

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

EDITAL DA CONCORRÊNCIA Nº 01/2025

CONCESSÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE RECUPERAÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, CONSERVAÇÃO, IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS E AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE DO SISTEMA RODOVIÁRIO, COMPOSTO PELOS TRECHOS DAS RODOVIAS ESTADUAIS MS-040, MS-338 E MS-395 E TRECHOS DAS RODOVIAS FEDERAIS BR-262 E BR-267.

MODELAGEM TÉCNICA
Produto 1 - Estudos de tráfego

JANEIRO/2025

Grupo de CONSULTORES RODOVIÁRIOS



SUMÁRIO

1. Caracterização da situação atual.....	8
1.1. Contagens de tráfego	8
1.1.1. Realização das contagens	8
1.1.2. Ajuste horário e semanal das contagens	9
1.1.3. Ajuste mensal das contagens (cálculo do VDMA)	13
1.2. Localização dos potenciais locais de cobrança	15
1.3. Pesquisas de origem-destino	19
1.3.1. Realização das pesquisas.....	19
1.3.2. Principais resultados das pesquisas.....	21
1.3.3. Linhas de Desejo.....	24
1.3.4. Pesquisa de Preferência Declarada	25
2. Montagem do modelo de simulação.....	29
2.1. Rede georreferenciada.....	30
2.2. Zoneamento	34
2.3. Custos no modelo de simulação	35
2.4. Segmentação de classes	37
2.5. Elaboração da matriz de viagens.....	38
2.6. Calibração da rede.....	39
2.6.1. Calibração da função de atraso.....	39
2.6.2. Validação do modelo.....	40
2.6.3. Resultado da calibração	42
3. Cálculo dos efeitos sobre o crescimento do tráfego.....	44
3.1. Crescimento vegetativo do tráfego	44
3.1.1. Cálculo das elasticidades	45
3.1.2. Atenuação das elasticidades	46

3.1.3.	Projeção do PIB – Brasil.....	47
3.1.4.	Taxas de crescimento do tráfego	47
3.2.	Definição da quantidade e dos locais dos pórticos do sistema free-flow.....	48
3.3.	Sistema de cobrança de pedágio e política tarifária.....	51
3.4.	Cenários futuros	55
4.4.1	Início da cobrança da Way-112.....	56
4.4.2	Início da cobrança de pedágio no lote em estudo	57
4.4.3	Resultados após todas as alterações rodoviárias.....	59
3.4.1.	Sensibilidade tarifária.....	60
4.4.4	Concorrência modal	61
4.	Projeção de tráfego.....	68
5.	Dimensionamento de elementos de engenharia	70
5.1.	Dimensionamento de elementos de engenharia.....	70
5.2.	Dimensionamento do pavimento (Número N)	70
5.3.	Dados brutos dos postos de contagem.....	77
6.	Anexo I – Metodologia para cálculo do DUF	81
8.	Termo de Encerramento	Erro! Indicador não definido.

Índice de Figuras

Figura 2-1 - Localização dos postos de contagem de tráfego	9
Figura 2-2 - Localização sugerida para os pórticos de pedágio	17
Figura 2-3 - Localização das pesquisas OD.....	20
Figura 2-4 - Resultados da pesquisa OD (automóveis).....	21
Figura 2-5 - Resultados da pesquisa OD (caminhões).....	22
Figura 2-6 - Área de influência do estudo.....	24
Figura 2-7 - Linhas de desejo (em eixos)	25
Figura 2-8 - Exemplo de formulário da PD	26
Figura 3-1 - Rede rodoviária de simulação utilizada no estudo.....	29
Figura 3-2 - Tipo de pista da rede rodoviária utilizada no estudo	32
Figura 3-3 - Qualidade do pavimento da rede rodoviária utilizada no estudo	33
Figura 3-4 - Tipo de revestimento da rede rodoviária utilizada no estudo	34
Figura 3-5 - Velocidade de fluxo livre da rede rodoviária utilizada no estudo	34
Figura 3-6 - Zoneamento do tráfego.....	35
Figura 3-7 - Eliminação das contagens duplas	38
Figura 3-8 - Carregamento do modelo para a situação atual	43
Figura 4-1 - Etapas do desenvolvimento de estudos de projeção de crescimento vegetativo	44
Figura 4-2 - Configurações de pórticos testadas.....	49
Figura 4-3 - Locais de cobrança de pedágio	51
Figura 4-4 - Trecho de cobertura de pórticos e distância entre manchas urbanas.....	53
Figura 4-5 - Obras de pavimentação consideradas	56
Figura 4-6 - Mapa de diferença (Implantação das praças de pedágio da Way112)	57
Figura 4-7 - Mapa de diferença (início da cobrança de pedágio no lote em estudo).....	58
Figura 4-8 - Mapa de diferença (após todas as alterações rodoviárias)	59
Figura 4-9 - Sensibilidade tarifária	61
Figura 4-10 - Malha ferroviária brasileira	62
Figura 4-11 - Relicitação da Malha Oeste	63
Figura 4-12 - Ferrovia estadual Senador Vicente Emílio Vuolo.....	64
Figura 4-13 - Metodologia de exclusão de caminhões da matriz OD atual com potencial de migração modal.....	65
Figura 4-14 - Nível de competitividade entre o modo ferroviário e rodoviário	67

Índice de Tabelas

Tabela 2-1 - Categorias contadas	9
Tabela 2-2 - Volumes diários médios semanais (VMDs)	12
Tabela 2-3 - Volumes diários médios anuais (VDMA)	14
Tabela 2-4 - Localização sugerida para os pórticos de pedágio	16
Tabela 2-5 - Pesquisas CVC referenciais e volume de tráfego nos locais sugeridos	18
Tabela 2-6 - Quantidade de entrevistas OD e nível de confiança obtido	20
Tabela 2-7 - Amostras da pesquisa PD	26
Tabela 2-8 - Resultado do Método de Variação Custo/Variação Tempo para automóveis	28
Tabela 2-9 - Resultado do Método de Variação Custo/Variação Tempo para caminhões	28
Tabela 3-1 - Critérios de segmentação de automóveis	37
Tabela 3-2 - Critérios de segmentação de caminhões	37
Tabela 4-1 - Elasticidades do ajuste regional	45
Tabela 4-2 - Elasticidades do ajuste de tráfego.....	45
Tabela 4-3 - Elasticidades finais obtidas pela combinação dos ajustes regional e de tráfego	46
Tabela 4-4 - Localização dos pórticos de pedágio	50
Tabela 4-5 - Resultados obtidos no cálculo da tarifa DUF	53
Tabela 4-6 - Pórticos de pedágio e tarifas definidas	54
Tabela 4-7 - Cenários futuros considerados	55
Tabela 4-8 - Desvios de tráfego por pórtico de pedágio.....	58
Tabela 4-9 - Desvios de tráfego por pórtico de pedágio.....	60
Tabela 4-10 - Características dos fatores de influência de migração modal	65
Tabela 4-11 - Cargas elegíveis para ferrovias	66
Tabela 4-12 - Impactos da análise de concorrência modal.....	67
Tabela 5-1 - Projeção do volume diário médio anual (em milhares).....	69
Tabela 5-2 - Projeção de eixos equivalentes por dia (em milhares).....	69
Tabela 5-3 - Projeção de eixos equivalentes por ano (em milhões).....	69
Tabela 6-1 - Carga “P” (peso bruto total) por tipo de eixo.....	71
Tabela 6-2 - Fatores de Equivalência de Carga para cada método de cálculo.....	71
Tabela 6-3 - Configurações de eixos consideradas em cada classe de veículo.....	72

Tabela 6-4 - Distribuição da carga dos veículos.....	72
Tabela 6-5 - Número N USACE.....	74
Tabela 6-6 - Número N AASHTO Flexível.....	75
Tabela 6-7 - Número N AASHTO Rígido.....	76
Tabela 6-8 - Dados brutos dos postos de contagem.....	77

Índice de Gráficos

Gráfico 2-1 - Fator de ajuste diário para corredor rodoviário BR-262.....	10
Gráfico 2-2 - Fator de ajuste diário para corredor rodoviário MS-040/338/395	10
Gráfico 2-3 - Fator de ajuste diário para corredor rodoviário BR-267	11
Gráfico 2-4 - Fator de ajuste diário para rotas adjacentes	11
Gráfico 2-5 - Fator de sazonalidade mensal	14
Gráfico 2-6 - Volume de tráfego (em eixos rodantes) em cada local de cobrança sugerido	19
Gráfico 2-7: Distância média percorrida.....	22
Gráfico 2-8 - Geração de viagens por município	23
Gráfico 3-1 - Calibração final do modelo após ajuste sintético	42
Gráfico 4-1 - Atenuação da elasticidade	47
Gráfico 4-2 - Projeção do PIB-BR.....	47
Gráfico 4-3 - Crescimento vegetativo do tráfego	48
Gráfico 4-4 - Faixas de tarifas pagas pelos usuários	49
Gráfico 4-5 - Tarifa média paga pelos usuários.....	49
Gráfico 5-1 - Projeção de eixos equivalentes por ano (em milhões)	68

1. Caracterização da situação atual

Neste capítulo são descritas as principais características da demanda de tráfego, ou seja, quantidade de veículos nas rodovias em estudo, viagens existentes na região e caracterização do usuário. Para tanto, foram analisados os resultados obtidos a partir das contagens classificadas de veículos, das pesquisas de origem-destino (OD) e das pesquisas de preferência declarada (PD).

1.1. Contagens de tráfego

As contagens volumétricas classificadas (CVC) visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo.

1.1.1. Realização das contagens

No presente estudo, para a quantificação do fluxo de veículos do trecho a ser concedido e do seu entorno, foram realizadas contagens volumétricas classificadas entre os dias 05 e 29 de novembro de 2023, sendo:

- ✓ Contagem de tráfego de 7 dias (24 horas) em 10 trechos homogêneos principais, entre os dias 06 e 13/11/2022;
- ✓ Contagem de tráfego de 1 dia (24 horas) em outros 22 trechos homogêneos do sistema, entre os dias 20 e 29/11/2023; e
- ✓ Contagem de tráfego de 1 dia (24 horas) em 15 trechos de rodovias adjacentes, entre os dias 20 e 29/11/2023.

Ressalta-se que as contagens foram realizadas pelo Consórcio através de câmeras, instaladas em elementos fixos (postes, árvores ou placas) existentes em cada local. Posteriormente, as filmagens são tratadas por *software* específico para classificação e quantificação dos diferentes tipos de veículos.

Todos os dados levantados foram alvo de cuidadosa revisão e armazenados em planilhas eletrônicas de fácil conferência, com totalização a cada 15 minutos e classificação entre os diferentes tipos de veículo por quantidade de eixos, conforme evidenciado na Tabela 1-1. Também foi realizada a análise dos eixos suspensos, que foram totalizados por tipo de caminhão, importantes em função da cobrança de tarifa proporcional ao número de eixos rodantes e não totais.

Tabela 1-1 - Categorias contadas

CATEGORIA	Auto			Ônibus			Caminhões																		Moto	
							Leves		Pesados										Super Pesados							
	2E	3E	4E	2C	3C	4C	2C(16)	2C(22)	3C	4C	2S2	2S3	2I3	2J3	3S2	3S3	3I3	3J3	2C2	2C3	3C2	3C3	4S3	3T4		3T6

A localização de todos os postos de contagem de tráfego pode ser vista na Figura 1-1.



Figura 1-1 - Localização dos postos de contagem de tráfego

1.1.2. Ajuste horário e semanal das contagens

Visto que todas as 47 contagens de tráfego realizadas tiveram duração de 24 horas, não é necessário a aplicação do fator de ajuste horário. Dessa forma, partiu-se diretamente ao cálculo do volume diário médio semanal (VDMs).

Para definição do fator de ajuste diário, foram utilizadas as dez contagens de tráfego de 7 dias, sendo calculados fatores por corredor rodoviário em estudo (BR-262, MS-040/338/395 e BR-267). O volume de cada posto de contagem foi expandido, portanto, de acordo com o corredor rodoviário em que estava localizado, com exceção dos postos das rodovias adjacentes, os quais foram expandidos através de um fator médio, obtido sem distinção de corredor rodoviário.

Fator de ajuste diário (Eixo BR-262)

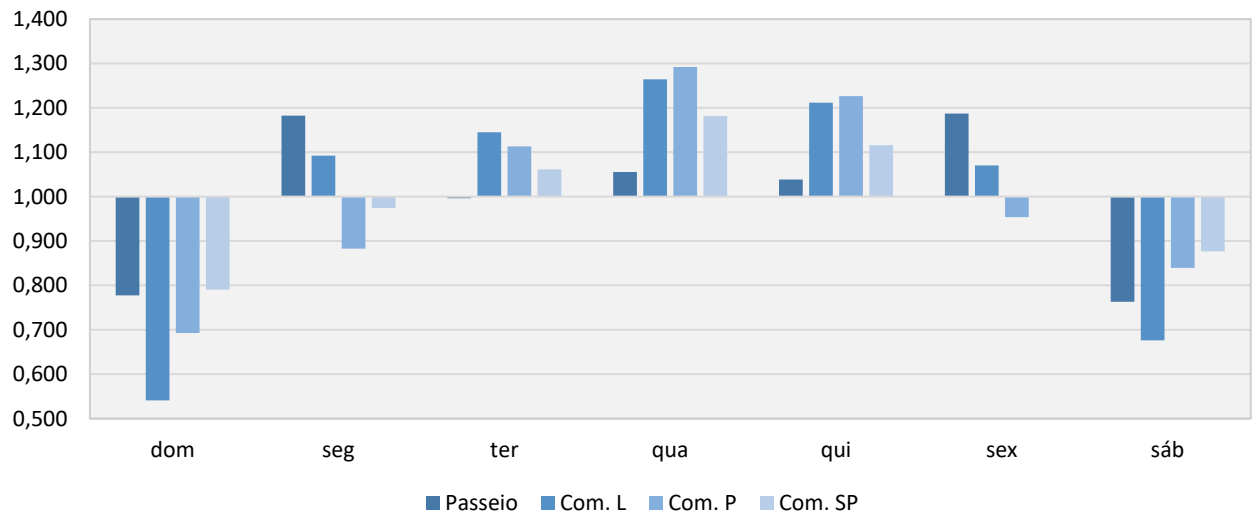


Gráfico 1-1 - Fator de ajuste diário para corredor rodoviário BR-262

Fator de ajuste diário (Eixo MS-040/338/395)

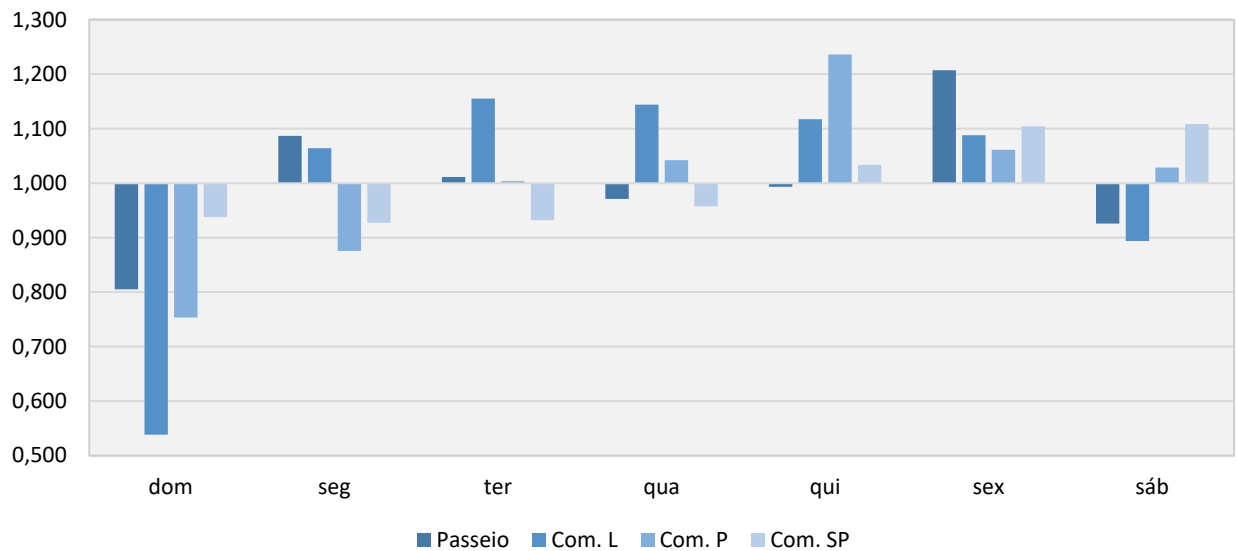


Gráfico 1-2 - Fator de ajuste diário para corredor rodoviário MS-040/338/395

Fator de ajuste diário (Eixo BR-267)

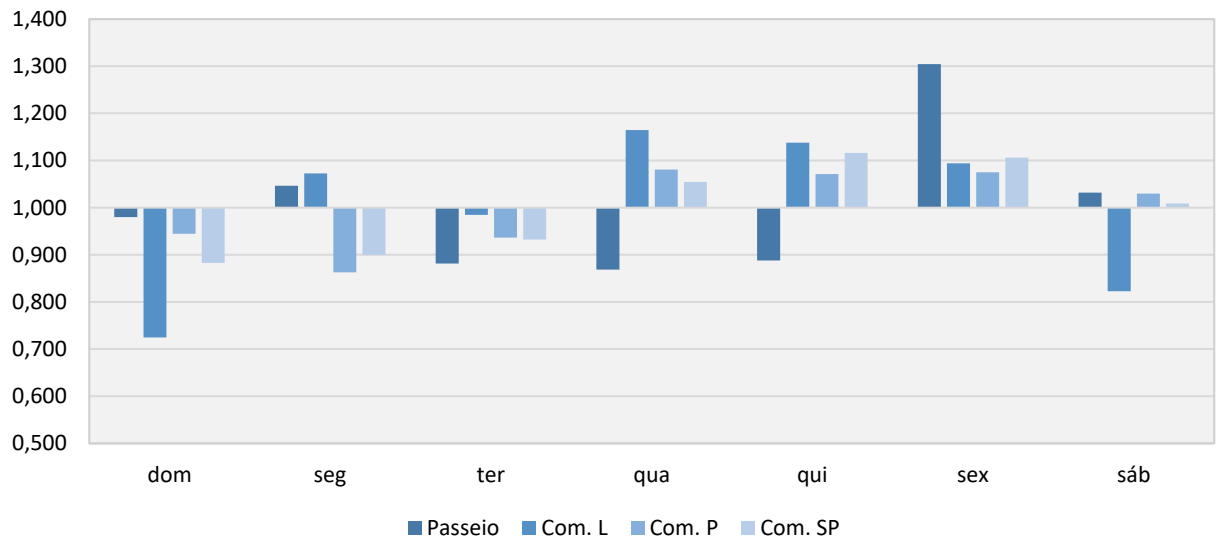


Gráfico 1-3 - Fator de ajuste diário para corredor rodoviário BR-267

Fator de ajuste diário (Rotas adjacentes)

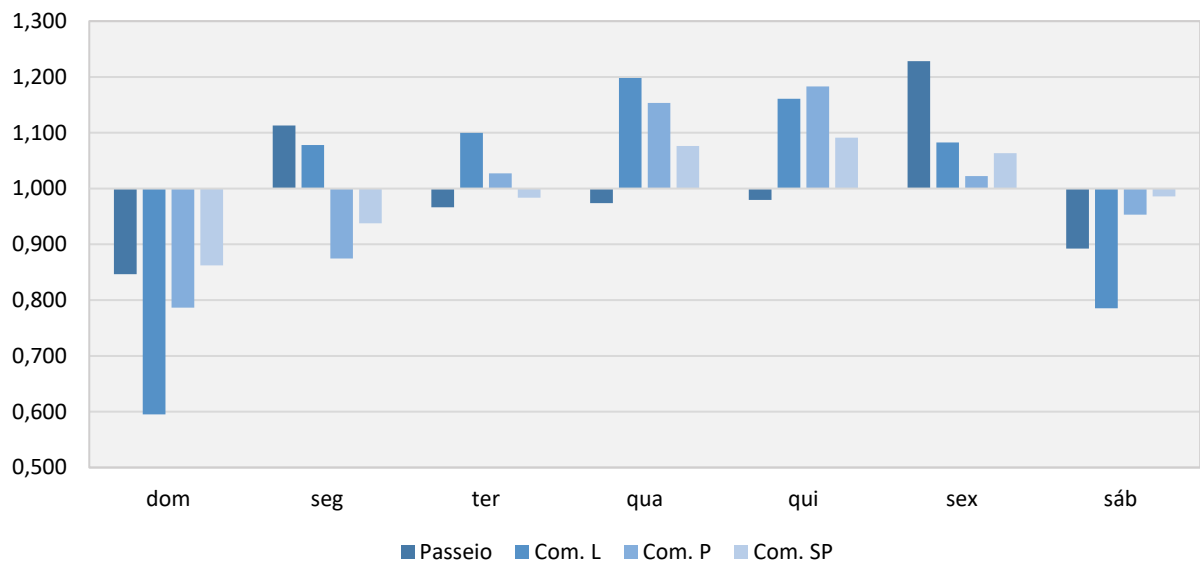


Gráfico 1-4 - Fator de ajuste diário para rotas adjacentes

A Tabela 1-2 apresenta os volumes diários médios semanais (VDMs) obtidos.

Tabela 1-2 - Volumes diários médios semanais (VMDs)

Local	Rodovi a	Posto	Moto	Auto	Com. L	Com. P	Com. SP	Total
Sistema rodoviário em estudo	BR-262	P01TH	637	6,200	771	721	877	9,205
	BR-262	P02TH	664	5,149	746	760	793	8,112
	BR-262	P03TH	902	6,205	1,060	690	981	9,838
	BR-262	P04TH	22	1,600	495	437	750	3,305
	BR-262	P05TH	60	1,521	657	535	660	3,433
	BR-262	P06TH	476	4,256	695	517	619	6,562
	BR-262	P07TH	17	1,586	458	597	595	3,253
	BR-262	P09TH	3,232	12,825	1,768	880	484	19,190
	BR-262	P08TH	165	2,870	776	548	481	4,840
	BR-267	P15TH	212	3,102	483	900	806	5,503
	BR-267	P16TH	728	4,550	699	934	846	7,758
	BR-267	P17TH	24	974	319	614	581	2,513
	BR-267	P20TH	22	1,303	435	904	1,165	3,830
	BR-267	P21TH	37	2,138	554	895	1,081	4,706
	BR-267	P22TH	80	2,546	533	874	1,049	5,083
	BR-267	P18TH	54	1,335	409	624	589	3,010
	BR-267	P19TH	6	921	396	792	1,287	3,402
	MS-040	P10TH	44	1,011	295	299	293	1,942
	MS-040	P11TH	6	629	150	224	369	1,378
	MS-040	P12TH	9	620	181	171	440	1,421
MS-395	P13TH	61	1,727	455	475	423	3,141	
MS-395	P14TH	292	1,338	132	88	70	1,920	
Rotas adjacentes	BR-158	P01A	52	2,056	303	185	346	2,942
	BR-158	P05A	193	1,293	178	132	137	1,932
	MS-040	P06A	39	224	39	5	31	337
	MS-134	P10A	11	145	36	19	15	226
	MS-134	P13A	134	1,544	299	406	825	3,208
	MS-141	P14A	1	56	15	3	2	78
	MS-145	P15A	68	668	101	39	79	955
	MS-276	P12A	64	1,310	242	143	121	1,880
	MS-324	P03A	9	332	101	30	78	549
	MS-338	P07A	6	167	37	6	2	218
	MS-340	P04A	104	716	185	32	45	1,082
	MS-340	P08A	103	657	115	38	10	923
	MS-340	P11A	3	104	24	6	1	138
	MS-377	P02A	8	668	204	119	86	1,086
MS-395	P09A	13	924	263	248	439	1,886	

Considerando que não há alterações de tráfego significativas entre as semanas de um mesmo mês, sobretudo em virtude de as contagens terem sido realizadas em semanas típicas, o volume diário médio mensal é assumido como igual ao volume médio diário semanal, anteriormente calculado. Dessa forma, para obtenção do volume diário médio anual passa-se à aplicação dos fatores de sazonalidade mensal, os quais buscam representar as variações de tráfego observadas ao longo do ano.

1.1.3. Ajuste mensal das contagens (cálculo do VDMA)

A variação do tráfego ao longo do ano, também conhecida como variação sazonal, é função do tipo de via e das atividades a que ela serve. As rodovias rurais, principalmente aquelas que atendem áreas turísticas, apresentam variação de automóveis superiores às das vias em áreas urbanas, uma vez que os volumes são muito maiores nos períodos de férias escolares, que coincidem com as épocas mais procuradas para passeios. No caso das rodovias da Região Centro-Oeste do Brasil, responsáveis pelo escoamento da produção agrícola, a movimentação de caminhões (principalmente os de maior número de eixos) varia sensivelmente conforme as épocas de safra. Contudo, a movimentação pode ser alterada de um ano para outro devido às condições do tempo (que afetam o plantio e colheita) ou mesmo à variação cambial do dólar, uma vez que grande parte da produção é exportada.

Entre junho e novembro de 2023, o Brasil vivenciou uma seca de grande magnitude na região Norte, a qual impactou o nível dos rios e, conseqüentemente, sua navegabilidade. Com isso, o escoamento de cargas via Arco Norte foi significativamente impactado, com parte dos produtos sendo então destinados aos portos de Paranaguá (PR) e Santos (SP). Devido a esta mudança de cenário, as principais rodovias do Mato Grosso do Sul passaram a ser rota de escoamento alternativa ao Arco Norte, registrando maiores volumes de tráfego de caminhões super pesados (7 eixos ou mais) no período da seca.

Para o ajuste mensal de todas as contagens deste estudo optou-se por utilizar como referência os fatores de sazonalidade obtidos com base nas séries históricas mais recentes (2023) da Concessionária MS Via (BR-163/MS) e da Concessionária Way306 (MS-306). O Gráfico 1-5 apresenta os fatores de sazonalidade calculados, sendo possível notar que nos meses de seca da região Norte, em especial no mês de realização das contagens (novembro), o fator de sazonalidade dos caminhões super pesados (7 eixos ou mais) é bastante expressivo.

Fator de sazonalidade mensal

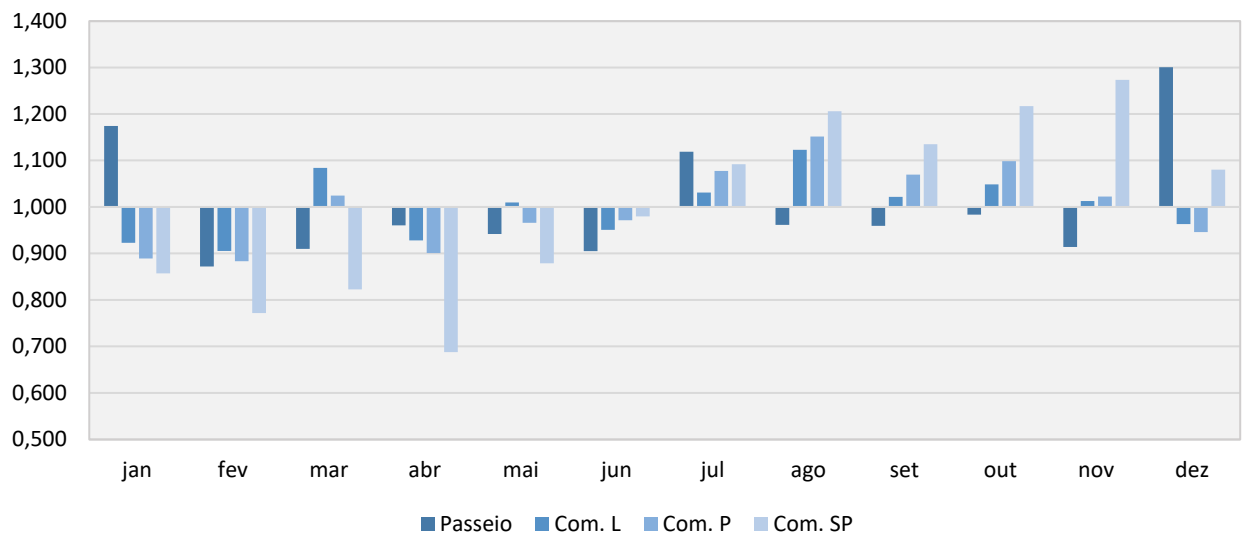


Gráfico 1-5 - Fator de sazonalidade mensal

Após a aplicação dos fatores de sazonalidade, foram definidos os volumes diários médios anuais (VDMAs) dos 47 postos de contagem, conforme exposto na Tabela 1-3.

Tabela 1-3 - Volumes diários médios anuais (VDMA)

Local	Rodovia	Posto	Moto	Auto	Com. L	Com. P	Com. SP	Total	Eixos Totais	Eixos Rodantes	Δ Eixos
Sistema rodoviário em estudo	BR-262	P01	40	1,419	383	324	491	2,656	8,416	8,051	-4%
	BR-262	P02	31	1,746	458	429	489	3,153	9,467	9,252	-2%
	BR-262	P03	34	2,007	513	524	691	3,769	12,103	11,555	-5%
	BR-262	P04	118	5,524	733	591	327	7,292	13,329	13,113	-2%
	BR-267	P08	235	4,015	556	885	626	6,317	15,557	15,213	-2%
	BR-267	P09	66	2,921	685	873	823	5,367	16,236	16,222	0%
	BR-267	P10	30	1,312	391	911	918	3,562	15,035	14,700	-2%
	MS-040	P05	12	884	188	258	257	1,599	4,904	4,843	-1%
	MS-040	P06	34	1,186	258	272	445	2,195	7,152	6,922	-3%
	MS-338	P07	32	1,300	261	287	445	2,325	7,375	7,126	-3%
	BR-262	P01TH	698	6,784	761	705	688	9,637	18,375	17,667	-4%
	BR-262	P02TH	726	5,634	736	744	623	8,464	16,992	16,420	-3%
	BR-262	P03TH	987	6,790	1,047	675	770	10,269	20,243	19,978	-1%
	BR-262	P04TH	24	1,751	489	427	589	3,281	10,520	10,431	-1%
	BR-262	P05TH	65	1,664	649	523	518	3,420	10,701	10,515	-2%
	BR-262	P06TH	520	4,657	686	506	486	6,856	13,585	13,326	-2%
	BR-262	P07TH	19	1,735	452	584	468	3,257	10,173	9,898	-3%

Local	Rodovia	Posto	Moto	Auto	Com. L	Com. P	Com. SP	Total	Eixos Totais	Eixos Rodantes	Δ Eixos
	BR-262	P09TH	3,536	14,036	1,746	861	380	20,559	28,528	28,095	-2%
	BR-262	P08TH	180	3,140	767	536	378	5,002	11,441	11,132	-3%
	BR-267	P15TH	232	3,395	477	880	633	5,617	14,974	14,493	-3%
	BR-267	P16TH	797	4,979	691	914	664	8,045	17,599	17,435	-1%
	BR-267	P17TH	26	1,066	315	600	457	2,465	9,013	8,893	-1%
	BR-267	P20TH	24	1,426	430	884	915	3,680	15,223	14,930	-2%
	BR-267	P21TH	41	2,340	547	875	849	4,652	15,492	14,764	-5%
	BR-267	P22TH	88	2,786	527	855	824	5,080	15,819	15,795	0%
	BR-267	P18TH	59	1,461	404	610	462	2,996	9,619	9,276	-4%
	BR-267	P19TH	7	1,008	391	774	1,010	3,191	14,713	14,532	-1%
	MS-040	P10TH	48	1,106	291	293	230	1,969	5,412	5,253	-3%
	MS-040	P11TH	6	688	148	219	290	1,352	4,707	4,531	-4%
	MS-040	P12TH	10	679	179	167	346	1,380	5,068	4,999	-1%
	MS-395	P13TH	66	1,890	449	465	332	3,203	8,360	8,233	-2%
	MS-395	P14TH	319	1,464	130	86	55	2,055	2,857	2,830	-1%
Rotas adjacentes	BR-158	P01A	57	2,250	299	181	271	3,058	6,347	6,281	-1%
	BR-158	P05A	211	1,415	176	129	107	2,038	3,595	3,548	-1%
	MS-040	P06A	42	245	38	4	24	354	584	584	0%
	MS-134	P10A	12	159	36	18	12	236	425	419	-2%
	MS-134	P13A	146	1,690	296	397	648	3,176	10,036	9,570	-5%
	MS-141	P14A	1	62	15	3	1	83	125	122	-2%
	MS-145	P15A	75	731	99	38	62	1,005	1,745	1,708	-2%
	MS-276	P12A	70	1,434	239	140	95	1,978	3,669	3,662	0%
	MS-324	P03A	10	363	100	29	61	563	1,262	1,262	0%
	MS-338	P07A	7	183	37	6	2	234	313	313	0%
	MS-340	P04A	114	784	182	31	35	1,147	1,858	1,850	0%
	MS-340	P08A	113	719	114	37	8	990	1,444	1,440	0%
	MS-340	P11A	4	114	24	6	1	148	201	198	-1%
	MS-377	P02A	9	731	202	116	68	1,126	2,476	2,458	-1%
	MS-395	P09A	14	1,011	259	243	345	1,872	5,976	5,679	-5%

1.2. Localização dos potenciais locais de cobrança

Foi realizada uma análise detalhada dos volumes de tráfego (em VDMA e eixos rodantes) dos 12 potenciais locais de cobrança de pedágio, os quais estão descritos na Tabela 1-4 e ilustrados na Figura 1-2. Importante destacar que está prevista a instalação de pórticos de Free Flow, ao invés das praças de barreiras.

Tabela 1-4 - Localização sugerida para os pórticos de pedágio

Pórtico de pedágio	Rodovia	km	Município	Longitude	Latitude
PFF01	BR-262	39+800	Três Lagoas	51°58'0.50"O	20°46'34.85"S
PFF02	BR-262	104+500	Água Clara	52°32'1.19"O	20°33'10.78"S
PFF03	BR-262	207+500	Ribas do Rio Pardo	53°27'10.29"O	20°27'59.84"S
PFF04	BR-262	292+800	Campo Grande	54°13'33.32"O	20°29'55.21"S
PFF05	MS-040	47+100	Campo Grande	54°13'1.10"O	20°43'22.50"S
PFF11	MS-040	123+300	Ribas do Rio Pardo	53°42'17.40"O	21° 5'58.29"S
PFF06	MS-040	217+200	Santa Rita do Pardo	52°53'48.31"O	21°16'1.54"S
PFF07	MS-338	312+600	Santa Rita do Pardo	52°38'40.66"O	21°27'28.09"S
PFF08	BR-267	21+400	Bataguassu	52°20'37.25"O	21°43'37.43"S
PFF12	BR-267	66+700	Bataguassu	52°44'8.33"O	21°51'12.10"S
PFF09	BR-267	130+900	Nova Andradina	53°18'56.12"O	21°43'36.75"S
PFF10	BR-267	180+700	Nova Alvorada do Sul	53°46'18.76"O	21°36'31.34"S



Figura 1-2 - Localização sugerida para os pórticos de pedágio

Para quantificação do volume de tráfego em cada local sugerido, foram utilizados os dados de tráfego das pesquisas mais próximas, conforme indicado na Tabela 1-5. Nesta tabela também estão apresentados os volumes diários médios anuais e eixos rodantes de cada local.

Tabela 1-5 - Pesquisas CVC referenciais e volume de tráfego nos locais sugeridos

Local sugerido	Posto CVC	VDMA	Eixos Rodantes
PFF01	P01	2.656	8.051
PFF02	P02	3.153	9.252
PFF03	P03	3.769	11.555
PFF04	P04	7.292	13.113
PFF05	P05	1.599	4.843
PFF11	P11TH	1.352	4.531
PFF06	P06	2.195	6.922
PFF07	P07	2.325	7.126
PFF08	P08	6.317	15.213
PFF12	P17TH	2.465	8.893
PFF09	P09	5.367	16.222
PFF10	P10	3.562	14.700
Total		42.050	120.421

O Gráfico 1-6, por sua vez, apresenta a quantificação dos eixos rodantes, segregados percentualmente em passeio (motocicletas e automóveis) e comerciais (ônibus e caminhões). Atualmente, passam diariamente pelos locais previstos para implantação dos pórticos 120.421 eixos rodantes, sendo o corredor rodoviário da BR-267 aquele com maior volume de tráfego (55.028 eixos rodantes, representativo de 45,7% do tráfego total).

Destaca-se ainda o maior percentual de veículos de passeio na PFF04, localizada na BR-262, entre os municípios de Campo Grande e de Ribas do Rio Pardo.

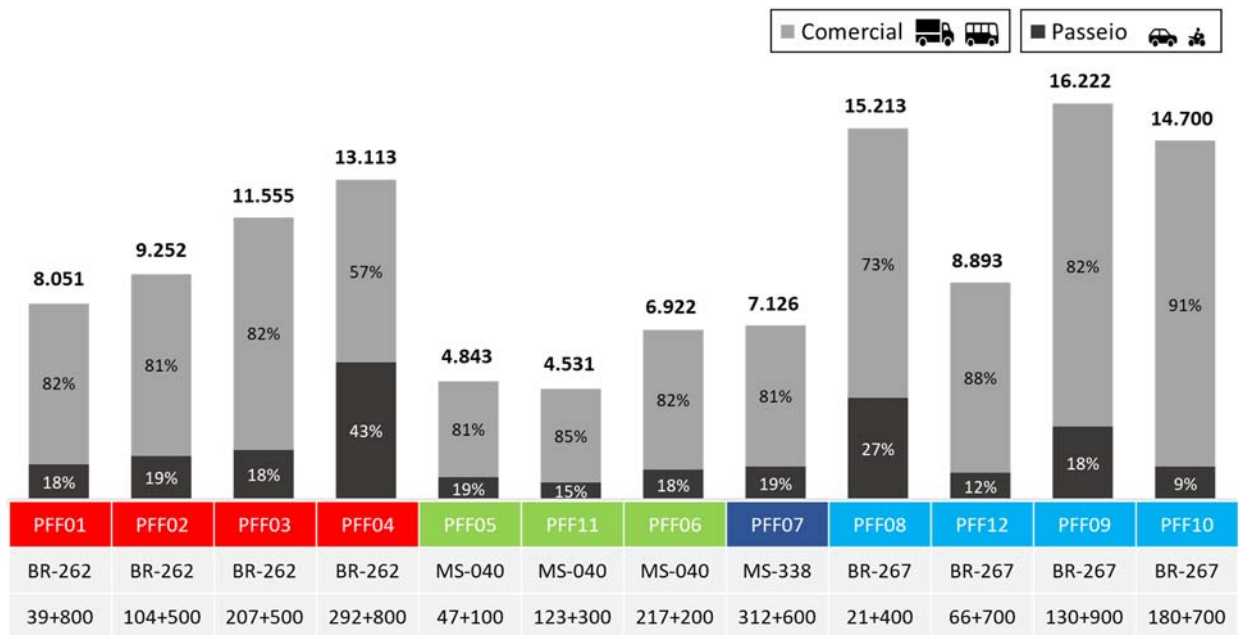


Gráfico 1-6 - Volume de tráfego (em eixos rodantes) em cada local de cobrança sugerido

1.3. Pesquisas de origem-destino

As Pesquisas de Origem-Destino (OD) de veículos visam identificar a distribuição espacial dos fluxos de tráfego rodoviário na região em estudo, bem como caracterizar o perfil de seus usuários.

1.3.1. Realização das pesquisas

As entrevistas de origem-destino foram realizadas de forma manual, sendo os dados coletados e registrados através de tablets. A realização das pesquisas ocorreu conforme a disponibilidade de apoio das polícias (PMRE e PRF), entre os dias 24 e 31/11/2023, em seis postos distribuídos no sistema rodoviário em estudo, conforme ilustrado na Figura 1-3.



Figura 1-3 - Localização das pesquisas OD

A fim de que a informação obtida seja representativa das viagens realizadas em cada um dos pontos de coleta, a determinação do tamanho da amostra seguiu procedimentos estatísticos usuais em estudos de tráfego. A Tabela 1-6 apresenta a amostra obtida durante os sete dias de pesquisa, por posto, sentido e categoria de veículos assim como o nível de confiança resultante. Nota-se que a pesquisa foi representativa em todos os postos, os quais atingiram níveis de confiança satisfatórios (igual ou superior a 90%).

Tabela 1-6 - Quantidade de entrevistas OD e nível de confiança obtido

Local	Rodovia	Sentido	Aut	Cam	Total por sentido	Total	Nível de Confiança	
							Aut	Cam
Três Lagoas	BR-262	Leste	226	225	451	903	94,7%	95,0%
		Oeste	226	226	452		94,6%	94,9%
Água Clara	BR-262	Leste	261	79	340	708	94,9%	91,1%
		Oeste	290	78	368		95,0%	91,0%
Campo Grande	MS-040	Leste	257	150	407	831	95,0%	94,1%
		Oeste	236	188	424		95,0%	95,0%
Santa Rita do Rio Pardo	MS-338	Leste	351	204	555	932	95,0%	94,7%
		Oeste	283	94	377		94,5%	92,0%
Bataguassu	BR-267	Leste	344	64	408	1.204	95,0%	90,0%
		Oeste	622	174	796		95,0%	93,6%
Nova Alvorada do Sul	BR-267	Leste	248	256	504	959	95,0%	94,7%
		Oeste	235	220	455		94,9%	94,3%
Total			3.579	1.958	5.537			

Além dos dados de origem e destino das viagens, foram levantadas outras informações importantes para a caracterização dos usuários que utilizam a rodovia, como motivo da viagem, frequência, motivo de escolha da rota, renda familiar, tipos de carga transportada etc. Os principais resultados das entrevistas são apresentados a seguir.

1.3.2. Principais resultados das pesquisas

Como cada posto pesquisado contém apenas uma amostra dos usuários da via, foi realizada, com base nos volumes diários médios anuais calculados, a expansão das pesquisas para que elas representem todo o universo pesquisado. Após a aplicação dos fatores de expansão e considerando todo o sistema rodoviário em estudo, foram realizadas as caracterizações dos usuários, segregadas em automóveis e caminhões.

A Figura 1-4 apresenta os resultados obtidos para os automóveis, sendo possível observar que 43% das viagens têm como motivo o trabalho. As frequências de viagem predominantes são eventual, mensal e semanal, com 30%, 29% e 27%, respectivamente. Já em relação às rendas, os valores se concentram entre dois e seis mil reais por mês, intervalo representativo de 54% da renda dos usuários. Por fim, cerca de 40% dos usuários já pagam pedágio em suas rotas atuais.

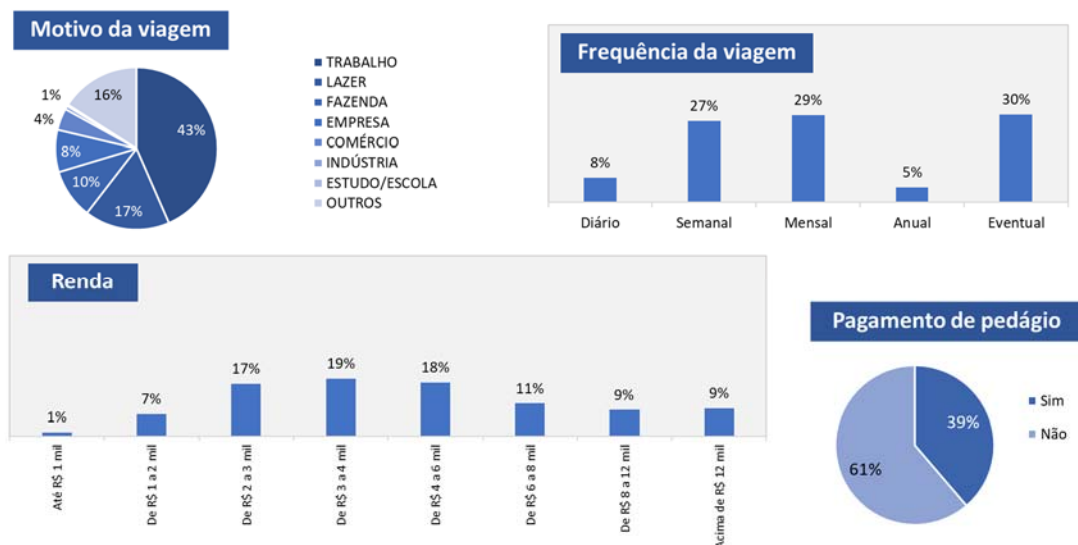


Figura 1-4 - Resultados da pesquisa OD (automóveis)

Já em relação aos caminhões, cujos resultados estão ilustrados na Figura 1-5, tem-se que quase 70% dos usuários trafega com o veículo carregado, sendo a carga predominante os produtos agropecuários. É importante destacar que os resultados da pesquisa OD refletem

o período em que a pesquisa foi realizada, podendo sofrer interferência das variações de comportamento sazonal, como as épocas de escoamento de safra.

Assim como para os automóveis, as frequências predominantes são mensal, semanal e eventual, com 36%, 33% e 23%, respectivamente. Quase 80% dos veículos são de propriedade da empresa e 70% já pagam pedágio nas rotas atuais, sugerindo baixa propensão a mudanças de rotas em função de novos pedágios.

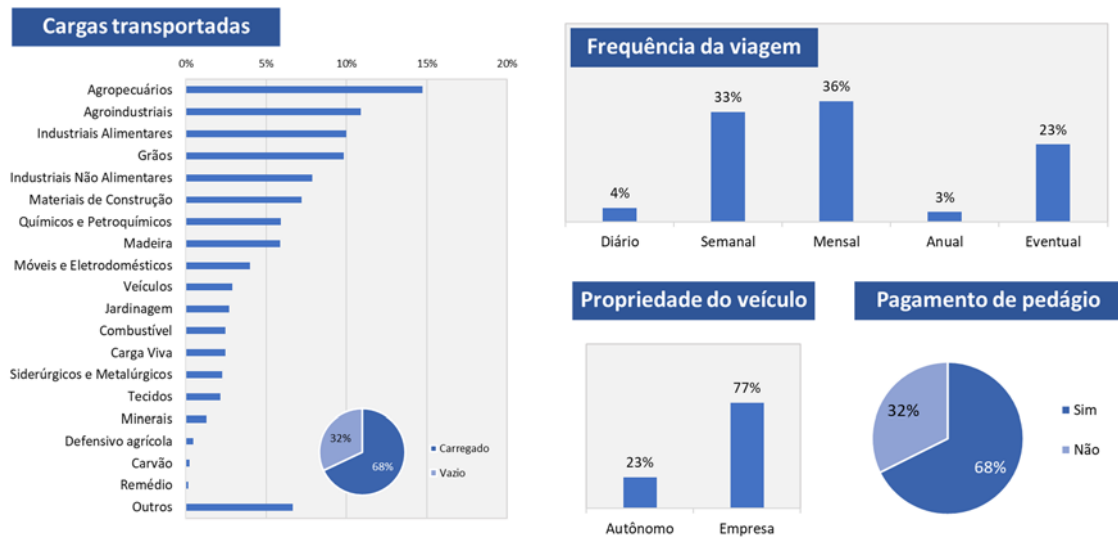


Figura 1-5 - Resultados da pesquisa OD (caminhões)

Foi também avaliada a distância média percorrida por automóveis e caminhões, conforme Gráfico 1-7, em que é possível notar que 48% dos automóveis realizam viagens de até 150 km, enquanto 46% dos caminhões realizam viagens com distância superior a 800 km.

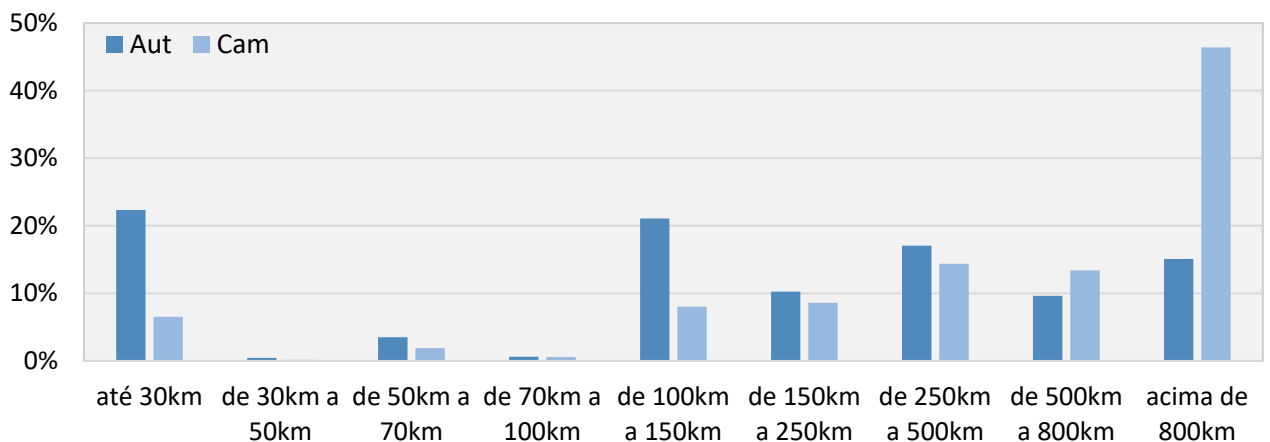


Gráfico 1-7: Distância média percorrida

Além disso, foi analisada a geração de viagens por municípios (em eixos). O Gráfico 1-8 apresenta os 17 principais municípios geradores de viagens, os quais representam 67% das viagens. Já a Figura 1-6 ilustra a área de influência definida para o estudo, a qual representa 62% da geração de viagens.

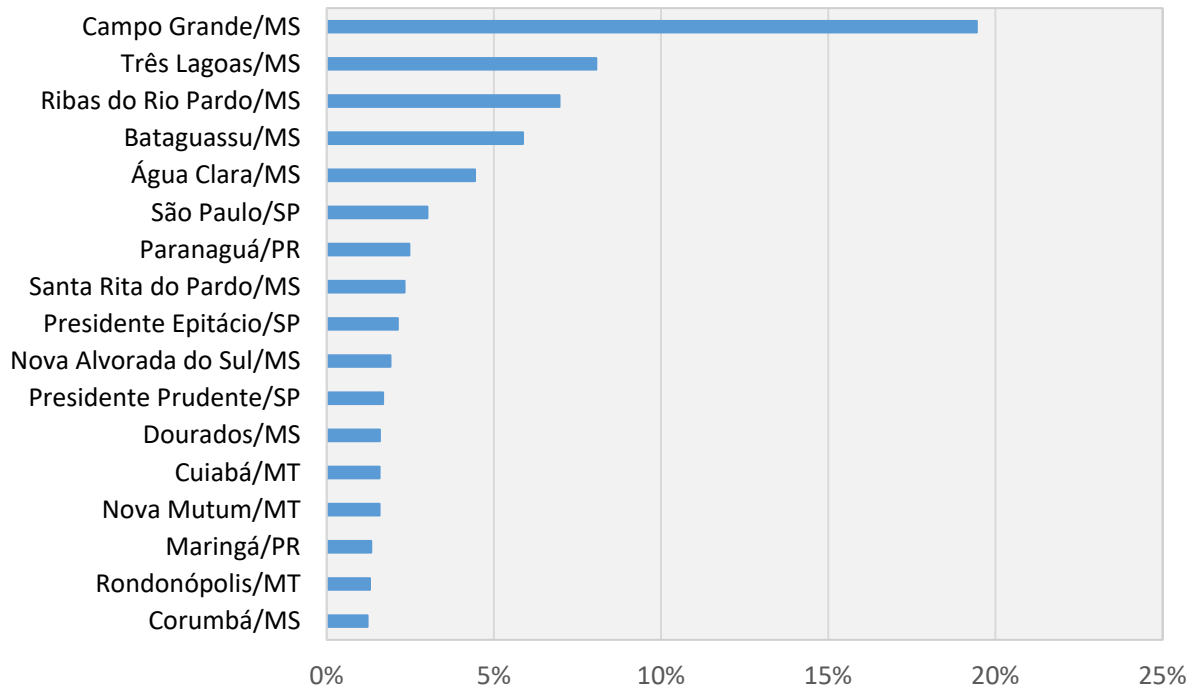


Gráfico 1-8 - Geração de viagens por município

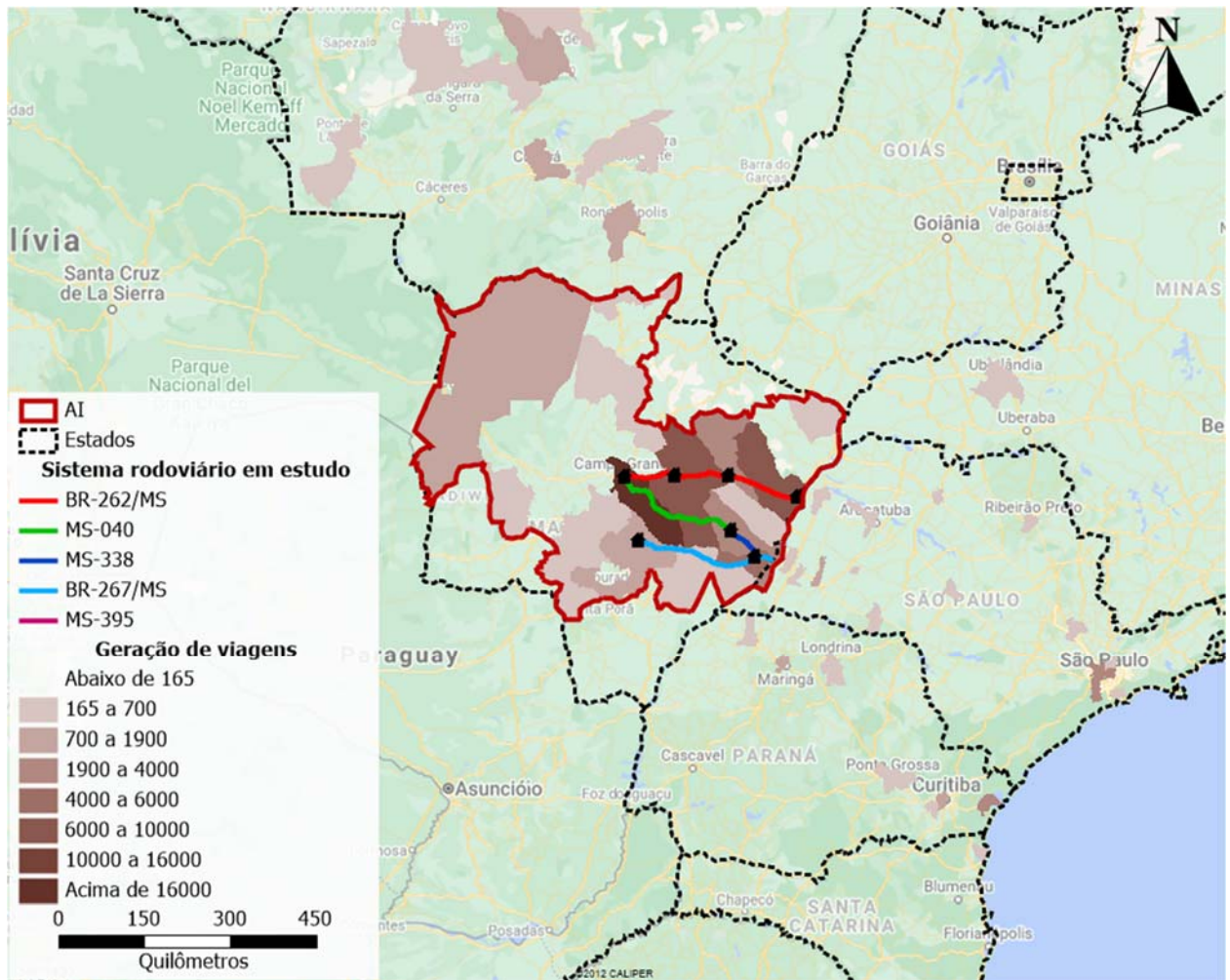


Figura 1-6 - Área de influência do estudo

1.3.3. Linhas de Desejo

De posse das informações das contagens e pesquisas OD, foram consolidadas matrizes representativas que permitiram identificar a participação dos municípios na geração de tráfego e representar as linhas de desejo dos principais pares OD do sistema rodoviário em estudo.

A Figura 1-7 ilustra as linhas de desejo, em eixos, dos principais pares OD identificados. Cabe destacar que as linhas de desejo apresentadas representam pares acima de 100 eixos.

É possível observar significativas trocas entre municípios do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e o Porto de Santos (SP), indicando a significativa relevância das rodovias em análise para o escoamento de cargas de exportação, assim como trocas entre os

municípios que compõem o sistema rodoviário em estudo (dentro da área de influência definida).

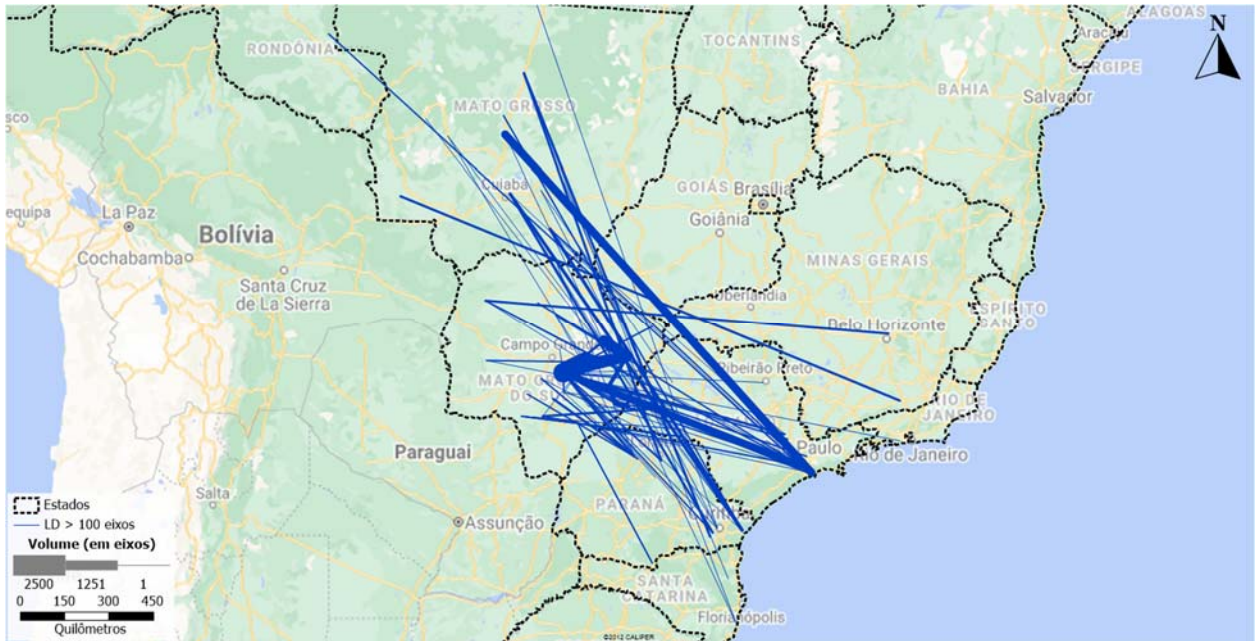


Figura 1-7 - Linhas de desejo (em eixos)

1.3.4. Pesquisa de Preferência Declarada

As pesquisas de preferência declaradas (PD) são utilizadas frequentemente no planejamento de transportes para prever o impacto na demanda de viagens das políticas públicas como, por exemplo, a introdução de um novo modo, a mudança nas tarifas de transporte público ou a implantação de sistemas de cobrança viária.

Elas são responsáveis por fornecer os subsídios para calibração do modelo de simulação em que se leva em conta o preço do pedágio que o usuário da via está disposto a pagar, considerando o tempo que o condutor está disposto a viajar em rota alternativa para se desviar da cobrança do pedágio, levando em consideração a qualidade do pavimento e as características da via (pista simples ou dupla) tanto da rota de desvio quanto da via pedagiada.

As pesquisas de preferência declarada foram realizadas nos mesmos locais e dias da pesquisa origem-destino, sendo feitas perguntas complementares para alguns dos entrevistados. Foram, portanto, aplicados oito formulários a cada um dos entrevistados, sendo quatro referentes a pista simples e quatro a pista dupla. Cada formulário apresenta

duas escolhas de rotas distintas (alternando qualidade da rodovia, tempo de viagem e pagamento do pedágio), devendo o entrevistado optar por uma das opções.

A Figura 1-8 ilustra um dos formulários aplicados durante a pesquisa de preferência declarada.

GRUPO A		
ORDEM 1 DE 4		
CARTÃO ID 1		
PISTA SIMPLES		
Alternativa	RODOVIA PEDAGIADA	FUGA
Tempo de Viagem	00:50	01:35
Pagamento Pedágio(s)	R\$ 6.15	SEM PEDÁGIO
Escolha	A	B

Figura 1-8 - Exemplo de formulário da PD

Destaca-se ainda que a seleção do formulário de pesquisa declarada a ser aplicado é baseado no tipo de veículo do entrevistado (automóvel, caminhão 2 eixos, caminhão 3 eixos, caminhão 4 eixos, caminhão 5 eixos e caminhão 6 eixos ou mais).

Os locais de pesquisa e a amostra de veículos que responderam às pesquisas de preferência declarada são apresentados na Tabela 1-7, totalizando 2.335 entrevistas.

Tabela 1-7 - Amostras da pesquisa PD

Local	Rodovia	Sentido	Aut	Cam	Total por sentido	Total
Três Lagoas	BR-262	Leste	63	60	123	252
		Oeste	65	64	129	
Água Clara	BR-262	Leste	99	42	141	305
		Oeste	116	48	164	
Campo Grande	MS-040	Leste	100	70	170	273
		Oeste	58	45	103	
Santa Rita do Rio Pardo	MS-338	Leste	78	39	117	214
		Oeste	66	31	97	

Bataguassu	BR-267	Leste	300	50	350	1.000
		Oeste	501	149	650	
Nova Alvorada do Sul	BR-267	Leste	71	69	140	291
		Oeste	75	76	151	
Total			1.592	743	2.335	

Valor do tempo (SVTTS)

O SVTTS (do inglês subjective value of travel time saving), comumente chamado de “valor do tempo”, é um parâmetro subjetivo, uma vez que varia de acordo com a região da rodovia em estudo, a renda do usuário, o motivo da viagem, o tempo de deslocamento total, entre outros.

Para defini-lo parte-se de valores de referência calculados a partir de pesquisas de preferência declarada ou revelada realizadas com motoristas na rodovia em estudo, ajustados durante a fase de calibração do modelo de tráfego para uma adequada representação das escolhas de rotas (conforme observado na realidade) pelos diferentes tipos de veículos nas diversas viagens (pares origem-destino).

Para o presente estudo, os valores do tempo referenciais utilizados para cada categoria de veículo foram calculados a partir do Método de Variação Custo/Variação Tempo. Dessa forma, foram aplicados procedimentos para tratamento do banco de dados das Pesquisas de PD, para posterior aplicação do método.

Cada questão posta ao usuário na entrevista PD apresenta uma escolha entre duas alternativas com diferentes valores para atributos da rodovia, incluindo o tipo de pista, tempo esperado de viagem e custo com pedágio. A esses atributos são adicionadas as características da viagem obtidas na entrevista OD, incluindo motivo da viagem, tipo de veículo e carregamento.

Esses inputs são então usados para alimentar um modelo de escolha discreta, usando a função Logit, no software TransCAD. O modelo Logit calcula a utilidade econômica de cada alternativa, em função de coeficientes atribuídos aos atributos considerados estatisticamente relevantes para o modelo, com intervalo de confiança de 95%.

A partir da relação entre os coeficientes atribuídos ao custo e ao tempo, são calculados os valores do tempo percebidos por cada categoria de veículo.

A Tabela 1-8 apresenta o resultado do Método utilizado, para os automóveis, segregados por renda do usuário.

Tabela 1-8 - Resultado do Método de Variação Custo/Variação Tempo para automóveis

Automóvel	DC/DT
Renda até R\$ 4 mil	9,09
Renda de R\$ 4 mil até R\$ 8 mil	7,70
Renda acima de R\$ 8 mil	5,22

Já a Tabela 1-9 apresenta o resultado para os caminhões, segregados por propriedade do veículo e número de eixos.

Tabela 1-9 - Resultado do Método de Variação Custo/Variação Tempo para caminhões

Caminhão	DC/DT
Empresa 2-3 eixos	25,23
Empresa 4-6 eixos	87,09
Empresa 7-9 eixos	57,42
Motorista 2-3 eixos	22,00
Motorista 4-6 eixos	45,88
Motorista 7-9 eixos	33,43

2. Montagem do modelo de simulação

Para a simulação do comportamento dos fluxos de tráfego na região do estudo, principalmente no que diz respeito à escolha da rota por um veículo entre a origem e o destino da viagem, além de se dispor das matrizes OD, foi utilizada a rede rodoviária georreferenciada, mostrada na Figura 2-1.

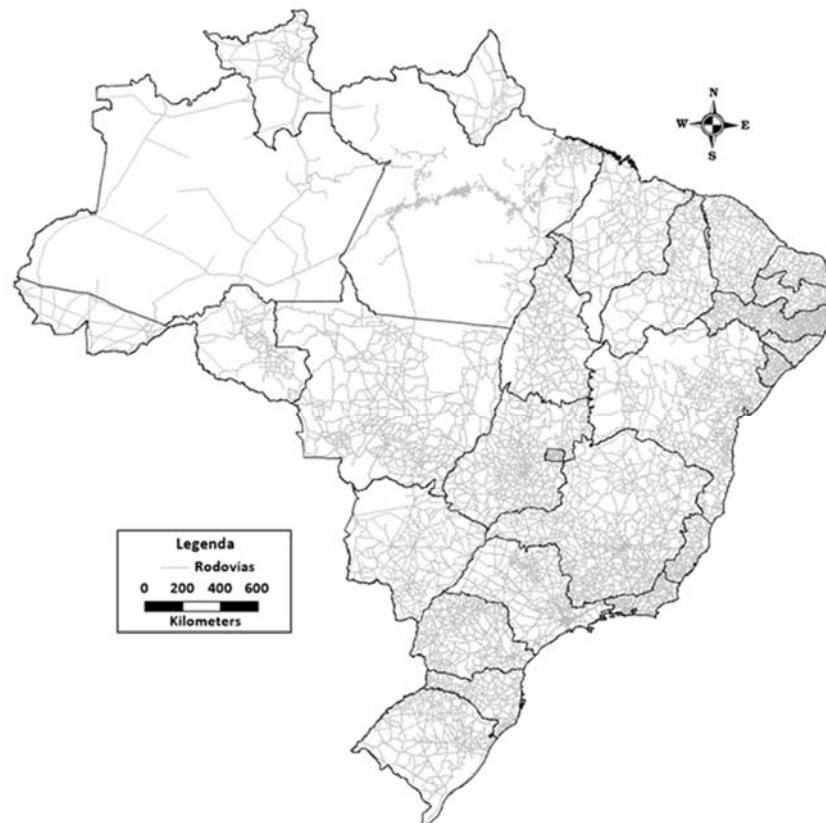


Figura 2-1 - Rede rodoviária de simulação utilizada no estudo

Os procedimentos de modelagem da rede e de alocação do tráfego foram suportados pelo *software* TransCAD, que é uma ferramenta computacional para o planejamento, gerenciamento e análise de redes e sistemas de transporte, acoplada a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o que lhe permite uma combinação de competências para mapeamento digital, gestão de base de dados georreferenciados e apresentação gráfica, aliada a um modelo matemático de simulação e análise da demanda por transportes.

O modelo de simulação é composto, basicamente, de 5 elementos.

- ✓ Rede digital: conjunto de milhares de links georreferenciados.

- ✓ Zoneamento do tráfego: divisão da área modelada (território brasileiro) em zonas que representam o tráfego da região que, posteriormente, passam a ser representadas por um único ponto chamado centroide.
- ✓ Segmentação de classes: permite representar os diferentes comportamentos de deslocamento, que podem interferir no critério de escolha da rota para cada viagem, obtendo assim, maior sensibilidade com relação aos custos de operação dos veículos na rede de simulação.
- ✓ Custos no modelo de simulação: custo atribuído a cada link do modelo para determinação do caminho mínimo a ser percorrido entre centroides. Foi determinado pelas características de cada link e pelo VOC - Vehicle Operating Costs componente do submodelo RUE - Road User Effects do HDM-4.
- ✓ Elaboração da matriz de viagens: como cada posto pesquisado contém apenas uma amostra dos usuários da via, foi realizada a expansão das pesquisas para que elas representem o universo pesquisado. Também foi realizada uma análise para a eliminação de contagens duplas, uma vez que um veículo pesquisado pode passar por mais de um posto OD.

2.1. Rede georreferenciada

A rede digital de simulação viária é composta por um conjunto de informações georreferenciadas no software TransCAD. Trata-se de dados de relevo, velocidade, sinuosidade, capacidade, condição do pavimento, tipo de pista (dupla, simples), tipo de pavimento (asfaltado, não pavimentado), rotas de fuga etc. Todas essas informações da rede são divididas em links, que são agrupamentos de segmentos viários homogêneos quanto às características físicas e operacionais.

Destaca-se que a rede digital utilizada representa não somente as malhas viárias principais, mas também as vicinais, muitas vezes sem pavimentação e conhecidas apenas pelo usuário local, de forma a tornar as simulações de impactos de cenários futuros mais próximas da realidade. A caracterização da rede partiu de informações, de posse do Consórcio, relativas à infraestrutura viária da região que foram devidamente conferidas e atualizadas.

Na rede constam parâmetros como capacidade, velocidade, presença de travessia urbana, além de uma série de informações quanto às características das vias, das quais destacam-se os aspectos seguintes.

- ✓ Relevo, caracterizado por uma combinação das características do alinhamento horizontal e vertical da rodovia, obtido através do cadastro viário com o auxílio do GPS. É classificado de 1 a 7, sendo o relevo 1 completamente plano e retilíneo, e o relevo 7 severamente ondulado e sinuoso;
- ✓ Condição do pavimento, estratificada qualitativamente em bom (BOM), regular (REG), mau (MAU), péssimo (PES) e terminal (TER) em função do IRI¹;
- ✓ Tipo de pista, classificado como rodovia de pista dupla (DUP), rodovia de pista simples (SIM) rodovia de pista simples com terceira faixa (WID) ou ainda estradas não pavimentadas com apenas uma faixa (UNI);
- ✓ Tipo de revestimento, que pode consistir em asfalto (ASF), concreto (CON), não pavimentada com tratamento de sub-base e/ou base (IMP) ou estrada em leito natural (LEN).

As figuras a seguir ilustram as características atuais da rede, verificadas para as vias da região de estudo, no que se refere ao tipo de pista, pavimento, revestimento e velocidade de fluxo livre.

¹ IRI: *International Roughness Index* - medido pelo movimento de uma suspensão de eixo padrão ao longo de um trecho viário, em m/km.

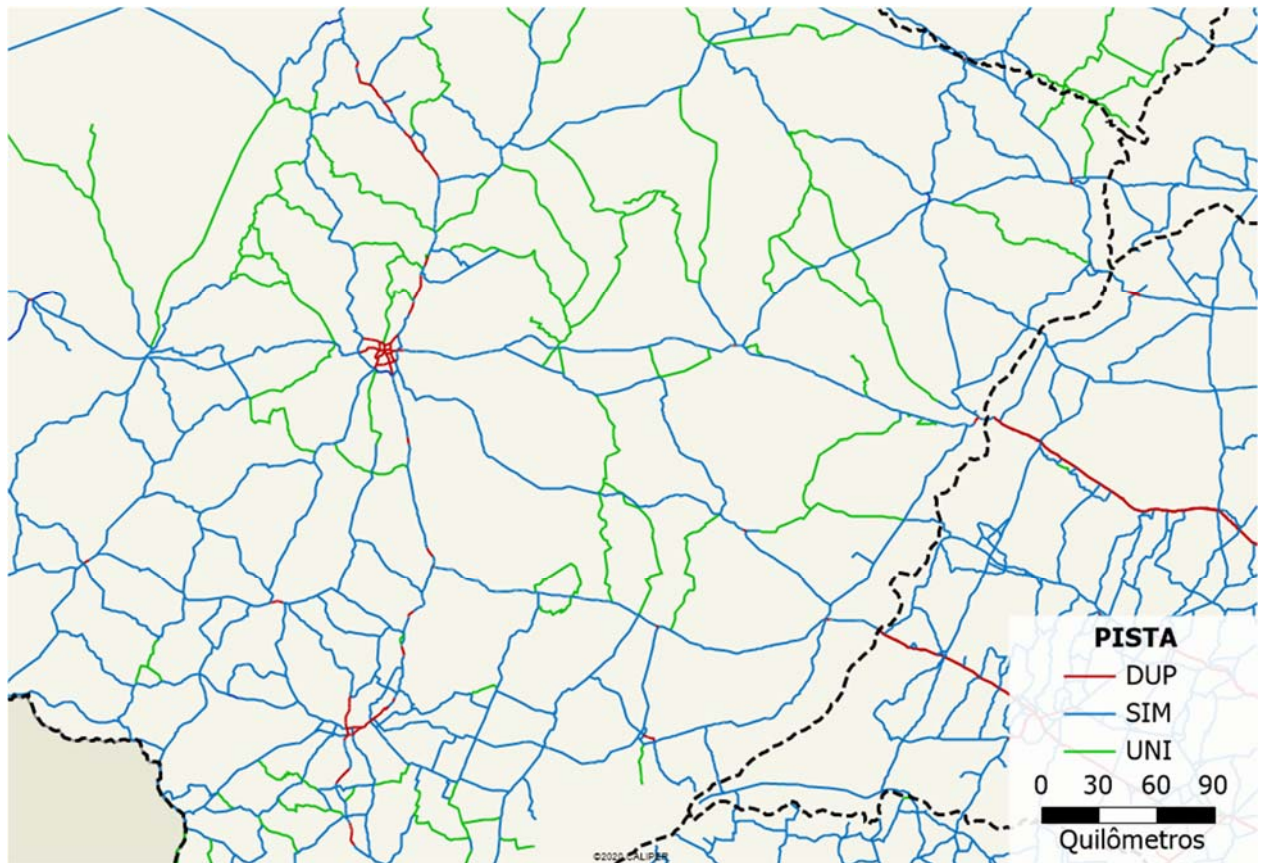


Figura 2-2 - Tipo de pista da rede rodoviária utilizada no estudo

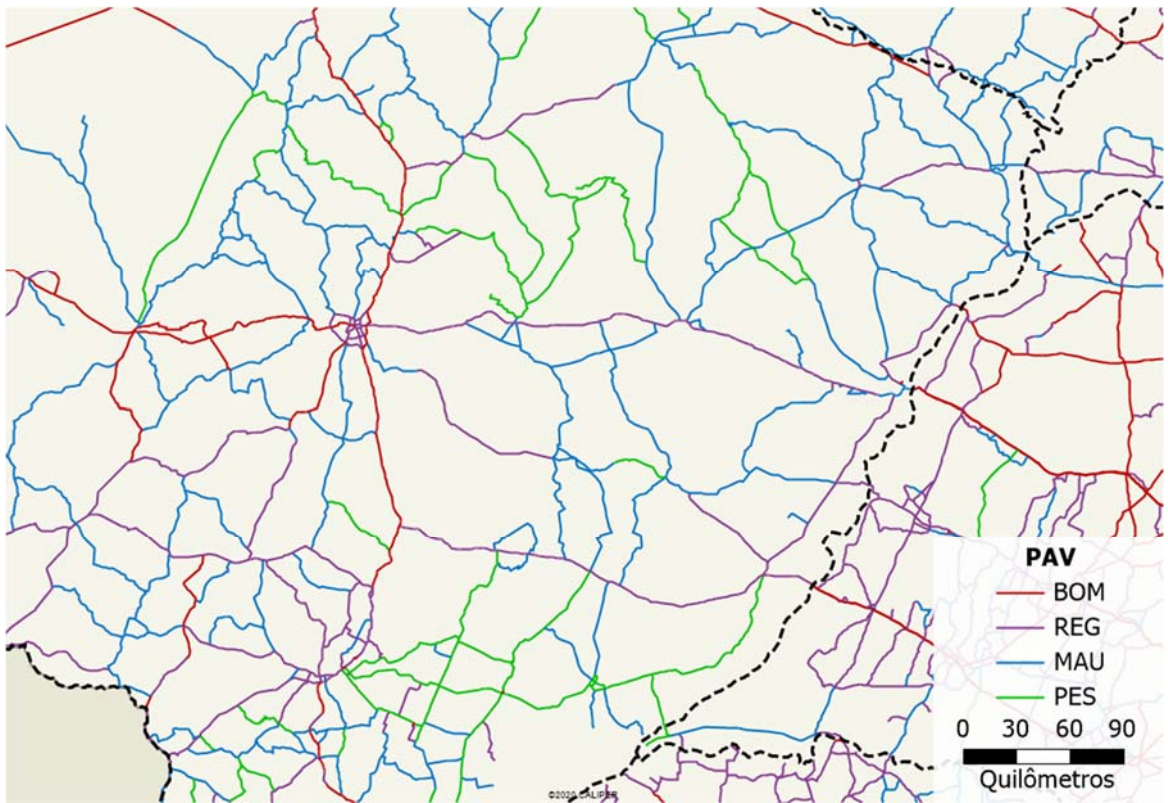


Figura 2-3 - Qualidade do pavimento da rede rodoviária utilizada no estudo

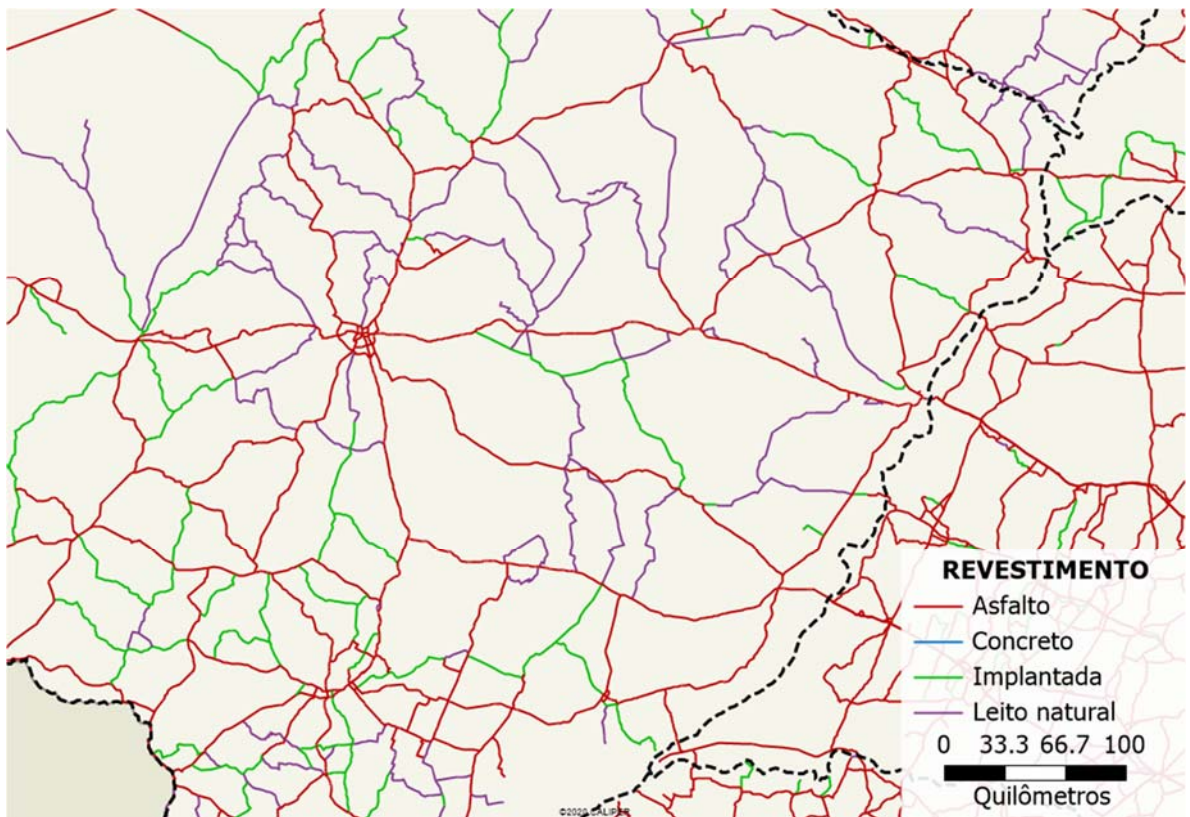


Figura 2-4 - Tipo de revestimento da rede rodoviária utilizada no estudo

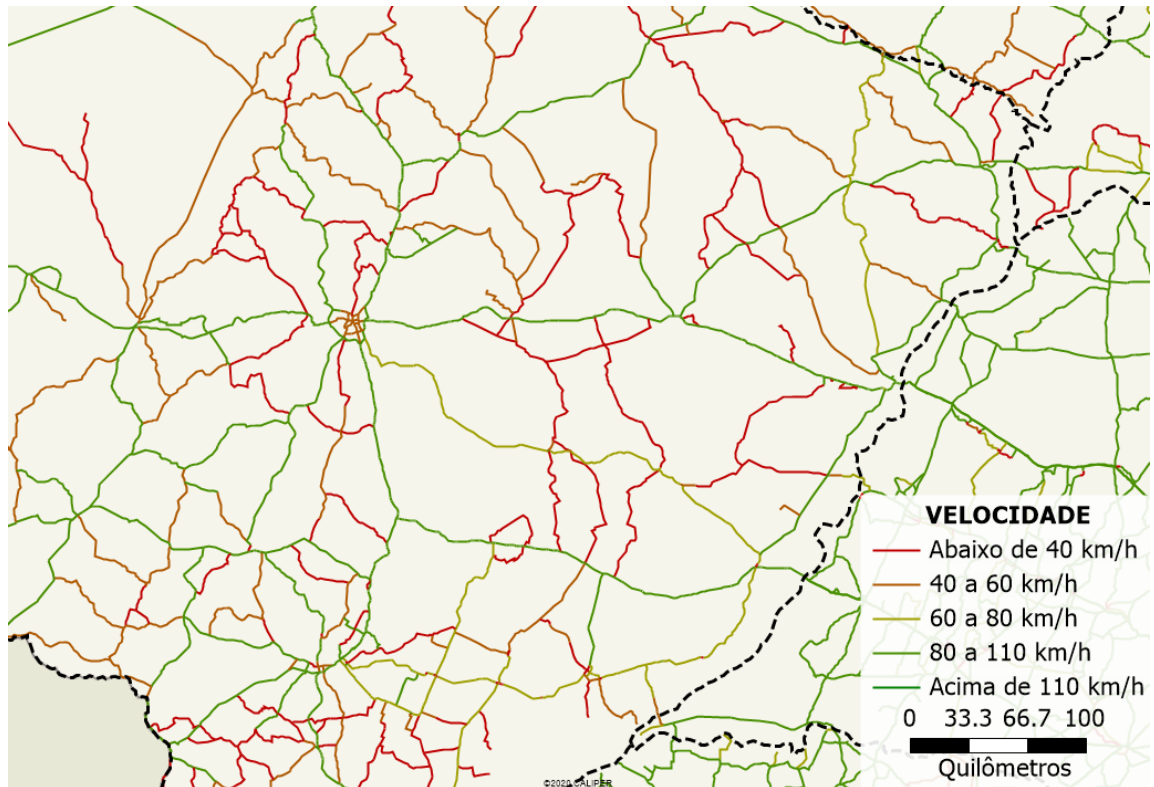


Figura 2-5 - Velocidade de fluxo livre da rede rodoviária utilizada no estudo

2.2. Zoneamento

Para a análise da distribuição espacial, bem como outras características espaciais e operacionais dos fluxos de tráfego que utilizam a rodovia em estudo, considerou-se como sua área de influência ampliada todo o território nacional. Este foi dividido em 301 zonas de tráfego definidas conforme descrito a seguir.

Nas áreas mais próximas ao sistema em estudo, para uma adequada apreensão das características dos fluxos, o zoneamento foi feito de forma mais detalhada. Por outro lado, as regiões mais distanciadas, que têm menor influência na formação e configuração espacial dos fluxos, tiveram um zoneamento mais simplificado, agregando duas ou mais mesorregiões geográficas do IBGE ou mesmo, no limite, mais de uma unidade da federação em uma mesma zona de tráfego (ZT).

O estado do Mato Grosso do Sul assim como as regiões de divisa dos estados de São Paulo e Paraná foram detalhados a nível de municípios. Em paralelo, foram criadas zonas específicas para as fábricas de celuloses existentes no Mato Grosso do Sul (Eldorado e

Suzano, ambas localizadas no município de Três Lagoas) e para as futuras (Arauco em Inocência e Suzano em Ribas do Rio Pardo), uma vez que são importantes polos geradores de viagem da região.

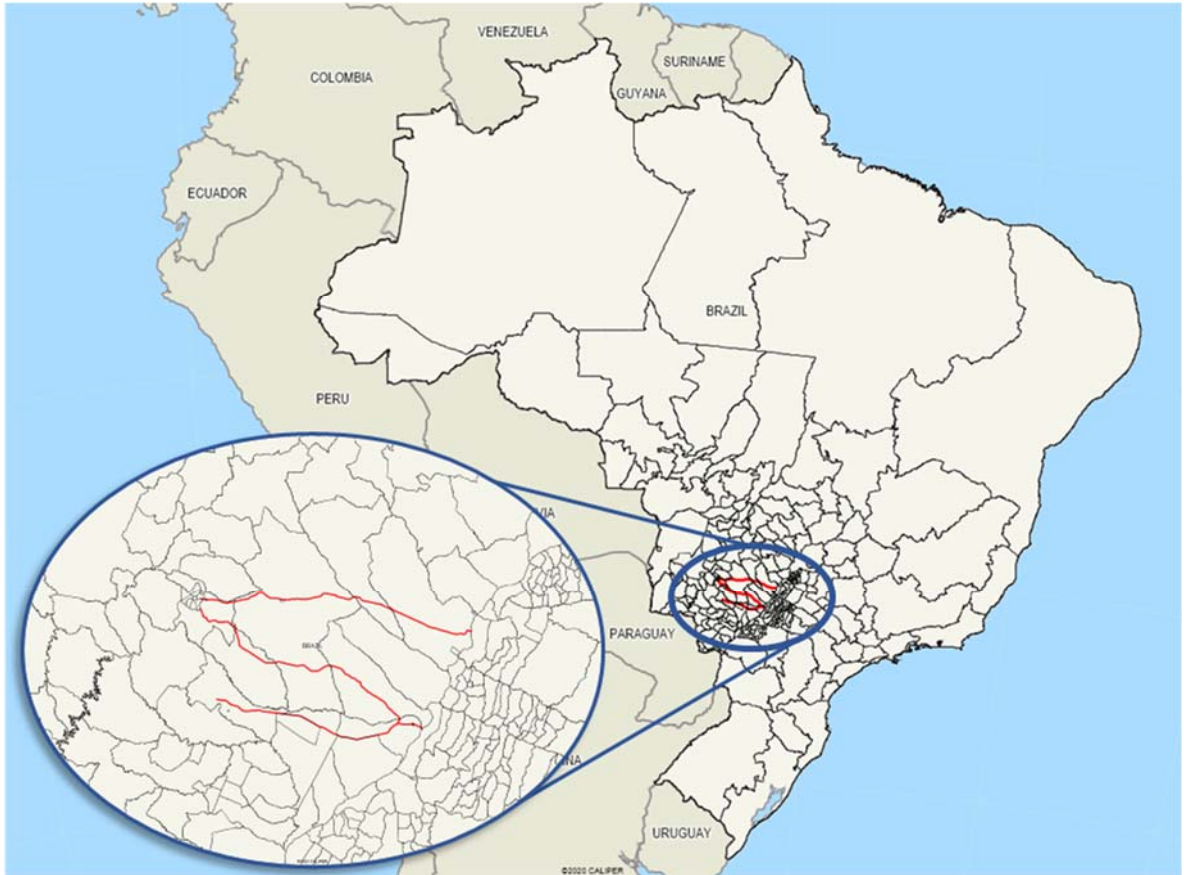


Figura 2-6 - Zoneamento do tráfego

Cabe ressaltar que, no modelo de transporte utilizado, as zonas de tráfego são representadas por um ponto denominado centroide, que funciona como polo de produção e atração de viagens, utilizando-se da rede para realizar os seus deslocamentos. O centroide é posicionado no ponto de maior população da zona de tráfego, atribuindo-se a ele todos os fluxos com origem ou destino em seus limites.

2.3. Custos no modelo de simulação

Para a alocação do tráfego no modelo de simulação é necessária a definição dos caminhos mínimos incorridos pelas diversas classes de veículos ao se deslocarem entre dois centroides (pares OD). Para tanto, cada *link* do modelo de simulação, representativo dos diferentes segmentos da rede viária, é caracterizado por uma combinação ponderada de

diferentes atributos que resulta em custos de deslocamento. Assim, o caminho mínimo é determinado através da minimização do “custo generalizado” entre a origem e o destino.

A determinação dos custos, tanto para a situação atual quanto para cenários hipotéticos futuros, dá-se a partir da elaboração de diferentes combinações de dados no *software Highway Development and Management* (em sua versão 4) HDM-4.

Com o suporte da VOC - *Vehicle Operating Costs*, componente do submodelo RUE - *Road User Effects* do HDM-4, e tendo disponíveis as características de pista, o perfil geométrico e as condições do pavimento levantadas para cada segmento da rodovia, foram possíveis calcular os tempos de viagem e os custos operacionais correspondentes às diferentes categorias de veículos (automóveis e caminhões) para cada um dos *links* da rede viária analisada.

Para o cálculo dos custos generalizados percebidos, por classe de veículo ao percorrer um determinado *link* da rede viária, utiliza-se a seguinte função matemática:

$$CG_v = (T_v \cdot CT_{vrp}) + (D_{rp} \cdot CD_{vrp}) + CP_v$$

Sendo:

CG_v = custo generalizado do veículo v ;

T_v = tempo de percurso do trecho pelo veículo v ;

CT_{vrp} = parâmetro do custo operacional por unidade de tempo, para o veículo v percorrer um *link* da categoria rp (r = tipo de relevo e p = condição do pavimento);

D_{rp} = extensão do *link* da categoria rp ;

CD_{vrp} = parâmetro do custo operacional por unidade de distância, para o veículo v percorrer o *link* da categoria rp ;

CP_v = custo de pedágio do *link*, podendo ser “zero”, na ausência de pedágio, ou o valor da tarifa caso exista um posto de pedágio no *link*.

O parâmetro CD_{vrp} corresponde aos custos variáveis (combustível, lubrificantes, manutenção, rodagem etc.), que estão relacionados à distância percorrida, às características do relevo e à condição do pavimento do *link*.

Já o parâmetro CT_{vrp} relaciona-se à percepção do valor do tempo de viagem, para os veículos de passeio. Para os veículos de carga, esse parâmetro inclui os custos fixos

unitários por unidade de tempo (capital, depreciação, salário da tripulação etc.). Neste caso, quanto maior o tempo gasto em cada viagem, menor a produtividade do transportador.

2.4. Segmentação de classes

Os modelos de transporte buscam prever as viagens futuras com base em padrões comportamentais atuais de seus usuários. A partir das informações levantadas nas pesquisas de origem e destino, como o valor da renda mensal e o número de eixos, no caso dos caminhões, é possível segmentar os usuários componentes da matriz de viagens. Essa segmentação permite representar os diferentes comportamentos de deslocamento, que podem interferir no critério de escolha da rota para cada viagem, obtendo assim, maior sensibilidade nos custos de operação dos veículos na rede de simulação. No presente estudo, foram consideradas nove classes de usuários, sendo três de automóveis e seis de caminhões.

Tabela 2-1 - Critérios de segmentação de automóveis

Classe	Faixa de renda
A	Maior que R\$ 8.000,00
B	de R\$ 4.000,00 a R\$ 8.000,00
C	Até R\$ 4.000,00

Quanto à classificação dos caminhões foi considerada a informação do número de eixos e propriedade, com base nas pesquisas OD, totalizando seis classes conforme mostra a Tabela 2-2.

Tabela 2-2 - Critérios de segmentação de caminhões

Classe	Propriedade	Nº de eixos
Leves	Autônomo	2 e 3
	Empresa	
Pesados	Autônomo	4 a 6
	Empresa	
Superpesados	Autônomo	7 ou + eixos
	Empresa	

2.5. Elaboração da matriz de viagens

A partir da expansão das entrevistas com base nas contagens de cada posto de pesquisa, foi possível elaborar a matriz de viagens por pares de origem e destino e categoria de veículo (matriz OD).

O agrupamento dos dados de diferentes postos de pesquisa exige, inicialmente, a eliminação das contagens duplas, ou seja, a captação de uma mesma viagem em dois ou mais postos de pesquisa subsequentes, conforme mostra o esquema da Figura 2-7.

Para tanto, foi desenvolvido um método no qual são levantados todos os possíveis caminhos em rede a serem percorridos para completar um par OD, usando-se um carregamento estocástico de um volume hipotético de viagens na rede montada, que indica os caminhos lógicos mais prováveis em cada caso. Em função do resultado, o fator Cont.Postos é calculado como a soma do número de postos OD atravessados por cada par OD, ponderada pelo percentual de escolha de cada rota nesse carregamento estocástico preliminar.

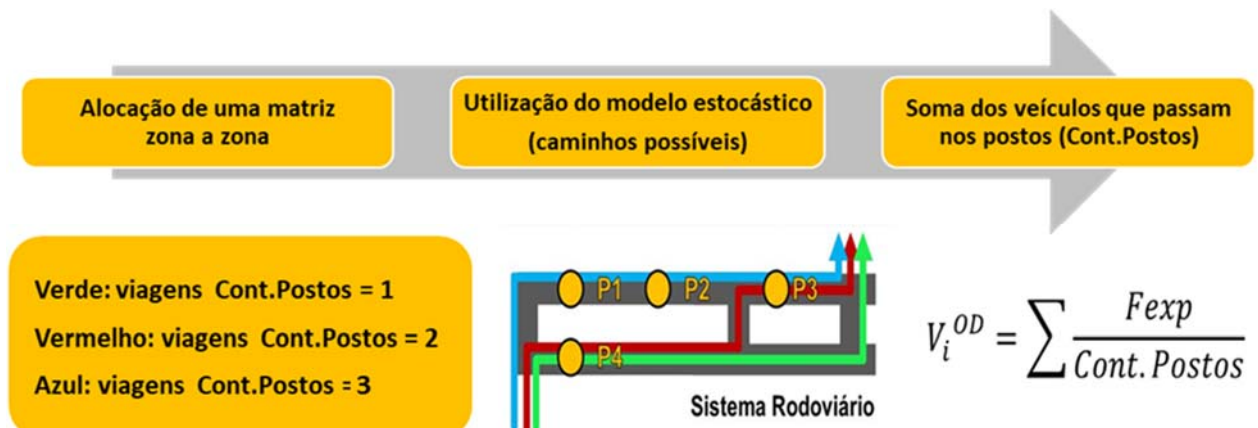


Figura 2-7 - Eliminação das contagens duplas

Em que:

- ✓ V_i^{OD} = Volume final de viagens da matriz OD, calculado a partir do somatório dos fatores de expansão corrigidos pelo fator “Cont. Postos”;
- ✓ F_{exp} = Fator de expansão inicial calculado para cada par OD (VDMA/Amostra OD);
- ✓ Cont. Postos = Fator de correção para eliminação de contagens duplas.

2.6. Calibração da rede

A calibração do modelo de tráfego é um processo iterativo até se alcançar uma efetiva representação da realidade aferida em campo, de tal modo que as rotas determinadas para os diferentes pares OD correspondam de fato aos caminhos escolhidos na prática. Para isso são necessários vários testes de validação e de consistência do modelo, além de um ajuste sintético da matriz, que visa a melhor representação dos fluxos.

O processo iterativo de calibração do modelo de simulação digital compreendeu:

- ✓ Testes de validação dos caminhos mínimos entre pares OD, com base na minimização do custo generalizado para percorrer cada link;
- ✓ Testes de consistência da alocação do tráfego atual em pontos de controle estrategicamente posicionados no modelo, realizados através da comparação entre os volumes alocados pelo procedimento computacional e os volumes de tráfego efetivamente verificados em campo (VDM).

2.6.1. Calibração da função de atraso

Procedeu-se o ajuste da função de atraso adotada, que é uma relação matemática que descreve o incremento do tempo de viagem em função do aumento do volume de tráfego.

Neste estudo, foi utilizada a função do *Bureau of Publics Roads* (BPR), que correlaciona o incremento no tempo de viagem de um determinado segmento com sua taxa de ocupação (volume/capacidade), conforme mostra a equação abaixo.

$$t_i \times \left[1 + \alpha_i \left(\frac{x_i}{C_i} \right)^{\beta_i} \right]$$

Em que:

t^i = tempo de viagem de fluxo livre no *link* i ;

C^i = capacidade no *link* i ;

x^i = fluxo no *link* i ;

α e β = constantes (parâmetros calibráveis).

Os parâmetros de calibração servem para diferenciar as distintas características das rodovias. A definição de valores coerentes para esses parâmetros determinará como cada segmento se comporta à medida que sua capacidade é atingida. Considerando que atrasos são inversamente proporcionais à velocidade média de percurso, pode-se dizer que a

função BPR descreve a relação entre a capacidade de um *link* e a variação da velocidade média de percurso em função dos volumes de tráfego.

O modelo descrito foi calibrado por meio da correlação com as relações fluxo-velocidade para rodovias de pista simples, rodovias de pista dupla e autoestradas apresentadas pelo HCM 2010 (TRB, 2010), respectivamente, *two-lane highways*, *multilane highways* e *freeways*, adaptados para o ambiente rodoviário brasileiro por meio dos estudos conduzidos na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para rodovias de pista simples (Bessa Jr., 2009) e autoestradas / rodovias de pista dupla (Andrade, 2012). Foram obtidos valores para o coeficiente α para cada *link* da rede, em função, além do tipo de pista, do relevo e da velocidade limite permitida na via.

2.6.2. Validação do modelo

O processo de alocação do tráfego e de calibração do modelo corresponde à etapa de ajustar a rede digital de simulação para que ela represente a realidade verificada em campo, de forma que as rotas determinadas para os diferentes pares OD correspondam de fato aos caminhos escolhidos na prática pelos motoristas.

Após a primeira alocação de tráfego é necessário verificar se o modelo consegue reproduzir a realidade de forma satisfatória. A rede de simulação será futuramente utilizada para avaliar o impacto de proposta futuras e, para tanto, precisa estar calibrada de forma a fornecer dados consistentes e confiáveis. Antes que os resultados provenientes da alocação de tráfego sejam utilizados para influenciar decisões, a estabilidade do processo de alocação deve ser avaliada.

A calibração, portanto, refere-se a todos os procedimentos de correção e definição de parâmetros com o objetivo de obter uma melhor adequação do modelo à realidade. Em um primeiro momento, a correção de problemas é sugerida pelo próprio modelo através de relatórios com alertas sobre erros e valores pouco usuais ou inconsistentes. Após esse estágio preliminar, procuram-se dados cujos valores, apesar de aceitos pelo modelo, apresentam erros provavelmente em decorrência de falhas na entrada de dados. Finalmente, analisam-se informações provenientes do processo de alocação, como velocidade média, tempos de viagem e atrasos.

O processo iterativo de calibração da rede é executado até que a convergência seja obtida. Isso é verificado por meio de um teste de validação dos caminhos mínimos entre pares OD,

com base na minimização do custo generalizado para percorrer cada link, através dos seguintes passos:

- ✓ Conferir custos da rede;
- ✓ Checar a consistência das pesquisas OD e CVC;
- ✓ Fazer mapas temáticos com as características principais da rede, visando identificar erros em características visíveis tais como número de faixas ou velocidade de fluxo livre;
- ✓ Usar o teste de validação de caminhos mínimos entre pares OD, com base na minimização do custo generalizado, sendo possível através dessa medida, identificar erros nas ligações dos trechos da rede e nos sentidos das vias;
- ✓ Checar se os pontos de conexão dos centroides das zonas de tráfego e os trechos da rede são adequados;
- ✓ Checar se as impedâncias atribuídas às áreas urbanas estão adequadas, incluindo velocidades de fluxo livre e os parâmetros de calibração da função de atraso;
- ✓ Processo iterativo de ajuste das variáveis: (a) valor do tempo de cada classe de veículo; (b) percepção das componentes do custo operacional por classe de veículo alocada.

Concluído o processo de definição dos caminhos mínimos entre os vários pares OD, passou-se ao carregamento da rede com os volumes contidos na matriz OD consolidada, utilizando-se, para tanto, o método de alocação “com restrição de capacidade” com base em uma função de congestionamento que reflete a capacidade de tráfego dos links da rede e os atrasos provocados pelo aumento gradativo dos fluxos de tráfego.

Após as etapas descritas, é realizado um segundo ajuste por meio da matriz OD originalmente obtida com as pesquisas de campo. Esse processo é realizado através do método “Estimação da Matriz OD” (OD Matrix Estimation - ODME) que busca, a partir de uma matriz semente fornecida (OD obtida com as pesquisas) e de contagens em pontos de controle devidamente posicionados na área de estudo (postos CVC), distribuir o tráfego de maneira que a rede de simulação represente o tráfego real do sistema.

Em cada iteração do processo de calibração, a qualidade do ajuste é verificada por meio de dois indicadores principais:

1. Teste de consistência da alocação do tráfego atual em pontos de controle da rede, correspondentes aos locais dos postos de CVC, realizado através da comparação

- entre os volumes de tráfego alocados pelo procedimento computacional (simulação) e os volumes de tráfego efetivamente verificados em campo (contagem);
2. A fórmula estatística GEH, que consiste em um método usado em Engenharia de Transportes para a verificação da qualidade da calibração de um modelo de simulação, por meio de uma comparação quantitativa e qualitativa dos fluxos estimados pelo modelo com os aferidos em campo, para os pontos de controle adotados.

$$GEH = \sqrt{\frac{2 * (m - c)^2}{(m + c)}}$$

Sendo:

m = volume de tráfego alocado na rede;

c = volume de tráfego contado no posto de controle.

2.6.3. Resultado da calibração

Após diversas alocações em busca da calibração, o Gráfico 2-1 mostra os resultados da alocação final com o ajuste sintético (método ODME). O gráfico compara os volumes alocados (simulados) com os volumes reais (contados), sendo possível verificar sua dispersão e deslocamento da situação ideal, representada pela linha diagonal. Nota-se que os volumes alocados tiveram um ajuste satisfatório com os volumes reais ($R^2 = 98\%$), indicando uma boa confiabilidade quanto à calibração da rede para a situação atual.

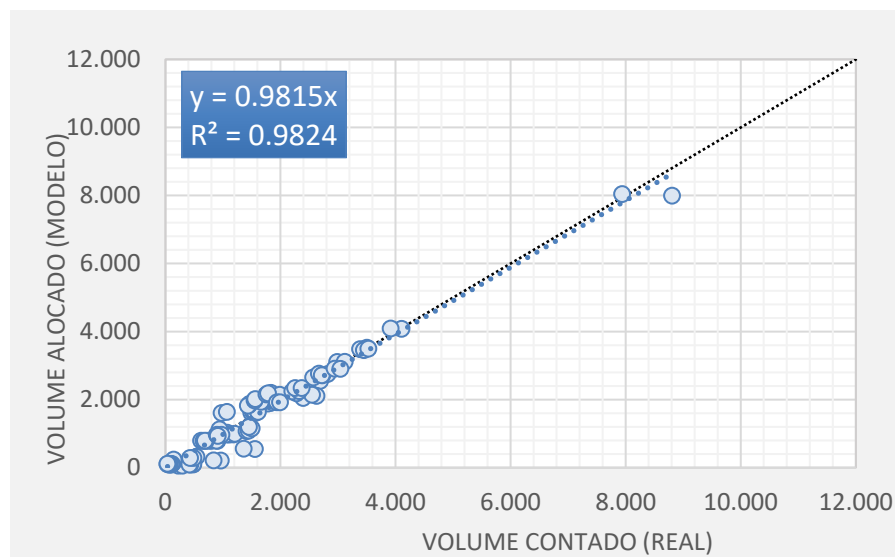


Gráfico 2-1 - Calibração final do modelo após ajuste sintético

Finalmente, a Figura 2-8 apresenta o carregamento da rede na região do estudo, de forma a evidenciar os volumes de tráfego atuais das vias, representados pela espessura das linhas. Percebe-se que as rodovias federais do sistema em estudo (BR-262 e BR-267) apresentam os maiores volumes de tráfego, com maior destaque para os trechos entre Campo Grande e Ribas do Rio Pardo (na BR-262) e da ponte sobre o Rio Paraná até Bataguassu (na BR-267). Além disso, é possível notar o expressivo carregamento da BR-163/MS.

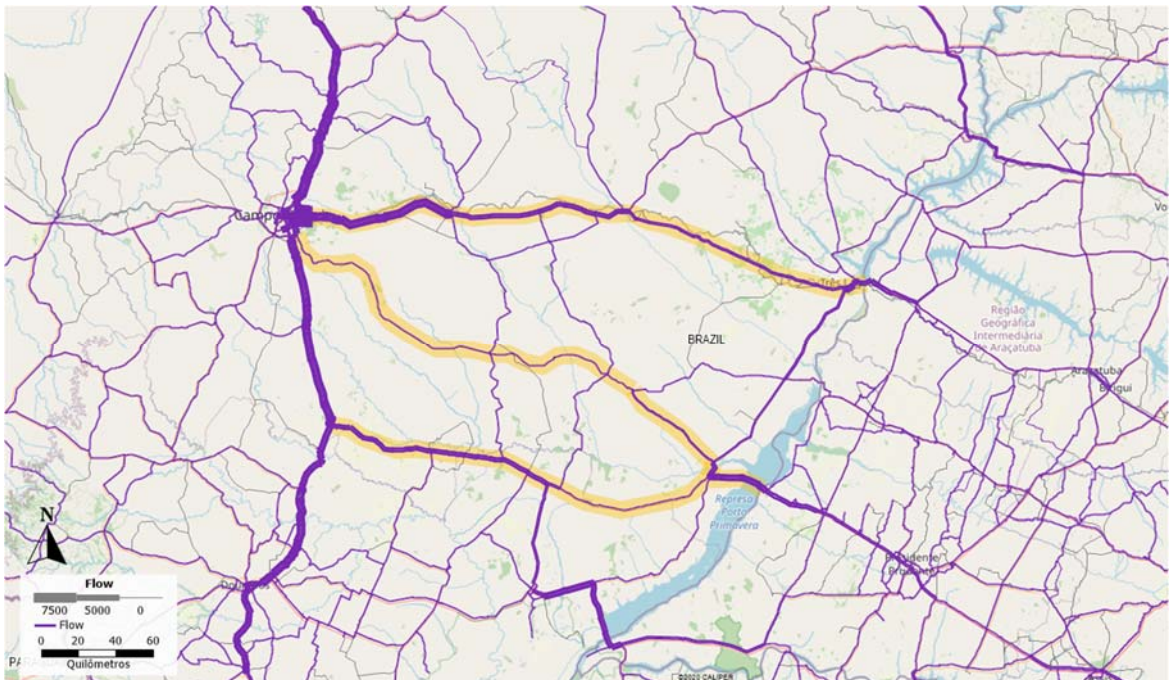


Figura 2-8 - Carregamento do modelo para a situação atual

Cabe ressaltar que as matrizes pesquisadas foram complementadas com as da base de dados do Consórcio, visando melhor representação dos fluxos das rodovias da região.

3. Cálculo dos efeitos sobre o crescimento do tráfego

3.1. Crescimento vegetativo do tráfego

Por crescimento vegetativo do tráfego entende-se o crescimento da demanda de transporte associado exclusivamente ao desenvolvimento socioeconômico da região, ou seja, sem considerar outros possíveis efeitos como, por exemplo, concorrência de rotas alternativas, modos e variações no custo de transporte.

Para se calcular as taxas de crescimento vegetativo do tráfego em uma região de estudo, foram percorridas as etapas descritas na Figura 3-1.

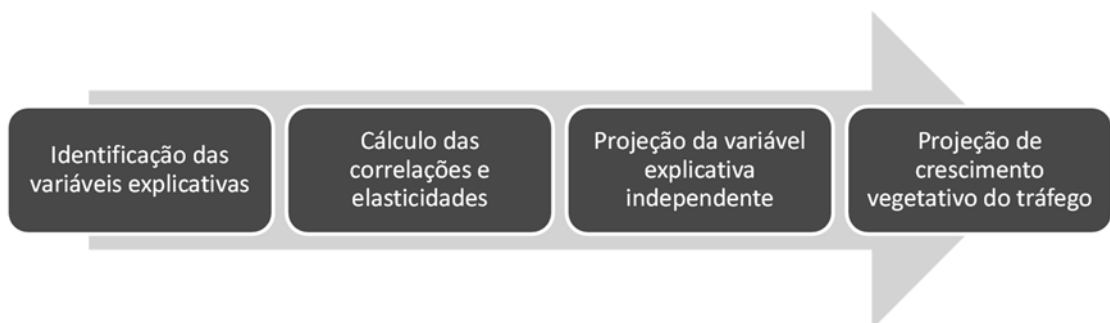


Figura 3-1 - Etapas do desenvolvimento de estudos de projeção de crescimento vegetativo

A identificação dos indicadores socioeconômicos relevantes consiste em selecionar variáveis independentes que poderão ser utilizadas para explicar e prever o crescimento da demanda. Desta maneira, as correlações entre variáveis são necessárias para verificar a existência de encadeamento entre a variável explicativa selecionada e a demanda de tráfego em análise. Assim, define-se a elasticidade que indica o grau de variação do tráfego devido a uma oscilação na variável independente adotada.

Em seguida, define-se qual projeção da variável econômica independente disponível (calculada por instituições especializadas) será utilizada como base. Optou-se, neste estudo, por utilizar o PIB-BR, escolhido por se ter projeções confiáveis e pelo fato de o tráfego das rodovias ter forte relação com a dinâmica econômica do país.

Por fim, a taxa de crescimento projetada para a variável econômica independente, multiplicada pelas elasticidades adotadas, determinam as taxas de crescimento do tráfego a serem consideradas no estudo.

3.1.1. Cálculo das elasticidades

As elasticidades Tráfego x PIB-BR foram calculadas em duas etapas: (i) ajuste regional e (ii) ajuste de tráfego. A multiplicação dessas correlações permitiu obter a elasticidade final Tráfego x PIB-BR.

O período considerado para análise destas elasticidades foi de 2002 a 2013. O início da série foi determinado pela própria base de dados, uma vez que o IBGE disponibiliza o PIB municipal a partir do ano de 2002, os quais foram agrupados a nível estadual. Já o ano final disponibilizado pelo IBGE é 2021, entretanto, dada a crise político/financeira instaurada no país a partir de 2014 e a pandemia Covid-19 de 2020 a 2022, períodos em que foram observados comportamentos atípicos no tráfego de veículos, os dados de 2014 a 2021 foram descartados da análise.

Desta forma, no ajuste regional buscou-se correlações entre as séries históricas do PIB de cada Estado brasileiro e o PIB-BR. Assim, a cada Estado foi associada uma elasticidade que quantifica o quanto este cresceu nos últimos anos em relação ao país. Ressalta-se que, para o cálculo da elasticidade final, as elasticidades obtidas para cada estado são ponderadas pelo número de viagens geradas em cada um.

A Tabela 3-1 apresenta as elasticidades regionais obtidas.

Tabela 3-1 - Elasticidades do ajuste regional

Estados x BR	Tipo de veículo			
	Automóveis	Cam. Leves	Cam. Pesados	Cam. SP
2002-2013	1,180	1,173	1,136	1,138

No ajuste de tráfego, por sua vez, avalia-se qual a sensibilidade do tráfego da região em análise perante as variações da economia nacional, visto que o tráfego das rodovias tem forte relação com a dinâmica econômica do país.

Para isso, foram realizadas correlações entre as séries históricas dos índices ABCR-BR Leves e Pesados com o PIB-BR. O período de correlação utilizado foi o mesmo do ajuste regional, ou seja, de 2002 a 2013. A Tabela 3-2 apresenta os resultados obtidos no ajuste de tráfego.

Tabela 3-2 - Elasticidades do ajuste de tráfego

	Tipo de veículo
--	-----------------

ABCR x PIB BR	Automóveis	Cam. Leves	Cam. Pesados	Cam. SP
2002-2013	1,117	0,924	0,924	0,924

A elasticidade final é então obtida pela multiplicação das elasticidades obtidas pelo ajuste regional e pelo ajuste de tráfego. A Tabela 3-3 apresenta os resultados.

Tabela 3-3 - Elasticidades finais obtidas pela combinação dos ajustes regional e de tráfego

Elasticidade final	Tipo de veículo			
	Automóveis	Cam. Leves	Cam. Pesados	Cam. SP
2002-2013	1,317	1,084	1,050	1,052

3.1.2. Atenuação das elasticidades

Como as elasticidades são definidas com dados históricos, não é prudente afirmar que essas correlações se mantêm constantes durante todo o período de concessão. Dessa forma, adota-se metodologias de atenuação das elasticidades para considerar outros efeitos na variação do tráfego e representar o desenvolvimento da região da rodovia, que ao final do período de transição, já consolidada, passará a crescer com um ritmo menos acelerado em relação à média nacional. Portanto, a elasticidade final de curto prazo foi decrescida ao longo dos 30 anos de concessão.

A metodologia adotada tem como referência a bibliografia de Willumsen (2014), na qual o PIB per capita pode ser utilizado como proxy dos fatores que influenciam a variação da elasticidade. Resultados do estudo apontam que, para um aumento de US\$ 1.000,00 do PIB per capita, ocorre uma redução média de 0,03 na elasticidade obtida no modelo. Assim, com a projeção do PIB Brasil e estimativa da população futura do IBGE, pode-se calcular o PIB per capita e aplicar a redução das elasticidades, resultando na atenuação apresentada no Gráfico 3-1.

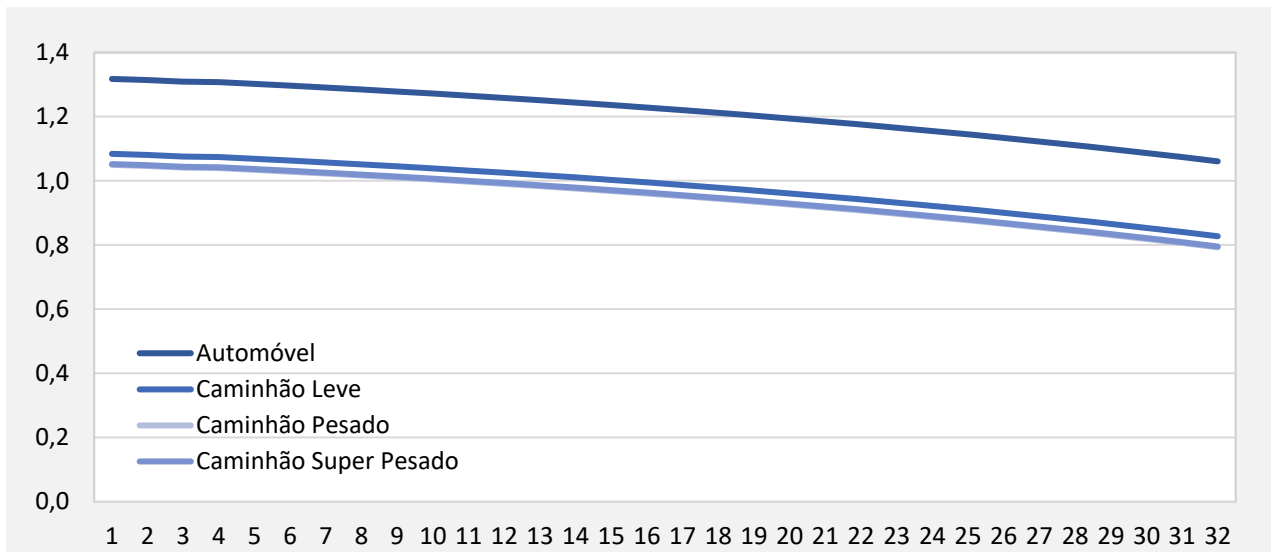


Gráfico 3-1 - Atenuação da elasticidade

3.1.3. Projeção do PIB – Brasil

A última etapa da projeção do crescimento vegetativo é a projeção da variável explicativa nacional (PIB-BR). O Gráfico 3-2 apresenta as taxas de projeção média do PIB-BR com base no relatório FOCUS datado de 02/02/2024. O relatório apresentado pelo Banco Central apresenta as expectativas do mercado quanto ao crescimento do PIB para o período de 2024 a 2027. Cabe ressaltar que, para os anos posteriores a 2027, adotou-se uma taxa constante igual à projeção verificada para 2027 (2,00%).

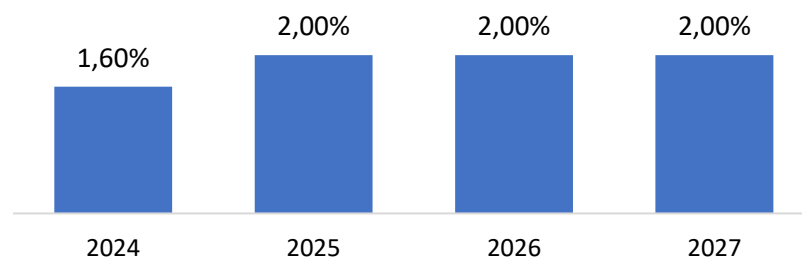


Gráfico 3-2 - Projeção do PIB-BR

3.1.4. Taxas de crescimento do tráfego

Diante da projeção média do PIB-BR, feita pelo relatório FOCUS, e das elasticidades calculadas, pôde-se determinar o crescimento vegetativo dos veículos por meio da multiplicação PIB-BR x Elasticidade. Sendo assim, chegou-se às taxas de crescimento, as quais foram únicas para todos os pórticos e diferentes para automóveis, caminhões leves, pesados e superpesados, conforme apresentado no Gráfico 3-3.

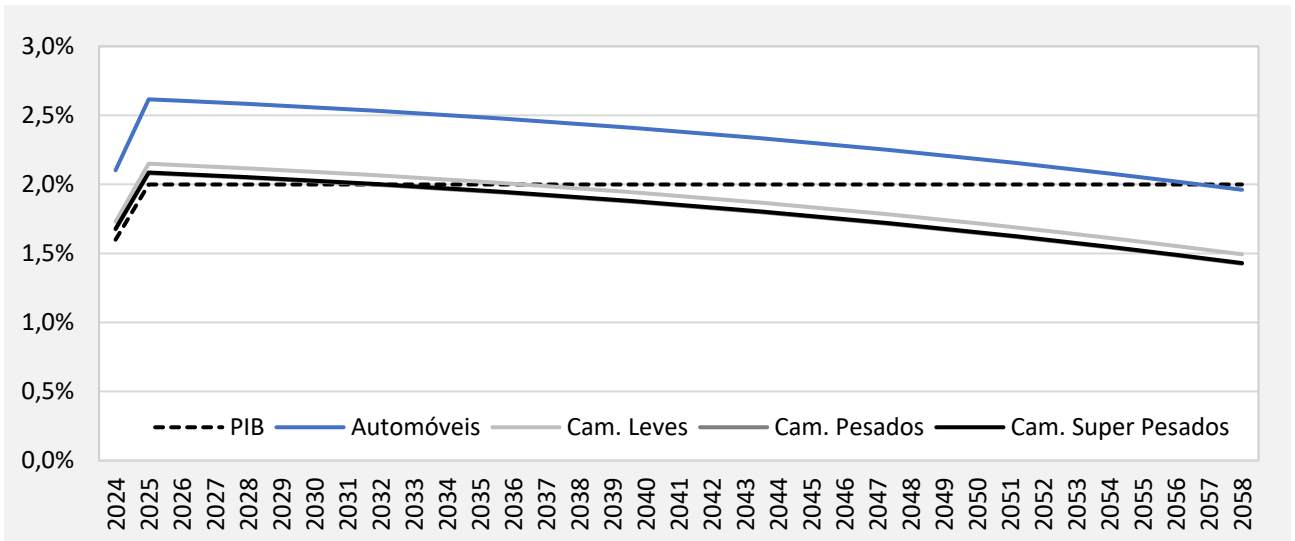


Gráfico 3-3 - Crescimento vegetativo do tráfego

3.2. Definição da quantidade e dos locais dos pórticos do sistema free-flow

A determinação da localização e da quantidade de pórticos de pedágio foram realizadas visando os seguintes objetivos:

- ✓ Maximizar a receita;
- ✓ Minimizar os custos de arrecadação;
- ✓ Maximizar a equidade de cobrança;
- ✓ Menor tarifa ao usuário.

Foram testadas três configurações distintas, variando-se a quantidade de pórticos e cálculo das tarifas (iguais em todas os pórticos ou tarifas por trecho de cobertura de pedágio - TCP). A Figura 3-2 ilustra as três configurações estudadas, sendo 10 pórticos com tarifas por TCP, 12 pórticos com tarifas por TCP (diferenciada para o trecho Bataguassu/divisa de São Paulo) e 12 pórtico com tarifas iguais (exceto para o trecho Bataguassu/divisa de São Paulo).

Importante destacar que a tarifa quilométrica considerada no estudo foi a mesma vigente nas outras concessões estaduais (306 e 112), conforme será apresentado no item a seguir.

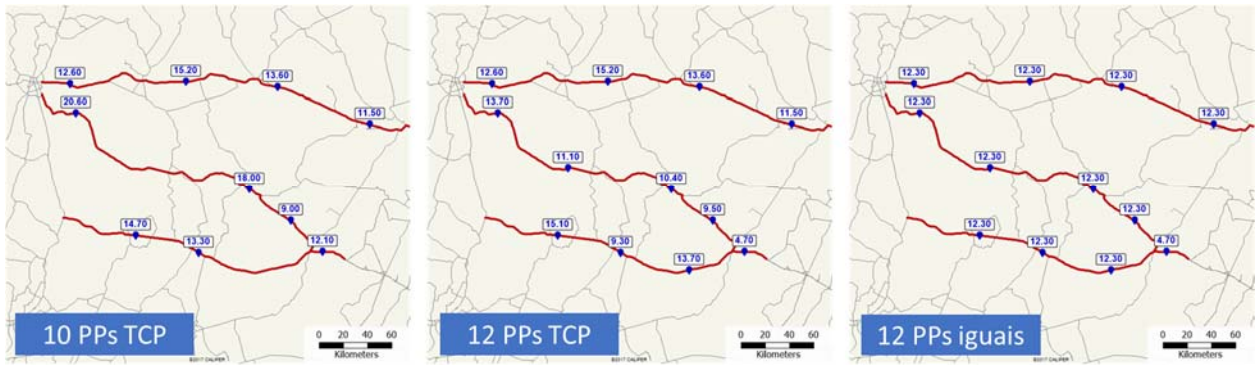


Figura 3-2 - Configurações de pórticos testadas

Para definição da configuração mais adequada foram avaliados os percentuais de usuários dentro de cada intervalo de tarifa assim como a tarifa média paga pelo sistema, conforme apresentado nos Gráfico 3-4 e Gráfico 3-5, respectivamente.

Nota-se que há pouca diferença na distribuição de usuários por faixa de tarifa analisada, enquanto pela tarifa média é possível perceber que a configuração de 12 pórticos de pedágio com tarifas por TCP apresenta menor tarifa média, favorecendo os usuários do sistema. Dessa forma, optou-se por considerar esta configuração para a concessão.

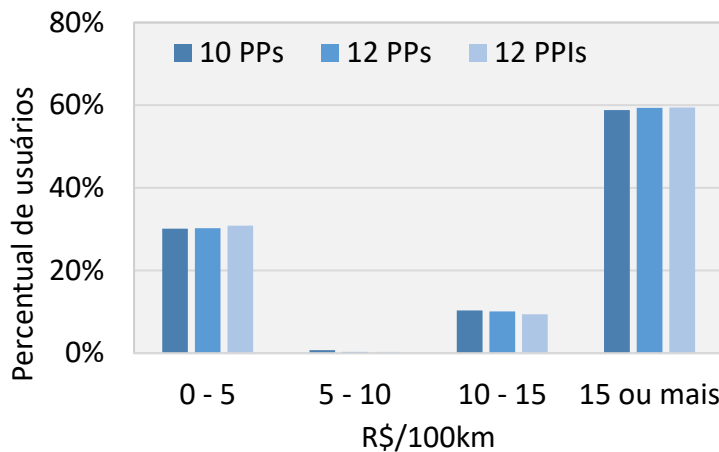


Gráfico 3-4 - Faixas de tarifas pagas pelos usuários

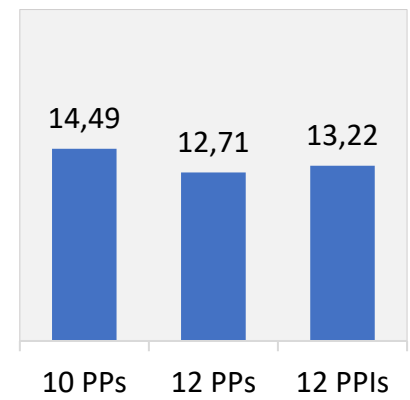


Gráfico 3-5 - Tarifa média paga pelos usuários

As localizações dos pórticos de pedágio estão apresentadas na Tabela 3-4 e na Figura 3-3.

Tabela 3-4 - Localização dos pórticos de pedágio

Pórtico de pedágio	Rodovia	km	Município	Longitude	Latitude
PFF01	BR-262	39+800	Três Lagoas	51°58'0.50"O	20°46'34.85"S
PFF02	BR-262	104+500	Água Clara	52°32'1.19"O	20°33'10.78"S
PFF03	BR-262	207+500	Ribas do Rio Pardo	53°27'10.29"O	20°27'59.84"S
PFF04	BR-262	292+800	Campo Grande	54°13'33.32"O	20°29'55.21"S
PFF05	MS-040	47+100	Campo Grande	54°13'1.10"O	20°43'22.50"S
PFF11	MS-040	123+300	Ribas do Rio Pardo	53°42'17.40"O	21° 5'58.29"S
PFF06	MS-040	217+200	Santa Rita do Pardo	52°53'48.31"O	21°16'1.54"S
PFF07	MS-338	312+600	Santa Rita do Pardo	52°38'40.66"O	21°27'28.09"S
PFF08	BR-267	21+400	Bataguassu	52°20'37.25"O	21°43'37.43"S
PFF12	BR-267	66+700	Bataguassu	52°44'8.33"O	21°51'12.10"S
PFF09	BR-267	130+900	Nova Andradina	53°18'56.12"O	21°43'36.75"S
PFF10	BR-267	180+700	Nova Alvorada do Sul	53°46'18.76"O	21°36'31.34"S

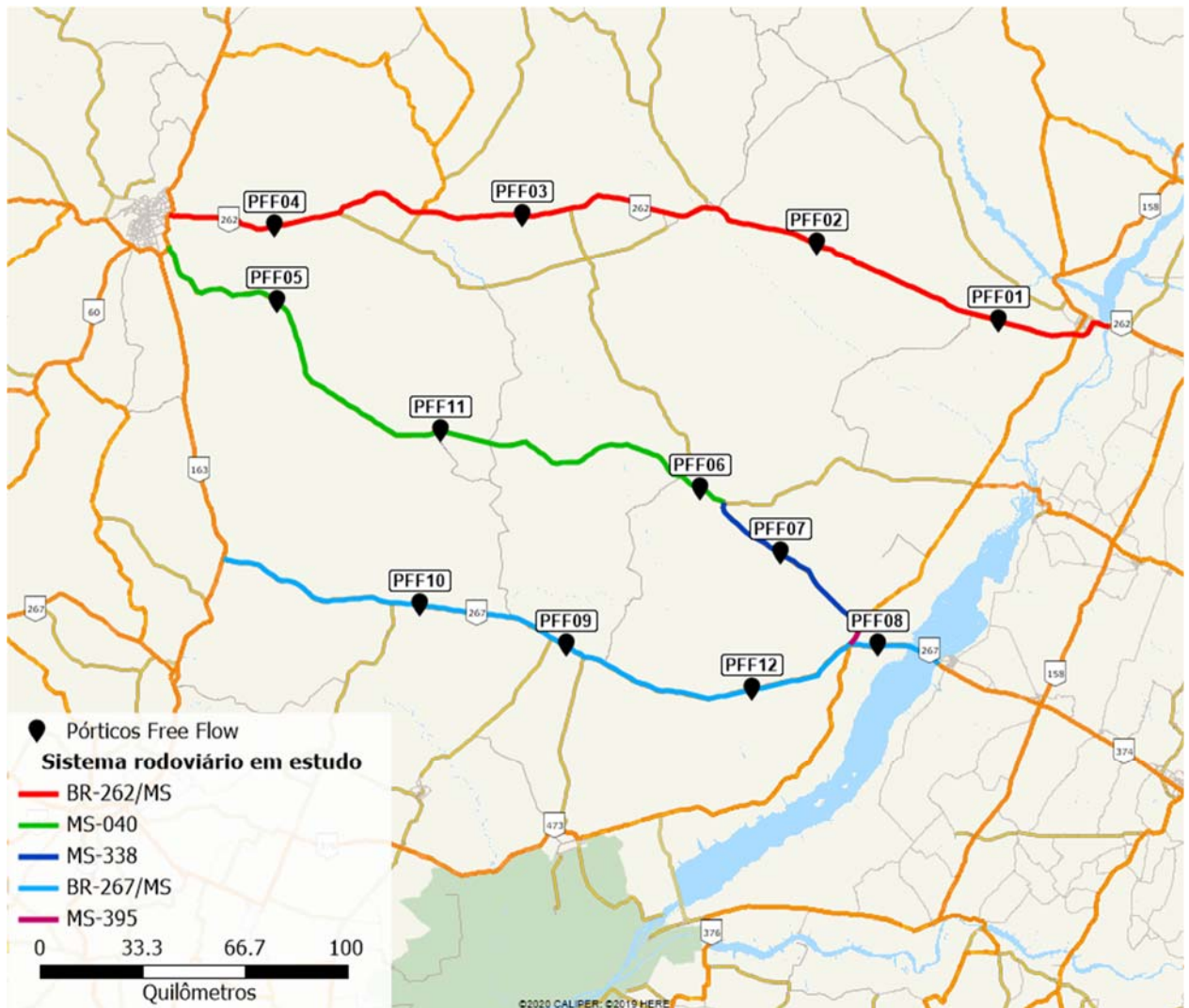


Figura 3-3 - Locais de cobrança de pedágio

3.3. Sistema de cobrança de pedágio e política tarifária

Conforme descrito nos itens anteriores, para esta concessão optou-se por uma configuração de 12 pórticos de pedágio, operando de forma 100% eletrônica (sistema free flow), ao invés das convencionais praças de barreira.

Para composição da política tarifária, foram inicialmente consideradas as seguintes premissas:

- ✓ Tarifa quilométrica (Categoria 1, pista simples) praticada nas outras concessões estaduais (Way-306 e Way-112), de R\$0,1613/km;

- ✓ Diferenciação de tarifa de pista simples e tarifa de pista dupla (40% superior)²;
- ✓ Desconto de 5% na tarifa para usuários optantes pelo sistema AVI (com TAG válido);
- ✓ Descontos progressivos (de até 20%) de acordo com a frequência de utilização dos usuários;
- ✓ Isenção de cobrança de tarifa de pedágio para motocicletas, em consonância com a portaria Nº 104, de 11 de agosto de 2021, do Ministério da Infraestrutura.

O desconto básico de tag (DBT) corresponde a um desconto de 5% em cada cobrança de tarifa de pedágio, em qualquer local de cobrança, independentemente da categoria veicular e da quantidade de viagens realizadas, para usuários que utilizam meios eletrônicos de pagamento de pedágio, baseados em sistemas de AVI que identificam tags eletrônicos acoplados aos veículos.

Já o desconto para usuários frequentes (DUF) possui como principal objetivo minimizar o impacto da introdução de tarifas de pedágio nos custos totais de transporte de pessoas que precisam utilizar a rodovia para a realização de deslocamentos frequentes – o que usualmente ocorrem entre municípios próximos, tendo, portanto, distâncias de percurso menores que as dos trechos de cobertura dos pórticos de pedágio.

Usuários que utilizam tags e não se enquadram no critério de oferecimento do DUF devem receber o DBT em todas as passagens nos pórticos de pedágio do lote. Já os usuários que se enquadram no critério de oferecimento do DUF recebem o DBT na primeira passagem e, a partir da segunda passagem no mesmo pórtico-sentido, passam a estar sujeitos às tarifas do modelo DUF.

O DUF é concedido àqueles usuários que dentro de um mesmo mês do calendário trafegarem por um determinado pórtico de pedágio, em um mesmo sentido de fluxo, por no mínimo duas vezes. Cabe ressaltar que somente os automóveis têm direito ao desconto e que os descontos são progressivos até a 30ª passagem, sendo mantidos nas passagens suplementares.

O cálculo do DUF se baseia no trecho de cobertura do pórtico (TCP) e na distância referencial, sendo essa definida para cada pórtico de cobrança com base na distância entre os centros urbanos localizados no trecho em análise. Uma das premissas para cálculo

² Não foi aplicado o degraú tarifário ao pórtico de pedágio PFF08, localizado em Bataguassu.

deste desconto é de que a distância referencial seja inferior ao TCP, o que não ocorre no sistema rodoviário em estudo, conforme ilustrado na Figura 3-4.

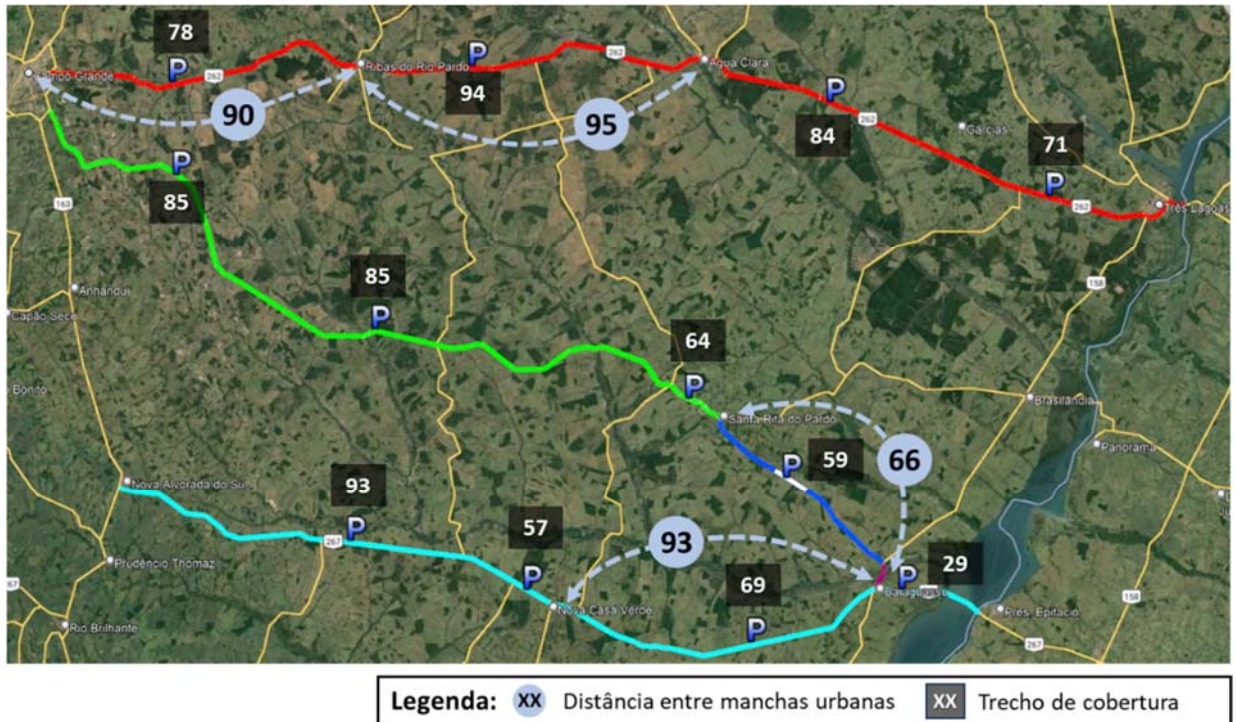


Figura 3-4 - Trecho de cobertura de pátios e distância entre manchas urbanas

Entretanto, considerando a importância social do DUF para os usuários da concessão, foi avaliado um desconto tarifário máximo que resulte em impactos na receita similares aos obtidos nas demais concessões, os quais tendem a ser de até 2%. Este cálculo foi feito de forma iterativa, com base na metodologia descrita no Anexo I – Metodologia para cálculo do DUF, alterando-se valores hipotéticos de distância referencial, resultando em uma distância referencial de 87,5% do trecho de cobertura do pátio.

A Tabela 3-5 apresenta os resultados do cálculo da tarifa DUF para pistas simples. Destaca-se que a frequência média foi obtida através de análise da pesquisa OD, sendo calculada uma frequência média por corredor rodoviário.

Tabela 3-5 - Resultados obtidos no cálculo da tarifa DUF

Praça	Tarifa base (R\$)	Tarifa da passagem 1 (R\$)	Tarifa referencial (R\$)	PDU	Tarifa mínima (R\$)	Frequência Média	Tarifa Média (R\$)
PFF1	11,51	10,93	10,07	0,58%	9,24	12,0	10,20
PFF2	13,57	12,89	11,87	0,58%	10,90	12,0	12,02
PFF3	15,23	14,47	13,32	0,58%	12,23	12,0	13,50

Praça	Tarifa base (R\$)	Tarifa da passagem 1 (R\$)	Tarifa referencial (R\$)	PDU	Tarifa mínima (R\$)	Frequência Média	Tarifa Média (R\$)
PFF4	12,61	11,98	11,03	0,58%	10,13	12,0	11,17
PFF5	13,74	13,06	12,02	0,58%	11,04	15,0	11,97
PFF6	10,42	9,90	9,12	0,58%	8,37	15,0	9,08
PFF7	9,54	9,06	8,35	0,58%	7,66	10,0	8,55
PFF8	4,74	4,51	4,15	0,58%	3,81	11,0	4,23
PFF9	9,25	8,79	8,09	0,58%	7,43	11,0	8,25
PPFF1 0	15,06	14,30	13,18	0,58%	12,10	11,0	13,42
PPFF1 1	13,72	13,03	12,00	0,58%	11,02	15,0	11,95
PPFF1 2	11,11	10,56	9,72	0,58%	8,93	11,0	9,91

Por fim, a Tabela 3-6 apresenta as tarifas de pedágio para a Categoria 1 (automóveis) no primeiro e no último ano de concessão. As mudanças de tarifa observadas ocorrem em função das obras de duplicação (com exceção do trecho da BR-262 em Bataguassu) e da implantação dos contornos, os quais geram alterações nos trechos de cobertura de pedágio³, podendo ocasionar variações nas tarifas de pedágio.

Cabe destacar que estes valores foram utilizados para simulações iniciais, sendo posteriormente realizada uma análise de sensibilidade tarifária, na qual buscou-se avaliar os resultados de receita e demanda para variações de tarifa de até 25% superiores à tarifa quilométrica base (R\$0,1613/km para pista simples).

Tabela 3-6 - Pórticos de pedágio e tarifas definidas

Pórtico	Rodovia	km	Município	TCP (km)	Tarifa CAT1 (R\$)	
					Ano 1	Ano 30
PFF01	BR-262	39+800	Três Lagoas	71,7	11,60	11,60
PFF02	BR-262	104+500	Água Clara	84,1	13,60	13,60
PFF03	BR-262	207+500	Ribas do Rio Pardo	94,3	15,20	16,70
PFF04	BR-262	292+800	Campo Grande	78,1	12,60	17,90
PFF05	MS-040	47+100	Campo Grande	85,2	13,70	13,70
PFF11	MS-040	123+300	Ribas do Rio Pardo	85,1	13,70	13,70

³ Detalhadas na planilha de modelagem econômico-financeira.

Pórtico	Rodovia	km	Município	TCP (km)	Tarifa CAT1 (R\$)	
					Ano 1	Ano 30
PFF06	MS-040	217+200	Santa Rita do Pardo	64,6	10,40	10,40
PFF07	MS-338	312+600	Santa Rita do Pardo	59,2	9,50	9,50
PFF08	BR-267	21+400	Bataguassu	28,8	4,70	4,90
PFF12	BR-267	66+700	Bataguassu	68,5	11,10	11,10
PFF09	BR-267	130+900	Nova Andradina	57,4	9,30	9,30
PFF10	BR-267	180+700	Nova Alvorada do Sul	93,4	15,10	15,10

3.4. Cenários futuros

A etapa de cenários futuros consiste na estimativa de impacto devido às prováveis mudanças na rede viária (obras de pavimentação, melhorias e/ou ampliação de capacidade, implantação de novos locais de cobrança de pedágio) que ocorrerão na região em estudo. Tendo em vista que tais alterações podem, conforme o cenário simulado, alterar a escolha de rota dos usuários e conseqüentemente o volume de veículos nas diferentes rodovias, torna-se importante avaliar os efeitos dessas intervenções no tráfego do lote em estudo, principalmente nos locais de cobrança de pedágio.

A Tabela 3-7 apresenta os cenários considerados, com destaque para a implantação de novos locais de cobrança de pedágio e pavimentação de vias previstas pela Agesul.

Tabela 3-7 - Cenários futuros considerados

Descrição	2024	2025	2026	2028	2030	2031	2032
Início da cobrança de pedágio na Way112	■						
Pavimentação MS-338 (Camapuã a Ribas do Rio Pardo)		■					
Início da cobrança de pedágio no lote em estudo (MS-040)			■				
Pavimentação MS-134			■				
Pavimentação MS-245 (Entr. BR-163 a MS-338)			■				
Conclusão do contorno de Três Lagoas			■				
Pavimentação MS-040 (Sta. Rita do Pardo a Brasilândia)				■			
Pavimentação MS-320 (Entr. MS-377 a Três Lagoas)				■			
Contorno de Ribas do Rio Pardo				■			
Contorno de Água Clara					■		
Contorno de Bataguassu					■		
Contorno de Santa Rita do Pardo						■	

*Considerando também ajuste tarifário e obras de ampliação de capacidade da BR-163/MS, conforme previsto na solução consensual entre ANTT e MSVia

A Figura 3-5, por sua vez, ilustra as obras de pavimentação consideradas.



Figura 3-5 - Obras de pavimentação consideradas

4.4.1 Início da cobrança da Way-112

Foi simulada a implantação das seis praças de pedágio da Way-112, comparando-se este cenário com a situação atual (modelo calibrado) através do mapa de diferença (Figura 3-6), em que as linhas vermelhas representam os links onde houve perda de tráfego e as linhas verdes onde houve ganho, sendo o volume de tráfego (perdido ou ganhado) proporcional à espessura das linhas.

A partir dos resultados, é possível notar a migração de tráfego da BR-158 para a MS-112. Em paralelo, nota-se que parte do tráfego também migra, de forma menos expressiva, para as rodovias do lote em estudo (com ganhos entre 0,1% e 1,5% de veículos, dependendo do trecho).

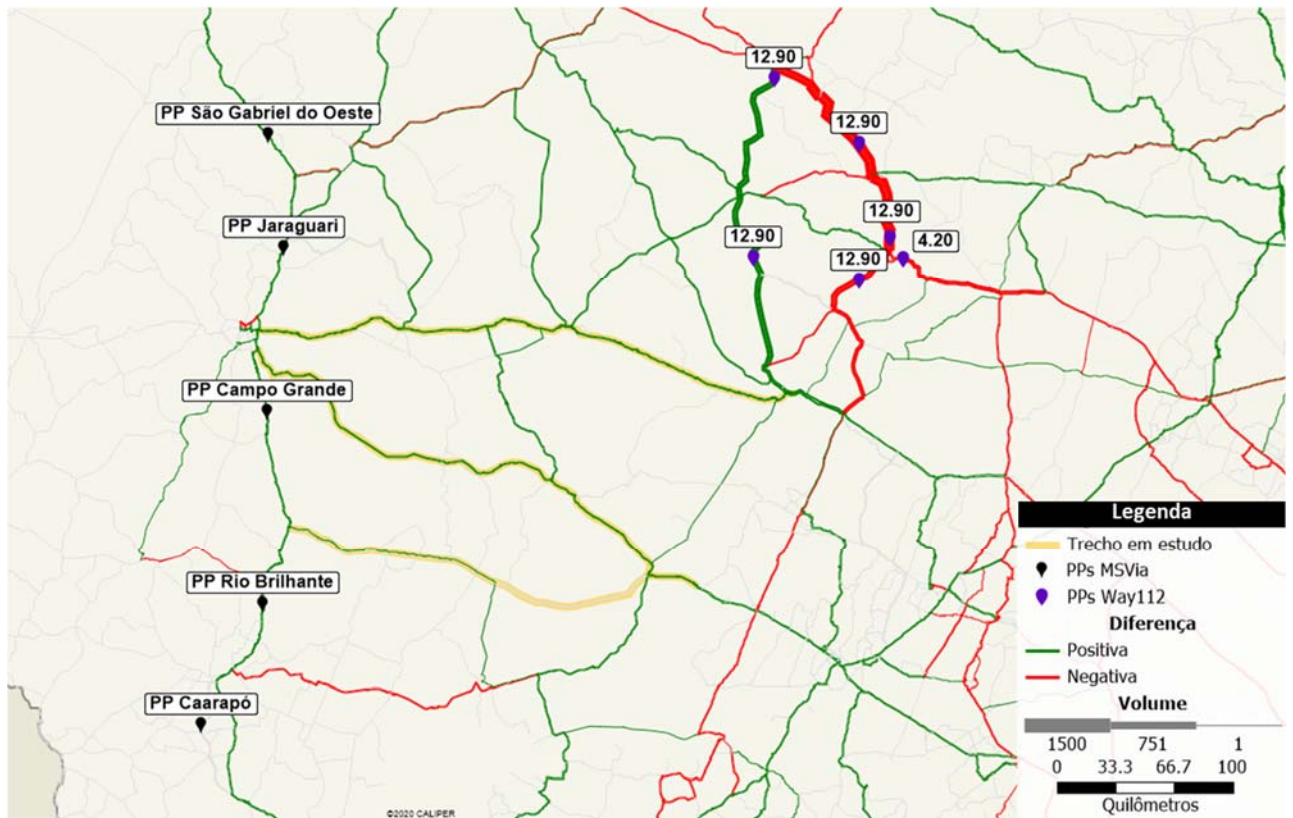


Figura 3-6 - Mapa de diferença (Implantação das praças de pedágio da Way112)

4.4.2 Início da cobrança de pedágio no lote em estudo

A Figura 3-7 apresenta os desvios de tráfego decorrentes do início da cobrança de pedágio no sistema rodoviário em estudo. É possível observar que o tráfego das rodovias federais BR-262 e BR-267 migra para o corredor rodoviário composto pela MS-040, MS-338 e MS-395, ainda utilizando o trecho da BR-267 entre Bataguassu e a divisa de São Paulo.

Já a Tabela 3-8 apresenta a variação de tráfego por local de cobrança e total do sistema rodoviário, sendo possível constatar que o lote perde cerca de 7% de veículos e eixos após o início da cobrança de pedágio.



Figura 3-7 - Mapa de diferença (início da cobrança de pedágio no lote em estudo)

Tabela 3-8 - Desvios de tráfego por pórtico de pedágio

Pórtico	TCP (km)	Tarifa (R\$)	VDMA	Eixos
PFF01	71,7	11,60	-17,2%	-14,4%
PFF02	84,1	13,60	-17,2%	-14,4%
PFF03	94,3	15,20	-21,9%	-19,6%
PFF04	78,1	12,60	-9,5%	-13,2%
PFF05	85,2	13,70	39,5%	48,8%
PFF11	85,1	13,70	39,5%	48,8%
PFF06	64,6	10,40	31,5%	44,8%
PFF07	59,2	9,50	22,1%	39,6%
PFF08	28,8	4,70	0,0%	-0,2%
PFF12	68,5	11,10	-34,8%	-39,5%
PFF09	57,4	9,30	-24,1%	-30,3%
PFF10	93,4	15,10	-24,1%	-31,0%
Total	870,4	-	-7,2%	--7,4%

4.4.3 Resultados após todas as alterações rodoviárias

Por fim, foi realizada uma análise comparativa do comportamento de tráfego após todas as alterações apresentadas na A etapa de cenários futuros consiste na estimativa de impacto devido às prováveis mudanças na rede viária (obras de pavimentação, melhorias e/ou ampliação de capacidade, implantação de novos locais de cobrança de pedágio) que ocorrerão na região em estudo. Tendo em vista que tais alterações podem, conforme o cenário simulado, alterar a escolha de rota dos usuários e consequentemente o volume de veículos nas diferentes rodovias, torna-se importante avaliar os efeitos dessas intervenções no tráfego do lote em estudo, principalmente nos locais de cobrança de pedágio.

A Tabela 3-7 apresenta os cenários considerados, com destaque para a implantação de novos locais de cobrança de pedágio e pavimentação de vias previstas pela Agesul.

Tabela 3-7 com a situação atual (modelo calibrado), conforme apresentado na Figura 3-10.

É possível notar que, assim como apresentado no item 4.4.2, o tráfego migra das rodovias BR-262 e BR-267 para o corredor rodoviário MS-040, MS-338 e MS-395. Destaca-se ainda que o ganho de tráfego da MS-040 entre Santa Rita do Pardo e Brasilândia ocorre em função da pavimentação deste trecho, prevista para o ano de 2028.

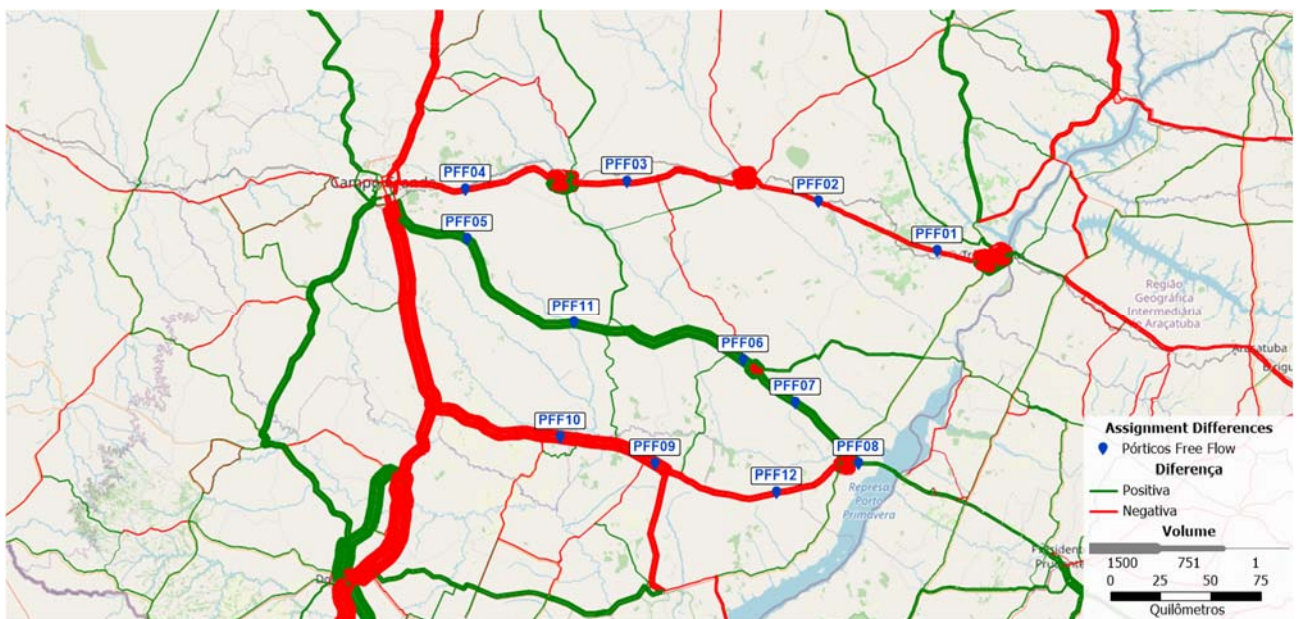


Figura 3-8 - Mapa de diferença (após todas as alterações rodoviárias)

A Tabela 3-8 apresenta a variação de tráfego por local de cobrança e total do sistema rodoviário, sendo possível constatar que o lote perde cerca de 5% de veículos e de 1% em eixos.

Tabela 3-9 - Desvios de tráfego por pórtico de pedágio

Pórtico	VDMA	Eixos
PFF01	-23,5%	-24,3%
PFF02	-23,5%	-24,3%
PFF03	-25,4%	-26,6%
PFF04	-12,7%	-21,0%
PFF05	94,3%	141,5%
PFF11	94,3%	141,5%
PFF06	84,1%	128,9%
PFF07	61,8%	114,4%
PFF08	10,5%	19,5%
PFF12	-44,5%	-48,7%
PFF09	-44,7%	-54,6%
PFF10	-47,1%	-56,5%
Total	-4,7%	-1,0%

3.4.1. Sensibilidade tarifária

Visando compreender o comportamento do tráfego frente às variações tarifárias, foi realizada uma análise de sensibilidade tarifária, na qual avaliou-se incrementos tarifários de até 25% em relação à tarifa base (R\$0,1613/km para pista simples).

A figura a seguir apresenta os resultados para valores incrementais de 5%, 10%, 15%, 20% e 25%. Conforme esperado, à medida que se aumenta o valor da tarifa quilométrica, há um aumento da receita total, mas redução do tráfego nos pórticos de pedágio (representado em volume de veículos equivalentes – VEq).

Cenário	VEq	Receita	VPL
Base	1.733	18.642	5.314
+5%	1.731	19.352	5.519
+10%	1.722	20.040	5.719
+15%	1.706	20.603	5.889
+20%	1.684	21.109	6.043
+25%	1.656	21.482	6.166

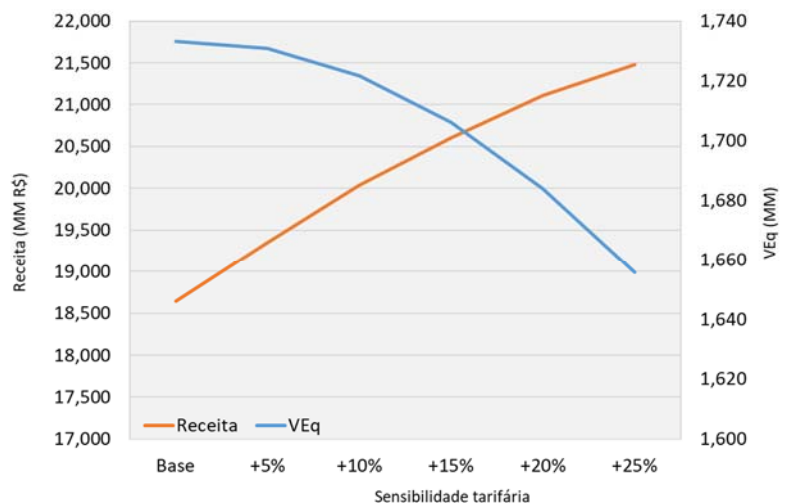


Figura 3-9 - Sensibilidade tarifária

4.4.4 Concorrência modal

No cenário brasileiro estão ocorrendo mudanças na infraestrutura de transporte que possibilitam ao embarcador fazer escolhas entre os modos de transporte, onde antes havia apenas a opção rodoviária. Entre os principais fatores que contribuem para a melhoria da malha ferroviária estão as novas concessões, que possibilitam melhor desempenho da produção de transporte, constante renovação e aquisição de material rodante. Somado ao panorama de concessões, tem-se as alterações na normatização do transporte ferroviário e o plano federal de ampliação do sistema ferroviário brasileiro.

Na região em estudo destacam-se os projetos ferroviários da relicitação da Malha Oeste e da implantação da Ferrovia Estadual Senador Vicente Emílio Vuolo, destacadas na Figura 3-10.

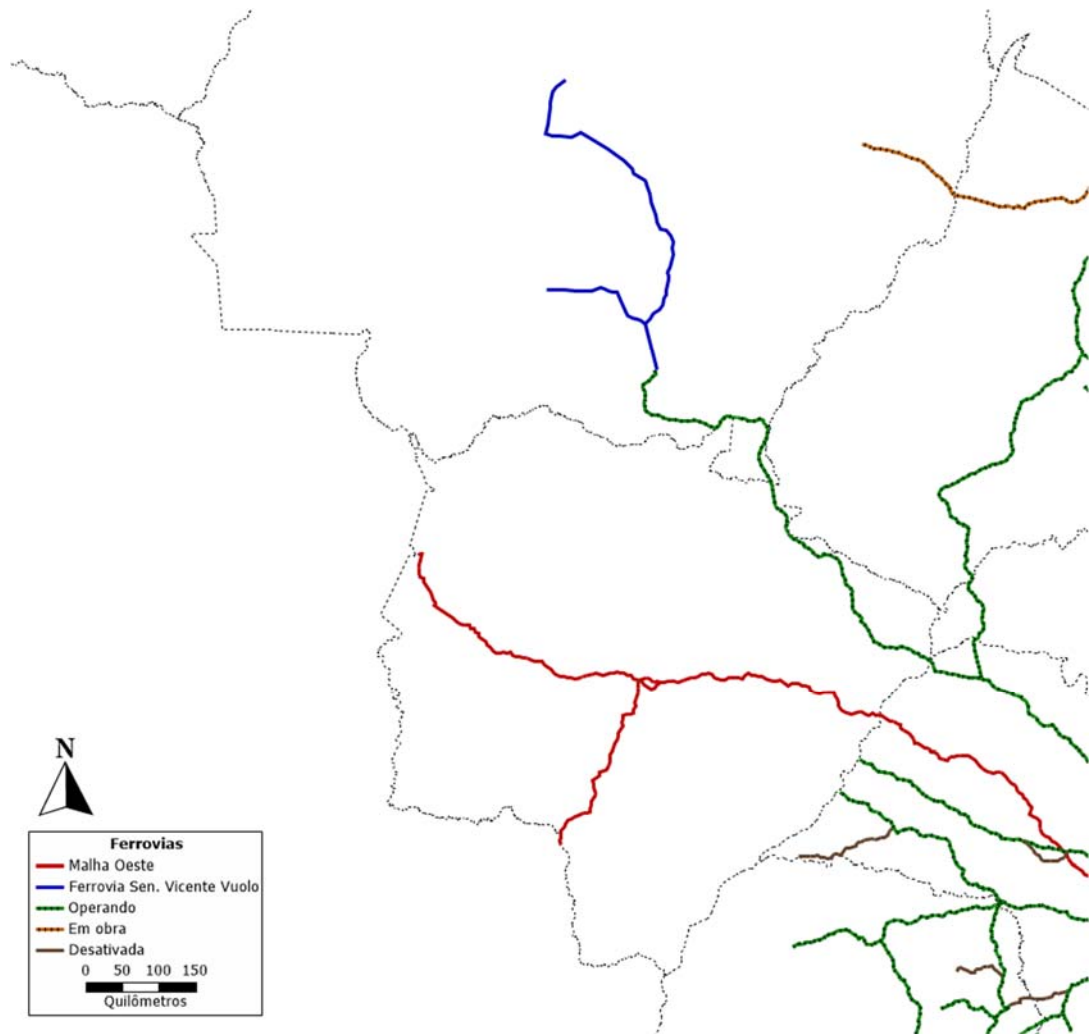


Figura 3-10 - Malha ferroviária brasileira
Fonte: Adaptado de Ministério dos Transportes (setembro/2023)

Para o projeto da relicitação da Malha Oeste já foram percorridas as etapas de estudo técnico e audiência pública, estando agora em preparação para envio ao Tribunal de Contas da União (TCU)⁴. Dentre as principais premissas contidas no estudo técnico, destaca-se: (i) adoção de bitola larga, indicada como de maior viabilidade técnica-econômica; (ii) desconsideração do ramal de Ponta Porã, por ser inviável financeiramente; e (iii) previsão de operação após modernização para o ano de 2029.

A Figura 3-11 ilustra o projeto da Malha Oeste, com indicação dos terminais considerados e das principais vocações do corredor ferroviário, sendo importante destacar a presença de celulose entre as cargas passíveis de transporte pela Malha Oeste. Ressalta-se que o ramal

⁴ Conforme informações consultadas em <https://ppi.gov.br/projetos/relicitacao-da-malha-oeste/>, em mar/2024.

de Ponta Porã não foi considerado na presente análise de concorrência modal por ser inviável financeiramente, conforme citado anteriormente.

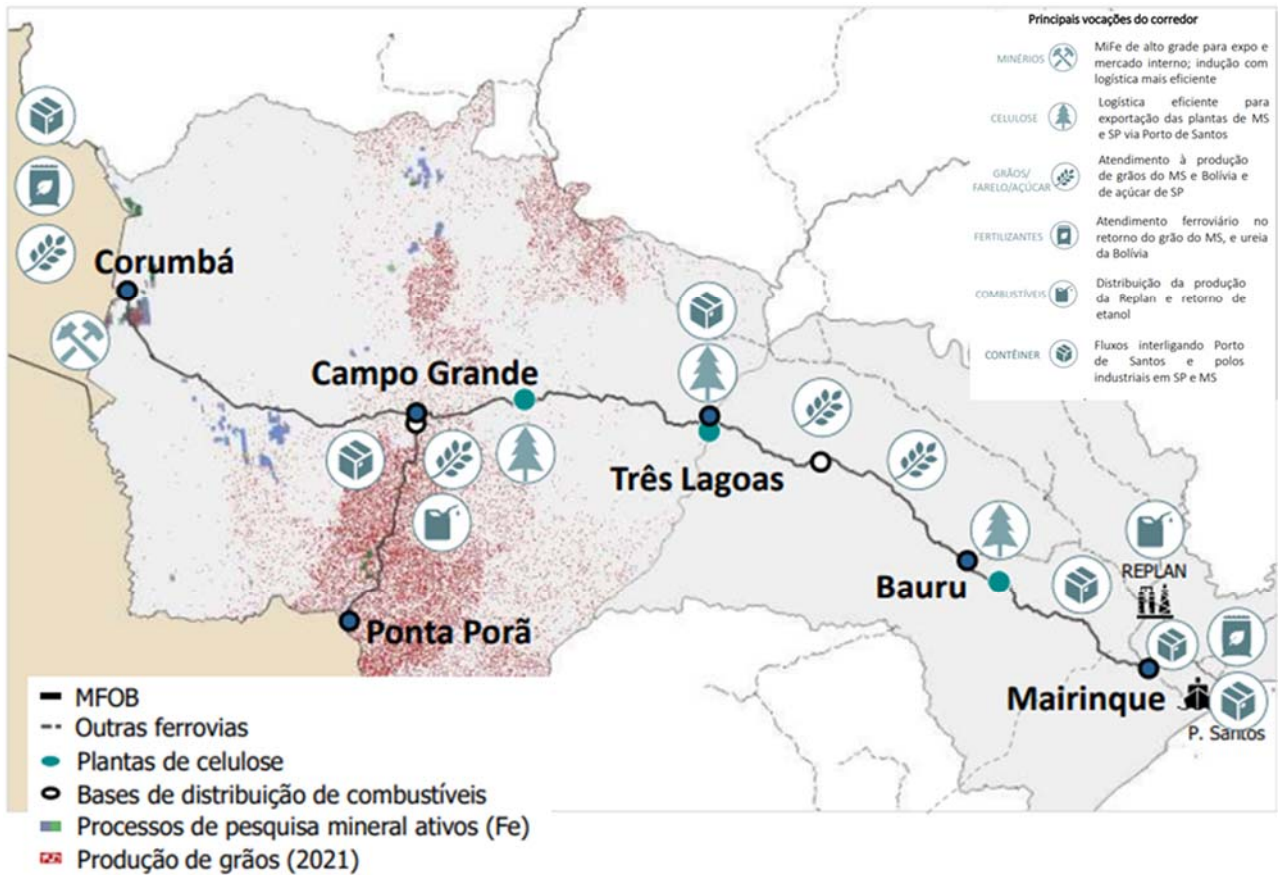


Figura 3-11 - Relicitação da Malha Oeste

Fonte: Adaptado de Apresentação da Audiência Pública nº5/2023 (ANTT)

A ferrovia estadual Senador Vicente Emílio Vuolo, por sua vez, terá 743 quilômetros de extensão com novos terminais previstos para Campo Verde, Cuiabá e Lucas do Rio Verde, conectando ao terminal existente em Rondonópolis. O projeto já está em fase de construção, com previsão de início de operação do trecho até Campo Verde em 2026. O ramal de Cuiabá tem previsão de conclusão das obras até o ano de 2028 e o trecho restante até Lucas do Rio Verde até o ano de 2031.



Figura 3-12 - Ferrovia estadual Senador Vicente Emilio Vuolo

Fonte: Relatório de Impacto Ambiental

A análise das perdas decorrentes da infraestrutura ferroviária próxima ao sistema rodoviário em estudo foi realizada na matriz OD expandida gerada a partir de entrevistas realizadas em campo. Apesar de apenas algumas ferrovias terem sido detalhadas no presente estudo, por serem mais influentes na região do Lote MS-040, todas ferrovias que estão em operação no Brasil foram consideradas nos cálculos de concorrência modal.

A metodologia de concorrência modal baseia-se na retirada de veículos da matriz OD de caminhões que transportam cargas consideradas próprias do modo ferroviário, criando uma matriz rodoviária sem as cargas com potencial de migração modal, conforme apresentado na Figura 3-13.

a) Matriz rodoviária de caminhões atual

b) Nova matriz rodoviária de caminhões considerando as ferrovias

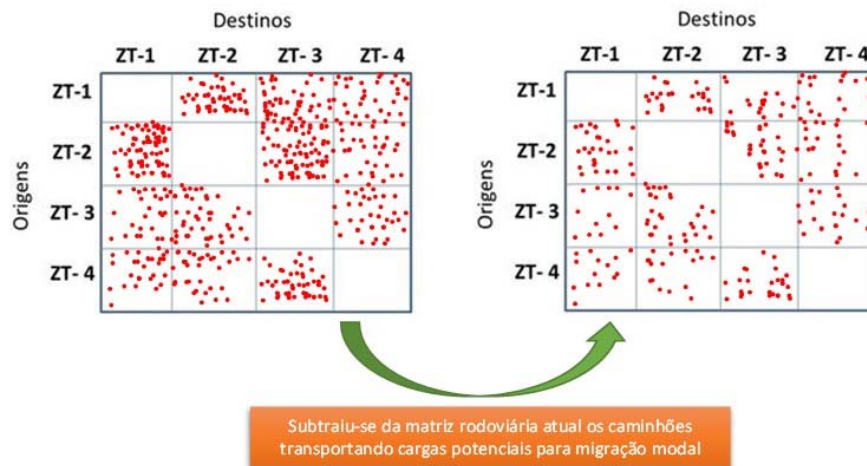


Figura 3-13 - Metodologia de exclusão de caminhões da matriz OD atual com potencial de migração modal

Quanto à determinação dos pares Origem-Destino que estão suscetíveis à transferência modal, analisou-se três fatores⁵:

- ✓ Fator de carga (fc): considerou-se as cargas com potencial de migração para ferrovias que estão na matriz OD do lote;
- ✓ Fator de acesso da origem/terminal e terminal/destino (fa): considerou-se o tempo de acesso, pelo modo rodoviário, do ponto de início e fim da viagem, ao terminal mais próximo da ferrovia; e
- ✓ Fator de distância total da viagem (fd): considerou-se a distância rodoviária entre origem e destino da carga.

A Tabela 3-10 mostra as características de cada um dos fatores considerados na análise.

Tabela 3-10 - Características dos fatores de influência de migração modal

Fatores	Valores	Características
Fator de carga (fc)	fc = 1	Carga transportada é elegível para ferrovia
	fc = 0	Carga transportada não elegível para ferrovia

⁵Esta metodologia foi adaptada da metodologia utilizada no Estudo de Viabilidade Técnica do Ferroanel Metropolitano de São Paulo.

Fatores	Valores	Características
Fator de acesso à ferrovia (fa)	fa = 1	Tempo de acesso dos terminais origem e destino é ≤ 60 min
	fa = 0,5	Tempo de acesso dos terminais origem e destino é > 60 e ≤ 120 min
	fa = 0	Tempo de acesso dos terminais origem e destino é > 120 min
Fator de distância total da viagem (fd)	fd = 1	Distância total de viagem é ≥ 500 km
	fd = 0,5	Distância total de viagem é ≥ 300 km e < 500 km
	fd = 0	Distância total de viagem é < 300 km

O fator de carga foi aplicado seguindo o agrupamento de cargas a seguir, sendo que aquelas que têm baixa probabilidade de migração para ferrovia não entraram na lista.

Tabela 3-11 - Cargas elegíveis para ferrovias

Cargas	
Açúcar	Milho
Adubo e fertilizante	Minério de ferro
Álcool	Outros minerais e metais
Carvão mineral	Outros produtos do agronegócio
Celulose	Petróleo, derivados e químicos
Cimento	Siderurgia
Complexo da soja	Veículos
Contêiner	

O fator de acesso à ferrovia mostra a atração que os terminais ferroviários têm de captar as viagens rodoviárias, no que se refere ao tempo de acesso a estes centros logísticos. Considera-se alta probabilidade de atração da carga quando o tempo de acesso for igual ou inferior a 60 minutos e baixa probabilidade de atração quando o tempo de acesso for superior a 120 minutos⁶.

Outro fator considerado na análise de migração modal refere-se à distância total da viagem. Intuitivamente observa-se que viagens de maior distância rodoviária possuem maior probabilidade de migração para o modo ferroviário. Em condições de operação normal, o transporte intermodal é mais atrativo para distâncias acima de 500 km, devido à necessidade de realização de transbordos, seus custos e tempos embutidos. Neste sentido, considerou-se alta probabilidade de atração da carga, quando a distância total de viagem

⁶ Valores de referência adaptados do Estudo de Viabilidade Técnica do Ferroanel Metropolitano de São Paulo.

for igual ou maior a 500 km e baixa probabilidade de atração quando a distância total de viagem for inferior a 300 km.

Diante disso, a probabilidade de migração da carga de um par Origem-Destino, com fator de carga igual a 1, será a multiplicação entre os fatores de acesso da ferrovia e o fator de distância total da viagem, como ilustrado na Figura 3-14.

		Fator de acesso (fa)			Legenda
		fa = 1	fa = 0,5	fa = 0	
Fator de distância (fd)	fd = 1	1,00	0,50	0,00	Alta competitividade
	fd = 0,5	0,50	0,25	0,00	Média competitividade
	fd = 0	0,0	0,0	0,00	Baixa competitividade

Figura 3-14 - Nível de competitividade entre o modo ferroviário e rodoviário

Observa-se que a alta competitividade do modo ferroviário é caracterizada pelas viagens que apresentam distância rodoviária total superior a 500 km e com tempo de acesso aos centros logísticos inferiores a 60 minutos.

Para avaliar a competitividade do sistema rodoviário em estudo, considerou-se o impacto da mudança por corredor rodoviário. Dessa forma, foram consideradas para a análise de concorrência modal de cada corredor, as pesquisas origem-destino realizadas neste mesmo corredor, conforme ilustrado na Figura 1-3.

Aplicada a metodologia supracitada às pesquisas OD de cada corredor rodoviário, foram obtidos os resultados da análise de concorrência modal, conforme apresentado na Tabela 3-12. Destaca-se que os impactos foram considerados diretamente na projeção de tráfego, sendo aplicados uniformemente do ano de 2026 ao ano de 2031.

Tabela 3-12 - Impactos da análise de concorrência modal

Corredor	Impacto
BR-262/MS	-9,4%
MS-040/338/395	-5,2%
BR-267/MS	-14,0%
Total	-10,6%

4. Projeção de tráfego

Aplicada a taxa de crescimento para as categorias de veículo, pôde-se projetar o tráfego para os 30 anos de operação da concessão. O Gráfico 4-1 apresenta a projeção de eixos equivalentes por ano e pórtico de pedágio, em milhões, sendo o ano de 2025 o Ano 1 da concessão. Cabe ressaltar que os resultados apresentados se referem aos resultados obtidos para a tarifa quilométrica de R\$0,1613/km para pistas simples.

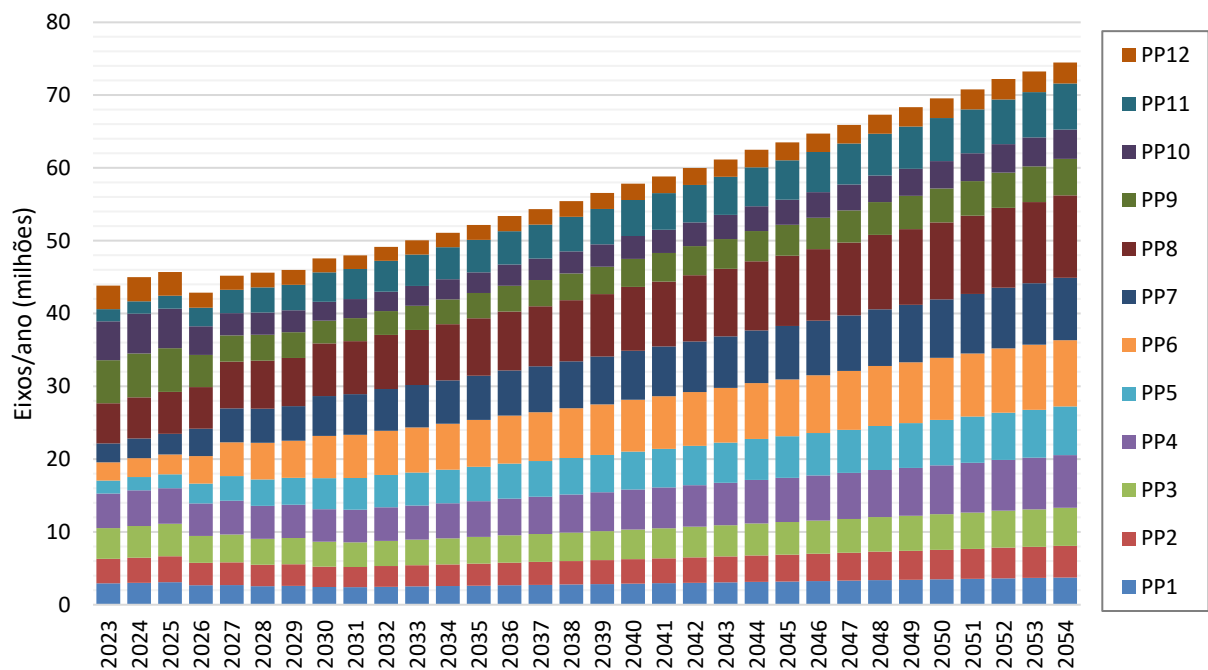


Gráfico 4-1 - Projeção de eixos equivalentes por ano (em milhões)

As tabelas a seguir mostram a projeção do volume médio diário anual (VDMA), eixos equivalentes (EEq) por dia e por ano para o cenário com cobrança nos doze locais de cobrança de pedágio.

5. Dimensionamento de elementos de engenharia

5.1. Dimensionamento de elementos de engenharia

Visto que está prevista a implantação de pórtico de pedágio do sistema Free Flow ao invés de praças de barreira, não há necessidade do dimensionamento do número de cabines.

5.2. Dimensionamento do pavimento (Número N)

Um dos fatores que influem no dimensionamento do pavimento de um trecho rodoviário é a solicitação que o tráfego imporá ao pavimento durante sua vida útil, ou seja, seu horizonte de projeto. As cargas que solicitam a estrutura do pavimento ao longo de um período para o qual é projetado o pavimento são representadas pela ação do ciclo de carregamento e descarregamento em um determinado ponto fixo da superfície de rolamento quando da passagem das rodas dos veículos. O dano causado pela passagem de cada veículo é, usualmente, de pequena magnitude, mas o efeito acumulativo deste dano é que determina a resistência à fadiga dos pavimentos. No Brasil, o fator preponderante que leva os pavimentos ao final de sua vida útil é este efeito acumulado.

Os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis mais usuais no Brasil, da AASHTO e do USACE, baseiam a solicitação do tráfego no número de operações/solicitações causadas pela passagem de um eixo rodoviário padrão de 8,2 t ao longo do período de projeto. Este número de solicitações é conhecido como número “N”.

Para o calculado o número “N” para cada um dos 43 segmentos homogêneos da rodovia em estudo, é importante definir os seguintes elementos relativos ao tráfego:

- ✓ Fator de Equivalência de Carga;
- ✓ Fator de Equivalência de Veículo;
- ✓ VDMA por classe de veículo pesado; e
- ✓ Carregamento da Frota.

Inicialmente, para o cálculo dos Fatores de Equivalência de Carga, foram considerados para a estimativa de pesos por eixo, as distribuições de peso de acordo com o limite máximo admitidos legalmente no país por eixo (peso máximo legal por configuração de eixo) e por veículo (relacionados ao PBT por unidade de carga). Estes valores são estabelecidos pela RESOLUÇÃO Nº 210, DE 13 DE NOVEMBRO DE 2006 DO CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN (também denominado como “Lei

das Balanças”), que estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências.

Tabela 5-1 - Carga “P” (peso bruto total) por tipo de eixo

Tipo de Eixo		Cargas (tf)		
		Carregado	Carregado + 10%	Vazio
Simplex (roda simples)	ESRS	6,0	6,6	3,0
Simplex (roda dupla)	ESRD	10,0	11,0	5,0
Tandem duplo (roda dupla)	ETD	17,0	18,7	6,0
Tandem triplo (roda dupla)	ETT	25,5	28,1	9,0

Cabe destacar que foram considerados, no caso dos veículos vazios, as distribuições por eixo mais desfavoráveis encontradas, conforme evidenciado na tabela acima.

A conversão do tráfego misto em um número equivalente de operações de um eixo considerado padrão é efetuada aplicando-se um Fator de Equivalência de Carga (FC). Considerando as diferentes cargas por tipo de eixo consideradas, calculou-se os seguintes os fatores de carga para cada método.

Tabela 5-2 - Fatores de Equivalência de Carga para cada método de cálculo

Tipo de Eixo	Fatores de Carga								
	USACE - flexível			AASHTO - flexível			AASHTO - rígido		
	Carregado	Carregado + 10%	Vazio	Carregado	Carregado + 10%	Vazio	Carregado	Carregado + 10%	Vazio
ESRS	0,278	0,408	0,017	0,327	0,494	0,016	0,265	0,399	0,015
ESRD	3,290	5,971	0,134	2,394	3,614	0,120	2,376	3,552	0,122
ETD	8,549	14,418	0,080	1,642	2,437	0,022	2,898	4,295	0,037
ETT	9,300	15,827	0,128	1,560	2,332	0,019	4,795	7,018	0,064

Já o Fator de Equivalência de Veículo (FV) é um multiplicador que permite a determinação do número de eixos equivalentes ao eixo padrão a partir do volume de veículos que trafegam durante o período de projeto. Para o cálculo dos Fatores de Equivalência de Veículos, foram consideradas as seguintes configurações de eixos em cada classe de veículo.

Tabela 5-3 - Configurações de eixos consideradas em cada classe de veículo

Classe	Tipo	Eixo	Configuração	Classe	Tipo	Eixo	Configuração
Comercial 12	2C	Dianteiro	ESRS	Comercial 16	3S3	Dianteiro	ESRS
		Traseiro	ESRD			Central	ETD
Comercial 13	3C	Dianteiro	ESRS			Traseiro	ETT
		Traseiro	ETD	Comercial 17	3S2S 2	Dianteiro	ESRS
Comercial 14	2S2	Dianteiro	ESRS			Central	ETD
		Central	ESRD			Central	ETD
		Traseiro	ETD	Traseiro	ETD		
Comercial 15	2S3	Dianteiro	ESRS	Comercial 19	3S3S 3	Dianteiro	ESRS
		Central	ESRD			Central	ETD
		Traseiro	ETT			Central	ETT
		Traseiro	ETT				

Por fim, tendo já detalhado nos itens anteriores do estudo o VDMA por classe de veículos pesado, resta definir as premissas relacionadas aos parâmetros de carregamento, que são:

- ✓ Análise por trecho homogêneo, conforme norma do DNIT;
- ✓ Concentração de 84% do tráfego nas faixas mais carregadas nas pistas duplas;
- ✓ Carregamento dos eixos dos veículos com base nos dados das pesquisas OD e na experiência observada do tráfego brasileiro⁷, conforme Tabela 5-4.

Tabela 5-4 - Distribuição da carga dos veículos

Condição	Distribuição
Carga máxima limite (CML)	65%
Vazio	30%
Carga máxima tolerada	5%

⁷ Somente a partir das pesquisas OD não foi possível determinar a distribuição em cada uma das três condições, sendo necessário ponderar os valores de acordo com a experiência observada do tráfego brasileiro de veículos de carga.

Então, o número “N” pode ser calculado pela seguinte expressão:

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

Sendo:

F_{ij} = Fluxo médio diário de veículo i no ano j .

m = Número do tipo de veículos.

n = Número de anos de projeto.

E_i = Número equivalente de passagens do eixo padrão que causa o mesmo impacto sobre o pavimento que o veículo do tipo i (Fator Veículo)

P_j = Percentual dos veículos do tipo i que utilizam a faixa de projeto

Os valores dos Números N obtidos por segmento homogêneo para todo o período de concessão, de acordo com a metodologia empregada (USACE flexível, AASTHO flexível e AASHTO rígido), são apresentados nas tabelas a seguir.

5 - Número N USACE

	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054
09E+06	8.85E+06	9.02E+06	9.19E+06	9.36E+06	9.52E+06	9.70E+06	9.87E+06	1.00E+07	1.02E+07	1.04E+07	1.06E+07	1.07E+07	1.09E+07	1.11E+07	1.13E+07	
09E+06	8.85E+06	9.02E+06	9.19E+06	9.36E+06	9.52E+06	9.70E+06	9.87E+06	1.00E+07	1.02E+07	1.04E+07	1.06E+07	1.07E+07	1.09E+07	1.11E+07	1.13E+07	
12E+06	3.18E+06	3.24E+06	3.30E+06	3.36E+06	3.43E+06	3.49E+06	3.55E+06	3.61E+06	3.67E+06	3.73E+06	3.80E+06	3.86E+06	3.92E+06	3.99E+06	4.05E+06	
07E+06	2.11E+06	2.15E+06	2.19E+06	2.23E+06	2.27E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.39E+06	2.43E+06	2.47E+06	2.52E+06	2.56E+06	2.60E+06	2.64E+06	2.68E+06	
16E+06	3.53E+06	3.60E+06	3.66E+06	3.73E+06	3.80E+06	3.87E+06	3.93E+06	4.00E+06	4.07E+06	4.14E+06	4.21E+06	4.28E+06	4.35E+06	4.42E+06	4.49E+06	
37E+06	4.45E+06	4.53E+06	4.62E+06	4.70E+06	4.79E+06	4.87E+06	4.96E+06	5.05E+06	5.13E+06	5.22E+06	5.31E+06	5.40E+06	5.48E+06	5.57E+06	5.66E+06	
78E+06	3.85E+06	3.92E+06	3.99E+06	4.07E+06	4.14E+06	4.21E+06	4.29E+06	4.36E+06	4.44E+06	4.51E+06	4.59E+06	4.66E+06	4.74E+06	4.82E+06	4.89E+06	
01E+06	9.08E+06	9.25E+06	9.43E+06	9.60E+06	9.77E+06	9.95E+06	1.01E+07	1.03E+07	1.05E+07	1.07E+07	1.08E+07	1.10E+07	1.12E+07	1.14E+07	1.15E+07	
22E+06	6.33E+06	6.45E+06	6.57E+06	6.69E+06	6.81E+06	6.94E+06	7.06E+06	7.18E+06	7.31E+06	7.43E+06	7.55E+06	7.68E+06	7.80E+06	7.93E+06	8.05E+06	
59E+06	7.73E+06	7.88E+06	8.03E+06	8.17E+06	8.32E+06	8.47E+06	8.62E+06	8.77E+06	8.92E+06	9.07E+06	9.22E+06	9.38E+06	9.53E+06	9.68E+06	9.83E+06	
02E+06	9.08E+06	9.25E+06	9.43E+06	9.60E+06	9.77E+06	9.95E+06	1.01E+07	1.03E+07	1.05E+07	1.07E+07	1.08E+07	1.10E+07	1.12E+07	1.14E+07	1.15E+07	
14E+06	2.18E+06	2.23E+06	2.27E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.39E+06	2.43E+06	2.48E+06	2.52E+06	2.56E+06	2.61E+06	2.65E+06	2.69E+06	2.73E+06	2.78E+06	
14E+06	2.18E+06	2.23E+06	2.27E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.39E+06	2.43E+06	2.48E+06	2.52E+06	2.56E+06	2.61E+06	2.65E+06	2.69E+06	2.73E+06	2.78E+06	
14E+06	2.18E+06	2.23E+06	2.27E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.39E+06	2.43E+06	2.48E+06	2.52E+06	2.56E+06	2.61E+06	2.65E+06	2.69E+06	2.73E+06	2.78E+06	
14E+06	3.20E+06	3.26E+06	3.32E+06	3.39E+06	3.45E+06	3.51E+06	3.57E+06	3.63E+06	3.70E+06	3.76E+06	3.82E+06	3.88E+06	3.95E+06	4.01E+06	4.07E+06	
57E+06	3.64E+06	3.70E+06	3.77E+06	3.84E+06	3.91E+06	3.98E+06	4.05E+06	4.12E+06	4.19E+06	4.27E+06	4.34E+06	4.41E+06	4.48E+06	4.55E+06	4.62E+06	
23E+06	4.31E+06	4.39E+06	4.47E+06	4.56E+06	4.64E+06	4.72E+06	4.80E+06	4.89E+06	4.97E+06	5.06E+06	5.14E+06	5.23E+06	5.31E+06	5.40E+06	5.48E+06	
99E+06	6.10E+06	6.22E+06	6.33E+06	6.45E+06	6.56E+06	6.68E+06	6.80E+06	6.92E+06	7.04E+06	7.16E+06	7.28E+06	7.40E+06	7.52E+06	7.64E+06	7.76E+06	
37E+06	5.98E+06	6.09E+06	6.20E+06	6.32E+06	6.43E+06	6.55E+06	6.66E+06	6.78E+06	6.90E+06	7.01E+06	7.13E+06	7.25E+06	7.37E+06	7.48E+06	7.60E+06	
36E+06	5.97E+06	6.08E+06	6.19E+06	6.30E+06	6.42E+06	6.53E+06	6.65E+06	6.77E+06	6.88E+06	7.00E+06	7.12E+06	7.23E+06	7.35E+06	7.47E+06	7.58E+06	
04E+06	7.17E+06	7.31E+06	7.44E+06	7.58E+06	7.72E+06	7.86E+06	7.99E+06	8.13E+06	8.27E+06	8.41E+06	8.56E+06	8.70E+06	8.84E+06	8.98E+06	9.12E+06	
04E+06	7.17E+06	7.31E+06	7.44E+06	7.58E+06	7.72E+06	7.86E+06	7.99E+06	8.13E+06	8.27E+06	8.41E+06	8.56E+06	8.70E+06	8.84E+06	8.98E+06	9.12E+06	
43E+06	8.59E+06	8.75E+06	8.91E+06	9.08E+06	9.24E+06	9.41E+06	9.57E+06	9.74E+06	9.91E+06	1.01E+07	1.02E+07	1.04E+07	1.06E+07	1.08E+07	1.09E+07	
16E+06	5.26E+06	5.36E+06	5.46E+06	5.56E+06	5.66E+06	5.76E+06	5.86E+06	5.96E+06	6.07E+06	6.17E+06	6.27E+06	6.38E+06	6.48E+06	6.58E+06	6.69E+06	
16E+06	5.26E+06	5.36E+06	5.46E+06	5.56E+06	5.66E+06	5.76E+06	5.86E+06	5.96E+06	6.07E+06	6.17E+06	6.27E+06	6.38E+06	6.48E+06	6.58E+06	6.69E+06	
73E+06	7.87E+06	8.02E+06	8.17E+06	8.32E+06	8.47E+06	8.62E+06	8.77E+06	8.93E+06	9.08E+06	9.23E+06	9.39E+06	9.54E+06	9.70E+06	9.85E+06	1.00E+07	
55E+06	6.78E+06	6.91E+06	7.03E+06	7.16E+06	7.29E+06	7.42E+06	7.55E+06	7.69E+06	7.82E+06	7.95E+06	8.08E+06	8.22E+06	8.35E+06	8.48E+06	8.62E+06	
39E+06	5.49E+06	5.59E+06	5.69E+06	5.80E+06	5.90E+06	6.01E+06	6.12E+06	6.22E+06	6.33E+06	6.44E+06	6.54E+06	6.65E+06	6.76E+06	6.87E+06	6.98E+06	
04E+06	7.18E+06	7.31E+06	7.45E+06	7.58E+06	7.72E+06	7.86E+06	8.00E+06	8.14E+06	8.28E+06	8.42E+06	8.56E+06	8.70E+06	8.84E+06	8.98E+06	9.12E+06	
04E+06	7.18E+06	7.31E+06	7.45E+06	7.58E+06	7.72E+06	7.86E+06	8.00E+06	8.14E+06	8.28E+06	8.42E+06	8.56E+06	8.70E+06	8.84E+06	8.98E+06	9.12E+06	
35E+06	5.96E+06	6.07E+06	6.19E+06	6.30E+06	6.41E+06	6.53E+06	6.64E+06	6.76E+06	6.88E+06	6.99E+06	7.11E+06	7.23E+06	7.35E+06	7.46E+06	7.58E+06	
27E+06	7.41E+06	7.55E+06	7.69E+06	7.83E+06	7.97E+06	8.11E+06	8.26E+06	8.40E+06	8.54E+06	8.69E+06	8.84E+06	8.98E+06	9.13E+06	9.27E+06	9.42E+06	
98E+06	2.02E+06	2.06E+06	2.10E+06	2.14E+06	2.17E+06	2.21E+06	2.25E+06	2.29E+06	2.33E+06	2.37E+06	2.41E+06	2.45E+06	2.49E+06	2.53E+06	2.57E+06	
27E+06	1.29E+06	1.31E+06	1.34E+06	1.36E+06	1.39E+06	1.41E+06	1.44E+06	1.46E+06	1.49E+06	1.51E+06	1.54E+06	1.56E+06	1.59E+06	1.61E+06	1.64E+06	
14E+06	2.18E+06	2.22E+06	2.26E+06	2.30E+06	2.34E+06	2.38E+06	2.42E+06	2.47E+06	2.51E+06	2.55E+06	2.59E+06	2.64E+06	2.68E+06	2.72E+06	2.77E+06	
24E+06	2.28E+06	2.33E+06	2.37E+06	2.41E+06	2.46E+06	2.50E+06	2.54E+06	2.59E+06	2.63E+06	2.68E+06	2.72E+06	2.77E+06	2.81E+06	2.86E+06	2.90E+06	
74E+06	2.79E+06	2.85E+06	2.90E+06	2.95E+06	3.01E+06	3.06E+06	3.11E+06	3.17E+06	3.22E+06	3.28E+06	3.33E+06	3.39E+06	3.44E+06	3.50E+06	3.55E+06	
30E+06	3.37E+06	3.43E+06	3.49E+06	3.56E+06	3.62E+06	3.69E+06	3.75E+06	3.82E+06	3.88E+06	3.95E+06	4.01E+06	4.08E+06	4.15E+06	4.21E+06	4.28E+06	
42E+06	3.48E+06	3.55E+06	3.61E+06	3.68E+06	3.75E+06	3.82E+06	3.88E+06	3.95E+06	4.02E+06	4.09E+06	4.16E+06	4.22E+06	4.29E+06	4.36E+06	4.43E+06	
25E+06	3.31E+06	3.37E+06	3.44E+06	3.50E+06	3.56E+06	3.63E+06	3.69E+06	3.75E+06	3.82E+06	3.88E+06	3.95E+06	4.01E+06	4.08E+06	4.14E+06	4.21E+06	
53E+06	3.60E+06	3.67E+06	3.74E+06	3.81E+06	3.87E+06	3.94E+06	4.01E+06	4.08E+06	4.15E+06	4.22E+06	4.30E+06	4.37E+06	4.44E+06	4.51E+06	4.58E+06	
27E+06	3.34E+06	3.40E+06	3.46E+06	3.53E+06	3.59E+06	3.65E+06	3.72E+06	3.78E+06	3.85E+06	3.91E+06	3.98E+06	4.05E+06	4.11E+06	4.18E+06	4.24E+06	
70E+06	2.76E+06	2.81E+06	2.86E+06	2.91E+06	2.96E+06	3.02E+06	3.07E+06	3.12E+06	3.18E+06	3.23E+06	3.29E+06	3.34E+06	3.39E+06	3.45E+06	3.50E+06	

Número N AASHTO Flexível

2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054
0E+06	2.34E+06	2.38E+06	2.43E+06	2.47E+06	2.52E+06	2.56E+06	2.61E+06	2.65E+06	2.70E+06	2.75E+06	2.79E+06	2.84E+06	2.88E+06	2.93E+06	2.98E+06
0E+06	2.34E+06	2.38E+06	2.43E+06	2.47E+06	2.52E+06	2.56E+06	2.61E+06	2.65E+06	2.70E+06	2.75E+06	2.79E+06	2.84E+06	2.88E+06	2.93E+06	2.98E+06
7E+05	8.83E+05	9.00E+05	9.17E+05	9.34E+05	9.50E+05	9.67E+05	9.85E+05	1.00E+06	1.02E+06	1.04E+06	1.05E+06	1.07E+06	1.09E+06	1.11E+06	1.12E+06
5E+05	5.85E+05	5.96E+05	6.07E+05	6.19E+05	6.30E+05	6.41E+05	6.52E+05	6.64E+05	6.75E+05	6.87E+05	6.98E+05	7.10E+05	7.21E+05	7.33E+05	7.44E+05
9E+05	9.37E+05	9.54E+05	9.72E+05	9.90E+05	1.01E+06	1.03E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.15E+06	1.17E+06	1.19E+06
0E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.16E+06	1.18E+06	1.21E+06	1.23E+06	1.25E+06	1.27E+06	1.29E+06	1.31E+06	1.34E+06	1.36E+06	1.38E+06	1.40E+06	1.42E+06
4E+05	1.00E+06	1.02E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.16E+06	1.18E+06	1.20E+06	1.22E+06	1.24E+06	1.26E+06	1.27E+06
4E+06	2.38E+06	2.43E+06	2.47E+06	2.52E+06	2.56E+06	2.61E+06	2.66E+06	2.70E+06	2.75E+06	2.79E+06	2.84E+06	2.89E+06	2.94E+06	2.98E+06	3.03E+06
3E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.82E+06	1.86E+06	1.89E+06	1.92E+06	1.96E+06	1.99E+06	2.03E+06	2.06E+06	2.10E+06	2.13E+06	2.17E+06	2.20E+06	2.23E+06
3E+06	1.97E+06	2.01E+06	2.05E+06	2.08E+06	2.12E+06	2.16E+06	2.20E+06	2.24E+06	2.27E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.39E+06	2.43E+06	2.47E+06	2.51E+06
6E+06	2.61E+06	2.66E+06	2.71E+06	2.76E+06	2.81E+06	2.86E+06	2.91E+06	2.96E+06	3.01E+06	3.06E+06	3.11E+06	3.17E+06	3.22E+06	3.27E+06	3.32E+06
5E+05	6.06E+05	6.18E+05	6.29E+05	6.41E+05	6.52E+05	6.64E+05	6.76E+05	6.87E+05	6.99E+05	7.11E+05	7.23E+05	7.35E+05	7.47E+05	7.59E+05	7.71E+05
5E+05	6.06E+05	6.18E+05	6.29E+05	6.41E+05	6.52E+05	6.64E+05	6.76E+05	6.87E+05	6.99E+05	7.11E+05	7.23E+05	7.35E+05	7.47E+05	7.59E+05	7.71E+05
5E+05	6.06E+05	6.18E+05	6.29E+05	6.41E+05	6.52E+05	6.64E+05	6.76E+05	6.87E+05	6.99E+05	7.11E+05	7.23E+05	7.35E+05	7.47E+05	7.59E+05	7.71E+05
6E+05	9.43E+05	9.61E+05	9.79E+05	9.97E+05	1.01E+06	1.03E+06	1.05E+06	1.07E+06	1.09E+06	1.11E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.16E+06	1.18E+06	1.20E+06
5E+06	1.07E+06	1.09E+06	1.11E+06	1.13E+06	1.15E+06	1.17E+06	1.19E+06	1.21E+06	1.23E+06	1.26E+06	1.28E+06	1.30E+06	1.32E+06	1.34E+06	1.36E+06
7E+06	1.50E+06	1.52E+06	1.55E+06	1.58E+06	1.61E+06	1.64E+06	1.67E+06	1.70E+06	1.73E+06	1.76E+06	1.78E+06	1.81E+06	1.84E+06	1.87E+06	1.90E+06
7E+06	1.91E+06	1.94E+06	1.98E+06	2.02E+06	2.05E+06	2.09E+06	2.13E+06	2.16E+06	2.20E+06	2.24E+06	2.28E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.39E+06	2.42E+06
1E+06	1.64E+06	1.67E+06	1.70E+06	1.73E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.82E+06	1.85E+06	1.89E+06	1.92E+06	1.95E+06	1.98E+06	2.02E+06	2.05E+06	2.08E+06
8E+06	1.92E+06	1.96E+06	1.99E+06	2.03E+06	2.07E+06	2.10E+06	2.14E+06	2.18E+06	2.22E+06	2.25E+06	2.29E+06	2.33E+06	2.37E+06	2.40E+06	2.44E+06
0E+06	1.73E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.83E+06	1.86E+06	1.89E+06	1.93E+06	1.96E+06	1.99E+06	2.03E+06	2.06E+06	2.10E+06	2.13E+06	2.16E+06	2.20E+06
0E+06	1.73E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.83E+06	1.86E+06	1.89E+06	1.93E+06	1.96E+06	1.99E+06	2.03E+06	2.06E+06	2.10E+06	2.13E+06	2.16E+06	2.20E+06
3E+06	2.37E+06	2.41E+06	2.46E+06	2.50E+06	2.55E+06	2.59E+06	2.64E+06	2.69E+06	2.73E+06	2.78E+06	2.83E+06	2.87E+06	2.92E+06	2.97E+06	3.01E+06
6E+06	1.48E+06	1.51E+06	1.54E+06	1.57E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.65E+06	1.68E+06	1.71E+06	1.74E+06	1.77E+06	1.80E+06	1.83E+06	1.86E+06	1.89E+06
6E+06	1.48E+06	1.51E+06	1.54E+06	1.57E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.65E+06	1.68E+06	1.71E+06	1.74E+06	1.77E+06	1.80E+06	1.83E+06	1.86E+06	1.89E+06
6E+06	2.20E+06	2.24E+06	2.28E+06	2.32E+06	2.37E+06	2.41E+06	2.45E+06	2.49E+06	2.54E+06	2.58E+06	2.62E+06	2.67E+06	2.71E+06	2.75E+06	2.80E+06
8E+06	2.12E+06	2.16E+06	2.20E+06	2.24E+06	2.28E+06	2.32E+06	2.36E+06	2.40E+06	2.44E+06	2.49E+06	2.53E+06	2.57E+06	2.61E+06	2.65E+06	2.69E+06
2E+06	1.55E+06	1.58E+06	1.61E+06	1.64E+06	1.67E+06	1.70E+06	1.73E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.82E+06	1.85E+06	1.88E+06	1.91E+06	1.94E+06	1.97E+06
1E+06	2.25E+06	2.29E+06	2.33E+06	2.38E+06	2.42E+06	2.46E+06	2.51E+06	2.55E+06	2.59E+06	2.64E+06	2.68E+06	2.73E+06	2.77E+06	2.81E+06	2.86E+06
1E+06	2.25E+06	2.29E+06	2.33E+06	2.38E+06	2.42E+06	2.46E+06	2.51E+06	2.55E+06	2.59E+06	2.64E+06	2.68E+06	2.73E+06	2.77E+06	2.81E+06	2.86E+06
3E+06	1.87E+06	1.90E+06	1.94E+06	1.97E+06	2.01E+06	2.05E+06	2.08E+06	2.12E+06	2.15E+06	2.19E+06	2.23E+06	2.26E+06	2.30E+06	2.34E+06	2.37E+06
9E+06	2.23E+06	2.28E+06	2.32E+06	2.36E+06	2.40E+06	2.45E+06	2.49E+06	2.53E+06	2.58E+06	2.62E+06	2.67E+06	2.71E+06	2.75E+06	2.80E+06	2.84E+06
6E+05	5.86E+05	5.97E+05	6.08E+05	6.20E+05	6.31E+05	6.42E+05	6.54E+05	6.65E+05	6.76E+05	6.88E+05	6.99E+05	7.11E+05	7.22E+05	7.34E+05	7.45E+05
7E+05	3.74E+05	3.81E+05	3.88E+05	3.96E+05	4.03E+05	4.10E+05	4.17E+05	4.24E+05	4.32E+05	4.39E+05	4.46E+05	4.54E+05	4.61E+05	4.69E+05	4.76E+05
0E+05	5.80E+05	5.91E+05	6.02E+05	6.13E+05	6.24E+05	6.36E+05	6.47E+05	6.58E+05	6.70E+05	6.81E+05	6.92E+05	7.04E+05	7.15E+05	7.26E+05	7.38E+05
6E+05	7.09E+05	7.23E+05	7.36E+05	7.49E+05	7.63E+05	7.77E+05	7.90E+05	8.04E+05	8.18E+05	8.32E+05	8.46E+05	8.60E+05	8.74E+05	8.88E+05	9.02E+05
5E+05	7.59E+05	7.73E+05	7.88E+05	8.02E+05	8.17E+05	8.31E+05	8.46E+05	8.61E+05	8.76E+05	8.91E+05	9.05E+05	9.20E+05	9.35E+05	9.50E+05	9.65E+05
8E+05	9.15E+05	9.32E+05	9.49E+05	9.67E+05	9.84E+05	1.00E+06	1.02E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.07E+06	1.09E+06	1.11E+06	1.13E+06	1.14E+06	1.16E+06
7E+05	9.44E+05	9.62E+05	9.80E+05	9.98E+05	1.02E+06	1.03E+06	1.05E+06	1.07E+06	1.09E+06	1.11E+06	1.13E+06	1.14E+06	1.16E+06	1.18E+06	1.20E+06
9E+05	9.67E+05	9.85E+05	1.00E+06	1.02E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.12E+06	1.13E+06	1.15E+06	1.17E+06	1.19E+06	1.21E+06	1.23E+06
2E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.16E+06	1.18E+06	1.20E+06	1.22E+06	1.24E+06	1.26E+06	1.28E+06	1.30E+06	1.32E+06
6E+05	9.64E+05	9.82E+05	1.00E+06	1.02E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.07E+06	1.09E+06	1.11E+06	1.13E+06	1.15E+06	1.17E+06	1.19E+06	1.21E+06	1.23E+06
0E+05	7.84E+05	7.99E+05	8.14E+05	8.29E+05	8.44E+05	8.59E+05	8.74E+05	8.89E+05	9.05E+05	9.20E+05	9.35E+05	9.51E+05	9.66E+05	9.82E+05	9.97E+05

Número N AASHTO Rígido

	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054
9E+06	3.66E+06	3.72E+06	3.79E+06	3.86E+06	3.93E+06	4.00E+06	4.07E+06	4.15E+06	4.22E+06	4.29E+06	4.36E+06	4.43E+06	4.50E+06	4.58E+06	4.65E+06	
9E+06	3.66E+06	3.72E+06	3.79E+06	3.86E+06	3.93E+06	4.00E+06	4.07E+06	4.15E+06	4.22E+06	4.29E+06	4.36E+06	4.43E+06	4.50E+06	4.58E+06	4.65E+06	
2E+06	1.34E+06	1.37E+06	1.39E+06	1.42E+06	1.44E+06	1.47E+06	1.50E+06	1.52E+06	1.55E+06	1.58E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.65E+06	1.68E+06	1.71E+06	
3E+05	8.90E+05	9.07E+05	9.23E+05	9.40E+05	9.57E+05	9.74E+05	9.92E+05	1.01E+06	1.03E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.11E+06	1.13E+06	
1E+06	1.43E+06	1.46E+06	1.49E+06	1.52E+06	1.54E+06	1.57E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.65E+06	1.68E+06	1.71E+06	1.74E+06	1.77E+06	1.80E+06	1.82E+06	
4E+06	1.77E+06	1.81E+06	1.84E+06	1.87E+06	1.91E+06	1.94E+06	1.98E+06	2.01E+06	2.05E+06	2.08E+06	2.12E+06	2.15E+06	2.19E+06	2.22E+06	2.25E+06	
4E+06	1.57E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.66E+06	1.69E+06	1.72E+06	1.75E+06	1.78E+06	1.81E+06	1.84E+06	1.87E+06	1.90E+06	1.93E+06	1.96E+06	1.99E+06	
4E+06	3.71E+06	3.78E+06	3.85E+06	3.92E+06	4.00E+06	4.07E+06	4.14E+06	4.21E+06	4.28E+06	4.36E+06	4.43E+06	4.50E+06	4.58E+06	4.65E+06	4.72E+06	
2E+06	2.67E+06	2.72E+06	2.77E+06	2.82E+06	2.87E+06	2.93E+06	2.98E+06	3.03E+06	3.08E+06	3.13E+06	3.19E+06	3.24E+06	3.29E+06	3.34E+06	3.40E+06	
1E+06	3.17E+06	3.23E+06	3.29E+06	3.35E+06	3.41E+06	3.47E+06	3.53E+06	3.60E+06	3.66E+06	3.72E+06	3.78E+06	3.84E+06	3.91E+06	3.97E+06	4.03E+06	
9E+06	3.86E+06	3.93E+06	4.00E+06	4.08E+06	4.15E+06	4.22E+06	4.30E+06	4.37E+06	4.45E+06	4.53E+06	4.60E+06	4.68E+06	4.75E+06	4.83E+06	4.90E+06	
4E+05	9.22E+05	9.39E+05	9.56E+05	9.74E+05	9.91E+05	1.01E+06	1.03E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.15E+06	1.17E+06	
4E+05	9.22E+05	9.39E+05	9.56E+05	9.74E+05	9.91E+05	1.01E+06	1.03E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.15E+06	1.17E+06	
4E+05	9.22E+05	9.39E+05	9.56E+05	9.74E+05	9.91E+05	1.01E+06	1.03E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.15E+06	1.17E+06	
9E+06	1.41E+06	1.44E+06	1.47E+06	1.49E+06	1.52E+06	1.55E+06	1.57E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.66E+06	1.69E+06	1.71E+06	1.74E+06	1.77E+06	1.80E+06	
7E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.66E+06	1.69E+06	1.73E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.82E+06	1.85E+06	1.88E+06	1.91E+06	1.94E+06	1.98E+06	2.01E+06	2.04E+06	
0E+06	2.04E+06	2.08E+06	2.12E+06	2.16E+06	2.20E+06	2.24E+06	2.27E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.39E+06	2.43E+06	2.47E+06	2.51E+06	2.55E+06	2.59E+06	
3E+06	2.78E+06	2.84E+06	2.89E+06	2.94E+06	2.99E+06	3.05E+06	3.10E+06	3.16E+06	3.21E+06	3.26E+06	3.32E+06	3.37E+06	3.43E+06	3.48E+06	3.54E+06	
7E+06	2.52E+06	2.56E+06	2.61E+06	2.66E+06	2.71E+06	2.76E+06	2.81E+06	2.85E+06	2.90E+06	2.95E+06	3.00E+06	3.05E+06	3.10E+06	3.15E+06	3.20E+06	
6E+06	2.71E+06	2.76E+06	2.81E+06	2.86E+06	2.91E+06	2.97E+06	3.02E+06	3.07E+06	3.12E+06	3.18E+06	3.23E+06	3.28E+06	3.34E+06	3.39E+06	3.44E+06	
4E+06	2.80E+06	2.85E+06	2.90E+06	2.95E+06	3.01E+06	3.06E+06	3.12E+06	3.17E+06	3.22E+06	3.28E+06	3.33E+06	3.39E+06	3.44E+06	3.50E+06	3.55E+06	
4E+06	2.80E+06	2.85E+06	2.90E+06	2.95E+06	3.01E+06	3.06E+06	3.12E+06	3.17E+06	3.22E+06	3.28E+06	3.33E+06	3.39E+06	3.44E+06	3.50E+06	3.55E+06	
0E+06	3.56E+06	3.63E+06	3.70E+06	3.76E+06	3.83E+06	3.90E+06	3.97E+06	4.04E+06	4.11E+06	4.18E+06	4.25E+06	4.32E+06	4.39E+06	4.46E+06	4.53E+06	
9E+06	2.23E+06	2.27E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.40E+06	2.44E+06	2.48E+06	2.53E+06	2.57E+06	2.61E+06	2.66E+06	2.70E+06	2.74E+06	2.79E+06	2.83E+06	
9E+06	2.23E+06	2.27E+06	2.31E+06	2.35E+06	2.40E+06	2.44E+06	2.48E+06	2.53E+06	2.57E+06	2.61E+06	2.66E+06	2.70E+06	2.74E+06	2.79E+06	2.83E+06	
2E+06	3.28E+06	3.34E+06	3.41E+06	3.47E+06	3.53E+06	3.59E+06	3.66E+06	3.72E+06	3.79E+06	3.85E+06	3.91E+06	3.98E+06	4.04E+06	4.11E+06	4.17E+06	
9E+06	3.05E+06	3.10E+06	3.16E+06	3.22E+06	3.28E+06	3.33E+06	3.39E+06	3.45E+06	3.51E+06	3.57E+06	3.63E+06	3.69E+06	3.75E+06	3.81E+06	3.87E+06	
8E+06	2.32E+06	2.37E+06	2.41E+06	2.46E+06	2.50E+06	2.54E+06	2.59E+06	2.63E+06	2.68E+06	2.73E+06	2.77E+06	2.82E+06	2.86E+06	2.91E+06	2.95E+06	
2E+06	3.29E+06	3.35E+06	3.41E+06	3.47E+06	3.53E+06	3.60E+06	3.66E+06	3.73E+06	3.79E+06	3.85E+06	3.92E+06	3.98E+06	4.05E+06	4.11E+06	4.18E+06	
2E+06	3.29E+06	3.35E+06	3.41E+06	3.47E+06	3.53E+06	3.60E+06	3.66E+06	3.73E+06	3.79E+06	3.85E+06	3.92E+06	3.98E+06	4.05E+06	4.11E+06	4.18E+06	
8E+06	2.73E+06	2.78E+06	2.83E+06	2.88E+06	2.94E+06	2.99E+06	3.04E+06	3.10E+06	3.15E+06	3.20E+06	3.26E+06	3.31E+06	3.36E+06	3.42E+06	3.47E+06	
7E+06	3.34E+06	3.40E+06	3.46E+06	3.52E+06	3.59E+06	3.65E+06	3.72E+06	3.78E+06	3.85E+06	3.91E+06	3.98E+06	4.04E+06	4.11E+06	4.17E+06	4.24E+06	
0E+05	8.87E+05	9.03E+05	9.20E+05	9.37E+05	9.54E+05	9.71E+05	9.88E+05	1.01E+06	1.02E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.07E+06	1.09E+06	1.11E+06	1.13E+06	
6E+05	5.66E+05	5.77E+05	5.87E+05	5.98E+05	6.09E+05	6.20E+05	6.31E+05	6.42E+05	6.53E+05	6.64E+05	6.75E+05	6.86E+05	6.97E+05	7.08E+05	7.19E+05	
0E+05	9.28E+05	9.45E+05	9.63E+05	9.80E+05	9.98E+05	1.02E+06	1.03E+06	1.05E+06	1.07E+06	1.09E+06	1.11E+06	1.12E+06	1.14E+06	1.16E+06	1.18E+06	
2E+06	1.04E+06	1.06E+06	1.08E+06	1.10E+06	1.11E+06	1.13E+06	1.16E+06	1.18E+06	1.20E+06	1.22E+06	1.24E+06	1.26E+06	1.28E+06	1.30E+06	1.32E+06	
6E+06	1.19E+06	1.21E+06	1.23E+06	1.25E+06	1.28E+06	1.30E+06	1.32E+06	1.35E+06	1.37E+06	1.39E+06	1.42E+06	1.44E+06	1.46E+06	1.49E+06	1.51E+06	
0E+06	1.43E+06	1.46E+06	1.48E+06	1.51E+06	1.54E+06	1.57E+06	1.59E+06	1.62E+06	1.65E+06	1.68E+06	1.71E+06	1.73E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.82E+06	
4E+06	1.47E+06	1.49E+06	1.52E+06	1.55E+06	1.58E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.66E+06	1.69E+06	1.72E+06	1.75E+06	1.78E+06	1.81E+06	1.83E+06	1.86E+06	
3E+06	1.45E+06	1.48E+06	1.51E+06	1.54E+06	1.57E+06	1.59E+06	1.62E+06	1.65E+06	1.68E+06	1.71E+06	1.74E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.82E+06	1.85E+06	
4E+06	1.57E+06	1.60E+06	1.63E+06	1.66E+06	1.69E+06	1.72E+06	1.75E+06	1.78E+06	1.81E+06	1.84E+06	1.87E+06	1.90E+06	1.94E+06	1.97E+06	2.00E+06	
2E+06	1.45E+06	1.48E+06	1.51E+06	1.53E+06	1.56E+06	1.59E+06	1.62E+06	1.64E+06	1.67E+06	1.70E+06	1.73E+06	1.76E+06	1.79E+06	1.82E+06	1.84E+06	
7E+06	1.20E+06	1.22E+06	1.24E+06	1.26E+06	1.29E+06	1.31E+06	1.33E+06	1.36E+06	1.38E+06	1.40E+06	1.43E+06	1.45E+06	1.47E+06	1.50E+06	1.52E+06	

Ônibus			Caminhão																			Total		
C	3C	4C	2C(16)	2C(22)	3C	4C	2S2	2S3	2I3	2J3	3S2	3S3	4S3	3I3	3J3	3T4	3T6	2C2	2C3	3C2	3C3		3D4	3D6
9	2	1	51	8	47	18	0	11	0	4	7	135	60	20	3	114	8	0	0	1	3	2	309	1.866
8	5	0	51	30	128	15	19	3	0	0	10	97	27	22	1	5	10	0	0	2	3	25	108	1.499
0	2	0	63	23	144	26	15	4	0	1	42	119	50	25	2	1	8	0	0	8	2	51	107	1.736
4	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	39
6	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	41
0	3	0	25	7	32	1	2	0	0	0	2	19	5	2	1	0	0	0	0	1	0	4	7	919
7	1	0	24	6	25	9	4	2	0	0	5	25	9	4	0	0	1	0	0	0	0	14	25	1.134
6	1	0	19	9	28	1	0	0	0	0	5	8	1	1	0	9	7	0	1	0	0	0	11	535
6	0	0	13	3	24	3	0	1	0	0	2	13	5	4	0	14	29	1	0	0	0	0	8	602
3	23	6	64	26	87	52	23	30	3	4	19	224	103	44	1	3	1	0	0	1	10	93	165	2.612
6	24	7	75	30	107	35	22	28	2	5	9	186	89	70	3	5	5	0	0	0	5	89	172	2.875
5	28	8	115	21	158	59	5	27	2	0	28	272	108	45	4	104	75	0	0	5	1	1	130	5.250
5	20	11	81	12	136	25	7	17	1	2	17	224	69	61	1	99	75	0	0	3	0	0	100	2.590
8	10	2	26	14	114	19	2	27	1	0	18	215	76	46	2	85	95	0	0	1	1	0	78	1.264
2	10	5	48	5	118	20	4	31	0	0	18	203	68	51	3	84	67	0	0	1	0	0	60	1.251
0	14	3	43	31	124	21	21	19	0	1	28	194	72	50	1	1	2	0	0	2	4	72	127	1.460
6	15	5	49	32	104	25	23	22	1	3	14	174	85	61	5	2	5	0	0	2	3	96	159	1.517
6	18	5	57	12	108	32	4	35	4	2	21	263	129	55	2	159	239	0	0	1	2	1	183	1.953
6	18	5	57	12	109	33	7	36	4	2	21	264	130	58	2	159	239	0	0	1	2	1	183	1.964
7	16	2	44	27	135	27	2	32	3	0	31	378	82	57	5	159	124	0	0	2	1	2	239	2.274
8	21	5	52	30	119	24	4	30	2	1	18	301	103	52	0	139	136	0	0	1	1	0	305	2.192
5	19	6	17	88	105	40	10	27	1	0	10	236	72	65	2	161	93	2	0	0	1	0	151	2.472
4	22	9	10	64	105	36	9	29	1	0	24	221	77	47	8	149	94	0	0	1	2	1	175	2.143
3	13	2	51	40	120	9	4	2	2	0	19	288	72	36	10	82	109	5	1	1	1	33	172	2.642
6	10	2	32	33	120	17	5	19	2	0	18	261	75	43	7	127	86	0	0	1	3	15	173	2.376

6. Anexo I – Metodologia para cálculo do DUF

O desconto mínimo a considerar é de 1% (um por cento) em relação aos valores cobrados no sistema operacional de cobrança manual, sendo possível maiores valores de desconto de acordo com a frequência que o usuário passa pela mesma praça de pedágio.

Para um determinado pórtico de pedágio, em um dado ano da concessão, tem-se que:

$$TCP_k = TCP_{k,S} + TCP_{k,D} \quad (1)$$

$$D_{k,ref} = ExtRef_{k,S} + ExtRef_{k,D} \quad (2a)$$

$$ExtRef_{k,S} = \frac{TCP_{k,S}}{TCP_k} * D_{k,ref} \quad (2b)$$

$$ExtRef_{k,D} = \frac{TCP_{k,D}}{TCP_k} * D_{k,ref} \quad (2c)$$

em que:

TCP_k: Trecho de cobertura do pórtico *k* (km);

TCP_{k,S}: Parcela em pista simples do trecho de cobertura do pórtico *k* (km);

TCP_{k,D}: Parcela em pista dupla do trecho de cobertura do pórtico *k* (km);

D_{k,ref}: Distância referencial do DUF para o pórtico *k* (km);

ExtRef_{k,S}: Parcela em pista simples da extensão referencial do DUF para o pórtico *k* (km);

ExtRef_{k,D}: Parcela em pista dupla da extensão referencial do DUF para o pórtico *k* (km).

Os trechos de cobertura podem ser específicos para cada pórtico de pedágio e as parcelas em pista simples e dupla podem variar no decorrer do período de concessão. A extensão referencial é específica para cada pórtico de pedágio. Ainda que a tarifa de cada pórtico possa variar no horizonte da concessão em função do cronograma de obras e de reclassificações tarifárias, o desconto-meta do DUF é calculado em função da razão entre a distância referencial e o TCP do pórtico *k* em análise:

$$\%DUF_k = \frac{D_{k,ref}}{TCP_k} \quad (3)$$

$$T_{DUF,k} = T_k * \%DUF_k \quad (4)$$

em que:

$\%DUF_k$: Desconto de referência do pórtico k (%);

$T_{DUF,k}$: Tarifa referencial para o DUF, no pórtico k (R\$);

T_k : Tarifa básica do pórtico k (R\$).

A seguir, a expressão (6) representa o cálculo da tarifa a ser cobrada de um usuário frequente na v -ésima viagem passando pelo pórtico no mesmo sentido de fluxo e no mesmo mês-calendário.

$$T_1 = T \times (1 - 5\%) \quad (5)$$

$$T_v = T_{v-1} \times (1 - PDU) \quad (6a)$$

$$T_v = T_1 \times (1 - PDU)^{v-1} \quad (6b)$$

$$T_v = T \times (1 - 5\%) \times (1 - PDU)^{v-1} \quad (6)$$

$$0 < PDU < 1 \quad (7)$$

em que:

T_1 : Tarifa da primeira viagem-sentido, considerando o desconto do DBT (R\$);

T_v : Tarifa da v -ésima viagem-sentido no mês (R\$);

PDU: Percentual de desconto unitário constante (adimensional).

Conforme indicado pelas condições (8) e (9), a partir da 2^o viagem-sentido no mês, o desconto por frequência será progressivo até a 30^o viagem-sentido no mês, ocasião em que será atingida a mínima tarifa possível, calculada de acordo com a expressão (10). A partir da 31^o viagem-sentido no mês, a tarifa mínima será cobrada em todas as viagens adicionais do usuário até o final do respectivo mês-calendário, conforme as expressões abaixo.

$$T_{\min} \leq T_v \leq T_1 \text{ para } 1 \leq v \leq 30 \quad (8)$$

$$T_v = T_{\min} \text{ para } v > 30 \quad (9)$$

$$T_{mín} = T_{30} \quad (10a)$$

$$T_{mín} = T_1 \times (1 - PDU)^{29} \quad (10b)$$

$$T_{mín} = T \times (1 - 5\%) \times (1 - PDU)^{29} \quad (10)$$

$$T_{mín} > 0 \quad (11)$$

em que:

$T_{mín}$: Tarifa mínima (R\$);

T_{30} : Tarifa da 30ª viagem-sentido no mês (R\$).

O percentual de desconto unitário (PDU) deverá ser calculado de acordo com a expressão (12), respeitando as condições acima apresentadas. O cálculo segue o critério de que a tarifa referencial do DUF seja equivalente à tarifa média do gasto mensal do usuário que realizar 30 viagens passando pelo pórtico no mesmo sentido dentro do respectivo mês-calendário. O PDU será o mesmo independentemente da quantidade mensal de viagens realizadas, mas será diferente para cada pórtico, mantendo-se igual durante todo o período de concessão.

$$PDU = K - \left[\beta \times \ln \left(\frac{30}{1 - 5\%} \times \frac{T_{DUF}}{T} \right) \right] \quad (12)$$

Na expressão (12), “ln” refere-se à função “logaritmo natural” e os parâmetros β e K correspondem a constantes pré-calculadas para diversos intervalos de variação da razão entre T_{DUF} e T (isto é, T_{DUF}/T).

Como o desconto na tarifa depende do número de vezes que o usuário passa no mesmo pórtico e sentido, são calculadas as tarifas da 1ª à 30ª passagem e, em seguida, a tarifa média entre elas. O valor médio obtido é, então, a premissa utilizada no cálculo do impacto do DUF na receita tarifária da concessão.