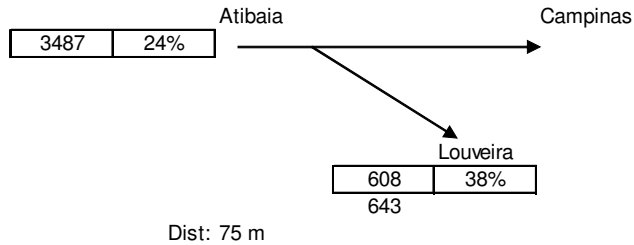


Legenda:

1	2	1	Fluxo de Projeto (Veículos Totais)
		2	Porcentagem de Pesados

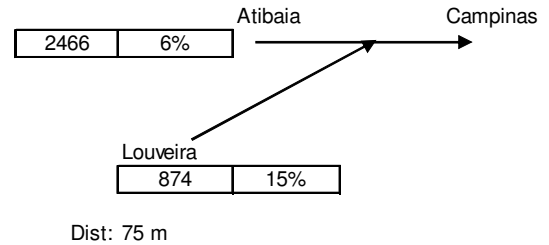
Figura 5.15: Interseção da Perimetral com a SP 065 – Configuração Proposta
Análise de Nível de Serviço (Ano 2039)

Ponto de Divergência D1



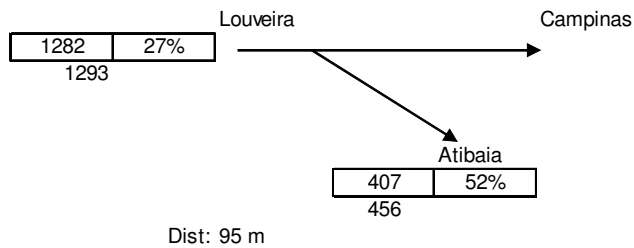
Nível de Serviço (2039): **E**
Com Dist = 200m - NS 2039: **D**

Ponto de Convergência C1



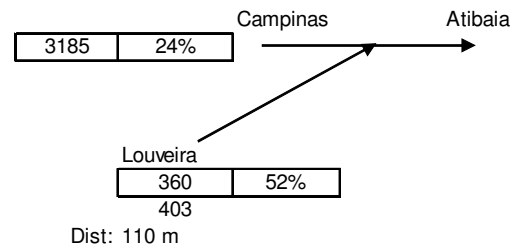
Nível de Serviço (2039): **D**

Ponto de Divergência D2



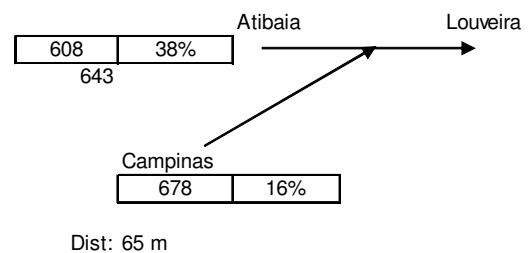
Nível de Serviço (2039): **B**

Ponto de Convergência C2



Nível de Serviço (2039): **F**
Nível de Serviço (2032): **D**
Com Dist = 215m - NS 2034: **D**

Ponto de Convergência C3

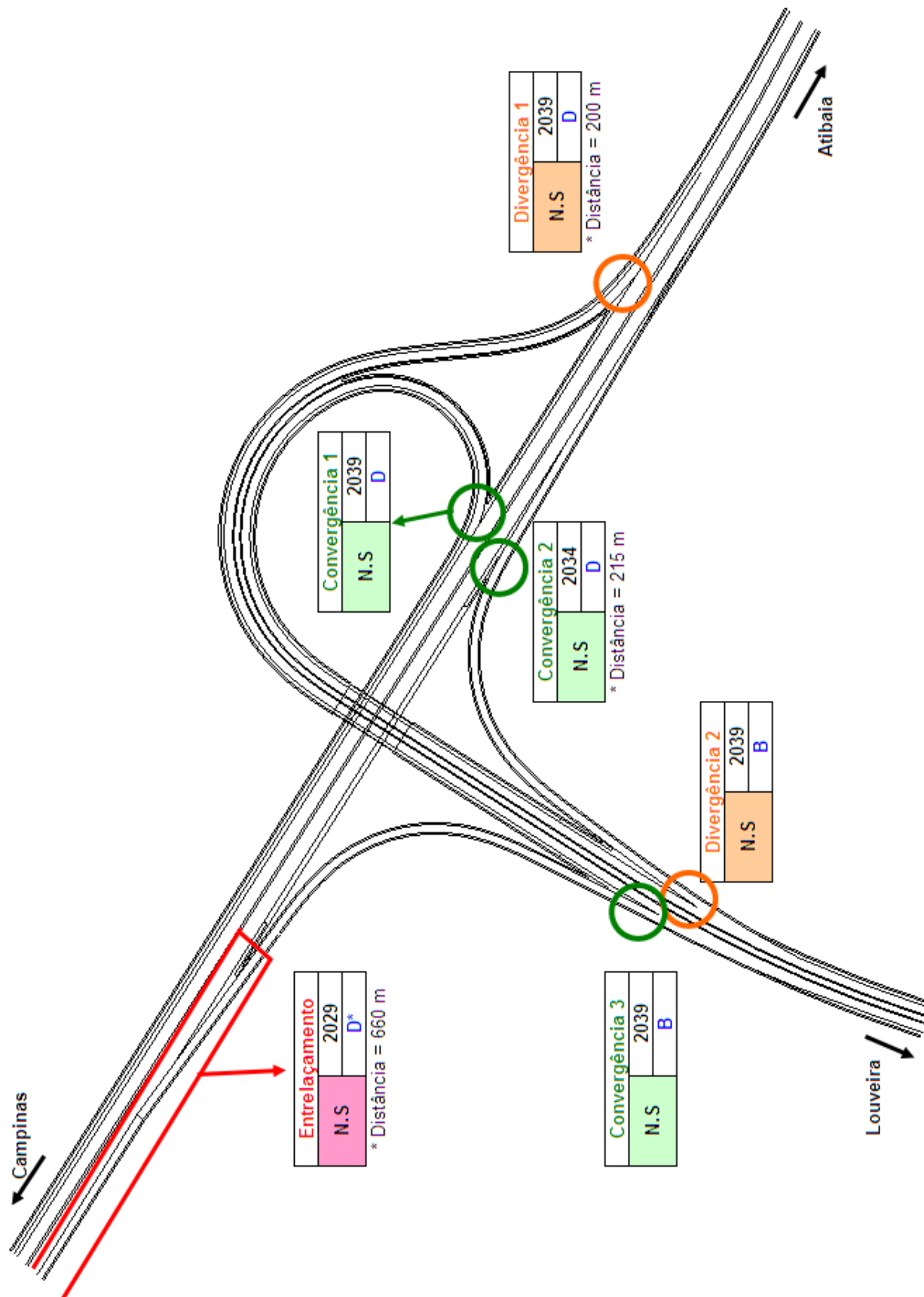


Nível de Serviço (2039): **B**

Legenda:

1	2
1	Veículos Totais - Hora de Projeto
2	Porcentagem de Pesados - Hora de Projeto

Figura 5.16: Interseção da Perimetral com a SP 065 – Configuração Proposta
Resultados das Análises de Nível de Serviço (Ano 2039)



6 NÚMERO N

6.1 Conceito do Número “N”

Um dos elementos necessários para o dimensionamento do pavimento de um trecho rodoviário é o Número “N”, representativo da solicitação que o tráfego imporá ao pavimento durante o horizonte do projeto.

Os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) e do USACE (United States Army Corps of Engineers), os mais usuais no Brasil, baseiam-se na solicitação do tráfego no número de repetições da passagem dos veículos ao longo do tempo. Para efeito de padronização, calcula-se essa solicitação em termos de número de passagens de um eixo padrão de 8,2 toneladas.

Pode-se calcular o Número “N” pela seguinte expressão:

$$N = 365 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{ij} E_i P_i$$

Onde:

F_{ij} = Fluxo médio diário do tipo de veículo i no ano j ;

m = Número de tipos de veículo;

n = Número de anos de projeto;

E_i = Número equivalente de passagens do eixo padrão que causa o mesmo impacto sobre o pavimento do que a passagem de um veículo do tipo i (este parâmetro é conhecido como “Fator de Veículo”);

P_i = percentual dos veículos do tipo i que utilizam a faixa de projeto.

Para um dado tipo de veículo, o fator de veículo representa a condição de carregamento vigente na média dos veículos desse tipo. Para uma rodovia com tráfego pesado, com poucos veículos vazios e muitos veículos com sobrecarga, o fator de veículo é alto. Em outras rodovias, em que haja forte presença de veículos vazios (mesmo que haja sobrecarga em outros), o fator de veículo é naturalmente menor.

Em qualquer caso, os fatores de veículos são normalmente calculados através dos dois métodos usuais, o da AASHTO e o do USACE. Essas duas formas de cálculo estão ligadas à maneira com que cada método leva em conta o efeito da passagem do eixo padrão sobre o pavimento.

No caso presente foram utilizados fatores de veículo que supõem 75% dos veículos de cada categoria com carga máxima legal, e os restantes 25% vazios. Esse critério resulta nos fatores de veículo apresentados na Tabela 6.1 (ver cálculo detalhado no Anexo D).

Tabela 6.1: Fatores de Veículo

Método	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões					
			C2	C3	2S2	2S3	3S3	3S2S2
USACE	0,00	2,74	2,68	6,63	9,12	9,70	13,64	19,49
AASHTO	0,00	2,11	2,05	1,48	3,30	3,24	2,67	3,96

6.2 Cálculo do Número “N”

A Tabela 6.2 mostra o cálculo do número “N” para o trecho em estudo da Perimetral de Itatiba, considerando a via duplicada, isto é, Pista Dupla, pelos métodos USACE e AASHTO. São apresentados cálculos do número N para o período de 10 e 20 anos, ambos com início em 2010, ano provável de inauguração do novo pavimento do trecho em estudo.

A Tabela 6.3 mostra o cálculo do número “N” para o trecho em estudo da Perimetral de Itatiba, considerando a via de Pista Simples, pelos métodos USACE e AASHTO. São apresentados cálculos do número N para o período de 10 e 20 anos, ambos com início em 2010, ano provável de inauguração do novo pavimento do trecho em estudo.

A taxa de crescimento utilizada para a projeção do tráfego entre 2010 (ano base), o ano provável de inauguração do pavimento (2011) e os anos de 2020 e 2030 foi de 2,5% ao ano.

As Tabelas 6.2 e 6.3 também apresentam as somatórias do tráfego de todo o período, que corresponde à soma do tráfego total de cada ano (Volume Diário Médio vezes 365), respectivamente para Pista Dupla e Pista Simples. Na parte inferior das Tabelas, o tráfego total do período, por categoria, é multiplicado pelos respectivos fatores de veículo (Tabela 6.1), resultando no Número “N” por categoria.

O Número “N” de Projeto é calculado através da soma do “N” de cada categoria vezes o fator CFP, que corresponde ao percentual do total de tráfego da rodovia na respectiva faixa de projeto. No caso presente, o percentual CFP é de 40% para Pista Dupla, e de 50% para Pista Simples.

A composição dos caminhões empregada no cálculo do Número “N” foi feita de acordo com as estimativas de tráfego da Via Perimetral.

Tabela 6.2: Cálculo do Número “N” – Método USACE e AASHTO

Pista Dupla – Perimetral de Itatiba

CONTORNO DE ITATIBA

km 0+000 ao 9+750 - Pista Dupla

Ano	Evolução Volume Diário Médio								
	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões						Totais
			C2 (Cat 2)	C3 (Cat 3)	2S2 (Cat 4)	2S3 (Cat 5)	3S3 (Cat 6)	3S2S2 (Cat 9)	
2.010	6.908	122	490	1.060	86	466	179	92	9.402
2.011	7.081	125	502	1.087	88	477	183	94	9.637
2.012	7.258	129	514	1.114	91	489	188	96	9.879
2.013	7.439	132	527	1.142	93	501	192	99	10.125
2.014	7.625	135	540	1.170	95	514	197	101	10.377
2.015	7.816	138	554	1.199	98	527	202	104	10.638
2.016	8.011	142	568	1.229	100	540	207	106	10.903
2.017	8.211	145	582	1.260	103	554	212	109	11.176
2.018	8.417	149	597	1.292	105	567	217	112	11.456
2.019	8.627	153	611	1.324	108	582	223	114	11.742
2.020	8.843	157	627	1.357	110	596	229	117	12.036
2.021	9.064	161	642	1.391	113	611	234	120	12.336
2.022	9.290	165	658	1.426	116	626	240	123	12.644
2.023	9.523	169	675	1.461	119	642	246	126	12.961
2.024	9.761	173	692	1.498	122	658	252	129	13.285
2.025	10.005	177	709	1.535	125	674	259	133	13.617
2.026	10.255	182	727	1.574	128	691	265	136	13.958
2.027	10.511	186	745	1.613	131	709	272	139	14.306
2.028	10.774	191	764	1.653	135	726	278	143	14.664
2.029	11.043	196	783	1.695	138	744	285	146	15.030
2.030	11.320	201	802	1.737	141	763	293	150	15.407

Período de 10 Anos

Tráfego	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões						Total		
			C2 (Cat 2)	C3 (Cat 3)	2S2 (Cat 4)	2S3 (Cat 5)	3S3 (Cat 6)	3S2S2 (Cat 9)			
Total 10 Anos	2,90E+07	5,13E+05	2,05E+06	4,44E+06	3,62E+05	1,95E+06	7,48E+05	3,84E+05	3,94E+07		
FV USACE	-	2,74	2,68	6,63	9,12	9,70	13,64	19,49	-	CPF	N Projeto
FV AASHTO	-	2,11	2,05	1,48	3,30	3,24	2,67	3,96	-		
N USACE	0,00E+00	1,41E+06	5,50E+06	2,95E+07	3,30E+06	1,89E+07	1,02E+07	7,48E+06	7,63E+07	40%	3,05E+07
N AASHTO	0,00E+00	1,08E+06	4,20E+06	6,57E+06	1,19E+06	6,32E+06	1,99E+06	1,52E+06	2,29E+07	40%	9,15E+06

Período de 20 Anos

Tráfego	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões						Total		
			C2 (Cat 2)	C3 (Cat 3)	2S2 (Cat 4)	2S3 (Cat 5)	3S3 (Cat 6)	3S2S2 (Cat 9)			
Total 20 Anos	6,80E+07	1,17E+06	4,68E+06	1,01E+07	8,25E+05	4,45E+06	1,71E+06	8,75E+05	8,99E+07		
FV USACE	-	2,74	2,68	6,63	9,12	9,70	13,64	19,49	-	CPF	N Projeto
FV AASHTO	-	2,11	2,05	1,48	3,30	3,24	2,67	3,96	-		
N USACE	0,00E+00	3,21E+06	1,25E+07	6,72E+07	7,52E+06	4,32E+07	2,33E+07	1,71E+07	1,74E+08	40%	6,96E+07
N AASHTO	0,00E+00	2,47E+06	9,57E+06	1,50E+07	2,72E+06	1,44E+07	4,55E+06	3,47E+06	5,22E+07	40%	2,09E+07

Obs:

CFP = Caminhões na faixa de projeto

Cálculo de FV considerando: 75% Carga Máxima e 25% Vazios

Tabela 6.3: Cálculo do Número “N” – Método USACE e AASHTO

Pista Simples – Perimetral de Itatiba

CONTORNO DE ITATIBA

km 0+000 ao 9+750 - Pista Simples

Ano	Evolução Volume Diário Médio								
	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões						Totais
			C2 (Cat 2)	C3 (Cat 3)	2S2 (Cat 4)	2S3 (Cat 5)	3S3 (Cat 6)	3S2S2 (Cat 9)	
2.010	6.908	122	490	1.060	86	466	179	92	9.402
2.011	7.081	125	502	1.087	88	477	183	94	9.637
2.012	7.258	129	514	1.114	91	489	188	96	9.879
2.013	7.439	132	527	1.142	93	501	192	99	10.125
2.014	7.625	135	540	1.170	95	514	197	101	10.377
2.015	7.816	138	554	1.199	98	527	202	104	10.638
2.016	8.011	142	568	1.229	100	540	207	106	10.903
2.017	8.211	145	582	1.260	103	554	212	109	11.176
2.018	8.417	149	597	1.292	105	567	217	112	11.456
2.019	8.627	153	611	1.324	108	582	223	114	11.742
2.020	8.843	157	627	1.357	110	596	229	117	12.036
2.021	9.064	161	642	1.391	113	611	234	120	12.336
2.022	9.290	165	658	1.426	116	626	240	123	12.644
2.023	9.523	169	675	1.461	119	642	246	126	12.961
2.024	9.761	173	692	1.498	122	658	252	129	13.285
2.025	10.005	177	709	1.535	125	674	259	133	13.617
2.026	10.255	182	727	1.574	128	691	265	136	13.958
2.027	10.511	186	745	1.613	131	709	272	139	14.306
2.028	10.774	191	764	1.653	135	726	278	143	14.664
2.029	11.043	196	783	1.695	138	744	285	146	15.030
2.030	11.320	201	802	1.737	141	763	293	150	15.407

Período de 10 Anos

Tráfego	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões						Total		
			C2 (Cat 2)	C3 (Cat 3)	2S2 (Cat 4)	2S3 (Cat 5)	3S3 (Cat 6)	3S2S2 (Cat 9)			
Total 10 Anos	2,90E+07	5,13E+05	2,05E+06	4,44E+06	3,62E+05	1,95E+06	7,48E+05	3,84E+05	3,94E+07		
FV USACE	-	2,74	2,68	6,63	9,12	9,70	13,64	19,49	-	CPF	N Projeto
FV AASHTO	-	2,11	2,05	1,48	3,30	3,24	2,67	3,96	-		
N USACE	0,00E+00	1,41E+06	5,50E+06	2,95E+07	3,30E+06	1,89E+07	1,02E+07	7,48E+06	7,63E+07	50%	3,81E+07
N AASHTO	0,00E+00	1,08E+06	4,20E+06	6,57E+06	1,19E+06	6,32E+06	1,99E+06	1,52E+06	2,29E+07	50%	1,14E+07

Período de 20 Anos

Tráfego	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões						Total		
			C2 (Cat 2)	C3 (Cat 3)	2S2 (Cat 4)	2S3 (Cat 5)	3S3 (Cat 6)	3S2S2 (Cat 9)			
Total 20 Anos	6,60E+07	1,17E+06	4,68E+06	1,01E+07	8,25E+05	4,45E+06	1,71E+06	8,75E+05	8,99E+07		
FV USACE	-	2,74	2,68	6,63	9,12	9,70	13,64	19,49	-	CPF	N Projeto
FV AASHTO	-	2,11	2,05	1,48	3,30	3,24	2,67	3,96	-		
N USACE	0,00E+00	3,21E+06	1,25E+07	6,72E+07	7,52E+06	4,32E+07	2,33E+07	1,71E+07	1,74E+08	50%	8,70E+07
N AASHTO	0,00E+00	2,47E+06	9,57E+06	1,50E+07	2,72E+06	1,44E+07	4,55E+06	3,47E+06	5,22E+07	50%	2,61E+07

Obs:

CFP = Caminhões na faixa de projeto

Cálculo de FV considerando: 75% Carga Máxima e 25% Vazios

7 CONCLUSÃO

7.1 Pista Principal

De acordo com as análises realizadas, verificou-se que o tráfego da Futura Via Perimetral não poderá ser acomodado em pista única. Logo no ano de inauguração da rodovia, os Níveis de Serviço já seriam “E” em diversos segmentos de terreno plano, o que demonstra a falta de capacidade da pista única para acomodar a demanda de tráfego.

Assim, a rodovia deverá ser inaugurada com duas pistas de rolamento com duas faixas de tráfego por sentido. Nesta configuração, o Nível de Serviço da Via Perimetral não será pior do que “C” ao longo de todo o período de concessão.

7.2 Interseções

As interseções envolvidas no projeto de implantação da Via Perimetral não apresentarão problemas de capacidade nos próximos 20 anos. Entre o ano 20 e o ano 30 da concessão, as interseções deverão ser monitoradas para a verificação de possíveis retenções de tráfego nos pontos de turbulência.

ANEXO A – RESULTADOS DAS CONTAGENS VOLUMÉTRICAS

Tabela A.1 – Contagens do Ponto 1 – SP 360 km 82

Movimento: *Itatiba - Louveira* Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Onibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
06:00	07:00	682	36	52	-	-	14	4	-	20	-	16%	126	808
07:00	08:00	809	45	59	-	4	31	13	2	20	-	18%	174	983
08:00	09:00	615	32	50	-	2	15	9	1	6	-	16%	115	730
09:00	10:00	500	36	60	-	2	16	4	-	8	-	20%	126	626
10:00	11:00	456	39	50	-	1	20	7	1	7	-	22%	125	581
11:00	12:00	445	54	40	-	2	27	13	1	7	-	24%	144	589
12:00	13:00	496	36	36	-	6	22	16	4	4	-	20%	124	620
13:00	14:00	526	46	60	-	-	22	2	12	36	-	25%	178	704
14:00	15:00	529	53	39	-	7	18	7	1	8	-	20%	133	662
15:00	16:00	498	53	48	-	5	15	10	3	10	-	22%	144	642
16:00	17:00	514	58	58	-	8	26	8	2	6	-	24%	166	680
17:00	18:00	801	43	57	-	9	29	15	5	21	-	18%	179	980
18:00	19:00	1.022	44	65	-	2	31	13	3	7	-	14%	165	1.187
19:00	20:00	544	22	64	-	2	36	20	-	20	-	23%	164	708
Total		8.437	597	738	-	50	322	141	35	180	-	20%	2.063	10.500

Movimento: *Louveira - Itatiba* Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Onibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
06:00	07:00	292	50	38	-	-	14	4	4	22	-	31%	132	424
07:00	08:00	446	53	26	-	3	16	2	6	22	-	22%	128	574
08:00	09:00	536	56	40	-	5	16	10	3	12	-	21%	142	678
09:00	10:00	482	40	26	-	-	14	2	2	6	-	16%	90	572
10:00	11:00	505	50	47	-	5	21	12	3	6	-	22%	144	649
11:00	12:00	508	40	44	-	6	16	5	4	9	-	20%	124	632
12:00	13:00	470	52	56	-	2	12	10	2	8	-	23%	142	612
13:00	14:00	514	42	44	-	2	34	6	6	2	-	21%	136	650
14:00	15:00	538	51	45	-	5	14	5	2	8	-	19%	130	668
15:00	16:00	514	69	41	-	5	20	8	3	10	-	23%	156	670
16:00	17:00	508	74	44	-	-	14	2	8	16	-	24%	158	666
17:00	18:00	562	37	37	-	4	14	4	4	12	-	17%	112	674
18:00	19:00	772	15	12	-	-	14	2	1	5	-	6%	49	821
19:00	20:00	599	14	24	-	2	10	2	8	-	-	9%	60	659
Total		7.246	643	524	-	39	229	74	56	138	-	19%	1.703	8.949

Tabela A.2– Contagens do Ponto 2 – SP 063 km 23

Data: 5/1/2010 Terça - feira
Local - SP 063 KM 23

Movimento: *Dom Pedro - Itatiba*

Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Ônibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
06:00	07:00	266	36	16	-	2	10	12	4	16	-	27%	96	362
07:00	08:00	438	46	40	-	-	26	10	4	20	-	25%	146	584
08:00	09:00	408	43	49	-	3	19	11	4	10	1	26%	140	548
09:00	10:00	356	56	50	-	8	20	6	-	8	-	29%	148	504
10:00	11:00	383	56	48	-	3	26	9	3	4	-	28%	149	532
11:00	12:00	434	70	37	-	1	18	15	2	4	-	25%	147	581
12:00	13:00	398	52	42	-	10	20	14	6	6	-	27%	150	548
13:00	14:00	296	44	60	-	6	16	6	2	16	-	34%	150	446
14:00	15:00	389	58	51	1	5	16	8	2	17	-	29%	158	547
15:00	16:00	403	52	38	-	4	22	7	2	3	-	24%	128	531
16:00	17:00	390	60	54	-	-	14	6	6	10	-	28%	150	540
17:00	18:00	751	39	37	-	5	14	3	2	22	-	14%	122	873
18:00	19:00	556	37	27	-	-	20	4	1	18	-	16%	107	663
19:00	20:00	398	26	24	-	4	14	2	-	4	-	16%	74	472
Total		5.866	675	573	1	51	255	113	38	158	1	24%	1.865	7.731

Movimento: *Itatiba - Dom Pedro*

Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Ônibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
06:00	07:00	382	38	20	-	-	10	-	-	6	-	16%	74	456
07:00	08:00	590	72	33	-	-	16	6	4	16	-	20%	147	737
08:00	09:00	408	81	39	-	-	19	5	3	6	-	27%	153	561
09:00	10:00	426	66	34	-	-	16	4	2	2	-	23%	124	550
10:00	11:00	385	69	53	-	-	25	15	3	5	-	31%	170	555
11:00	12:00	334	39	38	-	-	22	5	4	10	-	26%	118	452
12:00	13:00	314	60	50	-	-	14	6	4	2	-	30%	136	450
13:00	14:00	356	42	38	-	-	18	12	-	8	-	25%	118	474
14:00	15:00	346	50	35	-	-	17	11	1	4	-	25%	118	464
15:00	16:00	354	53	47	-	-	21	7	2	9	-	28%	139	493
16:00	17:00	394	60	60	-	-	22	14	2	8	-	30%	166	560
17:00	18:00	525	49	44	-	-	24	11	1	15	-	22%	144	669
18:00	19:00	435	33	34	-	-	17	9	1	9	-	19%	103	538
19:00	20:00	310	32	44	-	6	26	22	4	2	-	30%	136	446
Total		5.559	744	569	-	6	267	127	31	102	-	25%	1.846	7.405

Tabela A.3 - Resultado das Contagens Volumétricas - SP 360 Interseção km 81+200

Data: 5/1/2010 Quarta-feira
Local - SP360 - km 81,7

Movimento: *Jundiaí - Itatiba*

Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Ônibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
07:00	08:00	355	44	29	-	1	11	2	-	22	-	23%	109	464
08:00	09:00	419	27	29	-	3	14	4	-	8	-	17%	85	504
09:00	10:00	339	30	28	-	-	14	5	-	8	-	20%	85	424
10:00	11:00	338	36	33	-	1	21	2	-	18	-	25%	111	449
11:00	12:00	306	48	31	-	2	17	4	-	10	-	27%	111	417
12:00	13:00	270	38	25	-	-	17	3	-	10	-	26%	93	363
13:00	14:00	477	32	45	-	-	9	4	-	8	-	17%	98	575
14:00	15:00	411	33	27	-	6	10	10	-	10	-	19%	96	507
15:00	16:00	465	23	42	-	-	14	6	3	14	-	18%	102	567
16:00	17:00	455	43	25	-	2	11	7	2	3	-	17%	93	548
17:00	18:00	703	27	62	-	7	22	4	-	24	-	17%	146	849
18:00	19:00	605	20	40	-	2	16	7	1	12	-	14%	98	703
Total		5.143	400	416	-	23	176	58	6	148	-	19%	1.227	6.370

Movimento: *Jundiaí - Louveira*

Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Ônibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
07:00	08:00	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%	-	12
08:00	09:00	10	3	1	-	-	-	-	-	-	-	29%	4	14
09:00	10:00	12	2	2	-	-	-	-	-	-	-	25%	4	16
10:00	11:00	10	1	1	-	-	-	-	-	-	-	17%	2	12
11:00	12:00	9	3	2	-	-	-	-	-	-	-	35%	5	14
12:00	13:00	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	18%	2	10
13:00	14:00	11	1	1	-	-	-	-	-	-	-	14%	2	13
14:00	15:00	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	10%	1	10
15:00	16:00	11	1	1	-	-	-	-	-	-	-	12%	1	12
16:00	17:00	14	2	2	-	-	1	-	-	-	-	26%	5	19
17:00	18:00	19	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	1	20
18:00	19:00	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%	-	7
Total		133	17	10	-	-	1	-	-	-	-	17%	27	160

Movimento: *Louveira - Jundiaí*

Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Ônibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
07:00	08:00	30	1	2	-	-	1	-	-	-	-	12%	4	34
08:00	09:00	35	1	1	1	-	1	-	-	-	-	10%	4	39
09:00	10:00	33	4	3	-	-	-	-	-	-	-	18%	7	40
10:00	11:00	24	2	2	-	-	1	-	-	-	-	19%	5	29
11:00	12:00	26	2	3	-	-	2	-	-	-	-	21%	7	33
12:00	13:00	21	1	1	-	-	1	-	-	-	-	14%	3	24
13:00	14:00	21	3	2	-	-	-	-	-	-	-	20%	5	27
14:00	15:00	21	3	-	-	-	-	-	-	-	-	12%	3	24
15:00	16:00	24	4	1	-	-	-	-	-	-	-	15%	4	28
16:00	17:00	23	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4%	1	24
17:00	18:00	45	5	1	-	-	1	-	-	-	-	13%	7	52
18:00	19:00	27	3	1	-	-	-	-	-	-	-	13%	4	31
Total		331	30	17	1	-	7	-	-	-	-	14%	55	386

Data: 5/1/2010 Quarta-feira
Local - SP360 - km 81,7

Movimento: *Louveira - Itatiba*

Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Ônibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
07:00	08:00	176	21	13	-	1	6	2	-	2	-	20%	45	221
08:00	09:00	188	42	11	-	3	5	2	1	2	-	26%	66	254
09:00	10:00	165	28	15	-	-	10	1	-	1	-	25%	55	220
10:00	11:00	161	32	15	-	1	11	1	0	2	-	28%	63	224
11:00	12:00	146	43	14	-	2	9	2	0	1	-	33%	71	216
12:00	13:00	128	34	11	-	-	9	1	-	1	-	31%	57	185
13:00	14:00	208	26	35	-	-	8	1	-	-	-	25%	71	279
14:00	15:00	179	27	21	-	4	9	3	-	-	-	27%	65	243
15:00	16:00	202	19	32	-	-	13	2	9	-	-	27%	76	278
16:00	17:00	198	29	31	-	2	10	1	1	-	-	27%	74	272
17:00	18:00	300	18	37	-	2	20	3	5	-	-	22%	85	385
18:00	19:00	269	28	31	-	3	15	2	3	-	-	23%	82	351
Total		2.319	348	267	-	17	126	22	20	10	-	26%	810	3.129

Movimento: *Itatiba - Louveira*

Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Ônibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
07:00	08:00	695	24	32	-	1	12	1	1	5	-	10%	76	771
08:00	09:00	464	32	22	-	6	10	4	-	-	-	14%	74	538
09:00	10:00	341	34	19	-	2	8	2	1	1	-	16%	67	408
10:00	11:00	362	32	30	-	3	14	2	1	1	-	18%	82	444
11:00	12:00	403	33	37	-	-	25	1	1	1	-	19%	98	500
12:00	13:00	323	16	14	-	2	17	1	1	1	-	14%	52	375
13:00	14:00	324	31	19	-	4	4	1	4	2	-	17%	66	390
14:00	15:00	324	28	18	-	-	9	2	4	2	-	17%	64	388
15:00	16:00	362	36	18	-	1	6	1	-	2	-	15%	64	426
16:00	17:00	756	26	32	-	1	11	1	1	5	-	9%	78	834
17:00	18:00	339	25	18	-	-	10	4	-	-	-	14%	57	396
18:00	19:00	342	36	20	-	2	8	2	1	1	-	17%	71	413
Total		5.035	354	279	-	22	134	23	15	22	-	14%	849	5.884

Movimento: *Itatiba - Jundiaí*

Data: 5/1/2010

Hora		Leves	Caminhões		Carretas					Ônibus		Pesados		Total
das	às		2 Eixos	3 Eixos	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E ou +	2 E	3 E ou +	%	Total	
07:00	08:00	250	17	30	-	1	12	3	-	16	-	24%	79	329
08:00	09:00	205	21	27	-	4	13	3	3	9	-	28%	80	285
09:00	10:00	152	20	32	1	3	15	7	-	4	-	35%	82	234
10:00	11:00	147	20	36	-	3	19	4	1	5	-	37%	88	234
11:00	12:00	163	21	46	-	-	33	2	1	6	-	40%	108	271
12:00	13:00	131	11	17	-	2	23	1	2	6	-	32%	61	192
13:00	14:00	265	29	20	-	7	3	2	-	12	-	21%	72	337
14:00	15:00	265	26	19	-	-	6	4	-	12	-	20%	67	331
15:00	16:00	295	33	19	-	2	4	2	-	12	-	20%	72	367
16:00	17:00	325	29	27	-	1	6	6	-	19	-	21%	88	413
17:00	18:00	414	29	28	-	2	5	-	-	11	-	15%	75	489
18:00	19:00	435	23	18	-	2	10	4	-	7	-	13%	64	499
Total		3.046	279	318	1	26	149	37	7	119	-	24%	936	3.982

Tabela A.4 – Resumo da Contagem de Trafego de 1 semana – SP 360 km 77

DIA	HORA	SENTEIDO: Norte: Jundiaí - Itatiba						SENTEIDO: Sul: Itatiba - Jundiaí						ÔNIBUS	PESADOS TOTAIS	TOTAIS			
		VEIC LEVES	CAMINHÕES				TOTAIS	ÔNIBUS	PESADOS TOTAIS	TOTAIS	VEIC LEVES	CAMINHÕES					TOTAIS		
			2 EIXOS	3 EIXOS	CARRETAS	TOTAIS						2 EIXOS	3 EIXOS					CARRETAS	TOTAIS
21	0	121	5	6	11	22	-	22	143	69	7	3	11	21	2	23	92		
21	1	68	2	3	5	10	1	11	79	51	5	1	2	8	-	8	59		
21	2	61	3	3	3	9	1	10	71	33	5	4	6	15	-	15	48		
21	3	23	4	5	2	11	-	11	34	47	3	3	6	12	-	12	59		
21	4	43	3	3	3	9	4	13	56	53	10	2	2	14	6	20	73		
21	5	71	9	10	11	30	5	35	106	62	9	8	10	27	6	33	95		
21	6	137	17	6	4	27	3	30	167	139	5	23	10	38	6	44	163		
21	7	303	23	7	7	37	12	49	362	256	17	13	16	46	5	51	307		
21	8	410	13	6	12	31	4	35	445	270	10	21	19	50	7	57	327		
21	9	446	19	16	12	47	6	53	499	290	13	14	11	38	9	47	337		
21	10	491	14	11	9	34	6	40	531	284	13	14	16	43	8	51	335		
21	11	488	15	18	5	38	4	42	530	340	12	8	13	33	7	40	380		
21	12	440	16	8	8	32	7	39	479	333	12	12	14	38	10	48	381		
21	13	465	11	13	7	31	5	36	501	334	20	9	12	41	9	50	384		
21	14	408	9	9	14	32	7	39	447	331	12	4	12	28	8	36	367		
21	15	356	11	8	11	30	8	38	394	354	15	3	3	21	5	26	380		
21	16	404	6	5	10	21	5	26	430	388	10	7	7	24	8	32	420		
21	17	459	4	9	3	16	11	27	486	393	6	4	8	18	7	25	418		
21	18	424	5	5	2	12	10	22	446	381	6	5	7	18	8	26	407		
21	19	310	4	2	9	15	9	24	334	315	5	6	6	17	7	24	339		
21	20	264	2	6	2	10	4	14	278	258	3	2	6	11	3	14	272		
21	21	212	-	5	4	9	3	12	224	175	3	3	4	10	4	14	189		
21	22	226	-	-	-	-	2	2	228	203	-	3	3	-	3	6	9	212	
21	23	196	1	2	1	4	6	10	206	175	3	2	-	5	3	8	183		
22	0	181	1	2	1	4	2	6	187	175	2	-	1	3	1	4	180		
22	1	78	-	3	-	3	1	4	82	72	-	3	2	5	2	7	79		
22	2	65	-	-	-	-	-	-	65	81	3	2	-	5	-	8	66		
22	3	55	-	1	2	3	-	3	58	47	3	-	1	4	1	5	52		
22	4	42	4	-	-	4	1	5	47	42	2	1	-	3	1	4	46		
22	5	49	-	2	3	5	4	9	58	41	1	1	1	3	3	6	47		
22	6	55	3	2	5	10	-	10	65	63	3	2	3	8	6	14	77		
22	7	115	1	2	5	8	7	15	130	79	2	6	2	10	4	14	93		
22	8	181	1	5	1	7	2	9	190	187	1	4	3	8	3	11	196		
22	9	236	4	5	8	17	4	21	257	185	3	2	2	7	4	11	196		
22	10	359	10	3	10	23	3	26	385	227	-	3	8	11	4	15	242		
22	11	421	2	2	3	7	5	12	433	290	4	4	4	12	4	16	306		
22	12	322	3	3	8	14	3	17	339	375	2	4	2	8	3	11	386		
22	13	267	8	9	2	19	4	23	290	297	4	5	2	11	4	15	312		
22	14	286	4	10	14	28	5	33	319	424	6	6	2	14	3	17	441		
22	15	283	3	8	12	23	2	25	308	481	5	6	7	18	7	25	506		
22	16	321	1	11	11	23	4	27	348	594	3	3	7	10	4	14	608		
22	17	345	2	19	31	53	8	39	385	667	8	4	5	17	5	22	699		
22	18	321	3	6	13	22	4	26	347	649	5	6	7	18	4	22	671		
22	19	276	-	6	2	8	4	12	288	392	3	3	3	9	4	13	405		
22	20	253	2	9	4	15	7	22	275	306	7	5	2	14	5	19	325		
22	21	167	3	6	6	15	4	19	186	210	5	4	5	14	2	16	226		
22	22	133	-	6	3	9	5	14	147	132	4	-	5	9	3	12	144		
22	23	66	1	-	1	2	3	5	71	77	3	1	-	4	-	4	81		
23	0	31	-	1	4	5	-	5	36	51	-	2	6	8	1	9	60		
23	1	14	1	6	3	10	-	10	24	22	-	1	7	8	-	8	31		
23	2	15	8	6	4	19	-	19	34	5	1	4	5	10	-	10	44		
23	3	9	8	5	13	28	-	28	13	22	7	3	-	10	1	24	11		
23	4	14	4	4	5	13	-	13	27	18	10	15	-	29	1	30	48		
23	5	69	9	12	10	31	4	35	104	115	20	37	13	70	15	85	200		
23	6	191	16	11	17	44	10	54	245	215	8	31	10	49	11	60	275		
23	7	426	31	21	22	74	10	84	510	434	21	34	25	80	7	87	521		
23	8	400	37	22	33	92	8	100	500	334	23	26	6	55	7	62	396		
23	9	283	28	25	22	75	6	81	364	282	24	24	21	69	5	74	356		
23	10	253	27	16	25	68	5	73	326	253	28	26	20	74	3	77	330		
23	11	233	34	22	12	68	7	75	308	274	33	25	21	79	15	94	368		
23	12	303	23	27	10	60	16	76	379	303	30	18	22	70	9	79	382		
23	13	290	28	35	88	25	88	352	304	382	31	26	16	83	5	86	384		
23	14	363	28	24	24	94	6	100	463	235	38	25	17	74	4	84	400		
23	15	239	36	35	21	92	7	99	338	309	26	25	20	71	7	78	387		
23	16	340	31	40	31	102	4	106	446	312	24	15	20	59	8	67	379		
23	17	410	24	38	29	91	11	102	512	440	22	25	23	70	9	79	519		
23	18	404	20	37	29	86	16	102	506	402	20	24	16	60	18	78	480		
23	19	270	14	29	17	60	16	76	346	240	11	16	15	42	3	45	285		
23	20	179	9	19	16	44	4	48	227	103	13	19	9	41	2	43	146		
23	21	157	4	12	13	29	2	31	188	90	4	10	5	19	3	22	112		
23	22	113	2	6	8	16	9	25	138	85	5	5	10	20	7	27	112		
23	23	56	3	15	6	24	4	29	93	89	3	8	5	17	5	17	57		
24	0	19	2	2	4	8	1	9	28	16	-	1	7	10	1	14	18		
24	1	22	1	2	4	7	2	9	30	6	-	1	2	3	4	6	10		
24	2	7	1	2	9	12	-	12	19	4	-	6	2	8	-	8	12		
24	3	6	6	5	2	13	1	14	20	11	6	2	6	14	1	15	26		
24	4	22	7	4	10	21	3	24	46	21	4	12	3	19	4	23	44		
24	5	24	6	8	10	24	4	28	52	77	20	35	7	62	12	74	151		
24	6	180	42	20	18	80	11	91	271	256	15	27	13	55	12	67	323		
24	7	437	35	25	13	73	9	82	519	365	27	32	19	78	10	88	453		
24	8	339	29	11	16	56	7	63	402	324	29	33	38	100	9	109	433		
24	9	336	43	24	22	89	4	93	429	303	42	25	16	83	5	89	391		
24	10	290	32	28	19	78	6	84	366	279	17	32	16	78	340	79	340		
24	11	271	42	18	30	90	5	95	366	261	25	34	23	83	10	93	354		
24	12	237	34	22	19	75	16	91	328	271	31	25	28	84	9	93	364		
24	13	300	34	32	20	86	6	92	392	329	29	29	17	75	7</				

DIA	HORA	Norte: Jundiá - Itatiba						Sul: Itatiba - Jundiá									
		VEIC LEVES	CAMINHÕES				ÔNIBUS	PESADOS TOTAIS	TOTAIS	VEIC LEVES	CAMINHÕES				ÔNIBUS	PESADOS TOTAIS	TOTAIS
			2 EIXOS	3 EIXOS	CARRETAS	TOTAIS					2 EIXOS	3 EIXOS	CARRETAS	TOTAIS			
25	0	27	5	11	4	20	-	20	47	24	3	4	3	10	1	11	35
25	1	17	2	6	4	12	-	12	29	14	-	5	3	8	1	9	23
25	2	9	1	2	9	12	1	13	22	9	4	8	3	15	1	16	25
25	3	5	3	5	3	11	-	11	16	11	4	5	9	18	1	19	30
25	4	18	8	4	8	20	3	23	41	24	8	13	4	25	4	29	53
25	5	26	11	12	14	37	3	40	66	35	23	26	12	61	11	72	157
25	6	192	25	18	16	59	9	68	260	217	20	32	19	71	12	83	300
25	7	410	47	18	13	78	7	85	495	398	29	32	24	85	8	93	491
25	8	386	28	21	24	73	8	81	467	356	27	35	16	78	7	85	441
25	9	321	34	26	27	87	4	91	412	262	29	20	23	72	5	77	339
25	10	307	30	30	28	88	10	98	405	236	27	35	24	86	6	92	328
25	11	281	30	22	25	77	6	83	364	218	24	27	27	78	11	89	307
25	QUA 12	316	32	26	15	73	12	85	401	310	34	24	16	74	7	81	391
25	13	284	25	34	19	78	6	84	368	288	32	26	16	74	6	80	368
25	14	383	44	34	35	113	6	119	502	347	41	17	7	65	7	70	417
25	15	333	37	40	21	98	6	104	437	331	33	24	25	82	6	88	419
25	16	252	20	30	27	77	4	81	333	327	39	19	17	75	8	83	410
25	17	475	31	35	30	96	12	108	583	480	29	19	29	77	14	91	571
25	18	438	19	40	24	83	17	100	538	413	25	9	15	49	16	65	478
25	19	288	10	25	21	56	18	74	362	283	16	17	16	49	5	54	337
25	20	204	5	13	21	39	5	44	248	140	15	8	9	32	3	35	175
25	21	177	6	16	20	42	3	45	222	138	2	5	7	14	3	17	155
25	22	169	7	10	14	31	5	36	205	109	6	8	6	20	8	28	137
25	23	79	3	6	6	17	7	24	103	80	2	1	9	12	4	16	56
26	0	36	2	5	5	10	-	11	47	28	3	3	9	15	1	16	44
26	1	19	5	5	1	11	-	11	33	10	1	2	1	1	1	5	16
26	2	11	4	2	4	10	1	11	22	6	3	4	-	7	-	7	13
26	3	9	3	2	6	11	1	12	21	16	2	8	4	14	1	15	31
26	4	19	5	6	6	17	3	20	39	20	13	15	16	44	4	48	68
26	5	55	11	8	13	32	4	36	91	97	21	19	11	51	13	64	161
26	6	184	26	15	18	59	9	68	252	218	17	32	13	62	12	74	292
26	7	453	39	21	23	83	11	94	557	394	17	24	21	62	6	68	462
26	8	389	47	25	13	85	6	91	480	410	20	27	20	67	11	78	488
26	9	332	38	14	27	79	5	84	416	311	30	28	21	79	7	86	397
26	10	313	41	23	22	86	5	91	404	277	37	32	18	87	6	93	370
26	11	268	41	31	26	98	6	104	372	282	32	31	25	88	11	99	381
26	QUI 12	311	27	41	22	90	12	102	413	314	27	25	23	75	8	83	397
26	13	326	25	27	23	75	7	82	408	324	37	28	14	79	6	85	409
26	14	307	27	29	26	82	3	85	392	326	34	31	13	78	5	83	409
26	15	321	31	32	20	83	7	90	411	326	37	16	25	78	5	83	409
26	16	376	43	37	22	102	6	108	484	300	33	21	18	72	8	80	380
26	17	487	35	27	25	87	7	94	581	436	27	28	21	76	11	87	523
26	18	420	18	37	16	71	16	87	507	496	28	19	21	68	19	87	583
26	19	307	7	23	28	58	20	78	385	266	21	11	20	52	4	56	322
26	20	223	6	18	17	41	5	46	269	159	6	9	3	18	2	20	179
26	21	250	7	20	19	46	7	53	303	150	12	7	15	34	4	38	188
26	22	133	6	10	17	33	8	41	174	114	10	2	11	23	6	29	143
26	23	48	3	4	8	15	3	18	66	33	5	1	1	7	2	9	42
27	0	49	2	2	13	17	1	18	67	39	2	6	2	10	1	11	50
27	1	34	2	5	6	13	1	14	48	22	1	2	8	11	2	13	35
27	2	16	4	5	2	11	-	11	27	12	3	5	2	10	-	10	22
27	3	7	3	3	2	8	-	8	15	21	4	8	6	18	1	19	40
27	4	19	6	5	8	19	3	22	41	26	10	15	7	32	4	36	62
27	5	42	11	18	8	37	4	41	83	72	28	22	12	62	13	75	147
27	6	191	32	21	18	71	11	82	273	241	27	26	19	72	13	85	326
27	7	408	42	28	11	81	9	90	498	394	28	34	25	87	9	96	490
27	8	397	36	24	16	76	7	83	480	367	25	26	20	71	17	88	455
27	9	390	30	29	24	83	7	90	480	322	29	25	22	76	15	91	413
27	10	346	32	20	20	72	7	79	425	289	32	35	24	91	10	101	390
27	11	388	41	40	22	103	7	110	498	286	30	31	16	77	10	87	373
27	SEX 12	309	29	43	16	88	14	102	411	320	28	34	22	84	7	91	411
27	13	331	32	15	20	67	5	72	403	308	47	28	32	107	6	113	421
27	14	404	42	26	13	81	6	87	491	336	45	31	24	100	8	108	444
27	15	425	46	27	32	105	11	116	541	354	31	21	14	66	4	70	424
27	16	472	34	46	29	109	7	116	588	393	21	19	14	54	10	64	457
27	17	536	29	36	19	84	10	94	630	435	22	17	17	56	10	66	501
27	18	548	15	37	18	70	28	98	646	450	17	18	13	48	17	65	515
27	19	457	28	27	13	68	29	97	554	297	29	10	20	59	4	63	360
19	20	375	8	19	19	46	8	54	429	232	10	11	14	35	3	38	270
19	21	339	4	10	11	25	6	31	370	174	9	9	5	23	6	29	203
19	22	311	7	6	6	19	5	24	335	164	7	6	4	17	5	22	186
19	23	210	2	11	12	25	7	32	242	145	2	3	10	15	1	16	161
TOTAL		39 955	2 665	2 670	2 246	7 581	1 010	8 591	48 546	37 578	2 586	2 428	1 965	6 979	993	7 972	45 550
21	SAB	1	6 826	196	166	155	123	640	7 466	5 534	204	174	201	579	134	713	6 247
22	DOM	1	4 878	56	120	124	82	382	5 260	6 094	79	72	74	225	77	302	6 396
23	SEG	1	5 062	426	486	1 298	154	1 452	6 514	4 879	404	441	309	1 154	148	1 302	6 181
24	TER	1	5 181	510	449	385	134	1 497	6 678	4 959	470	454	346	1 270	152	1 422	6 381
25	QUA	1	5 397	463	496	428	152	1 529	6 926	5 100	472	419	339	1 230	153	1 383	6 483
26	QUI	1	5 607	497	460	410	153	1 520	7 127	5 313	470	426	344	1 240	153	1 393	6 706
27	SEX	1	7 004	517	503	358	193	1 571	8 575	5 699	487	442	352	1 281	176	1 457	7 156
MEDIA			5 708	381	381	321	144	1 227	6 935	5 368	369	347	281	997	142	1 139	6 507
TOTAL	7	39 955	2 665	2 670	2 246	7 581	1 010	8 591	48 546	37 578	2 586	2 428	1 965	6 979	993	7 972	45 550

**ANEXO B – RESULTADOS DETALHADOS DOS
ENTRELAÇAMENTOS E DOS CONFLITOS DE CONVERGÊNCIA E
DIVERGÊNCIA – HCS**

B.1 Interseção Perimetral com SP063 x SP 360

Merge Analysis			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 360		
Junction:	Convergência C1		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
Freeway Data			
Type of analysis	Merge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	670	vph	
On Ramp Data			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	642	vph	
Length of first accel/decel lane	180	m	
Length of second accel/decel lane		m	
Adjacent Ramp Data (if one exists)			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent Ramp		vph	
Position of adjacent Ramp			
Type of adjacent Ramp			
Distance to adjacent Ramp		m	
Conversion to pc/h Under Base Conditions			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent
Volume, V (vph)	670	642	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	186	178	v
Trucks and buses	18	25	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.917	0.889	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	811	803	pcph
Estimation of V12 Merge Areas			
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FM			
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	811	pcph	
Capacity Checks			
	Actual	Maximum	LOS F?
v _{FO}	1614	4500	No
v _{R12}	1614	4600	No
Level of Service Determination (if not F)			
Density, D = 3.402 + 0.00456 v _R + 0.0048 v _A - 0.01278 L ₁₂			= 8.7 pc/km/ln
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence	B		
Speed Estimation			
Intermediate speed variable, S	M = 0.297		
Space mean speed in ramp influence area, S _R	S = 83.2 km/h		
Space mean speed in outer lanes, S	S = N/A km/h		
Space mean speed for all vehicles, S	S = 83.2 km/h		

<u>Merge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 360		
Junction:	Convergência C2		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Merge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	523	vph	
<u>On Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	26	vph	
Length of first accel/decel lane	114	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent Ramp		vph	
Position of adjacent Ramp			
Type of adjacent Ramp			
Distance to adjacent Ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent
Volume, V (vph)	523	26	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	145	7	v
Trucks and buses	16	0	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.926	1.000	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	628	29	pcph
<u>Estimation of V12 Merge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FM			
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	628	pcph	
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
v _{FO}	657	4500	No
v _{R12}	657	4600	No
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density, D =	3.402 + 0.00456 v _R + 0.0048 v ₁₂ - 0.01278 L _A	= 5.1 pc/km/ln	
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence A			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	M = 0.301		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S = 83.1 km/h		
	R		
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A km/h		
Space mean speed for all vehicles,	S = 83.1 km/h		

<u>Merge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 360		
Junction:	Convergência C3		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Merge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	2454	vph	
<u>On Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	98	vph	
Length of first accel/decel lane	75	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent Ramp		vph	
Position of adjacent Ramp			
Type of adjacent Ramp			
Distance to adjacent Ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent
Volume, V (vph)	2454	98	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	682	27	v
Trucks and buses	15	8	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.930	0.962	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	2931	113	pcph
<u>Estimation of V12 Merge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FM			
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	2931	pcph	
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
v _{FO}	3044	4500	No
v _{R12}	3044	4600	No
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density, D =	3.402 + 0.00456 v _R + 0.0048 v ₁₂ - 0.01278 L _A	= 17.0+ pc/km/ln	
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence D			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	M = 0.385		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S = 81.1 km/h		
	R		
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A km/h		
Space mean speed for all vehicles,	S = 81.1 km/h		

<u>Merge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 360		
Junction:	Convergência C4		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Merge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	1789	vph	
<u>On Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	110	vph	
Length of first accel/decel lane	75	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent Ramp		vph	
Position of adjacent Ramp			
Type of adjacent Ramp			
Distance to adjacent Ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent
Volume, V (vph)	1789	110	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	497	31	v
Trucks and buses	7	16	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.966	0.926	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	2057	132	pcph
<u>Estimation of V12 Merge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FM			
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	2057	pcph	
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
v _{FO}	2189	4500	No
v _{R12}	2189	4600	No
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density, D =	3.402 + 0.00456 v _R + 0.0048 v ₁₂ - 0.01278 L _A		= 12.9 pc/km/ln
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence C			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	M = 0.338		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S = 82.2	km/h	
	R		
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A	km/h	
Space mean speed for all vehicles,	S = 82.2	km/h	

<u>Diverge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 360		
Junction:	Divergência D1		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Diverge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	553	vph	
<u>Off Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-Flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	98	vph	
Length of first accel/decel lane	170	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent ramp		vph	
Position of adjacent ramp			
Type of adjacent ramp			
Distance to adjacent ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	553	98	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	154	27	v
Trucks and buses	15	8	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	%
Length	0.00 km	0.00 km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.930	0.962	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	661	113	pcph
<u>Estimation of V12 Diverge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-8 or 25-9)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FD			
$v_{12} = v_F + (v_R - v_F) P$	661	pcph	
	12	R	FD
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
$v_F = v_{12}$	661	4500	No
F_i			
$v_F = v_{12}$	661	4400	No
$v_F = v_{12} - v_{FO}$	548	4500	No
F_O			
$v_F = v_{12}$	113	2000	No
R			
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density,	$D = 2.642 + 0.0053 v_{12} - 0.0183 L$	$D = 3.0$	pc/km/ln
	R	12	D
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence A			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	$D = 0.413$		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	$S = 80$	km/h	
	R		
Space mean speed in outer lanes,	$S = N/A$	km/h	
	S		
Space mean speed for all vehicles,	$S = 80.5$	km/h	

<u>Diverge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 360		
Junction:	Divergência D2		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Diverge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	1293	vph	
<u>Off Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-Flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	110	vph	
Length of first accel/decel lane	200	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent ramp		vph	
Position of adjacent ramp			
Type of adjacent ramp			
Distance to adjacent ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	1293	110	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	359	31	v
Trucks and buses	25	16	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	%
Length	0.00 km	0.00 km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.889	0.926	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	1616	132	pcph
<u>Estimation of V12 Diverge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-8 or 25-9)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FD			
$v_{12} = v_F + (v_R - v_F) P$	1616	pcph	
	12	R	FD
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
$v_F = v_{12}$	1616	4500	No
$F_i = F$			
$v_R = v_F - v_{FO}$	1616	4400	No
$F_O = F - R$	1484	4500	No
v_R	132	2000	No
R			
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density, D	$D = 2.642 + 0.0053 v_{12} - 0.0183 L = 7.5$ pc/km/ln		
	R	12	D
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence B			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable, S	D = 0.415		
Space mean speed in ramp influence area, S	S = 80 km/h		
	R		
Space mean speed in outer lanes, S	S = N/A km/h		
Space mean speed for all vehicles, S	S = 80.5 km/h		

<u>Diverge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 360		
Junction:	Divergência D3		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Diverge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	1899	vph	
<u>Off Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-Flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	26	vph	
Length of first accel/decel lane	75	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent ramp		vph	
Position of adjacent ramp			
Type of adjacent ramp			
Distance to adjacent ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	1899	26	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	528	7	v
Trucks and buses	8	0	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	%
Length	0.00 km	0.00 km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.962	1.000	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	2194	29	pcph
<u>Estimation of V12 Diverge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-8 or 25-9)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FD			
$v_{12} = v_F + (v_R - v_F) P$		= 2194 pcph	
	12	R	FD
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
$v_F = v_{Fi}$	2194	4500	No
$v_R = v_{Ri}$	2194	4400	No
$v_F = v_{FO} + (v_R - v_{FO}) P$	2165	4500	No
$v_R = v_{RO} + (v_F - v_{RO}) P$	29	2000	No
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density, $D = 2.642 + 0.0053 v_{12} - 0.0183 L$			= 12.9 pc/km/ln
	R	12	D
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence C			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable, $D = 0.406$			
	S		
Space mean speed in ramp influence area, $S = 81$		km/h	
	R		
Space mean speed in outer lanes, $S = N/A$		km/h	
	S		
Space mean speed for all vehicles, $S = 80.7$		km/h	

<u>Diverge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 360		
Junction:	Divergência D4		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Diverge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	2548	vph	
<u>Off Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-Flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	642	vph	
Length of first accel/decel lane	75	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent ramp		vph	
Position of adjacent ramp			
Type of adjacent ramp			
Distance to adjacent ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	2548	642	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	708	178	v
Trucks and buses	14	25	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	%
Length	0.00 km	0.00 km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.935	0.889	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	3029	802	pcph
<u>Estimation of V12 Diverge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-8 or 25-9)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FD			
$v_{12} = v_F + (v_R - v_F) P$	3029	pcph	
12 R F R FD			
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
$v_F = v_{12}$	3029	4500	No
$F_i = F$			
$v_R = v_F - v_{FO}$	3029	4400	No
$F_O = F - R$	2227	4500	No
v_R	802	2000	No
R			
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density,	$D = 2.642 + 0.0053 v_{12} - 0.0183 L$	$D = 17.3$	pc/km/ln
	R	12	D
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence D			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	$D = 0.475$		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	$S = 79$	km/h	
	R		
Space mean speed in outer lanes,	$S = N/A$	km/h	
Space mean speed for all vehicles,	$S = 79.1$	km/h	

HCS2000: Freeway Weaving Release 4.1c

Operational Analysis

Analyst: Ana Carolina Couto Donaires
Agency/Co.: Perplan
Date Performed: 24/8/2010
Analysis Time Period: 50° hora
Freeway/dir or Travel: Interseção SP 360
Weaving Location: Entrelaçamento 1
Jurisdiction: Rota das Bandeiras
Analysis Year: 2039
Description: Perimetral de Itatiba - Análise de Nivel de Serviço

Inputs

Freeway free-flow speed, SFF 80 km/h
Weaving number of lanes, N 3
Weaving segment length, L 140 m
Terrain type Level
Grade %
Length km
Weaving type A
Volume ratio, VR 0.77
Weaving ratio, R 0.18

Conversion to pc/h Under Base Conditions

	Non-Weaving		Weaving		
	V	V	V	V	
	A-C	B-D	A-D	B-C	
Volume, V	320	0	871	203	veh/h
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	89	0	242	56	v
Trucks and buses	20	0	25	10	%
Recreational vehicles	0	0	0	0	%
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.909	1.000	0.889	0.952	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	1.00	1.00	
Flow rate, v	391	0	1088	236	pc/h

Weaving and Non-Weaving Speeds

	Weaving	Non-Weaving
Weaving intensity factor, Wi	4.32	0.76
Weaving and non-weaving speeds, Si	36.03	60.30
Number of lanes required for unconstrained operation, Nw (Exhibit 24-7)		1.85
Maximum number of lanes, Nw (max) (Exhibit 24-7)		1.40
Type of operation is		Constrained

Weaving Segment Speed, Density, Level of Service and Capacity

Weaving segment speed, S 39.67 km/h
Weaving segment density, D 14.41 pc/km/ln
Level of service, LOS C
Capacity for base condition, cb 3824 pc/h

Limitations on Weaving Segments

	Analyzed	If Max Exceeded	See Note
		Maximum	Note
Weaving flow rate, Vw	1324	2800	a
Average flow rate (pc/h/ln)	571		b
Volume ratio, VR	0.77	0.45	c
Weaving ratio, R	0.18	N/A	d
Weaving length (m)	140	750	e

Notes:

- Capacity constrained by maximum allowable weaving flow rate.
- Capacity constrained by basic freeway capacity.
- Segments do not operate well at VR's exceeding max. Poor operations and some local queuing are expected in such cases.
- Breakdown may occur in some cases for Type C segments.
- When length exceeds these limits, merge and diverge are treated as isolated junctions and analyzed accordingly (HCM Chapter 25, HCS Ramps.)

HCS2000: Freeway Weaving Release 4.1c

Operational Analysis

Analyst: Ana Carolina Couto Donaires
Agency/Co.: Perplan
Date Performed: 24/8/2010
Analysis Time Period: 50° hora
Freeway/dir or Travel: Interseção SP 360
Weaving Location: Entrelaçamento 2
Jurisdiction: Rota das Bandeiras
Analysis Year: 2039
Description: Perimetral de Itatiba - Análise de Nivel de Serviço

Inputs

Freeway free-flow speed, SFF 80 km/h
Weaving number of lanes, N 3
Weaving segment length, L 195 m
Terrain type Level
Grade %
Length km
Weaving type A
Volume ratio, VR 0.44
Weaving ratio, R 0.16

Conversion to pc/h Under Base Conditions

	Non-Weaving		Weaving		
	V	V	V	V	
	A-C	B-D	A-D	B-C	
Volume, V	399	0	56	271	veh/h
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	111	0	16	75	v
Trucks and buses	19	0	2	16	%
Recreational vehicles	0	0	0	0	%
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.913	1.000	0.990	0.926	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	1.00	1.00	
Flow rate, v	485	0	62	325	pc/h

Weaving and Non-Weaving Speeds

	Weaving	Non-Weaving
Weaving intensity factor, Wi	0.47	0.19
Weaving and non-weaving speeds, Si	67.55	77.76
Number of lanes required for unconstrained operation, Nw (Exhibit 24-7)		1.24
Maximum number of lanes, Nw (max) (Exhibit 24-7)		1.40
Type of operation is		Unconstrained

Weaving Segment Speed, Density, Level of Service and Capacity

Weaving segment speed, S 72.87 km/h
Weaving segment density, D 3.99 pc/km/ln
Level of service, LOS A
Capacity for base condition, cb 3994 pc/h

Limitations on Weaving Segments

	Analyzed	If Max Exceeded	See Note
		Maximum	Note
Weaving flow rate, Vw	387	2800	a
Average flow rate (pc/h/ln)	290		b
Volume ratio, VR	0.44	0.45	c
Weaving ratio, R	0.16	N/A	d
Weaving length (m)	195	750	e

Notes:

- Capacity constrained by maximum allowable weaving flow rate.
- Capacity constrained by basic freeway capacity.
- Segments do not operate well at VR's exceeding max. Poor operations and some local queuing are expected in such cases.
- Breakdown may occur in some cases for Type C segments.
- When length exceeds these limits, merge and diverge are treated as isolated junctions and analyzed accordingly (HCM Chapter 25, HCS Ramps.)

HCS2000: Freeway Weaving Release 4.1c

Operational Analysis

Analyst: Ana Carolina Couto Donaires
Agency/Co.: Perplan
Date Performed: 24/8/2010
Analysis Time Period: 50° hora
Freeway/dir or Travel: Interseção SP 360
Weaving Location: Entrelaçamento 3
Jurisdiction: Rota das Bandeiras
Analysis Year: 2039
Description: Perimetral de Itatiba - Análise de Nivel de Serviço

Inputs

Freeway free-flow speed, SFF 85 km/h
Weaving number of lanes, N 3
Weaving segment length, L 145 m
Terrain type Level
Grade %
Length km
Weaving type A
Volume ratio, VR 0.44
Weaving ratio, R 0.23

Conversion to pc/h Under Base Conditions

	Non-Weaving		Weaving		
	V	V	V	V	
	A-C	B-D	A-D	B-C	
Volume, V	1602	0	271	871	veh/h
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	445	0	75	242	v
Trucks and buses	6	0	16	25	%
Recreational vehicles	0	0	0	0	%
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.971	1.000	0.926	0.889	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	1.00	1.00	
Flow rate, v	1833	0	325	1088	pc/h

Weaving and Non-Weaving Speeds

	Weaving	Non-Weaving
Weaving intensity factor, Wi	2.10	1.28
Weaving and non-weaving speeds, Si	46.24	54.22
Number of lanes required for unconstrained operation, Nw (Exhibit 24-7)		1.35
Maximum number of lanes, Nw (max) (Exhibit 24-7)		1.40
Type of operation is		Unconstrained

Weaving Segment Speed, Density, Level of Service and Capacity

Weaving segment speed, S 50.43 km/h
Weaving segment density, D 21.46 pc/km/ln
Level of service, LOS D
Capacity for base condition, cb 3908 pc/h

Limitations on Weaving Segments

	Analyzed	If Max Exceeded	See Note
		Maximum	Note
Weaving flow rate, Vw	1413	2800	a
Average flow rate (pc/h/ln)	1082		b
Volume ratio, VR	0.44	0.45	c
Weaving ratio, R	0.23	N/A	d
Weaving length (m)	145	750	e

Notes:

- Capacity constrained by maximum allowable weaving flow rate.
- Capacity constrained by basic freeway capacity.
- Segments do not operate well at VR's exceeding max. Poor operations and some local queuing are expected in such cases.
- Breakdown may occur in some cases for Type C segments.
- When length exceeds these limits, merge and diverge are treated as isolated junctions and analyzed accordingly (HCM Chapter 25, HCS Ramps.)

HCS2000: Freeway Weaving Release 4.1c

Operational Analysis

Analyst: Ana Carolina Couto Donaires
Agency/Co.: Perplan
Date Performed: 24/8/2010
Analysis Time Period: 50° hora
Freeway/dir or Travel: Interseção SP 360
Weaving Location: Entrelaçamento 4
Jurisdiction: Rota das Bandeiras
Analysis Year: 2039
Description: Perimetral de Itatiba - Análise de Nivel de Serviço

Inputs

Freeway free-flow speed, SFF 80 km/h
Weaving number of lanes, N 2
Weaving segment length, L 190 m
Terrain type Level
Grade %
Length km
Weaving type A
Volume ratio, VR 0.14
Weaving ratio, R 0.29

Conversion to pc/h Under Base Conditions

	Non-Weaving		Weaving		
	V	V	V	V	
	A-C	B-D	A-D	B-C	
Volume, V	1733	0	203	86	veh/h
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	481	0	56	24	v
Trucks and buses	7	0	10	2	%
Recreational vehicles	0	0	0	0	%
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.966	1.000	0.952	0.990	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	1.00	1.00	
Flow rate, v	1992	0	236	96	pc/h

Weaving and Non-Weaving Speeds

	Weaving	Non-Weaving
Weaving intensity factor, Wi	1.10	0.46
Weaving and non-weaving speeds, Si	54.48	67.77
Number of lanes required for unconstrained operation, Nw (Exhibit 24-7)		0.47
Maximum number of lanes, Nw (max) (Exhibit 24-7)		1.40
Type of operation is		Unconstrained

Weaving Segment Speed, Density, Level of Service and Capacity

Weaving segment speed, S 65.49 km/h
Weaving segment density, D 17.74 pc/km/ln
Level of service, LOS D
Capacity for base condition, cb pc/h

Limitations on Weaving Segments

	Analyzed	If Max Exceeded	See Note
		Maximum	Note
Weaving flow rate, Vw	332	2800	a
Average flow rate (pc/h/ln)	1162		b
Volume ratio, VR	0.14	1.00	c
Weaving ratio, R	0.29	N/A	d
Weaving length (m)	190	750	e

Notes:

- Capacity constrained by maximum allowable weaving flow rate.
- Capacity constrained by basic freeway capacity.
- Segments do not operate well at VR's exceeding max. Poor operations and some local queuing are expected in such cases.
- Breakdown may occur in some cases for Type C segments.
- When length exceeds these limits, merge and diverge are treated as isolated junctions and analyzed accordingly (HCM Chapter 25, HCS Ramps.)

B.2 Interseção Perimetral com SP 065

Merge Analysis			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 065		
Junction:	Convergência C1		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
Freeway Data			
Type of analysis	Merge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	2466	vph	
On Ramp Data			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	703	vph	
Length of first accel/decel lane	75	m	
Length of second accel/decel lane		m	
Adjacent Ramp Data (if one exists)			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent Ramp		vph	
Position of adjacent Ramp			
Type of adjacent Ramp			
Distance to adjacent Ramp		m	
Conversion to pc/h Under Base Conditions			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	2466	703	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	685	195	v
Trucks and buses	6	11	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.971	0.948	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	2822	824	pcph
Estimation of V12 Merge Areas			
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FM			
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	2822	pcph	
Capacity Checks			
	Actual	Maximum	LOS F?
v _{FO}	3646	4500	No
v _{R12}	3646	4600	No
Level of Service Determination (if not F)			
Density, D = 3.402 + 0.00456 v _R + 0.0048 v _A - 0.01278 L ₁₂	= 19.7 pc/km/ln		
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence D			
Speed Estimation			
Intermediate speed variable,	M = 0.452		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S = 79.6	km/h	
	R		
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A	km/h	
Space mean speed for all vehicles,	S = 79.6	km/h	

<u>Merge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 065		
Junction:	Convergência C2		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Merge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	3604	vph	
<u>On Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	465	vph	
Length of first accel/decel lane	110	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent Ramp		vph	
Position of adjacent Ramp			
Type of adjacent Ramp			
Distance to adjacent Ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	3604	465	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	1001	129	v
Trucks and buses	24	25	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.893	0.889	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	4485	581	pcph
<u>Estimation of V12 Merge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FM			
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	4485	pcph	
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
v _{FO}	5066	4500	Yes
v _{R12}	5066	4600	Yes
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density, D =	3.402 + 0.00456 v _R + 0.0048 v ₁₂ - 0.01278 L _A		= 26.2 pc/km/ln
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence F			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	M = 0.913		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S = 69.0 km/h		
	R		
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A km/h		
Space mean speed for all vehicles,	S = 69.0 km/h		

<u>Merge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 065		
Junction:	Convergência C2		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2032		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Merge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	2958	vph	
<u>On Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	384	vph	
Length of first accel/decel lane	110	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent Ramp		vph	
Position of adjacent Ramp			
Type of adjacent Ramp			
Distance to adjacent Ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	2958	384	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	822	107	v
Trucks and buses	24	25	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.893	0.889	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	3681	480	pcph
<u>Estimation of V12 Merge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FM			
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	3681	pcph	
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
v _{FO}	4161	4500	No
v _{R12}	4161	4600	No
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density, D =	$3.402 + 0.00456 \frac{v}{R} + 0.0048 \frac{v}{12} - 0.01278 \frac{L}{A}$		21.9 pc/km/ln
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence D			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	M =	0.545	
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S =	77.5	km/h
	R		
Space mean speed in outer lanes,	S =	N/A	km/h
Space mean speed for all vehicles,	S =	77.5	km/h

Merge Analysis				
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti			
Agency/Co.:	PERPLAN			
Date performed:	23/08/2010			
Analysis time period:	50a Hora			
Freeway/dir or travel:	SP - 065			
Junction:	Convergência C2			
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras			
Analysis Year:	2034			
Description:	Análise de Nível de Serviço			
Freeway Data				
Type of analysis	Merge			
Number of lanes in freeway	2			
Free-flow speed on freeway	90.0		km/h	
Volume on freeway	3185		vph	
On Ramp Data				
Side of freeway	Right			
Number of lanes in ramp	1			
Free-flow speed on ramp	60.0		km/h	
Volume on ramp	403		vph	
Length of first accel/decel lane	215		m	
Length of second accel/decel lane			m	
Adjacent Ramp Data (if one exists)				
Does adjacent ramp exist?	No			
Volume on adjacent Ramp			vph	
Position of adjacent Ramp				
Type of adjacent Ramp				
Distance to adjacent Ramp			m	
Conversion to pc/h Under Base Conditions				
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp	
Volume, V (vph)	3185	403		vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90		
Peak 15-min volume, v15	885	112		v
Trucks and buses	24	25		%
Recreational vehicles	0	0		%
Terrain type:	Level	Level	Level	
Grade		%	%	%
Length		km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5		
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2		
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.893	0.889		
Driver population factor, fP	1.00	1.00		
Flow rate, vp	3964	504		pcph
Estimation of V12 Merge Areas				
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)		
EQ				
P =	1.000	Using Equation	0	
FM				
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	3964	pcph		
Capacity Checks				
	Actual	Maximum	LOS F?	
v _{FO}	4468	4500	No	
v _{R12}	4468	4600	No	
Level of Service Determination (if not F)				
Density, D = 3.402 + 0.00456 v _R + 0.0048 v ₁₂ - 0.01278 L _A			22.0-	pc/km/ln
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence	D			
Speed Estimation				
Intermediate speed variable,	M = 0.609			
	S			
Space mean speed in ramp influence area,	S = 76.0 km/h			
	R			
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A km/h			
Space mean speed for all vehicles,	S = 76.0 km/h			

<u>Merge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 065		
Junction:	Convergência C3		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Merge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	643	vph	
<u>On Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	678	vph	
Length of first accel/decel lane	65	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent Ramp		vph	
Position of adjacent Ramp			
Type of adjacent Ramp			
Distance to adjacent Ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	643	678	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	179	188	v
Trucks and buses	25	16	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	km	km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.889	0.926	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	804	814	pcph
<u>Estimation of V12 Merge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-2 or 25-3)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FM			
v ₁₂ = v _F (P _{FM}) =	804	pcph	
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
v _{FO}	1618	4500	No
v _{R12}	1618	4600	No
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density, D =	3.402 + 0.00456 v _R + 0.0048 v ₁₂ - 0.01278 L _A		= 10.1 pc/km/ln
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence B			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	M = 0.325		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S = 82.5	km/h	
	R		
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A	km/h	
Space mean speed for all vehicles,	S = 82.5	km/h	

<u>Diverge Analysis</u>				
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti			
Agency/Co.:	PERPLAN			
Date performed:	23/08/2010			
Analysis time period:	50a Hora			
Freeway/dir or travel:	SP - 065			
Junction:	Divergência D1			
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras			
Analysis Year:	2039			
Description:	Análise de Nível de Serviço			
<u>Freeway Data</u>				
Type of analysis	Diverge			
Number of lanes in freeway	2			
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h		
Volume on freeway	3487	vph		
<u>Off Ramp Data</u>				
Side of freeway	Right			
Number of lanes in ramp	1			
Free-Flow speed on ramp	60.0	km/h		
Volume on ramp	643	vph		
Length of first accel/decel lane	75	m		
Length of second accel/decel lane		m		
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>				
Does adjacent ramp exist?	No			
Volume on adjacent ramp		vph		
Position of adjacent ramp				
Type of adjacent ramp				
Distance to adjacent ramp		m		
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>				
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp	
Volume, V (vph)	3487	643		vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90		
Peak 15-min volume, v15	969	179		v
Trucks and buses	24	25		%
Recreational vehicles	0	0		%
Terrain type:	Level	Level	Level	
Grade	0.00 %	0.00 %		%
Length	0.00 km	0.00 km		km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5		
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2		
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.893	0.889		
Driver population factor, fP	1.00	1.00		
Flow rate, vp	4339	804		pcph
<u>Estimation of V12 Diverge Areas</u>				
L =	0.00	(Equation 25-8 or 25-9)		
EQ				
P =	1.000	Using Equation 0		
FD				
$v_{12} = v_F + (v_R - v_F) P$	4339	pcph		
	12	R	F	FD
<u>Capacity Checks</u>				
	Actual	Maximum	LOS F?	
$v_F = v_{Fi}$	4339	4500	No	
$v_R = v_{FO} - v_{FR}$	4339	4400	No	
$v_R = v_{FO} - v_{FR}$	3535	4500	No	
v_R	804	2000	No	
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>				
Density,	$D = 2.642 + 0.0053 v_{12} - 0.0183 L$	24.3	pc/km/ln	
	R	12	D	
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence E				
<u>Speed Estimation</u>				
Intermediate speed variable,	D = 0.475			
	S			
Space mean speed in ramp influence area,	S = 79	km/h		
	R			
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A	km/h		
Space mean speed for all vehicles,	S = 79.1	km/h		

<u>Diverge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 065		
Junction:	Divergência D1		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Diverge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	3487	vph	
<u>Off Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-Flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	643	vph	
Length of first accel/decel lane	200	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent ramp		vph	
Position of adjacent ramp			
Type of adjacent ramp			
Distance to adjacent ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	3487	643	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	969	179	v
Trucks and buses	24	25	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	%
Length	0.00 km	0.00 km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.893	0.889	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	4339	804	pcph
<u>Estimation of V12 Diverge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-8 or 25-9)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FD			
$v_{12} = v_F + (v_R - v_F) P$	4339	pcph	
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
$v_F = v_{12}$	4339	4500	No
$v_R = v_F$	4339	4400	No
$v_{FO} = v_F - v_R$	3535	4500	No
v_R	804	2000	No
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density,	$D = 2.642 + 0.0053 v_{12} - 0.0183 L$	$= 22.0 -$ pc/km/ln	
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence D			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	D = 0.475		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S = 79	km/h	
	R		
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A	km/h	
Space mean speed for all vehicles,	S = 79.1	km/h	

<u>Diverge Analysis</u>			
Analyst:	Mariana da Silva Gigliotti		
Agency/Co.:	PERPLAN		
Date performed:	23/08/2010		
Analysis time period:	50a Hora		
Freeway/dir or travel:	SP - 065		
Junction:	Divergência D2		
Jurisdiction:	Rota das Bandeiras		
Analysis Year:	2039		
Description:	Análise de Nível de Serviço		
<u>Freeway Data</u>			
Type of analysis	Diverge		
Number of lanes in freeway	2		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	1293	vph	
<u>Off Ramp Data</u>			
Side of freeway	Right		
Number of lanes in ramp	1		
Free-Flow speed on ramp	60.0	km/h	
Volume on ramp	456	vph	
Length of first accel/decel lane	95	m	
Length of second accel/decel lane		m	
<u>Adjacent Ramp Data (if one exists)</u>			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on adjacent ramp		vph	
Position of adjacent ramp			
Type of adjacent ramp			
Distance to adjacent ramp		m	
<u>Conversion to pc/h Under Base Conditions</u>			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	1293	456	vph
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	359	127	v
Trucks and buses	25	25	%
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	%
Length	0.00 km	0.00 km	km
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.889	0.889	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	1616	570	pcph
<u>Estimation of V12 Diverge Areas</u>			
L =	0.00	(Equation 25-8 or 25-9)	
EQ			
P =	1.000	Using Equation 0	
FD			
v = v + (v - v) P	1616	pcph	
12 R F R FD			
<u>Capacity Checks</u>			
	Actual	Maximum	LOS F?
v = v	1616	4500	No
Fi F			
v	1616	4400	No
			12
v = v - v	1046	4500	No
FO F R			
v	570	2000	No
R			
<u>Level of Service Determination (if not F)</u>			
Density,	D = 2.642 + 0.0053 v - 0.0183 L	D = 9.5	pc/km/ln
	R 12 D		
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence B			
<u>Speed Estimation</u>			
Intermediate speed variable,	D = 0.454		
	S		
Space mean speed in ramp influence area,	S = 80	km/h	
Space mean speed in outer lanes,	S = N/A	km/h	
Space mean speed for all vehicles,	S = 79.6	km/h	

HCS2000: Freeway Weaving Release 4.1c

Operational Analysis

Analyst: Ana Carolina Couto Donaires
Agency/Co.: Perplan
Date Performed: 24/8/2010
Analysis Time Period: 50° hora
Freeway/dir or Travel: Interseção SP 065
Weaving Location: Entrelaçamento
Jurisdiction: Rota das Bandeiras
Analysis Year: 2029
Description: Perimetral de Itatiba - Análise de Nivel de Serviço

Inputs

Freeway free-flow speed, SFF 110 km/h
Weaving number of lanes, N 2
Weaving segment length, L 660 m
Terrain type Level
Grade %
Length km
Weaving type A
Volume ratio, VR 0.26
Weaving ratio, R 0.34

Conversion to pc/h Under Base Conditions

	Non-Weaving		Weaving		
	V	V	V	V	
	A-C	B-D	A-D	B-C	
Volume, V	2121	3	527	281	veh/h
Peak-hour factor, PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	
Peak 15-min volume, v15	589	1	146	78	v
Trucks and buses	25	7	16	6	%
Recreational vehicles	0	0	0	0	%
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	1.5	1.5	
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.889	0.966	0.926	0.971	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	1.00	1.00	
Flow rate, v	2651	3	632	321	pc/h

Weaving and Non-Weaving Speeds

	Weaving	Non-Weaving
Weaving intensity factor, Wi	0.78	0.48
Weaving and non-weaving speeds, Si	76.91	87.44
Number of lanes required for unconstrained operation, Nw (Exhibit 24-7)		0.77
Maximum number of lanes, Nw (max) (Exhibit 24-7)		1.40
Type of operation is		Unconstrained

Weaving Segment Speed, Density, Level of Service and Capacity

Weaving segment speed, S 84.39 km/h
Weaving segment density, D 21.37 pc/km/ln
Level of service, LOS D
Capacity for base condition, cb pc/h

Limitations on Weaving Segments

	Analyzed	If Max Exceeded	See Note
		Maximum	Note
Weaving flow rate, Vw	953	2800	a
Average flow rate (pc/h/ln)	1803	2350	b
Volume ratio, VR	0.26	1.00	c
Weaving ratio, R	0.34	N/A	d
Weaving length (m)	660	750	e

Notes:

- Capacity constrained by maximum allowable weaving flow rate.
- Capacity constrained by basic freeway capacity.
- Segments do not operate well at VR's exceeding max. Poor operations and some local queuing are expected in such cases.
- Breakdown may occur in some cases for Type C segments.
- When length exceeds these limits, merge and diverge are treated as isolated junctions and analyzed accordingly (HCM Chapter 25, HCS Ramps.)

ANEXO C – RESULTADOS DETALHADOS FATORES DE PISTA SIMPLES – HCS

C.1 – 2010

		Seção Básica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Características da via	f _A		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	f _L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bidirecional	ATS	E _T	1,1		1,1	1,5	1,1	1,5	1,1		1,1		1,1
		f _{HV}	0,974		0,974	0,883	0,974	0,883	0,974		0,974		0,974
		V _p	1.426		1.426	1.589	1.426	1.589	1.426		1.426		1.426
		f _G	1,00		1,00	0,99	1,00	0,99	1,00		1,00		1,00
		f _{np}	1,9		2,7	1,7	1,1	1,7	2,0		2,7		-
		ATS	59,3		58,5	57,4	60,1	57,4	59,2		58,5		61,2
		V _p	1.389		1.389	1.389	1.389	1.389	1.389		1.389		1.389
		f _G	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00
		E _T	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00
	PTSF	f _{HV}	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00
		f _{d/np}	6,6		7,7	5,8	4,3	5,8	6,8		7,7		-
		BPTSF	70,5		70,5	70,5	70,5	70,5	70,5		70,5		70,5
		PTSF	77,1		78,3	76,3	74,8	76,3	77,3		78,3		70,5
Direcional - Sentido 1	ATS	E _{TC} (vd)											
		E _T (vd)	1,1	3,1				1,5	1,1		1,1	2,9	
		f _{HV} (vd)	0,974	0,642				0,883	0,974		0,974	0,659	
		V _d	642	1.189				715	642		642	1.159	
		f _G (vd)	1,00	1,00				0,99	1,00		1,00	1,00	
		E _{TC} (vo)											
		E _T (vo)	1,1	1,1				1,5	1,1		1,1	1,1	
		f _{HV} (vo)	0,974	0,974				0,883	0,974		0,974	0,974	
		V _o	784	642				874	784		784	642	
		f _G (vo)	1,00	1,00				0,99	1,00		1,00	1,00	
		f _{np}	1,6	2,2				0,8	1,9		2,2	-	
		ATS	59,6	53,9				58,3	59,3		59,0	56,5	
	PTSF	E _{TC} (vd)											
		E _T (vd)	1,0					1,0	1,0		1,0		
		f _{HV} (vd)	1,000	1,000				1,000	1,000		1,000	1,000	
		V _d	625	764				625	625		625	764	
		f _G (vd)	1,00	1,00				1,00	1,00		1,00	1,00	
		E _{TC} (vo)											
		E _T (vo)	1,000	1,000				1,000	1,000		1,000	1,000	
		f _{HV} (vo)	1,000	1,000				1,000	1,000		1,000	1,000	
		V _o	764	625				764	764		764	625	
		f _G (vo)	1,00	1,00				1,00	1,00		1,00	1,00	
		f _{np}	7,2	10,3				4,7	8,4		11,0	-	
		a	(0,16)	(0,11)				(0,16)	(0,16)		(0,16)	(0,11)	
		b	0,36	0,40				0,36	0,36		0,36	0,40	
		BPTSF	80,4	79,9				80,4	80,4		80,4	79,9	
		PTSF	87,5	90,2				85,1	88,7		91,4	79,9	
Direcional - Sentido 2	ATS	E _{TC} (vd)											
		E _T (vd)			1,1	1,5	1,1			2,3			1,1
		f _{HV} (vd)			0,974	0,883	0,974			0,739			0,974
		V _d			642	715	642			846			642
		f _G (vd)			1,00	0,99	1,00			1,00			1,00
		E _{TC} (vo)											
		E _T (vo)			1,1	1,5	1,1			1,1			1,1
		f _{HV} (vo)			0,974	0,883	0,974			0,974			0,974
		V _o			784	874	784			784			784
		f _G (vo)			1,00	0,99	1,00			1,00			1,00
		f _{np}			2,2	1,3	0,7			1,6			-
		ATS			59,0	57,8	60,5			57,0			61,2
	PTSF	E _{TC} (vd)											
		E _T (vd)			1,0	1,0	1,0						1,0
		f _{HV} (vd)			1,000	1,000	1,000			1,000			1,000
		V _d			625	625	625			625			625
		f _G (vd)			1,00	1,00	1,00			1,00			1,00
		E _{TC} (vo)											
		E _T (vo)			1,000	1,000	1,000			1,000			1,000
		f _{HV} (vo)			1,000	1,000	1,000			1,000			1,000
		V _o			764	764	764			764			764
		f _G (vo)			1,00	1,00	1,00			1,00			1,00
		f _{np}			11,0	6,9	3,3			7,6			-
		a			(0,16)	(0,16)	(0,16)			(0,16)			(0,16)
		b			0,36	0,36	0,36			0,36			0,36
		BPTSF			80,4	80,4	80,4			80,4			80,4
		PTSF			91,4	87,2	83,6			88,0			80,4

ANEXO D: CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULO

Para um determinado veículo, com um certo número de eixos e com carga conhecida em cada um deles, pode-se calcular o “fator de veículo” como a soma dos fatores de equivalência de cada um de seus eixos. No caso de uma população de veículos que passam por determinada rodovia, com diferentes números de eixos e diferentes cargas por eixo, dividem-se esses veículos em categorias (por exemplo: ônibus, caminhões de 2 eixos, caminhões de 3 eixos, caminhões articulados).

Para cada categoria, admite-se uma distribuição de pesos por eixo e calcula-se um fator de veículo médio para cada categoria. Essa distribuição de pesos por eixo pode provir de uma pesquisa específica de pesagem ou de algum outro tipo de hipótese (por exemplo: analogia com outra rodovia de características similares).

Para determinada categoria de veículo, sendo conhecida a distribuição de freqüências por classe de peso dos tipos de eixo, é possível calcular o fator de equivalência médio dessa categoria de veículo em termos de solicitação ao pavimento. Esse fator é calculado pela expressão:

$$E_v = \sum_{ct} (X_{vct})(E_{tc})$$

Onde:

E_v = Fator de Veículo = Fator de equivalência da categoria de veículo “v” em relação ao eixo padrão;

X_{vct} = Percentual dos eixos do tipo “t” da categoria de veículo “v” cujo peso está na classe de peso “c”;

E_{tc} = Fator de equivalência de um eixo do tipo “t” com peso igual ao ponto médio da classe de peso “c”, calculado pelas fórmulas e gráficos da AASHTO ou da USACE (Figuras D.1-A e D.1-B).

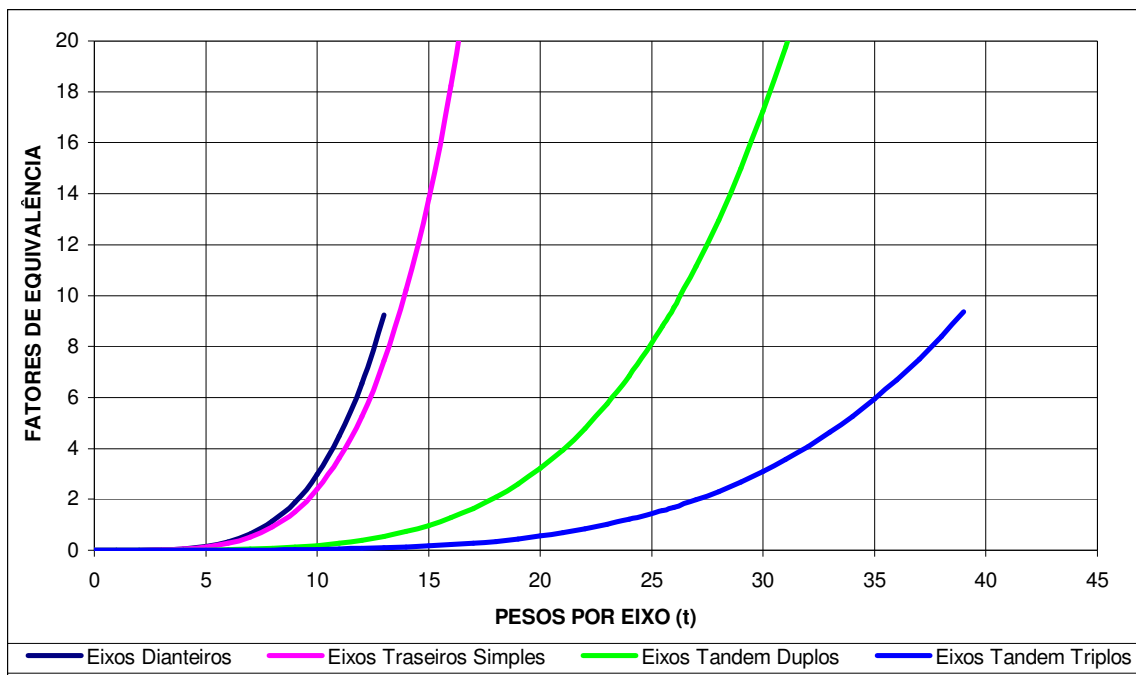
No caso presente, foi admitida a seguinte hipótese de distribuição de cargas:

- 75% dos veículos de cada categoria com carga máxima legal em cada um de seus eixos;
- 25% dos veículos vazios.

Os resultados do cálculo para as diversas categorias de veículos estão na Tabela D.1. Na parte (a) dessa tabela estão as hipóteses de distribuição de pesos por eixo dos veículos vazios e carregados de cada categoria. Na parte (b) estão os cálculos dos fatores de veículo pelo conceito AASHTO, em que os fatores de equivalência por tipo de eixo são obtidos das curvas da Figura B.1-A. Na parte (c) estão os cálculos dos fatores de veículo pelo conceito USACE, em que os fatores de equivalência por tipo de eixo são obtidos das curvas da Figura D.1-B.

Figura D.1: Fatores de Equivalência para Dimensionamento do Pavimento
Número de passadas do Eixo Padrão

A) MÉTODO AASHTO



B) MÉTODO USACE

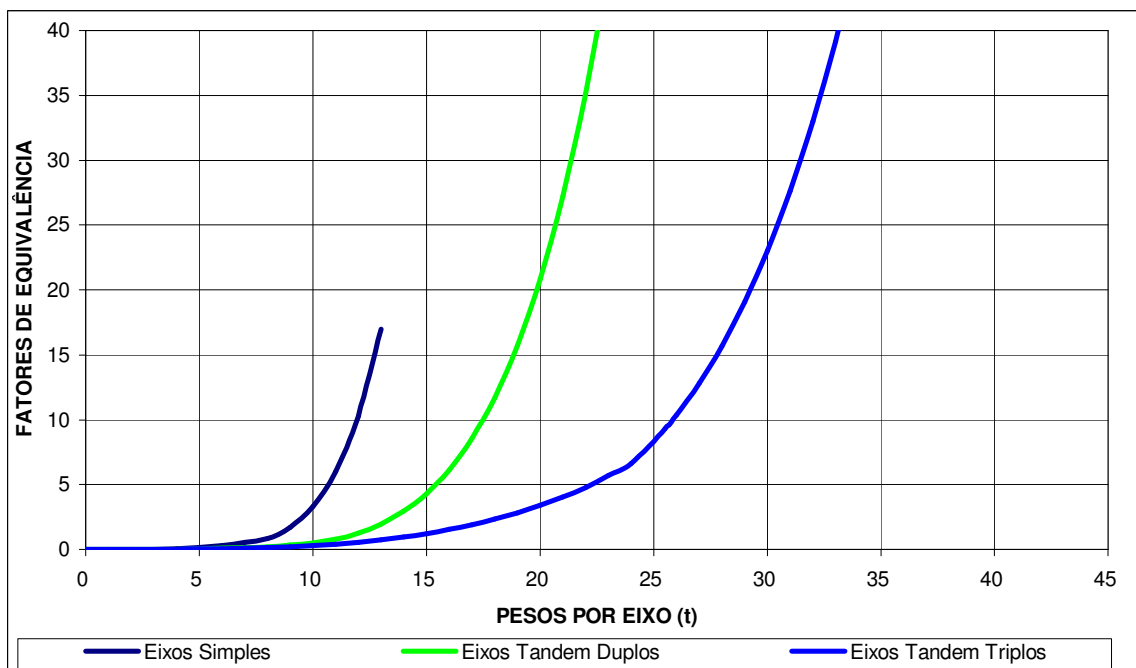


Tabela D.1: Estimativa dos Fatores de Veículo

Hipótese: 75% dos veículos com Carga Máxima Legal por eixo; 25% vazios

a) Distribuição de Pesos por Eixo

Categoria	Condição de Carga	Composição	Pesos por Eixo (ton)					Peso
			Eixos Dianteiros	Eixos Traseiros				Bruto Total
				Simples	Simples	Tandem Duplo	Tandem Triplo	
Ônibus	Vazios	25%	5,0	5,0				10,0
	Limite Legal	75%	6,0	10,0				16,0
Caminhões de 2 Eixos C2	Vazios	25%	2,0	3,0				5,0
	Limite Legal	75%	6,0	10,0				16,0
Caminhões de 3 Eixos C3	Vazios	25%	2,0			4,0		6,0
	Limite Legal	75%	6,0			17,0		23,0
Caminhões Articulados 2S1	Vazios	25%	3,0	4,0	3,0			10,0
	Limite Legal	75%	6,0	10,0	10,0			26,0
Caminhões Articulados 2S2	Vazios	25%	4,0	4,0		4,0		12,0
	Limite Legal	75%	6,0	10,0		17,0		33,0
Caminhões Articulados 2S3	Vazios	25%	4,0	4,0			7,0	15,0
	Limite Legal	75%	6,0	10,0			25,5	41,5
Caminhões Articulados 3S3	Vazios	25%	4,0			5,0	7,0	16,0
	Limite Legal	75%	6,0			17,0	25,5	48,5
Caminhões Biarticulados 3S2S2	Vazios	25%	4,0			5,0		19,0
	Limite Legal	75%	6,0			17,0		57,0

Tabela D.1: Estimativa dos Fatores de Veículo - Continuação

b) Cálculo dos Fatores de Veículos AASHTO

Categoria	Condição de Carga	Composição	Fatores de Equivalência					Total
			Eixos Dianteiros	Eixos Traseiros				
				Simples	Simples	Tandem Duplo	Tandem Triplo	
Ônibus	Vazios	25%	0,15	0,12				0,27
	Limite Legal	75%	0,33	2,39				2,72
	Total	100%	0,28	1,83		-	-	2,11
Caminhões de 2 Eixos C2	Vazios	25%	0,00	0,01				0,02
	Limite Legal	75%	0,33	2,39				2,72
	Total	100%	0,25	1,80		-	-	2,05
Caminhões de 3 Eixos C3	Vazios	25%	0,00			0,00		0,01
	Limite Legal	75%	0,33			1,64		1,97
	Total	100%	0,25	-		1,23	-	1,48
Caminhões Articulados 2S1	Vazios	25%	0,02	0,05	0,01			0,08
	Limite Legal	75%	0,33	2,39	2,39			5,12
	Total	100%	0,25	1,81	1,80	-	-	3,86
Caminhões Articulados 2S2	Vazios	25%	0,06	0,05		0,00	-	0,11
	Limite Legal	75%	0,33	2,39		1,64	-	4,36
	Total	100%	0,26	1,81		1,23	-	3,30
Caminhões Articulados 2S3	Vazios	25%	0,06	0,05			0,01	0,11
	Limite Legal	75%	0,33	2,39			1,56	4,28
	Total	100%	0,26	1,81		-	1,17	3,24
Caminhões Articulados 3S3	Vazios	25%	0,06			0,01	0,01	0,07
	Limite Legal	75%	0,33			1,64	1,56	3,53
	Total	100%	0,26	-		1,23	1,17	2,67
Caminhões Biarticulados 3S2S2	Vazios	25%	0,06			0,03	-	0,09
	Limite Legal	75%	0,33			4,93	-	5,25
	Total	100%	0,26	-		3,70	-	3,96

Tabela D.1: Estimativa dos Fatores de Veículo - Continuação

c) Cálculo dos Fatores de Veículos USACE

Categoria	Condição de Carga	Composição	Fatores de Equivalência					Total
			Eixos Dianteiros	Eixos Traseiros				
				Simples		Tandem Duplo	Tandem Triplo	
Ônibus	Vazios	25%	0,13	0,13				0,27
	Limite Legal	75%	0,28	3,29				3,57
	Total	100%	0,24	2,50		-	-	2,74
Caminhões de 2 Eixos C2	Vazios	25%	0,00	0,02				0,02
	Limite Legal	75%	0,28	3,29				3,57
	Total	100%	0,21	2,47		-	-	2,68
Caminhões de 3 Eixos C3	Vazios	25%	0,00			0,02		0,02
	Limite Legal	75%	0,28			8,55		8,83
	Total	100%	0,21	-		6,42	-	6,63
Caminhões Articulados 2S1	Vazios	25%	0,02	0,05	0,02			0,09
	Limite Legal	75%	0,28	3,29	3,29			6,86
	Total	100%	0,21	2,48	2,47	-	-	5,16
Caminhões Articulados 2S2	Vazios	25%	0,05	0,05		0,02		0,13
	Limite Legal	75%	0,28	3,29		8,55		12,12
	Total	100%	0,22	2,48		6,42	-	9,12
Caminhões Articulados 2S3	Vazios	25%	0,05	0,05			0,08	0,19
	Limite Legal	75%	0,28	3,29			9,30	12,87
	Total	100%	0,22	2,48		-	7,00	9,70
Caminhões Articulados 3S3	Vazios	25%	0,05			0,04	0,08	0,18
	Limite Legal	75%	0,28			8,55	9,30	18,13
	Total	100%	0,22	-		6,42	7,00	13,64
Caminhões Biarticulados 3S2S2	Vazios	25%	0,05			0,13	-	0,18
	Limite Legal	75%	0,28			25,65	-	25,92
	Total	100%	0,22	-		19,27	-	19,49