

Relatório 6 - Calibração do Modelo da Rede de Referência

Maio de 2016

Agentes



GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE
JANEIRO



HALCROW / CH2M HILL DO BRASIL
ENGENHARIA LTDA.



COMPANHIA ESTADUAL DE
ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
LOGÍSTICA



SINERGIA ESTUDOS E PROJETOS LTDA.



BANCO INTERNACIONAL PARA
RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO



SETEPLA TECNOMETAL ENGENHARIA
S.A.

Realizadores

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador	Luiz Fernando de Souza
Vice Governador	Francisco Oswaldo Neves Dornelles
Secretários de Estado de Transportes	Rodrigo Goulart de Oliveira Vieira
Subsecretário de Transportes	Oswaldo de Andrade Dreux Delmo Manoel Pinho

CENTRAL – COMPANHIA ESTADUAL DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

Diretor Presidente	Rogério Azambuja
Diretor de Administração e Finanças	Jairo Leite Favário
Diretor de Engenharia e Operações	Ramiro Ramos do Nascimento
Gestão/Administração	Salatiel do Nascimento Albuquerque
Comissão de Fiscalização e Coordenação Técnica	Newton Leão Duarte (Coordenador) Heraldo Magioli Mendes Cátia Maria Cavalcanti Pereira
Grupo de Trabalho de Acompanhamento da Atualização do PDTU	Heraldo Magioli Mendes José Dias David Marcelo Prado Sucena Newton Leão Duarte (Coordenador) Ronaldo Abreu Sertã Sidney Suzano de França Miranda Filho
Consultores Especialistas	Charles Edouard de Lima e Silva Marot Fernando Luiz Cumplido Mac Dowell da Costa José Eugênio Leal

Equipe Técnica - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gestão do Contrato

Guilherme Bastos Borba Costa
Alan Jones Tavares
Augusto Sérgio Pinto Guimarães
Fabrício Fiorito de Campos Ferreira (adjunto)
Thadeu André Mello (assistente)

Coordenação Técnica

Willian Alberto de Aquino Pereira
Livia Fernandes Pereira Tortoriello (adjunta)

HALCROW / CH2M HILL DO BRASIL ENGENHARIA LTDA.

Coordenação

Guilherme Bastos Borba Costa
Alan Jones Cardoso Tavares

Desenvolvimento

Alice Amorim Belém
Camila Diniz Xavier
Chris Bushell
Diego Roisinblit
Erika Toledo de Oliveira Pires
Eugenia Keller
Fabrício Fiorito de Campos Ferreira
John Gregory
Jose Forero-Martinez
Jose Pablo Belenky
Luciana Azevedo Martins
Mark Jeffcott
Remi Jeanneret
Renato Barandier
Richard Frost
Sheng Peng

SINERGIA ESTUDOS E PROJETOS LTDA.

Coordenação

Nino Bott de Aquino
Wallace Fernandes Pereira (adjunto)

Desenvolvimento

Aldo Eliades Fernandez Perez
Bianca Fernandes da Costa Anselmo
Daniele Moura Guimarães de Weck
Eduardo Andrade
Livia Fernandes Pereira Tortoriello

Nara Mothé Antônio Maia
Nino Bott de Aquino
Rogério Selva Pinheiro
Ronaldo Caetano Gonçalves
Wallace Fernandes Pereira
Willian Alberto de Aquino Pereira

Pesquisa

Alberto Strozenberg
Claudio Murta
Francisco Fresard
José Renato Cotta Maia
Luis Eduardo Madeiro Guedes
Marcelo Nascimento
Nara Mothé Antônio Maia
Nino Bott de Aquino
Paula Iglesias
Priscila Graça Soares
Rodrigo Dellacqua Goytacaz
Rodrigo Mata Tortoriello
Ronaldo Caetano Gonçalves
Rosenberg Fernandes
Victor Mansur Ghetti
Wallace Fernandes Pereira
Wolfram Lange

SETEPLA TECNOMETAL ENGENHARIA S.A.

Coordenação

Cesar Pietsch Rodrigues

Desenvolvimento

Felipe General
Gustavo Junji Takubo
Kazuo Kamazaki
Livia Ferreira de Lima
Mario Sergio Lobo Pimentel
Patrícia Yamaguti
Ricardo Shimazaki
Sydney Altivo de Almeida Cunha

Histórico do Documento

Relatório 6 – Calibração do Modelo da Rede de Referência

Atualização do Plano Diretor de Transporte Metropolitano do Rio de Janeiro

Esse documento foi produzido e alterado conforme o quadro abaixo:

Versão	Data	Descrição	Criado por	Verificado por	Aprovado por
1.0	2/6/13	Proposta Preliminar	M. Jeffcott		
2.0	26/7/13	Revisão de Tabelas de Calibração/Validação	M. Jeffcott	J. Forero-Martinez	A. Tavares
2.1	13/9/13	Revisão com Versões Finais	M. Jeffcott	J. Forero-Martinez	A. Tavares
2.2	31/10/13	Com calibrações revisadas conforme reunião com o WB	M. Jeffcott	C. Xavier	A. Tavares
2.2.1	8/11/13	Ajustes pequenos nas tabelas e erros de digitação	M. Jeffcott	C. Xavier	A. Tavares
2.3	29/11/13	Revisão com Versões Finais	M. Jeffcott	C. Xavier	A. Tavares
2.4	31/01/14	Revisão com Versões Finais	M. Jeffcott	C. Xavier	A. Tavares
3.0	04/08/14	Revisão Considerando Integração de Tarifa	M. Jeffcott	J. Forero-Martinez	A. Tavares
3.1	13/08/14	Relatório 6 – Calibração do Modelo da Rede Atual - Revisado	M. Jeffcott	J. Forero-Martinez	A. Tavares
4.0	12/02/15	Revisão Geral Após Ajuste do Modelo, com nova redação, capítulos e apêndices	C. Xavier J. Forero-Martinez M. Jeffcott S. Peng	G.Costa	W. Aquino
4.1	13/08/15	Revisão considerando comentários da Comissão de Fiscalização, Consultores Especiais e Banco Mundial	C. Xavier J. Forero-Martinez M. Jeffcott F. Fiorito	G.Costa A. Belem L. Martins	W. Aquino
Final	06/05/2016	Emissão Final	F. Fiorito	G.Costa	W. Aquino

NOTA: FAVOR OBSERVAR QUE O MODELO DO PDTU FOI ELABORADO UTILIZANDO O SEPARADOR DECIMAL DO TIPO PONTO DECIMAL '.', POR ESSE MOTIVO, NA CODIFICAÇÃO MACRO DO EXCEL OS USUÁRIOS TERÃO QUE FORMATAR SUAS MÁQUINAS, POIS NO BRASIL O SEPARADOR DECIMAL COMUMENTE USADO É O VÍRGULA DECIMAL ','.

Sumário

1	APRESENTAÇÃO	1
1.1	Referência à Versão 4.1	1
1.2	Visão Geral	1
2	INTRODUÇÃO	5
2.1	Contextualização	5
2.2	Calibração do Modelo da Rede de Referência - Relatório 6	6
2.3	Plataforma do Software Emme	6
2.4	Atualização do Modelo do PDTU	8
2.5	Aprimoramento do Modelo do PDTU	9
2.6	Caracterização do Modelo do PDTU	10
3	UTILIZAÇÃO DO MODELO DO PDTU	13
3.1	Interface Gráfica do Usuário com Base em Excel (GUI)	13
3.2	Tipo de Execução no Modelo do PDTU	16
4	VISÃO GLOBAL DO MODELO DO PDTU	17
4.1	Desenvolvimento do Modelo	17
4.2	Calibração do Modelo	18
4.3	PDTU como uma Ferramenta de Planejamento Estratégico	19
4.4	Modelo de Quatro Etapas	19
4.5	Definição dos Dados do Modelo do PDTU	23
4.6	Abrangência Geográfica	24
4.7	Rede do Modelo do PDTU	24
4.8	Características Físicas e Operacionais das Redes Simuladas	28
4.8.1	Rede Metroviária	29
4.8.2	Rede Ferroviária	32
4.8.3	Rede Rodoviária	35
4.8.4	Rede hidroviária	37
4.9	Viagens Externas	38
4.10	Caminhões	38
4.11	Período de Modelagem	38
4.12	Alocação de Tráfego no Software Emme	39
4.13	Disponibilidade de Automóveis	39
4.14	Motivo de Viagem	40
4.15	Limitações do Modelo do PDTU	41
5	GERAÇÃO DE VIAGENS	43
5.1	Introdução	43
5.2	Geração de Viagens no Modelo do PDTU	43

5.3	Produção/Atração de Viagem	45
5.3.1	Taxas de Produção de Viagens	45
5.3.2	Taxas de Atração de Viagens	46
5.4	Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim (Galeão)	49
5.5	Viagens Originadas nas Zonas Externas	49
6	DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS E ESCOLHA MODAL	51
6.1	Introdução	51
6.2	Valor do Tempo - VOT	52
6.3	Cálculo dos Custos Generalizados do Transporte Individual	53
6.4	Cálculo dos Custos Generalizados do Transporte Coletivo	54
6.5	Tarifas do Transporte Coletivo	56
6.6	Escolha Modal	56
6.7	Distribuição de Viagens	60
7	CONVERSÃO DE P/A PARA O/D E MATRIZES DELTA	63
7.1	Período de Fatoração de 24 Horas	63
7.2	Conversão de P/A para O/D	63
7.3	Fatores de Ocupação	64
7.4	Criação das Matrizes de Alocação	65
8	INTEGRAÇÃO TARIFÁRIA	67
8.1	Introdução	67
8.2	Solução Rede de 'Torres'	67
8.3	Passos para a Adição da Integração da Tarifa	68
8.4	Casos de Transbordo (Integrações)	71
9	ALOCAÇÃO DO TRANSPORTE INDIVIDUAL	85
9.1	Introdução	85
9.2	Velocidade e Tempos de Percurso nos <i>Links</i>	86
9.3	Processo para Alocação	87
10	ALOCAÇÃO DO TRANSPORTE COLETIVO	91
10.1	Introdução	91
10.2	Processo de Alocação	92
11	CALIBRAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA	95
11.1	Processo de Calibração	95
11.2	Criação das Matrizes Delta	96
11.3	Estágios Pré e Pós da Matriz Estimada	104
11.4	Matrizes Município a Município	105
11.5	Calibração dos Fluxos de Transporte Individual	106

11.6	Validação dos Fluxos de Transporte Coletivo	117
11.7	Modificações no Modelo	133
12	VALIDAÇÃO DO MODELO DO PDTU	143
12.1	Introdução	143
12.2	Variações nas Distribuições de Custos das Viagens com Matriz Estimada	143
12.3	Validação do Tempo de Viagem	144
Anexo A – Processo de Sintetização das Matrizes Parciais (Dados da Pesquisa)		147
Anexo B – Codificação do Protocolo da rede Emme		157
Anexo C – Município a Município: Matriz de Transporte Individual		161
Anexo D – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo		169
Anexo E – Sintética x Alocação de Custos de Viagem Transporte Individual		177
Anexo F – Sintética x Alocação do Custo de Viagem Transporte Coletivo		183
Anexo G – Validação do Tempo de Viagem		191
Anexo H – Validação da Contagem de Caminhões		201
Anexo I – Atributos dos Usuários, Matrizes e Arquivos Externos do Emme		205
Anexo J – Gráficos de Carregamento dos Modais		211
Anexo K – Fatores P/A-O/D		235
Anexo L – Validação de Macros		243
Anexo M – VOT – Valor do Tempo		249
Anexo N – Banco de Dados - Índice		255

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.1 – Representação Esquemática do Excel GUI e Interação com o Emme	14
Figura 3.1.2 – Aparência da interface gráfica desenvolvida para os usuários do Modelo do PDTU	14
Figura 4.4.1 – Modelo de Quatro Etapas do PDTU	22
Figura 4.7.1 – Detalhe da Rede PDTU Emme	25
Figura 4.8.1 – Rede 2012	29
Figura 4.8.1.1 – Metrô Linha 1 em 2012	30
Figura 4.8.1.2 - Metrô Linha 2 em 2012	31
Figura 4.8.1.3 – Integrações da Rede Metroviária em 2012	32
Figura 4.8.2.1 - Rede Ferroviária em 2012	34
Figura 4.8.2.2 – Integrações da Rede Ferroviária em 2012	34
Figura 4.8.3.1 – BRT TransOeste em 2012	36
Figura 4.8.3.2 – Integrações do BRT TransOeste em 2012	36
Figura 4.8.4.1 – Rede Hidroviária em 2012	37
Figura 6.6.1 – Escolha modal	57
Figura 7.2.1 – Modelo de Estrutura de Matriz P/A-O/D	64
Figura 8.4.1 - Estação de Transporte com Distância Superior a 800 Metros do Centróide	72
Figura 8.4.2 – Integração Tarifária: Ônibus - Metrô	73
Figura 8.4.3 – Integração Tarifária: Ônibus – Metrô (como inserido no Modelo do PDTU)	74
Figura 8.4.4 – Integrações Tarifárias: Ônibus com Trem	75
Figura 8.4.5 – Integrações Tarifárias: Ônibus com Trem	76
Figura 8.4.6 – Integração Tarifária: Ônibus com BRT	77
Figura 8.4.7 - Integração Tarifária: Ônibus com Barca	78
Figura 8.4.8 - Integração Tarifária: BRT – Metrô	79
Figura 8.4.9 – Integração Tarifária: Metrô – Barca	80
Figura 8.4.10 – Casos Especiais - Integração Tarifária: Ônibus/Trem/Metrô	81
Figura 8.4.11 – Casos Especiais - Integração Tarifária: Ônibus/Trem/Metrô	82
Figura 8.4.12 - Links de integração de ônibus com as estações de metrô	82
Figura 8.4.13 - Integrações na estação São Cristóvão e seu entorno	83
Figura 9.3.1 – Alocação do Transporte Individual no Período da Manhã	89
Figura 9.3.2 – Alocação de Transporte Individual no Centro do Rio no Período da Manhã	89
Figura 11.2.1 – Criação da Matriz Delta durante a Calibração do Modelo	98
Figura 11.4.1 – Sistema de Zonas município a município	105
Figura 11.5.1 – Principais Screenlines	106

Figura 11.5.2 – Modelo do PDTU: Locais de Contagem	107
Figura 11.7.1 – Ilustração da Solução para a Modelagem	134
Figura 11.7.2 – Ilustração da Capacidade do Link de Transporte Individual após a Redução	135
Figura 11.7.3 - Exemplo da revisão da conexão do centróide para zonas individuais	136
Figura 11.7.4 Ilustração das Modificações na Conexão dos Centróides	137
Figura 11.7.5 Ilustrações da Razão entre a Linha Reta dos Centróide e as Distâncias Modeladas	138
Figura 11.7.6 Ilustração das Modificações na Integração Multimodal do Transporte Coletivo	139
Figura 11.7.7 Ilustração da nova opção do SLA na GUI 3.14.11	141
Figura 12.3.1 – Tempo de Viagem: Rotas	145
Figura J1 – Carregamento do Metrô: Linha 1 – Pico da manhã	213
Figura J2 – Perfil do Metrô: Linha 1 – Pico da manhã	214
Figura J3 – Carregamento do Metrô: Linha 2 – Pico da manhã	215
Figura J4 – Perfil do Metrô: Linha 2 – Pico da manhã	216
Figura J5 – Carregamento do Trem: Belford Roxo x Central – Pico da manhã	218
Figura J6 – Perfil do Trem: Belford Roxo x Central – Pico da manhã	219
Figura J7 – Carregamento do Trem: Deodoro x Central – Pico da manhã	220
Figura J8 – Perfil do Trem: Deodoro x Central – Pico da manhã	221
Figura J9 – Carregamento do Trem: Gramacho x Central – Pico da manhã	222
Figura J10 – Perfil do Trem: Gramacho x Central – Pico da manhã	223
Figura J11 – Carregamento do Trem: Japeri x Central – Pico da manhã	224
Figura J12 – Perfil do Trem: Japeri x Central – Pico da manhã	225
Figura J13 – Carregamento do Trem: Saracuruna x Central – Pico da manhã	226
Figura J14 – Perfil do Trem: Saracuruna x Central – Pico da manhã	227
Figura J15 – Carregamento do Trem: Santa Cruz x Central – Pico da manhã	228
Figura J16 – Perfil do Trem: Santa Cruz x Central – Pico da manhã	229
Figura J17 – Carregamento das Barcas: Sistema – Pico da manhã	231
Figura J18 – Carregamento do BRT TransOeste – Pico da manhã	233
Figura K1 – Mapa do Sistema de Zoneamento do PDTU	237
Figura K1 – Fatores P/A — O/D – Transporte Individual – Pico da Manhã	239
Figura K2 – Fatores P/A – O/D – Transporte Individual – Pico da Tarde	240
Figura K3 – Fatores P/A – O/D – Transporte Coletivo – Pico da Manhã	241
Figura K4 – Fatores P/A — O/D – Transporte Coletivo – Pico da Tarde	242

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.3.1 – Perfil das viagens diárias totais na RMRJ	7
Tabela 2.3.2 – Perfil das viagens não motorizadas na RMRJ	7
Tabela 2.3.3 – Perfil das viagens motorizadas na RMRJ	7
Tabela 2.3.4 – Perfil das viagens em transporte coletivo na RMRJ	7
Tabela 2.3.5 – Perfil das viagens em transporte individual na RMRJ	8
Tabela 4.5.1 – Pesquisas de Origem e Destino	24
Tabela 4.7.1 – Links das Redes e Nós	25
Tabela 4.7.2 – Tipos de Link	26
Tabela 4.7.3 – Tipos de Veículo	27
Tabela 4.7.4 – Intervalos de Nós e Tipo de Veículo por Modal	27
Tabela 4.7.5 – Capacidades e Tipos de Veículos	27
Tabela 4.8.1.1 – Dados Operacionais Metrô Linha 1 em 2012	30
Tabela 4.8.1.2 – Dados Operacionais Metrô Linha 2 em 2012	31
Tabela 4.8.2.1 – Dados Operacionais da Rede Ferroviária em 2012	33
Tabela 4.8.3.1 – Dados Operacionais BRT TransOeste em 2012	35
Tabela 4.8.4.1 – Dados Operacionais da Rede Hidroviária em 2012	37
Tabela 4.14.1 – Motivo da Viagem	40
Tabela 4.14.2 – Motivos de Viagem: Transporte Individual	41
Tabela 4.14.3 – Motivos de Viagem: Transporte Coletivo	41
Tabela 4.14.4 – Motivos de Viagem: Modais Lentos	41
Tabela 5.2.1 – Zonas de Tráfego e Domicílios por Município	43
Tabela 5.3.1.1 – Produção de Viagens por família, disponibilidade ou não de automóvel	46
Tabela 5.3.2.1 – Zonas de Tráfego e Postos de Trabalho por Município	47
Tabela 5.3.2.2 – Zonas de Tráfego e Matrículas Ativas por Município	48
Tabela 5.3.2.1 – Atração de Viagens	49
Tabela 6.2.1 - Valores do Tempo 2012 – R\$/hora	53
Tabela 6.4.1 – Penalidades e Fatores de Espera por Modal	56
Tabela 6.6.1 – Parâmetros de Escolha Modal (Indisponibilidade de Automóvel)	59
Tabela 6.6.2 – Parâmetros de Escolha Modal (Disponibilidade de Automóveis)	59
Tabela 6.6.3 – Parâmetros de Escolha de Destinos	59
Tabela 6.6.4 – Resultados das Pesquisas realizadas em domicílio para definição do Parâmetro de Destino	60
Tabela 6.7.1 – Tipos de Restrições Relacionadas ao Motivo de Viagem	61

Tabela 7.3.1 – Ocupação do automóvel por motivo da viagem	64
Tabela 7.4.1 – Total de Viagens Sintetizadas de Transporte Individual	65
Tabela 7.4.2 – Total de Viagens Sintetizadas de Transporte Coletivo	65
Tabela 8.3.1 – Valores das Tarifas por Município	70
Tabela 8.3.2 – Valores das Tarifas e Porcentagem Representativa	70
Tabela 9.2.1 – Hierarquia Viária do Modelo do PDTU e respectivos VDFs	87
Tabela 11.2.1 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Individual – Pico da Manhã	100
Tabela 11.2.2 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Individual – Pico da Tarde	101
Tabela 11.2.3 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Coletivo – Pico da Manhã	102
Tabela 11.2.4 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Coletivo – Pico da Tarde	103
Tabela 11.3.1 – Pré ME e Pós ME de Transporte Individual	104
Tabela 11.3.2 – Pré ME e Pós ME de Transporte Coletivo	104
Tabela 11.5.1 – Validação do Transporte Individual	108
Tabela 11.5.4 - Regressão da Modelagem X Observação do Fluxo de Automóveis	115
Tabela 11.6.1 - Validação de Fluxo de Transporte Coletivo – Pico da Manhã	117
Tabela 11.6.2 - Validação de Fluxo de Transporte Coletivo – Pico da Tarde	117
Tabela 11.6.3 – Validação de Ônibus no Pico da Manhã – Rotas Principais	119
Tabela 11.6.4 – Validação de Ônibus no Pico da Tarde – Rotas Principais	120
Tabela 11.6.5 – Validação Metrô Pico da Manhã – Estações	122
Tabela 11.6.6 – Validação Metrô Pico da Tarde – Estações	124
Tabela 11.6.7 – Validação Trens Pico da Manhã – Estações	126
Tabela 11.6.8 – Validação Trens Pico da Tarde – Estações	129
Tabela 11.6.9 – Serviços da Barca – Pico da Manhã	132
Tabela 11.6.10 – Serviços da Barca – Pico da Tarde	132
Tabela 11.7.1 – Resumo das Modificações Realizadas nos Links Existentes	140
Tabela 12.2.1 – Distribuição dos Custos das Viagens com ME - Transporte Individual	143
Tabela 12.2.2 – Distribuição dos Custos das Viagens com ME - Transporte Coletivo	144
Tabela 12.3.1 - Validação do Tempo de Viagem (Pico da Manhã)	145
Tabela A1 - Quantidade de pesquisas realizadas, classificadas segundo os motivos de viagem – Transporte Individual	150
Tabela A2 – Valores Estatísticos Médios de Calibração – Transporte Individual	150
Tabela A3 – Quantidade de pesquisas realizadas, classificadas segundo os motivos de viagem– Transporte Coletivo	154
Tabela A4 – Valores Estatísticos Médios de Calibração	154
Tabela B1 – Codificações de Municípios e Zonas	159
Tabela B2 – Codificações de Municípios e Intervalos dos Nós	160

Tabela B3 – Codificações Modais e Intervalos dos Nós	160
Tabela C1 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual HBW – Pico da Manhã – Base 2012	163
Tabela C2 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual HBW – Pico da Tarde – Base 2012	164
Tabela C3 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual HBEd – Pico da Manhã – Base 2012	165
Tabela C4 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual HBEd – Pico da Tarde – Base 2012	166
Tabela C5 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual – Outro – Pico da Manhã – Base 2012	167
Tabela C6 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual – Outro – Pico da Tarde – Base 2012	168
Tabela D1 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – HBW – Pico da Manhã	171
Tabela D2 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – HBW – Pico da Tarde	172
Tabela D3 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – HBEd – Pico da Manhã	173
Tabela D4 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – HBEd – Pico da Tarde	174
Tabela D5 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – Outros – Pico da Manhã	175
Tabela D6 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – Outros – Pico da Tarde	175
Tabela I1 - Atributos dos Usuários, Matrizes e Arquivos Externos do Emme	207
Tabela J1 – Resultados das Linhas Metroviárias – Rede 2012 – Pico da manhã	216
Tabela J2 – Resultados das Linhas Ferroviárias – Rede 2012 – Pico da manhã	230
Tabela J3 – Resultados das Linhas de Barcas – Rede 2012 – Pico da manhã	231
Tabela J4 – Resultados do BRT TransOeste – Rede 2012 – Pico da manhã	233
Tabela M.1 – Benchmarking de Valores do Tempo – Brasil	251
Tabela M.1– Benchmarking de Valores do Tempo – Estados Unidos	252
Tabela M.2 - Valores do Tempo 2012 – R\$/hora	253

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 9.2.1 – Curva VDF	87
Gráfico 11.2.1 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Individual – Pico da Manhã	100
Gráfico 11.2.2 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Individual – Pico da Tarde	101
Gráfico 11.2.3 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Coletivo – Pico da Manhã	102
Gráfico 11.2.4 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Coletivo – Pico da Tarde	103
Gráfico 11.5.3 – Observação X Validação da Modelagem de Pico de Fluxo - Pico Manhã	116
Gráfico 11.5.4 – Observação X Validação da Modelagem de Pico de Fluxo - Pico da Tarde	116
Gráfico 11.6.1 – Validação do Fluxo de Ônibus Pico da Manhã – Observado X Modelado	121
Gráfico 11.6.2 – Validação do Fluxo de Ônibus Pico da Tarde – Observado X Modelado	121
Gráfico 11.6.3 – Validação dos Embarques no Metrô Pico da Manhã – Observado X Modelado	125
Gráfico 11.6.4 – Validação dos Embarques no Metrô Pico da Tarde – Observado X Modelado	125
Gráfico 11.6.6 – Validação dos Embarques nos Trens no Pico da Tarde Observado X Modelado	131
Gráfico 12.3.1 – Validação do Tempo de Viagem Rota A	146
Gráfico A1 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Individual - HBW	151
Gráfico A2 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Individual - HBEd	151
Gráfico A3 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Individual - HBO	153
Gráfico A4 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Individual - NHBO	153
Gráfico A5 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Coletivo - HBW	155
Gráfico A6 – Distribuição Parcial e Sintética - Transporte Coletivo - HBEd	155
Gráfico A7 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Coletivo - HBO	156
Gráfico A8 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Coletivo - NHBO	156
Gráfico E1 – Sintética x Alocação HBW – Pico da Manhã	179
Gráfico E2 – Sintética x Alocação HBEd – Pico da Manhã	179
Gráfico E3 – Sintética x Alocação HBO/NHBO – Pico da Manhã	180
Gráfico E4 – Sintética x Alocação HBW – Pico da Tarde	180
Gráfico E5 – Sintética x Alocação HBEd – Pico da Tarde	181
Gráfico E6 – Sintética x Alocação HBO/NHBO – Pico da Tarde	181
Gráfico F1 – Sintética x Alocação HBW – Pico da Manhã	185
Gráfico F2 – Sintética x Alocação HBEd – Pico da Manhã	186
Gráfico F3 – Sintética x Alocação HBO/NHBO – Pico da Manhã	187
Gráfico F4 – Sintética x Alocação HBW – Pico da Tarde	188
Gráfico F5 – Sintética x Alocação HBEd – Pico da Tarde	189
Gráfico F6 – Sintética x Alocação HBO/NHBO – Pico da Tarde	190

Gráfico G1 – Validação do Tempo de Viagem Rota A	193
Gráfico G2 – Validação do Tempo de Viagem Rota B	193
Gráfico G3 – Validação do Tempo de Viagem Rota C	194
Gráfico G4 – Validação do Tempo de Viagem Rota D	194
Gráfico G5 – Validação do Tempo de Viagem Rota E	194
Gráfico G6 – Validação do Tempo de Viagem Rota F	195
Gráfico G7 – Validação do Tempo de Viagem Rota G	195
Gráfico G8 – Validação do Tempo de Viagem Rota H	196
Gráfico G9 – Validação do Tempo de Viagem Rota I	196
Gráfico G10 – Validação do Tempo de Viagem Rota J	197
Gráfico G11 – Validação do Tempo de Viagem Rota K	197
Gráfico G12 – Validação do Tempo de Viagem Rota L	198
Gráfico G13 – Validação do Tempo de Viagem Rota M	198
Gráfico G14 – Validação do Tempo de Viagem Rota N	199
Gráfico G15 – Validação do Tempo de Viagem Rota O	199
Gráfico H1 - Observação x Validação do Fluxo de Modelagem - Pico da Manhã (Caminhões)	203
Gráfico H2 - Observação x Validação do Fluxo de Modelagem - Pico da Tarde (Caminhões)	203

Lista de Abreviaturas e Siglas	
AM	<i>Ante Meridiem</i> . Em tradução livre, Manhã.
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i> . Em tradução livre, Veículo Leve Sobre Pneus (VLP).
BU	Bilhete Único, é uma tarifa única de integração em viagens intermunicipais para ser utilizada em no máximo até três horas em um ou dois transportes, sendo pelo menos um deles intermunicipal, é um benefício tarifário instituído pela Lei Estadual 5.628/2009. https://www.cartaoriocard.com.br/srcrpr/geral/faq.jsp
BUC	O benefício tarifário do Bilhete Único Carioca é válido apenas nas integrações entre dois ônibus ou um ônibus e o trem, dentro da cidade do Rio de Janeiro. https://www.cartaoriocard.com.br/srcrpr/geral/faq.jsp
CENTRAL	Companhia Estadual de Engenharia de Transporte e Logística.
CG	Custos Generalizados.
CSV	Extensão de arquivo digital do tipo <i>Comma-Separated Values</i> . Em tradução livre, Valores Separados por Vírgulas.
DfT	<i>Department for Transport of United Kingdom</i> . Em tradução livre, Departamento de Transportes do Reino Unido.
DMRB	<i>Design Manual for Roads and Bridges by the DfT UK</i> . Em tradução livre, Manual de Projetos para Estradas e Pontes do Departamento de Transportes do Reino Unido.
Emme	O Emme é uma plataforma de modelagem por computador, utilizada para trabalhos com modelos de alocação multimodal, desenvolvida pela INRO. O Emme permite simular o comportamento das viagens dentro de uma rede, empregando algoritmos de alocação.
GEH	É um indicador estatístico, que consiste em uma fórmula empírica desenvolvida por Geoffrey E. Havers para comparar volumes de tráfego em modelagem de transportes.
GUI	<i>Graphical User Interface</i> . Em tradução livre, Interface Gráfica do Usuário.
HBEd	<i>Home-Based Education</i> . Em tradução livre, Base Domiciliar Casa/Estudo.
HBO	<i>Home-Based Other</i> . Em tradução livre, Base Domiciliar Casa/Outros.
HBW	<i>Home-Based Work</i> . Em tradução livre, Base Domiciliar Casa/Trabalho.
HW	<i>Highway</i> . Em tradução livre, <i>modo rodoviário</i> da etapa de alocação de tráfego do Emme, de relevância direta para o Transporte Individual.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
INRO	Empresa Canadense especializada em aplicativos para planejamento de transportes, fabricante do software Emme.
ME	Matriz Estimada.
NG	<i>Non-graphical</i> . Em tradução livre, ‘não-gráfico’, referindo-se a um dos métodos de utilização do Emme.
NHBO	<i>Non Home-Based Other</i> . Em tradução livre, Base Não Domiciliar.
O/D	Origem/Destino.
Ônibus IM	Ônibus Intermunicipal.
Ônibus M	Ônibus Municipal.
P/A	<i>Production / Attraction</i> . Em tradução livre, Produção/Atração.

Lista de Abreviaturas e Siglas	
PCU	<i>Passenger Car Unit</i> . Em tradução livre, Unidade Equivalente entre veículos de um certo tipo e automóveis particulares (carros). Através do PCU, pode-se expressar a capacidade de uma via ou sistema de forma mais precisa.
PDTU	Plano Diretor de Transportes Urbanos. Neste trabalho, muitas vezes o termo PDTU é utilizado em lugar de PDTU/ RMRJ.
PDTU/RMRJ	Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.
PIB	Produto Interno Bruto.
PM	Post Meridiem. Em tradução livre, Tarde. (Observação: não confundir com pico da manhã).
PT	<i>Public Transport</i> . Em tradução livre, Transporte Coletivo.
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro.
RSI	<i>Roadside Interview Surveys</i> . Em tradução livre, Pesquisas de Intercepção.
Screenlines	Conjunto de estações de contagem que formam nós estratégicos/geográficos da cidade.
SETRANS	Secretaria de Estado de Transportes.
SIG	Sistema de Informação Geográfica.
SLA	<i>Select Link Analysis</i> . Em tradução livre, Análise de <i>Links</i> Seleccionados.
TfL	<i>Transport for London</i> . Em tradução livre, Autoridade de Transportes de Londres, Reino Unido.
TransCAD	Software de planejamento de transportes da empresa americana Caliper, especializada em consultoria e aplicativos para planejamento de transportes.
Travel Time	Em tradução livre, Tempo de Viagem.
TXT	Extensão de arquivo digital do tipo texto contendo registros, tais como, DNS e/ou informações de texto.
VBA	<i>Visual Basic for Application</i> . Em tradução livre, linguagem de programação básica, com recursos visuais, para desenvolvimento de aplicativos e rotinas em software.
VDF	<i>Volume Delay Function</i> . Em tradução livre, Função de Atraso pelo Volume.
VDM	<i>Variable Demand Model</i> . Em tradução livre, Modelo de Demanda Variável.
VLT	Veículo Leve Sobre Trilhos.
VOT	<i>Value of Time</i> . Em tradução livre, Valor do Tempo.

Definição de Termos Técnicos	
Arquivo CSV <i>Comma Separated Values</i>	Arquivo digitais do tipo CSV podem ser usados para trocar dados entre aplicativos, tais como, entrada de dados e resultados. Cada linha em um arquivo CSV equivale a uma linha de planilha eletrônica, enquanto as vírgulas separam os valores de cada célula ao longo de uma linha.
Custo de desutilidades	Custo total atrelado ao custo monetário de viagem, incluindo tarifa, valor do tempo de viagem e tempo de espera, além de elementos subjetivos, tais como conforto, segurança, etc.
Emme	Emme é a plataforma de modelagem por computador utilizada para trabalhos com modelos de alocação multimodal, desenvolvida pela INRO. É um programa de computador desenvolvido para simular o comportamento das viagens através de uma rede baseada em algoritmos de alocação.
Elementos Gráficos	Chamamos de ‘elemento gráfico’ cada uma das partes que compõe a imagem de um produto gráfico, tais como botões, ícones e outros indicadores visuais.
Fator P/A-O/D	É um fator que converte todas as viagens diárias ou todas as produções e atrações (P/A) em uma única matriz de origem e destino (O/D).
Grau de Correlação - R ²	Coefficiente de determinação. É uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear em relação a valores observados.
Headway	Intervalo de tempo entre veículos de um modal que utilizam uma mesma rota.
Interface GUI	GUI - <i>Graphical User Interface</i> , ‘Interface Gráfica do Usuário’ em tradução livre, consiste em um aplicativo ou conjunto de aplicativos desenvolvido em linguagem de programação computacional, cuja utilização é facilitada por elementos gráficos, tais como ícones, botões e outros dispositivos, disponibilizados em uma plataforma digital simples, usualmente através de interface WEB ou em arquivos do MS Excel. No caso do Modelo do PDTU, a GUI é acessada através do Excel e permite ao usuário interagir com o Emme através de botões, ícones e outros indicadores visuais, agilizando o processo de edição de parâmetros e execução de simulações. A vantagem de se empregar a GUI é facilitar a utilização de um modelo complexo de forma mais simples, em contraste à interface tradicional, baseada em linhas de comando com sintaxe específica, entradas diretamente no Emme.
Matriz de Alocação ou Calibrada	É a matriz estimada, resultante do processo de modelagem, que passa por processos de ajustes finais através de ciclos iterativos que têm o objetivo de melhorar a calibração e a simulação dos volumes alocados à rede.
Matriz Delta	É a matriz derivada da diferença entre a matriz sintética e a matriz de alocação. É determinado que a matriz delta permaneça constante para viagens anuais futuras.
Matriz Estimada (ME)	É a matriz melhorada, gerada através de aplicações de métodos estatísticos, de modo a adequar às observações de campo.
Matriz Parcial	É a matriz que elenca os resultados das pesquisas de O/D levantadas em campo para o período de um dia, incluindo os diversos modais de transporte (coletivo ou individual) e os motivos das viagens (casa/trabalho, casa/estudo, casa/outros e com base não domiciliar). Matrizes parciais podem apresentar resultados isolados ou agregados, por motivo e modal.
Matriz P/A	Matriz que informa volumes totais de Produção e Atração (P/A) de viagens das diversas zonas na Área de Estudo, construída a partir dos dados O/D levantados nas pesquisas e interpretação de dados socioeconômicos, além do uso do solo.
Matriz Sintética	É a matriz construída para simular, através de um modelo matemático, volumes observados em pesquisa ou volumes estimados para anos futuros. No caso do estudo de demanda, uma matriz sintética é produzida para representar os volumes

Definição de Termos Técnicos	
	O/D em um determinado universo de estudo, notadamente a partir de dados observados em pesquisa e como fruto da etapa de distribuição de viagens. Uma matriz sintética pode também replicar o comportamento de uma determinada rede e realidade estudada, para estimar resultados de cenários futuros. Para isso, são utilizadas premissas, extrapolações matemáticas e informações de natureza socioeconômica. Um outro exemplo de matriz sintética é o da matriz de alocação (vide definição acima).
Método de <i>Furness</i>	Método criado por K. P. Furness que emprega um processo de iterações no qual fatores de equilíbrio são introduzidos ou taxas de crescimento são incorporadas para que restrições pré-definidas no processo de modelagem sejam atendidas. O método é utilizado para fazer a distribuição das viagens, levando em consideração fatores de crescimento tanto de Produção, quanto de Atração. Neste processo, tenta-se introduzir correções mínimas necessárias na matriz sintética base para satisfazer as restrições das viagens futuras. O método tabula dados de produção e atração e requer uma série de ajustes matemáticos para que se atinja a convergência, isto é, até que a soma das linhas corresponda ao total de produção e que a soma das colunas corresponda ao total de atração.
Modelo gravitacional	Este modelo baseia-se na suposição de que as viagens entre zonas são diretamente proporcionais à geração de viagem (respectivamente, produção e atração) das zonas e inversamente proporcional a uma função de separação espacial entre elas (impedância, relacionada com o custo generalizado da viagem). O modelo gravitacional pertence à categoria dos modelos sintéticos.
Modelo Logit	Modelo de distribuição estatística amplamente utilizado para a escolha modal na etapa de distribuição das viagens. Ao contrário do modelo gravitacional, no qual a distribuição das viagens é gerada em função das distâncias entre as zonas, no modelo Logit a geração das viagens por modal é definida estatisticamente a partir de regressão logística, que define a probabilidade de escolha de uma dada alternativa em função de variáveis lógicas identificáveis no universo observado. A aplicação do modelo Logit ao planejamento de transportes relaciona a probabilidade dos usuários em relação à escolha de um modo de transporte disponível (no caso o modo Individual, Coletivo, ou ainda os diversos modais de transporte existente ou planejados para a área de estudo).
MS Access	É um sistema de gerenciamento de banco de dados da Microsoft, que combina o Microsoft com uma interface gráfica do utilizador (<i>graphical user interface</i>). Ele permite o desenvolvimento rápido de aplicações (RAD - <i>Rapid Application Development</i>) que envolvem tanto de dados como também a interface a ser utilizada pelos usuários.
Período AM	Pico da Manhã - Horário das 7:00 às 8:00
Período PM	Pico da Tarde - Horário das 17:30 às 18:30
Screenline	Conjunto de estações de contagem que formam nós estratégicos/geográficos da região modelada. Normalmente as <i>screenlines</i> têm como objetivo englobar todas as viagens através de uma zona ou limite natural.
VDF – <i>Volume Delay Function</i>	Função de atraso pelo volume que determina o tempo de viagem por <i>link</i> para cada volume alocado.
VoT - <i>Value of time</i>	O valor do tempo corresponde ao custo dispendido por um usuário em sua jornada, equivalente à oportunidade de deslocamento. Vide definição mais detalhada no Capítulo 6, seção 6.2.

1 APRESENTAÇÃO

1.1 Referência à Versão 4.1

Este relatório apresenta a metodologia e compila informações obtidas no processo de calibração do modelo matemático desenvolvido para atualização do PDTU¹. Após ajustes significativos para que modelo possibilitasse integração tarifária adequada, o processo de calibração final foi concluído entre os meses de novembro e dezembro de 2014, servindo de base para uma versão revisada e ampliada do presente relatório (v.4), emitida em fevereiro de 2015.

Esta versão (4.1) amplia e adequa o conteúdo da versão anterior, incorporando melhorias e aprimoramentos, a partir de comentários à versão anterior recebidos entre fevereiro e abril de 2015, de autoria dos membros da Comissão de Fiscalização, dos Consultores Especiais do PDTU e da equipe do Banco Mundial/BIRD. O documento fornece uma análise detalhada da calibração e validação do *Modelo do PDTU*, cuja conclusão representa o fim de uma etapa considerável do trabalho do Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla.

1.2 Visão Geral

A rede do estudo, construída na plataforma Emme², é composta por uma estrutura de *links* e nós (que podem representar pontos de parada de ônibus, estações de transporte de alta capacidade ou, ainda, interseções viárias). O modelo matemático elaborado para o PDTU (Modelo do PDTU) é um modelo complexo, contendo 730 zonas e 16.549 nós, resultando em mais de 43 mil *links*. Além do Emme, foram empregados o software MS Excel³, incluindo uma interface GUI⁴, de forma a facilitar a entrada e saída de dados e, mesmo, algumas etapas de cálculo envolvidas na modelagem (conforme será visto adiante neste documento).

¹ PDTU – Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

² Emme - É uma plataforma de modelagem por computador, utilizada para trabalhos com modelos de alocação multimodal, desenvolvida pela INRO e que foi adotada para o PDTU.

³ MS Excel - aplicativo da Microsoft para construção e edição de planilhas eletrônicas.

⁴ GUI - *Graphical User Interface*, 'Interface Gráfica do Usuário' em tradução livre, consiste em um aplicativo ou conjunto de aplicativos desenvolvido em linguagem de programação computacional, cuja utilização é facilitada por elementos gráficos, tais como ícones, botões e outros dispositivos, disponibilizados em uma plataforma digital simples, usualmente através de interface WEB ou em arquivos do MS Excel. No caso do Modelo do PDTU, a GUI é acessado através do Excel e permite ao usuário interagir com o Emme através de botões, ícones e outros indicadores visuais, agilizando o processo de edição de parâmetros e execução de simulações. A vantagem de se empregar a GUI é facilitar a utilização de um modelo complexo de forma mais simples, em contraste à interface tradicional, baseada em linhas de comando com sintaxe específica, entradas diretamente no Emme.

Para validação da rede e garantia de que o modelo represente os transportes da RMRJ⁵ de forma adequada, foi necessário considerável empenho das equipes do Consórcio e da Comissão de Fiscalização, além das orientações dos Consultores Especiais, notadamente envolvendo as etapas de construção, verificação e ajustes do modelo, até que se alcançassem resultados satisfatórios. A complexidade do sistema de transportes da região exigiu uma abordagem cuidadosa, principalmente pelo fato do modelo lidar com a lógica de uma rede intrincada e com as características comportamentais dos usuários, além de aspectos ligados ao contexto tarifário e da própria tecnologia dos sistemas ofertados à população. Com a existência de diversos sistemas sobrepostos ou concorrentes, o fator ‘conveniência do usuário’ passa a ter grande importância dentro do modelo teórico. Um bom exemplo de sobreposição é o BRT⁶ Santa Cruz – Campo Grande, que realiza uma rota paralela à rede ferroviária existente.

Na rede base modelada, além dos sistemas de alta e média capacidades, foram criadas 3.000 rotas de ônibus. A validação dos serviços de ônibus foi uma das partes mais complexas do trabalho de validação da rede, pois implicou na verificação dos parâmetros operacionais de todas as linhas dentro do modelo, uma vez que estas interagem com os demais sistemas de transporte individual e coletivo.

Conforme será explicado adiante, todas as quatro etapas do modelo do PDTU foram calibradas: geração, distribuição de viagens, escolha modal e alocação de tráfego, bem como todos os modais nos períodos (pico da manhã e pico da tarde).

A convergência do modelo é baseada em normas do *DfT*⁷, que são utilizadas como um guia/orientações para os países que compõem o Reino Unido. O Consórcio, por sua experiência internacional, considerou que as citadas normas são apropriadas à realidade de modelagem do PDTU, adotando-as como princípio de verificação para a mensuração da qualidade da calibração. Essas normas definem tolerâncias e intervalos para cada convergência do modelo (composta pela iteração de 10 ciclos e de 150 alocações de fluxo para cada ciclo completo).

Esses ciclos e alocações são referentes aos intervalos de convergência, que podem ser definidos de acordo com critérios do usuário. A convergência é alcançada quando as mudanças nos custos generalizados entre os ciclos se tornam muito pequenas. Levando-se em conta que o modelo em questão é um modelo de quatro etapas foram realizadas iterações até que a convergência completa do modelo fosse alcançada.

⁵ RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

⁶ BRT – *Bus Rapid Transit*. Em tradução livre, Veículo Leve Sobre Pneus (VLP).

⁷ *Department for Transport of United Kingdom*. Tradução livre, Departamento de Transportes do Reino Unido.

Para execução do modelo completo (quatro etapas) foram empregados o Emme e o Excel, combinadamente, o que exige um tempo de processamento de, no mínimo, oito horas por execução, utilizando-se um computador com configuração adequada. Contudo, dependendo do grau de precisão necessária para o teste ou simulação, o tempo de processamento cai significativamente, para cerca de 20 minutos, considerando-se a execução no modo demanda fixa. O Modelo do PDTU é capaz de executar mais de 100 milhões de cálculos cada vez que é executado.

Calibração

A previsão do fluxo de passageiros e de automóveis está relacionada com os fluxos observados, que são utilizados comparativamente para verificar o ajuste do modelo. Em geral, a calibração do modelo é alcançada quando todas as *screenlines*⁸ críticas, relacionadas às contagens de transporte individual e coletivo, geram gráficos de dispersão com alto grau de correlação⁹ ($R^2 > 0,85$).

A validação do modelo também implicou a verificação dos tempos de viagem, que serviram para assegurar que o modelo poderia replicar o comportamento do tráfego observado em corredores importantes da RMRJ.

Durante o processo de calibragem e validação, foi também concluído e testado um refinamento da interface GUI, assegurando a simplificação do processo de execução de simulações com o Modelo do PDTU, agilizando a entrada e saída de dados para parametrização e execução de simulações, facilitando assim a operacionalidade do modelo e evitando dependência exclusiva da interface de linha do *prompt*¹⁰ de comando do Emme.

⁸ *Screenlines* - conjunto de estações de contagem (pesquisa) que formam nós estratégicos/geográficos dentro da região modelada.

⁹ Grau de Correlação R^2 - coeficiente de determinação correspondente à medida de ajustamento de um modelo estatístico linear, em relação a valores observados.

¹⁰ *Prompt Console* – Em tradução livre, *Prompt* de Comando, através do qual um usuário entra dados e parâmetros em um determinado sistema ou aplicativo/ software.

2 INTRODUÇÃO

2.1 Contextualização

O PDTU¹¹ abrange vinte municípios com características heterogêneas e únicas. No seu âmbito foram considerados os 19 municípios que compõem a Região Metropolitana do Rio de Janeiro e Mangaratiba (total de 20 municípios). Mais detalhes acerca da área de abrangência podem ser consultados no Relatório 4 – Planejamento e Execução de Pesquisas.

O PDTU foi originalmente elaborado pela SETRANS¹², no período de 2003 a 2005, e teve como objetivo principal subsidiar o Governo do Estado do Rio de Janeiro no desenvolvimento de políticas públicas setoriais que pudessem auxiliar nas tomadas de decisão sobre investimentos em infraestrutura, sistemas de transporte e otimização da utilização das redes de transporte coletivo e individual da RMRJ.

Em 2011, o Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla foi contratado pela CENTRAL¹³ (empresa vinculada à SETRANS) para analisar e atualizar o PDTU, com um escopo que abrangesse toda a região metropolitana, considerando a construção de uma rede e modelo matemático contemplando todos os modais coletivos e individuais verificados na RMRJ. Esse novo trabalho foi resumido em 13 relatórios, como descritos abaixo:

- Detalhamento da Execução do Trabalho – Relatório 1;
- Zoneamento e Plano Amostral – Relatório 2;
- Atualização da Base de Dados do PDTU – Relatório 3;
- Planejamento e Execução de Pesquisas – Relatório 4;
- Análise da Evolução e Tendências Futuras do Uso do Solo – Relatório 5;
- Calibração do Modelo da Rede de Referência – Relatório 6;
- Planejamento de Transportes e Plano de Ações para Viabilizar a Alternativa Mínima – Relatório 7;
- Fornecimento e Instalação de Hardware, Software e Sistema de Climatização – Relatório 8;
- Avaliação do Plano – Relatório 9;
- Treinamento – Relatório 10;
- Projetos Básicos de Terminais – Relatório 11;
- Transporte de Cargas – Relatório 12;

¹¹ PDTU– Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

¹² SETRANS – Secretaria de Estado de Transportes.

¹³ CENTRAL – Companhia Estadual de Engenharia de Transportes e Logística.



- Elaboração do Relatório Síntese da Atualização do PDTU – Relatório 13.

O Modelo construído para a Atualização do PDTU busca auxiliar a estruturação efetiva de um plano estratégico, incluindo ampliações e implantação de novos sistemas de transportes. Partindo de uma avaliação apurada da situação atual da demanda e da oferta de transportes e passando pela elaboração de alternativas otimizadas, o PDTU deverá auxiliar o Governo do Estado no desenvolvimento de um Plano de Transportes de fundamental importância para a RMRJ, inclusive com a definição de investimentos estimados. Além disso, disponibiliza, através do Modelo do PDTU, uma ferramenta extremamente técnica, que poderá facilitar a implementação de um processo permanente de planejamento de transportes, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da Região Metropolitana do Rio.

2.2 Calibração do Modelo da Rede de Referência - Relatório 6

Como parte do escopo de trabalho, o Consórcio realizou a calibração do modelo da rede de referência, definida como aquela existente no ano de 2012 (PDTU 2012).

O escopo desse relatório é limitado às informações sobre as quatro etapas de desenvolvimento do modelo específico (geração de viagem, distribuição de viagens, escolha modal e alocação de tráfego). Quando necessário, são fornecidos fundamentos apropriados ao entendimento teórico da modelagem empregada, ou feitas alusões a informações encontradas nos demais relatórios integrantes do escopo de trabalho (Vide 2.1 acima).

2.3 Plataforma do Software Emme¹⁴

O modelo anterior do PDTU, elaborado a partir de 2003, foi construído utilizando o software TransCAD¹⁵. Entretanto, por várias razões, tanto de ordem técnica como prática para o trabalho de modelagem que seria realizado no âmbito do contrato, o Consórcio, em acordo com a CENTRAL/SETRANS e sob a supervisão do Banco Mundial/ BIRD, definiu a plataforma computacional INRO/Emme para a Atualização do PDTU. O Emme é uma plataforma de modelagem amplamente utilizada em grandes cidades do mundo, incluindo Londres, São Paulo, Vancouver, Toronto e Kuala Lumpur e, por isso, foi considerado a melhor opção para a RMRJ.

¹⁴ Emme - Emme é a plataforma de modelagem por computador utilizada para trabalhos com modelos de alocação multimodal, desenvolvida pela INRO. É um programa de computador desenvolvido para simular o comportamento das viagens através de uma rede baseada em algoritmos de alocação.

¹⁵ TransCAD - Software de planejamento de transportes da empresa americana Caliper, especializada em consultoria e aplicativos para Planejamento de Transportes.

Além disso, o software Emme foi escolhido por ser o software atualmente mais aceito na comunidade de modelagem de transporte, por suas características técnicas superiores para modelos multimodais e por melhor simular interações em rede compartilhada por transporte coletivo e individual, através de uma única plataforma integrada. Essas características são muito importantes devido à complexidade das redes de ônibus na RMRJ e ao elevado número de viagens realizadas em transporte coletivo que compartilham vias utilizadas por automóveis e demais veículos que integram o transporte individual. A seguir, resumem-se dados representativos das 22,5 milhões de viagens diárias realizadas na RMRJ no ano de referência (em abril de 2012), conforme as pesquisas.

Tabela 2.3.1 – Perfil das viagens diárias totais na RMRJ

Viagens	Quantidade (em milhares)	Proporção (%)
Motorizadas	15.410	68,2%
Não motorizadas	7.185	31,8%
Total	22.595	100,0%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 2.3.2 – Perfil das viagens não motorizadas na RMRJ

Viagens não motorizadas	Quantidade (em milhares)	Proporção (%)
A pé	6.639	92,4%
Bicicleta	546	7,6%
Total	7.185	100,0%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 2.3.3 – Perfil das viagens motorizadas na RMRJ

Viagens motorizadas	Quantidade (em milhares)	Proporção (%)
Transporte coletivo	11.018	71,5%
Transporte individual	4.392	28,5%
Total	15.410	100,0%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 2.3.4 – Perfil das viagens em transporte coletivo na RMRJ

Viagens motorizadas – Transporte coletivo	Quantidade (em milhares)	Proporção (%)
Ônibus municipal	6.677	60,6%
Metrô	661	6,0%
Trem	573	5,2%
Barca	110	1,0%
Outros	2.997	27,2%
Total	11.018	100,0%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 2.3.5 – Perfil das viagens em transporte individual na RMRJ

Viagens motorizadas – Transporte individual	Quantidade (em milhares)	Proporção (%)
Condutor auto	2.534	57,7%
Passageiro auto	1.221	27,8%
Outros	637	14,5%
Total	4.392	100,0%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

2.4 Atualização do Modelo do PDTU

Devido as dimensões e complexidade da RMRJ, foi desenvolvido um modelo de transporte sofisticado, a fim de contemplar todos os sistemas e representar de forma aproximada a realidade dos transportes na região, incluindo aspectos específicos ligados à operação e utilização dos sistemas pela população metropolitana.

O Modelo do PDTU é capaz de avaliar as alterações, tanto do lado da oferta como do lado da demanda, dentro da rede de transportes modelada. Essas alterações podem decorrer da evolução gradual do uso e ocupação do solo, e/ou de mudanças significativas na rede, decorrentes da introdução de novos sistemas ou de ajustes em sistemas já existentes, por exemplo. Considerando-se esses aspectos, foi realizada uma atualização completa da rede e dos sistemas nela incluídos, possibilitando a criação de um modelo para simular redes futuras. Através da criação e simulação de cenários, obtêm-se resultados que servem de base para o planejamento estratégico, visando atender as futuras necessidades de transporte na RMRJ.

Integrante do Consórcio, a Halcrow/CH2M HILL pôde empregar, nesta atualização do PDTU, uma vasta experiência internacional em modelagem, além de contar com uma extensa base de dados levantados pela Sinergia Estudos (notadamente o amplo conhecimento técnico especializado de sua equipe de profissionais e as pesquisas domiciliares e de interceptação realizadas no âmbito do contrato).

Visando facilitar a utilização do modelo foi desenvolvida uma GUI em Excel, usualmente utilizada em grandes modelos multimodais. Essa técnica teve como pioneira a Halcrow/CH2M HILL, que a utilizou em Londres em trabalhos para a TfL¹⁶.

No desenvolvimento desse modelo, teve-se em conta torná-lo acessível ao maior número possível de usuários, configurando uma ferramenta de planejamento estratégico de grande valor para os setores público e privado. Note-se que o Modelo do PDTU construído no âmbito deste trabalho e referenciado no ano de 2012, tem pouco a ver com o Modelo do PDTU 2003 TransCAD, embora a abrangência territorial de ambos seja a mesma.

¹⁶ *Transport for London*. Em tradução livre, Autoridade de Transportes de Londres, Reino Unido.

Para a utilização do Modelo do PDTU é necessário que os usuários tenham conhecimentos sólidos sobre sistemas, modelagem e economia de transportes, além de alguma experiência com o Emme (não sendo necessário o domínio completo ou conhecimento em nível avançado do software). Nesse sentido, esse relatório não deve ser entendido como material de embasamento teórico ou de treinamento em Emme ou em modelagem de transportes.

2.5 Aprimoramento do Modelo do PDTU

Melhorias significativas foram feitas no Modelo do PDTU, incluindo:

- Modelo clássico de quatro etapas, completo, incluindo a geração de viagem, escolha modal, distribuição de viagens e alocação de tráfego (as três primeiras etapas podem ser comandadas pelo Excel GUI dentro do VDM¹⁷);
- Possibilidade de realizar testes relacionados às mudanças no uso e ocupação do solo através do modelo de quatro etapas, sensível tanto às mudanças que ocorrem no lado da oferta, como no lado da demanda. Por exemplo, melhorando o lado da oferta através de novos serviços de transporte coletivo ou melhorias para o transporte individual;
- Possibilidade dos usuários utilizarem a interface existente com base Excel diminuindo, substancialmente, a complexidade técnica para execução e interpretação dos resultados do Modelo do PDTU, ampliando assim, a adoção e utilização do modelo;
- Adoção de uma plataforma do software Emme tecnicamente superior àquela originalmente proposta. (5 licenças do chamado *Size 7* foram disponibilizadas);
- Completa revisão e atualização da rede, com a inclusão de todas as linhas de ônibus municipais e intermunicipais;
- Inclusão de novos dados de pesquisas e atualização dos já existentes. Essas informações englobam as pesquisas realizadas em 4.437 domicílios, que resultaram em 12.650 pessoas entrevistadas e 193.630 dados de O/D¹⁸ (15.880 pesquisas no cordão externo e 177.750 nos postos de interceptação. Maiores detalhes encontram-se no Relatório 4 – Planejamento e Execução de Pesquisas);
- Inclusão dos últimos dados socioeconômicos, do Censo de 2010 do IBGE¹⁹;

¹⁷ VDM - *Variable Demand Model*. Em tradução livre, Modelo de Demanda Variável.

¹⁸ O/D – Origem/Destino

¹⁹ IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

- Desenvolvimento de um método modular, no qual módulos são combinados para formar o produto final estratégico, permitindo, porém, desenvolver, testar, gerenciar e incluir melhorias e atualizações. Com isso, o Modelo do PDTU deverá formar uma base de dados para um programa de melhorias contínuas, como em muitas outras cidades, que seguem aprimorando seus modelos de transporte.

2.6 Caracterização do Modelo do PDTU

Os modelos de transporte têm sido muito utilizados para fazer previsões a respeito da movimentação das pessoas e de veículos em uma rede de transportes de uma área definida. Essas previsões podem ter caráter estratégico ou, mesmo, um elevado nível de detalhamento. No caso do PDTU trata-se de um modelo multimodal estratégico para a RMRJ.

O modelo matemático de transporte do PDTU tem como objetivos:

- Disponibilizar um modelo estratégico multimodal de transportes para a RMRJ;
- Estabelecer uma estrutura independente e comparável entre os modos de transportes que foram avaliados/incluídos no modelo;
- Fornecer uma ampla base para formulação e avaliação de alternativas estratégicas no âmbito dos transportes urbanos na RMRJ, facilitando a definição de um plano diretor de médio/longo prazo;
- Simular previsões de viagens para os diversos modos de transporte que foram modelados, isto é: automóveis, caminhões, ônibus, metrô, trem, barcas, BRT e VLT, inclusive verificando alocações em rotas específicas);
- Considerar a utilização das vias por diferentes modais;
- Fornecer estatísticas e dados estratégicos em aspectos operacionais, financeiros e econômicos para avaliação do Plano Diretor e das políticas a serem adotadas em seu âmbito.

Uma das principais características do Modelo do PDTU é sua robustez, pois foi construído com base em: (i) parâmetros de infraestrutura de redes existentes e projetadas; (ii) parâmetros operacionais dos diversos sistemas modelados; e (iii) grande quantidade de dados obtidos através de pesquisa domiciliar e pesquisa de interceptação. O modelo foi calibrado a partir desses dados para simular a realidade representada, garantindo precisão adequada ao seu propósito e caráter estratégico.

O Modelo do PDTU é completo e emprega quatro etapas para simular o comportamento do tráfego em uma variedade de situações e hipóteses (incluindo picos de demanda, cenários, etc). Um fator a ser observado é que o modelo permite mensurar o carregamento em trechos das redes modeladas, evidenciando eventuais 'sobrecargas' (ou 'subutilização') de trechos

específicos que resultam de alocações em um determinado cenário. Entretanto, o Emme não permite simulações com restrição de capacidade²⁰.

²⁰ No caso do Modelo do PDTU, restrições de capacidade são incluídas no Emme (*inputs*) durante o processo de modelagem e refletem características da rede. Assim, se um *link* tem uma determinada capacidade, essa restrição é considerada nas alocações resultantes das execuções no Emme, que distribuem uma determinada demanda. Dependendo da demanda, podem ser alocados volumes compatíveis, inferiores ou superiores à restrição de capacidade nominal do *link*. Note-se que o Emme não permite alterar as restrições modeladas para estudos de gerenciamento dinâmico de tráfego, etc. **As restrições atribuídas às diversas partes da rede são fixas dentro do modelo.**

3 UTILIZAÇÃO DO MODELO DO PDTU

3.1 Interface Gráfica do Usuário com Base em Excel (GUI²¹)

Em função de sua complexidade, a recente modelagem do PDTU foi realizada empregando-se uma série de macros (no Emme) que contêm os comandos necessários à execução de simulações de alocação de tráfego, gerando resultados mensuráveis.

Em teoria, é possível executar o Modelo do PDTU diretamente no Emme utilizando macros. Contudo, devido à complexidade da modelagem da rede do PDTU, foi desenvolvida uma interface executável em Excel (GUI) visando facilitar a utilização para os usuários.

A GUI permite que os usuários determinem parâmetros específicos para o modelo, que, então, será simulado no Emme (por exemplo, testar aumento nas tarifas de transporte coletivo, inserir novas linhas e serviços de transporte, definir diferentes parâmetros no VDM²² e introduzir mudanças no uso e ocupação do solo). Esse processo é realizado automaticamente através da GUI que gera uma macro e, então, faz a transferência dos parâmetros para o Emme. Esses parâmetros são *inputs* que podem ser guardados separadamente em arquivos CSV²³ e TXT²⁴, servindo como registros do que foi executado no modelo. No caso do PDTU, dados arquivados em laboratório registram todos os parâmetros empregados na modelagem e nas diversas simulações de cenário realizadas (Vide Relatório 7).

Ademais, é possível fazer um *upload* dos arquivos de parâmetros do Modelo do PDTU utilizando modelos que foram executados anteriormente na extensão CSV, permitindo a realização de testes com esforço mínimo de edição. Este recurso permite que os usuários recriem resultados do modelo a partir de um ponto no futuro, viabilizando a execução e verificações comparativas dentro do modelo. O modelo possui uma série padronizada de parâmetros que, no estudo em questão, são os valores obtidos no processo de calibração.

²¹ GUI - Graphical User Interface, 'Interface Gráfica do Usuário' em tradução livre, consiste em um aplicativo ou conjunto de aplicativos desenvolvido em linguagem de programação computacional, cuja utilização é facilitada por elementos gráficos, tais como ícones, botões e outros dispositivos, disponibilizados em uma plataforma digital simples, usualmente através de interface WEB ou em arquivos do MS Excel. No caso do Modelo do PDTU, a GUI é acessada através do Excel e permite ao usuário interagir com o Emme através de botões, ícones e outros indicadores visuais, agilizando o processo de edição de parâmetros e execução de simulações. A vantagem de se empregar a GUI é facilitar a utilização de um modelo complexo de forma mais simples, em contraste à interface tradicional, baseada em linhas de comando com sintaxe específica, entradas diretamente no Emme. Por favor, veja Guia do Usuário, desenvolvido especificamente para a Excel GUI escrita para o PDTU.

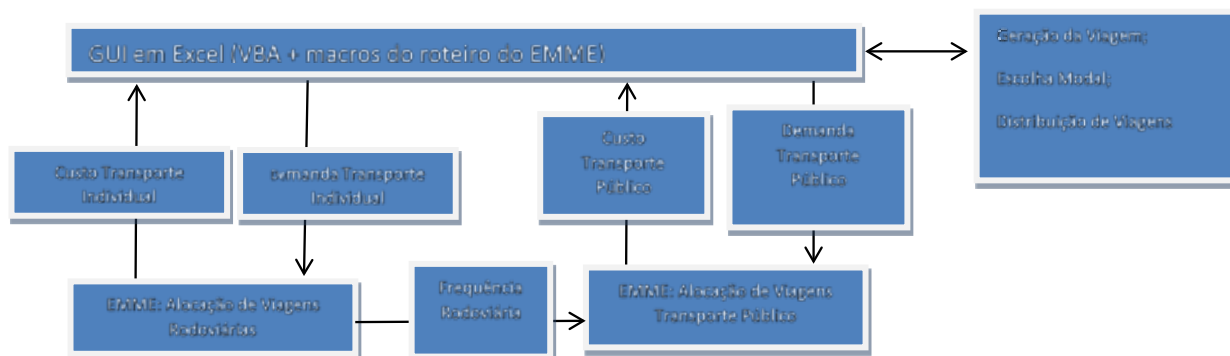
²² VDM - Variable Demand Model. Em tradução livre, Modelo de Demanda Variável.

²³ CSV – Extensão de arquivo digital do tipo *Comma-Separated Values*. Em tradução livre, Valores Separados por Vírgulas

²⁴ TXT - Arquivo de Texto

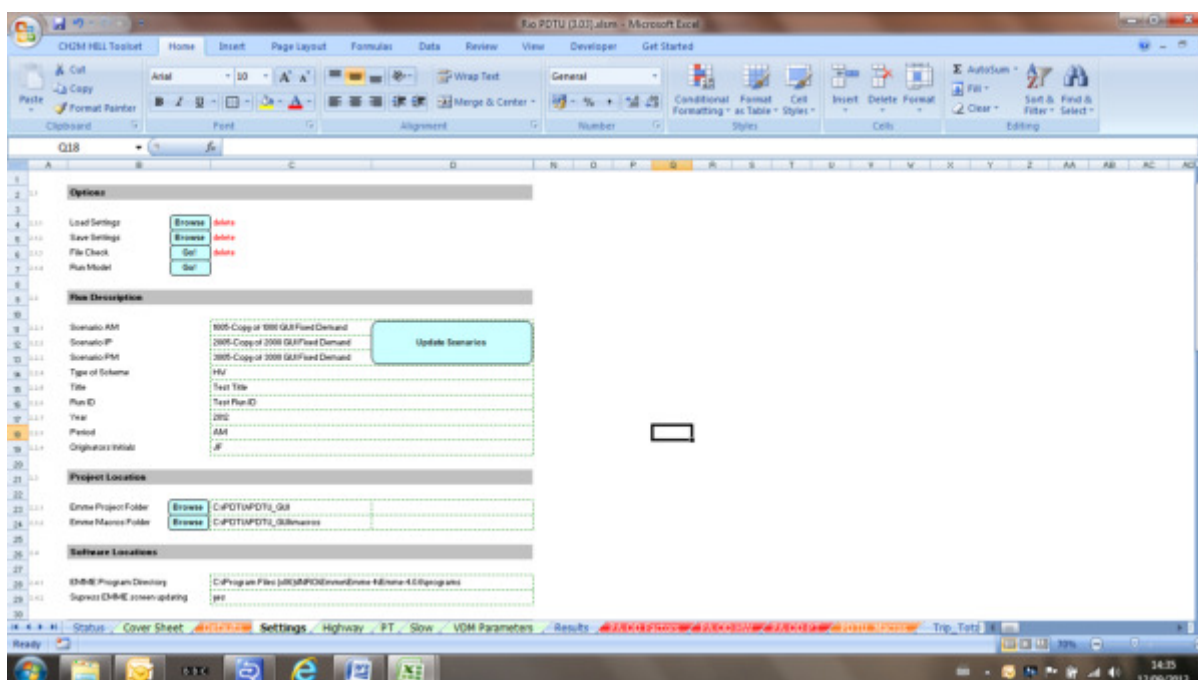
Após a execução do modelo, os resultados obtidos podem ser exportados para uma tabela de Excel, permitindo que o usuário tenha uma visão geral da modelagem executada, gerando, assim, uma série padronizada de resultados e transformando as informações mensuradas do modelo em ‘passageiro x Km’, ‘veículo x Km’, matrizes setoriais e assim por diante. As figuras 3.1.1 e 3.1.2, a seguir, representam o esquema teórico e a interface efetiva do modelo, respectivamente.

Figura 3.1.1 – Representação Esquemática do Excel GUI e Interação com o Emme



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 3.1.2 – Aparência da interface gráfica desenvolvida para os usuários do Modelo do PDTU



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Outra vantagem da interface com o Excel é que todas as matrizes podem ser elaboradas e manipuladas diretamente para a geração e a distribuição de viagens. Esse recurso permite que os dados das zonas, como por exemplo cenários de uso e ocupação do solo, sejam ‘cortados e colados’ no Excel, agilizando o recálculo de matrizes de alocação de tráfego de todos os tipos de transportes individuais e coletivos.

As macros VBA²⁵ feitas no Excel entram no Emme também como macros. Por esse motivo, é necessário que o usuário defina os parâmetros de base a serem carregados, ou como arquivo CSV ou digitados diretamente.²⁶ A GUI aproveita a capacidade do Emme de importar esses arquivos de texto e de exportar os mesmos para realizar a transferência de dados com mais agilidade entre o Emme e o Excel.

O Excel possibilita a produção de arquivos TXT contendo toda a codificação necessária e os dados do modelo, permitindo, assim, que o Emme possa executar o modelo de alocação de tráfego ou gerar matrizes detalhadas de custo/período. Os resultados obtidos no Emme são, então, copiados e exportados para uma planilha Excel. Desta forma, os usuários, na maioria das vezes, podem realizar testes de modelos específicos utilizando a GUI diretamente sem a necessidade de, sequer, abrir e operar o Emme.

Como as macros do Emme e VBA já estão inseridas na GUI Excel, a maioria dos usuários não precisa ter conhecimento de como as macros funcionam (veja mais detalhes adiante). Fazem-se necessários, apenas, conhecimentos básicos de Emme para poder realizar uma análise crítica dos resultados do Modelo do PDTU ou, em casos mais particulares, realizar alterações da rede dentro do editor do próprio Emme.

Quaisquer variantes e ajustes futuros em modelos construídos ou atualizados no âmbito do PDTU devem ser elaborados a partir da GUI Excel, que permite aos usuários selecionar redes específicas para testar e definir todos os parâmetros de comportamento. Outra vantagem da interface através do Excel é que o Emme é mais rápido no modo NG²⁷, o que melhora a velocidade de execução geral do modelo PDTU.

²⁵ VBA - *Visual Basic for Application*. Em tradução livre, linguagem de programação básica, com recursos visuais, para desenvolvimento de aplicativos e rotinas em software.

²⁶ Nota: as folhas de código VBA têm bloqueios que limitam a quantidade de caracteres utilizados pelo usuário visando evitar excessos.

²⁷ NG - *Non-graphical*. Em tradução livre, ‘não-gráfico’, referindo-se a um dos métodos de utilização do Emme.



3.2 Tipo de Execução no Modelo do PDTU

O Modelo do PDTU pode ser executado em dois modos:

- **4 Etapas:**
 - Neste modo, o modelo é executado em todas as etapas: geração de viagens, escolha modal, distribuição de viagens e alocação de tráfego. A execução completa de 10 ciclos dura, no mínimo, 8 horas, podendo o número de ciclos ser determinado pelo usuário. O tempo de execução do modelo reflete a grande quantidade de cálculos necessários para cada ciclo de iteração da matriz; e
- **Demanda Fixa:**
 - No modo Demanda Fixa, o modelo utiliza as matrizes calibradas que têm base anual de dados de 2012, tornando-o ideal para verificar e testar mudanças de rede. Executam-se apenas alocações de tráfego e o processo todo demora aproximadamente 20 minutos. O modo de Demanda Fixa permite executar um ou mais modais de transporte de uma vez.

Os usuários devem observar que, para a análise da rede de transporte coletivo, a alocação de transporte individual deve ser executada anteriormente, pois o tempo associado aos deslocamentos realizados em ônibus pode ser influenciado pelo compartilhamento do sistema viário com automóveis e caminhões.

4 VISÃO GLOBAL DO MODELO DO PDTU

Este capítulo fornece uma visão geral acerca do modelo matemático criado para o PDTU. Apesar de fornecer informações importantes e explicar alguns dos passos fundamentais do trabalho realizado, o capítulo não visa encerrar o detalhamento de todas as etapas de criação e calibração do modelo, o que se faz mais adiante neste relatório.

4.1 Desenvolvimento do Modelo

O PDTU é um plano estratégico multimodal que abrange a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, capaz de estimar o desempenho da sua rede de transportes. O Modelo do PDTU é construído matematicamente de forma a disponibilizar recursos técnicos e variáveis relevantes ao planejamento de transportes e permite mensurar, de forma antecipada, impactos que mudanças socioeconômicas causarão na realização das viagens e no comportamento dos usuários. O modelo auxilia o estudo de alterações necessárias/ desejáveis na rede e sistemas, podendo deste modo subsidiar toda uma política de transporte a partir de simulações e análises técnicas.

O modelo pode ser usado para testar diversas mudanças, tanto em relação à oferta quanto à demanda, seja através da criação de novos cenários para o uso e ocupação do solo e evolução de padrões de socioeconômicos (demanda), seja através de alterações na rede e serviços de transporte (oferta).

O Modelo do PDTU é um modelo de transporte tradicional de quatro etapas que pode ser usado para simular previsões de crescimento no total de viagens, na mudança de padrões de viagem, no modal escolhido e em definições de rotas através das redes de transporte coletivo e individual.

A demanda do modelo é definida a partir de um dia de 24 horas para determinar as P/As²⁸ e, então, gerar as 8 matrizes parciais, sendo estas: 4 de motivos de viagem x 2 de tipos de transporte (individual e coletivo). A partir dessas matrizes são derivados parâmetros de calibração para o modelo sintético final. Para maiores, informações vide o Anexo A.

A matriz P/A é dividida em períodos de tempo pré-definidos e geram as matrizes O/D individuais. A matriz P/A parcial reflete os padrões das viagens atuais realizadas na RMRJ e assegura que a matriz sintética permaneça condizente e capaz de replicar, de forma satisfatória, o comportamento de viagens dentro da RMRJ. Embora não seja possível obter todos os movimentos O/D das pesquisas RSI²⁹, pois algumas das células da matriz não foram observadas e completadas devido ao grande número de zonas, a matriz sintética se encarrega de criar todos os movimentos entre origem e destino, mesmo onde a matriz O/D das pesquisas RSI não tenham sido completadas. De

²⁸ P/A - Production / Attraction. Em tradução livre, Produção/Atração.

²⁹ RSI - Roadside Interview Surveys. Em tradução livre, Pesquisas de Intercepção – Vide Relatório 4.



forma sintética, portanto, são geradas todas as viagens entre os pares O/D que, então, formam a matriz de demanda empregada no modelo.

As taxas de produção e de atração de viagens são estimadas a partir das pesquisas domiciliares, dentro da matriz P/A. Essas pesquisas seguiram o Plano Amostral definido (vide Relatório 4 – Planejamento e Execução de Pesquisas), enquanto dados da população e dos empregos levantados pelo Censo IBGE de 2010 foram utilizados para fatorar as informações pesquisadas. Utilizando esta metodologia, o número total de viagens verificadas no interior da matriz foi estimado em cerca de 22,5 milhões (em abril de 2012) comparados aos 19,9 milhões verificados no PDTU de 2003. Ou seja, observou-se um aumento de 13,57%.

As viagens verificadas na matriz sintética devem ser distribuídas em pares de origem e destino para criar uma matriz que possa ser alocada no Emme. Tendo como base a matriz parcial P/A, derivam-se os parâmetros para a distribuição de viagens observadas. Para isso, utilizam-se origem e destino, motivos de viagem e custos generalizados, que são parametrizados e calculados a partir do modelo.

Assim, a distribuição no modelo é baseada no comportamento observado nas pesquisas. A distribuição da extensão das viagens modeladas é comparada à distribuição e extensão das viagens observadas, o que encontra-se detalhado mais adiante neste relatório. Os parâmetros de extensão de viagem são, então, aplicados na distribuição dos destinos de viagem utilizando-se um modelo gravitacional duplamente restrito (para base domiciliar – casa/trabalho e base domiciliar – casa/estudo) e simplesmente restrito (para base domiciliar – casa/outros e base não domiciliar), gerando uma matriz sintética P/A completa. Logo, este processo de geração de uma matriz sintética P/A completa é realizado para os quatro motivos de viagem dentro do modelo, configurando quatro matrizes P/A separadas por motivo. A próxima etapa é converter a matriz P/A em uma matriz O/D (para maiores detalhes, vide Capítulo 7).

É importante ressaltar que a rede, para cada período de tempo, reflete as variações de fluxo que ocorrem em algumas partes da RMRJ, bem como variações na duração do pico que ocorrem em alguns modais. Os ônibus, por exemplo, apresentam duração do pico da demanda inferior àquela dos carros.

4.2 Calibração do Modelo

O processo de calibração do Modelo do PDTU tenta replicar o comportamento observado nas pesquisas através de parâmetros, que são ajustados até que se atinja um nível satisfatório de convergência. A calibração é alcançada comparando-se os fluxos de tráfego alocados pelo modelo com as pesquisas de contagens de tráfego observadas (neste caso, 142 pontos de contagem individuais).

Outros ajustes são feitos para assegurar que o modelo apresente um número adequado de viagens, em cada período de tempo, ajustados aos fatores P/A e O/D. O produto final desse processo é uma matriz sintética.

O Modelo do PDTU foi calibrado considerando-se dois períodos: pico da manhã (AM)³⁰ das 07:00h às 8:00h e pico da tarde (PM)³¹ das 17:30h às 18:30h.

A matriz sintética estimada é, então, aplicada na fase final do processo de calibração, assegurando-se de que o modelo alcance um nível na qualidade do ajuste apropriado ao seu propósito estratégico. Ao final deste processo, é estimada uma matriz de alocação. A diferença entre as matrizes de alocação e as sintéticas é denominada matriz delta.

A matriz delta é mantida constante no processo de previsão, o que conserva o *link* entre as premissas de planejamento e as duas matrizes de alocação finais de tráfego (AM e PM), permitindo que o Modelo do PDTU funcione como um modelo tradicional absoluto de quatro etapas.

A matriz delta deve permanecer constante ao longo do tempo e deve ser vista essencialmente como fator de ‘correção’, podendo ser adicionada em qualquer matriz gerada e em qualquer cenário futuro da modelagem. Isso é feito como uma medida de consideração da margem de erro do modelo, associada a fatores que ele não pode incorporar. Cabe destacar que um objetivo paralelo no processo da calibração é minimizar os ajustes da matriz delta.

4.3 PDTU como uma Ferramenta de Planejamento Estratégico

O Modelo do PDTU é utilizado para planejamento estratégico, pois estima o número absoluto total de viagens para anos futuros, a partir de um modelo de demanda variável. Isto quer dizer, que, embora o modelo seja calibrado no ano base para replicar a matriz parcial, ele gera um número absoluto de viagens na forma de uma matriz sintética que servirá de modelo para anos futuros. O Modelo do PDTU aloca uma matriz sintética de previsão de ano futuro, incluindo uma matriz delta, como explicado anteriormente, o que compensa possíveis erros na matriz sintética aplicada. Uma comparação entre ano futuro e ano base mostra as mudanças nas viagens ao longo da rede modelada.

4.4 Modelo de Quatro Etapas

O procedimento completo do modelo de quatro etapas utiliza princípios básicos da modelagem absoluta de transportes de quatro etapas, podendo ser resumido como segue:

- Etapa 1: Geração de Viagens – determina as produções (geralmente a partir de locais de origem, ou de moradia) e atrações das viagens em uma determinada zona de tráfego (para atividades de trabalho ou outros locais de atividades econômicas);

³⁰ AM - *Ante Meridiem*. Em tradução livre, Manhã

³¹ PM - *Post Meridiem*. Em tradução livre, Tarde

- Etapa 2: Distribuição de Viagens – estima o número de viagens entre pares de zonas de tráfego, gerando uma matriz O/D para a área de estudo, a partir de dados do ano base (pesquisa) e das projeções de P/A para os anos futuros. (vide Seção 4.1 e Capítulo 7 para mais detalhes)
- Etapa 3: Escolha modal – seleciona o modo de transporte, individual ou coletivo, com base em variáveis tais como características socioeconômicas e da qualidade da oferta dos sistemas de transportes. Neste processo, os modais lentos³² (deslocamentos a pé ou de bicicleta que também fizeram parte da pesquisa) não são considerados na modelagem estratégica;
- Etapa 4: Alocação de tráfego – aloca as viagens de transporte individual e transporte coletivo, para suas respectivas redes, entre origens e destinos. Estão incluídas na alocação do transporte coletivo do Modelo do PDTU as viagens de: ônibus, metrô, barca, trem e BRT. Dentro do Emme, os tempos de viagem são compartilhados entre redes de transporte individual e redes de transporte coletivo (segregadas, onde não compartilham a mesma infraestrutura; e não segregadas, onde compartilham a mesma infraestrutura, sendo esta última somente aplicada aos ônibus que compartilham a mesma infraestrutura física do transporte individual). Isto garante que os tempos de viagem se mantenham os mais precisos, dentro das possibilidades de uma simulação matemática.

Em todo modelo de quatro etapas é necessário alcançar a convergência entre os dados modelados e os dados observados para o ano base, a fim de que possam ser realizadas considerações relevantes à previsão de horizontes futuros da rede de transporte modelada. Nesse sentido, os modais considerados no PDTU foram divididos, antes da distribuição das viagens, em transporte individual, transporte coletivo e modais lentos. No entanto, os modais lentos (bicicleta e pedestres), conforme anotado acima e no rodapé desta página, não foram alocados à rede por percorrem pequenas distâncias e corresponderem a rotas dificilmente constantes e pré-definidas entre origem e destino. Portanto, esses modais não foram incluídos na modelagem com o intuito de se evitar que na etapa de alocação houvesse um aumento irreal na demanda de viagens. Como um modelo estratégico, cobrindo uma rede complexa e uma área de estudo vasta, o modelo matemático desenvolvido para o PDTU considera apenas os modais que transitam entre as 730 zonas, circulando sobre uma rede pré-definida.

A figura 4.4.1, mais adiante, mostra a estrutura essencial do Modelo do PDTU, omitindo algumas ligações secundárias que constituem o modelo matemático, para facilitar o entendimento. A Figura ilustra, ainda, a dinâmica dos *inputs* da base do Modelo do PDTU. O maior volume do trabalho dos computadores envolve as iterações necessárias nas etapas de distribuição, escolha modal e

³² A rede modelada do PDTU não considerou os modais lentos, pois estes cobrem apenas pequenas distâncias (de até aproximadamente 4 Km, normalmente intrazonais) e não são considerados relevantes para a modelagem estratégica de uma região metropolitana do porte da RMRJ. Portanto, os modais lentos foram removidos da etapa de escolha modal como *default*, e não impactam diretamente a capacidade da rede modelada.

alocação de tráfego (transporte coletivo e individual). O objetivo das iterações é atingir o estado de equilíbrio entre as demandas de cada modal de transporte e a correspondente oferta disponível (entendida como o somatório entre as capacidade do transporte coletivo e do transporte individual, isto é, a capacidade do sistema viário utilizável por automóveis e outros veículos particulares englobados no modo HW³³), gerando tempos e custos estáveis para as viagens, que, por sua vez, podem ser utilizados para simulações, cujos resultados são considerados confiáveis para fins de planejamento estratégico.

Para viabilizar a execução de um modelo como o do PDTU, faz-se necessário levantar dados tais como locais de trabalho, estudo ou quaisquer outros locais de atração, que são manipulados e considerados, dentro do Modelo do PDTU, como destinos das viagens, entre as 730 zonas integrantes da RMRJ.

Conforme explicado no item 3.2, a GUI permite que o modelo seja executado no modo de demanda fixa ou no modo de quatro etapas (pois o Modelo do PDTU é um modelo de demanda variável). O modo de demanda fixa tem execução mais rápida, pois emprega matrizes calibradas já existentes dentro do modelo (obtidas em etapas anteriormente finalizadas de Geração e Distribuição de viagens). Essas matrizes podem sempre ser (re)utilizadas para gerar e testar variações de rede e parâmetros operacionais em cenários.

Na etapa de escolha modal, as produções e as atrações das viagens, juntamente com os custos extraídos da rede são distribuídos por motivo de viagem para rede de transporte individual, coletivo e modais lentos (os modais lentos não estão na figura 4.4.1, pois não foram alocados na rede).

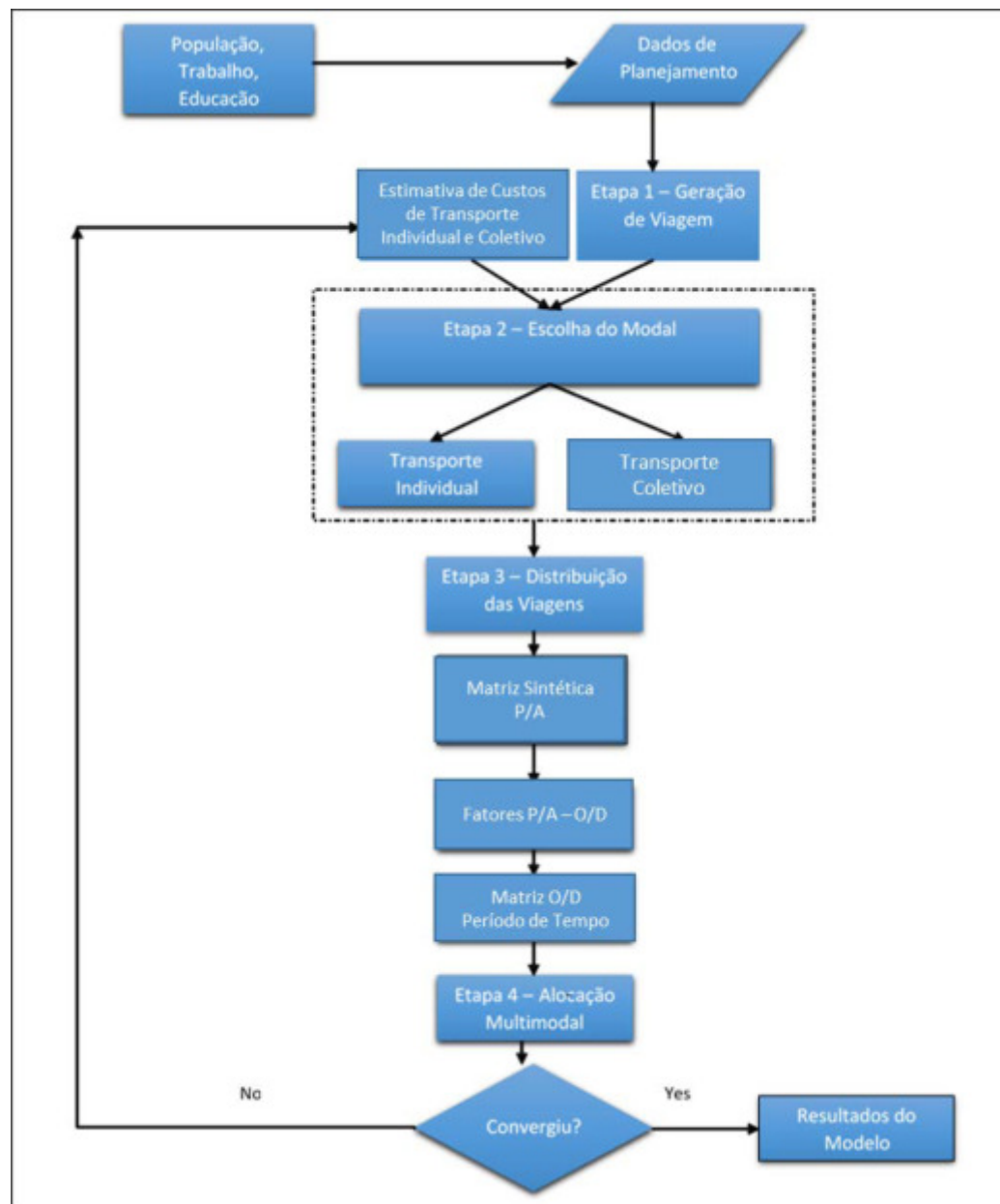
Após a execução da etapa de escolha modal, os motivos das viagens são distribuídos, possibilitando gerar a matriz P/A que engloba as 730 zonas do modelo. A matriz P/A representa todas as viagens realizadas dentro da RMRJ em um período de 24 horas.

Geralmente, a escolha modal acontece antes da distribuição, já que interfere diretamente nos custos generalizados do modelo. Contudo, é possível que a ordem de execução dessas etapas seja invertida iterativamente, como se verá mais adiante nesse relatório.

A matriz P/A é dividida em matrizes de O/D para cada um dos períodos modelados (AM e PM). A matriz O/D é, então, alocada na rede juntamente com as viagens de veículos que ocorrem nas redes de transporte individual e coletivo. Esse processo é repetido até que o modelo atinja a convergência, momento no qual os custos generalizados são estabilizados.

³³ Highway. Em tradução livre, *modo rodoviário* da etapa de alocação de tráfego do Emme, de relevância direta para o Transporte Individual.

Figura 4.4.1 – Modelo de Quatro Etapas do PDTU



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Não há critérios de quantificação específicos para a convergência no modelo, cabendo ao usuário verificar a coerência dos resultados obtidos, principalmente, quando os efeitos possam ser pequenos e os resultados ofuscados pela não convergência. Caso sejam necessários, ciclos adicionais podem ser executados com o intuito de se alcançar uma melhor convergência. Por esse motivo, a boa prática consiste em garantir que tanto as referências quanto os testes prévios sejam criados com o mesmo número de ciclos. Após a verificação da precisão dos resultados obtidos, inicia-se a preparação das previsões e das avaliações.

Para criar um modelo ou um cenário de referência para que novos dados de planejamento possam ser inseridos (ligados a alterações previsíveis do uso do solo ou tendências de mudanças demográficas e socioeconômicas, etc.), é necessário que o modelo completo seja executado, pois novos dados de planejamento impactam a demanda considerada na modelagem. Alguns cenários distintos podem ser comparados para verificação dos efeitos causados pelas mudanças nos dados. Também é possível fazer essa comparação juntamente com as redes (no caso de avanços futuros, por exemplo) ou com uma rede constante (para mudança do local de trabalho, por exemplo).

Os cenários de rede são testados através da comparação na execução de dois testes completos com a mesma base de dados e mesmos fatores de atração gerados com e sem os cenários. Pode ser criada uma base com ano de 2012, por exemplo, e criado um cenário com ano 2016; executa-se o modelo e comparam-se os resultados do ano base com o cenário simulado. O modelo é capaz de modelar ambos os efeitos de redistribuição, bem como a realocação de tráfego, pois as alterações na rede alteraram os custos e, consequentemente, a distribuição das viagens.

4.5 Definição dos Dados do Modelo do PDTU

O desenvolvimento do Modelo do PDTU envolveu uma grande pesquisa e coleta de dados. Seguem algumas fontes de dados que serviram de base para o modelo:

- Dados econômicos e de planejamento para 2012 que têm como base os dados do IBGE do Censo 2010 (projetados para os anos futuros de 2016 e 2021, incluídos no âmbito do PDTU – Vide Relatório 7),
- Pesquisas domiciliares utilizadas para as etapas de geração de viagens e escolha modal. 12.650 pessoas foram entrevistadas em 4.437 domicílios (para mais detalhes, verificar Relatório 4));
- Dados da pesquisa de origem e destino (com base nos dados de RSI³⁴), usados para desenvolver a matriz parcial e para calibrar a etapa de distribuição de viagens;
- Contagens volumétricas, tanto do transporte individual, como do transporte coletivo, foram utilizadas para calibrar o modelo;
- Tempos de viagens coletados nas pesquisas, utilizados para validar o modelo;
- Redes de transporte individual e coletivo, incluindo todos os *links* de fluxo, foram utilizadas para representar o lado da oferta.

Os dados econômicos e de planejamento solicitados pelo modelo consistem em várias informações sobre a população, famílias, população economicamente

³⁴ RSI - Roadside Interview Surveys. Em tradução livre, Pesquisas de Intercepção.

ativa, zonas de trabalho e crescimento do PIB³⁵ (utilizado para estimar valores do tempo). Sempre que necessário, algum detalhe adicional poderá ser sintetizado a partir de dados geograficamente agregados.

As redes de transporte individual e coletivo são necessárias para o ano base (2012) e também para as previsões das bases dos anos futuros e quaisquer outros cenários que estejam sendo testados. A tabela 4.5.1 mostra a quantidade de pesquisas de origem e destino realizadas.

Tabela 4.5.1 – Pesquisas de Origem e Destino

Pesquisa de Origem e Destino	Quantidade
Interceptação	177.750
Metrô	12.277
Trem	27.798
Barcas	2.265
Rodoviárias	2.234
Aeroportos	2.077
Cordão externo	15.880
Total de Pesquisas	240.281

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

4.6 Abrangência Geográfica

A área de abrangência do Modelo do PDTU engloba 20 municípios e está subdividida em 730 zonas de tráfego, constituídas por redes de transportes e pelo conjunto de investimentos planejados nela inseridos. Informações mais detalhadas podem ser encontradas no Relatório 5 - Análise da Evolução e Tendências Futuras do Uso do Solo.

Ficou definido preteritamente que o sistema de zonas adotado para o Modelo do PDTU seria baseado nos setores do IBGE. Dessa forma foi possível garantir a compatibilidade entre os dados modelados e os dados do Censo disponíveis, minimizando a excessiva manipulação de informações de planejamento antes que as mesmas fossem introduzidas no modelo.

4.7 Rede do Modelo do PDTU

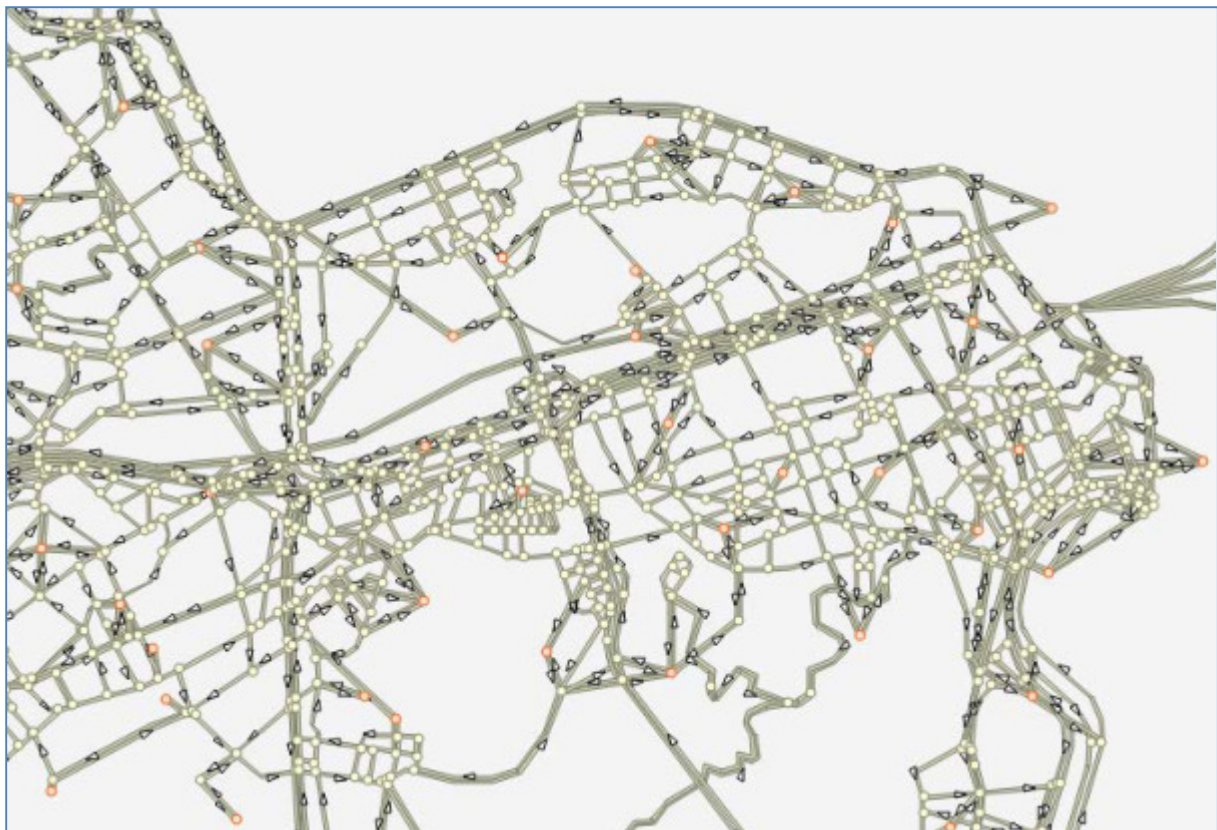
A figura 4.7.1 é a representação de um detalhe da rede que ilustra alguns dos modais encontrados na RMRJ e a estrutura complexa de nós e links nessa parte da cidade do Rio de Janeiro. O modelo completo para a RMRJ contém 43.156 links e 16.549 nós. Na figura, os centróides das zonas são identificados como nós com bordas coloridos e os nós que definem as diversas vias da rede são

³⁵ PIB – Produto Interno Bruto

identificados como nós com bordas na cor cinza. A partir dos centróides, as viagens originadas ou destinadas a uma determinada zona, ingressam ou egressam na/da rede, permitindo ao modelo alocar volumes de tráfego na mesma.

A tabela 4.7.1 apresenta um resumo dos *links* e nós dentro do modelo. O grande número de segmentos de linhas de transporte coletivo é consequência da extensa rede de ônibus em toda a RMRJ.

Figura 4.7.1 – Detalhe da Rede PDTU Emme



Fonte: Emme - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 4.7.1 – Links das Redes e Nós

Características do Modelo	Número
Emme – Tamanho da Licença	Tamanho 7
Modais	11
Centróides/Zonas do Modelo	730
Transporte Coletivo	3.060
Nós Regulares	16.549
Links Direcionados	43.156
Segmentos de Linha	272.079

Fonte: Emme - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

A tabela 4.7.2 resume os tipos de *links*, por hierarquia, dentro do modelo e na tabela 4.7.3 podem-se verificar os tipos de veículo considerados. Se tomarmos a barca como exemplo, observa-se que esta possui 40 *links* somando uma distância total de 108,75 Km.

Dentro do Emme, cada link pode ser consultado filtrando-se um ou mais modais, permitindo assim a diferenciação dos dados entre as redes. Por exemplo, dentro do Emme pode-se utilizar o código 'f' para definir o modal 'barca' e, com isso, alocar os *links* relativos a esse modal (ver tabela 4.7.3). Desta maneira, para selecionar tudo relativo ao modal 'f', basta realizar um filtro simples no modelo.

Seguindo esse raciocínio, o modal metrô está 'autorizado' a usar *links* do tipo metrô. Como os caminhões não podem utilizar a Ponte Rio-Niterói durante o horário de pico da manhã, os *links* vinculados ao transporte de carga que correspondem à Ponte são desconsiderados dentro de um período estipulado, e assim por diante em todos os modais.

A Tabela 4.7.4 ilustra os intervalos de nós dentro da rede, enquanto a Tabela 4.7.5 evidencia capacidades e tipos de veículo considerados para a calibração (observe-se que capacidade e tipo de veículo podem ser manipulados para simulação de cenários futuros – vide Relatório 7, a fim de representar alterações operacionais planejadas ou sugeridas para sistemas de transporte).

Tabela 4.7.2 – Tipos de *Link*

Hierarquia	Tipo	Número de <i>Links</i>	Comprimento (Km)
Estrada	1	419	592,84
Expressa Principal	2	1.652	1.015,57
Expressa Marginal	3	509	133,68
Arterial Primária Principal	4	798	192,78
Arterial Primária Marginal	5	474	71,83
Arterial Secundária - Baixo Atrito Lateral	6	993	267,42
Arterial Secundária - Alto Atrito Lateral	7	3.790	626,59
Coletora/Distribuidora	8	14.760	4.696,26
Local	9	11.008	3.505,06
Local	99	2.831	2.439,25
Metrô (Links de Integração)	101	183	20,49
Metrô	400	70	79,00
Metrô (Links de Integração)	401	391	123,33
Trem	500	196	427,34
Trem (Links de Integração)	501	575	160,76
Barca	600	8	97,78
Barca (Links de Integração)	601	32	10,97
BRT	700	86	92,46
BRT (Links de Integração)	701	4.353	1.619,64
VLT ³⁶	801	28	13,74

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

³⁶ VLT - Veículo Leve Sobre Trilhos

Tabela 4.7.3 – Tipos de Veículo

Código Emme	Modal	Nomenclatura Emme
c	Automóveis	AUTO
b	Ônibus (não integrado)	TRANSIT
i (intermunicipal)	Ônibus intermunicipal)	TRANSIT
x (municipal)	Ônibus (municipal)	TRANSIT
f	Barca	TRANSIT
m	Metrô	TRANSIT
r	BRT	TRANSIT
t	Trem	TRANSIT
w	Pedestre (tarifa integrada)	AUX_TRANSIT
l	Caminhão	AUX_AUTO
n	VLT	TRANSIT

Fonte: Emme - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 4.7.4 – Intervalos de Nós e Tipo de Veículo por Modal

Modal		Tipo do Veículo	Faixa de Intervalo	
			De	Para
m	Metrô	4xx	400000	499999
t	Trem	5xx	500000	599999
f	Barca	6xx	600000	699999
r	BRT	701	700000	799999
n	VLT (2016)	901	900000	999999

Fonte: Emme - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 4.7.5 – Capacidades e Tipos de Veículos

Veículo	Modal	Descrição	Equivalência do Auto	Capacidade Passageiros Sentados	Capacidade Total
101	b	Conv bus	2	45	60
102	b	Midi bus	2	35	45
103	b	Micro Bus	1	25	25
104	b	Rodoviário	2	35	45
201	x	Conv bus	2	45	60
202	x	Midi bus	2	35	45
203	x	Micro Bus	1	25	25
204	x	Rodoviário	2	35	45
301	i	Conv bus	2	45	60
302	i	Midi bus	2	35	45
303	i	Micro Bus	1	25	25
304	i	Rodoviário	2	35	45
401	m	Metrô	0	1.350	1.800

Veículo	Modal	Descrição	Equivalência do Auto	Capacidade Passageiros Sentados	Capacidade Total
403	m	Linh 3 Veh	0	900	1.200
501	t	TU_8	0	456	2.600
502	t	TU_4	0	228	1.300
601	f	Barcas_Tipo_1	0	1.300	1.300
602	f	Barcas_Tipo_2	0	1.000	1.000
603	f	Barcas_Tipo_3	0	350	350
701	r	BRT	2	90	180
901	n	VLT	0	100	400

Fonte: Emme - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

A lista completa de atributos dos usuários, matrizes e arquivos externos podem ser encontrados no Anexo I.

4.8 Características Físicas e Operacionais das Redes Simuladas

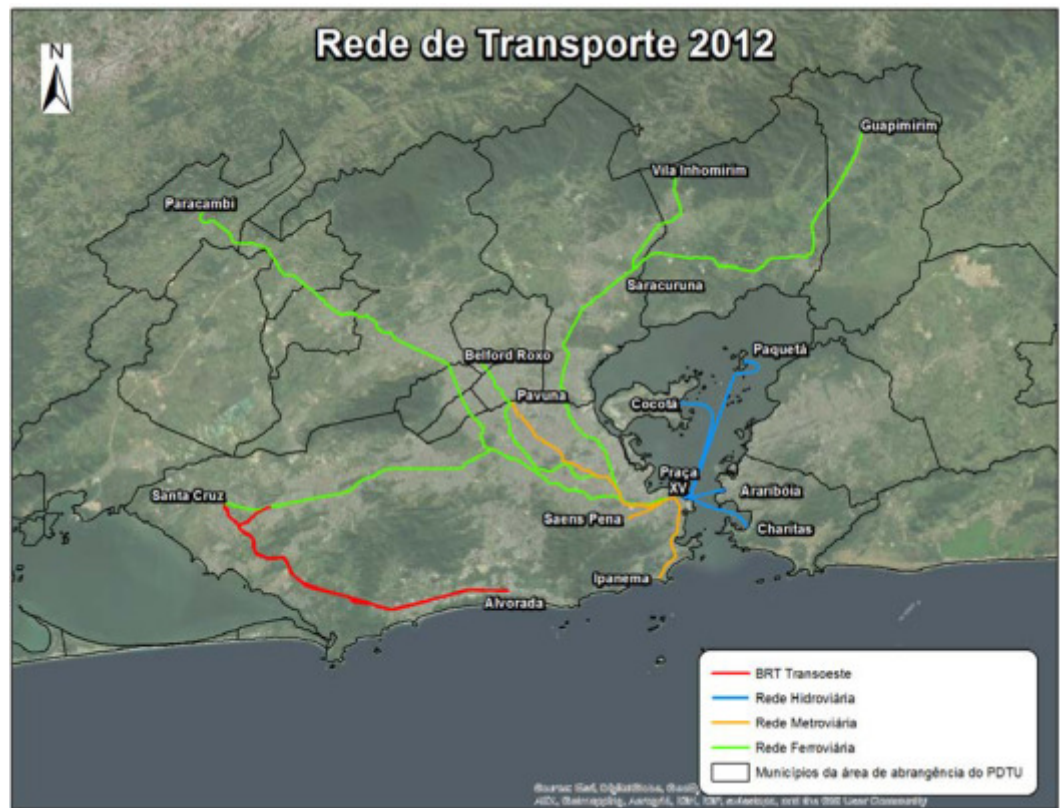
Nesta seção são apresentadas as características físicas e operacionais utilizadas na calibração do modelo de referência, relativas às modalidades de transporte existentes no ano de 2012.

A rede 2012 foi considerada como a alternativa *do nothing*, (tradução livre, *nada fazer*), a fim de possibilitar avaliações acerca de demandas atuais e futuras se nada for feito para ampliar ou modificar a rede existente/modelada em relação à rede existente em 2012, incluindo a rede viária e as redes/sistemas de transportes de alta capacidade, no âmbito da RMRJ.

Esta rede foi utilizada na calibração do modelo, considerando as informações disponíveis e os dados coletados em pesquisa de campo. As informações operacionais relativas a velocidade, tamanho, capacidade de composições e *headway* básico dos sistemas de transporte coletivo foram obtidas junto à Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e junto às concessionárias dos sistemas de trem, metrô e barcas. A pedido da Comissão de Fiscalização do PDTU, estes dados foram apresentados e ajustados durante reuniões conjuntas com o Consórcio. Entende-se, portanto, que tais dados sejam compatíveis com as necessidades da modelagem e que atendam ao contexto estratégico de planejamento no qual o PDTU está inserido.

Vale ressaltar que a modelagem para o ano base considerou inclusão parcial do BRT TransOeste, ou seja, somente o trecho que estava em operação na época, conforme ilustra a figura 4.8.1.

Figura 4.8.1 – Rede 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

A seguir será apresentada a Rede Viária existente em 2012 na área de abrangência do PDTU. Os parâmetros da rede aqui apresentados são os mesmos utilizados no Modelo do PDTU no Emme.

4.8.1 Rede Metroviária

A rede metroviária de 2012 possuía duas linhas: Linha 1 e Linha 2, operando com um total de 35 estações, sendo 10 compartilhadas pelas duas linhas.

Metrô Linha 1

A Linha 1 do metrô operava da estação Saens Pena à estação Ipanema/General Osório. Suas 19 estações, na ordem sentido Ipanema, eram; Saens Pena, São Francisco Xavier, Afonso Pena, Estácio, Praça Onze, Central, Presidente Vargas, Uruguaiana, Carioca, Cinelândia, Glória, Catete, Largo do Machado, Flamengo, Botafogo, Cardeal Arcoverde, Siqueira Campos, Cantagalo e Ipanema/General Osório.

Ao longo de todo o trecho entre a estação Central e a estação Botafogo era possível fazer a transferência para a Linha 2 do metrô. Na estação Central era possível ainda integrar com o modal trem. A extensão da Linha 1 era de 16,4 Km.

Os parâmetros operacionais da Linha 1 do metrô são apresentados na tabela 4.8.1.1 e seu traçado em 2012 é apresentado na figura 4.8.1.1.

Tabela 4.8.1.1 – Dados Operacionais Metrô Linha 1 em 2012

Descrição do Serviço	Capacidade por veículo (passageiro)	Headway ³⁷ (min)	Velocidade de Operação ³⁸ (Km/h)	Tarifa (R\$)	Quantidade de paradas no serviço
Saens Pena - Ipanema/ General Osório	1.800	6,00	60,00	3,2	19

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 4.8.1.1 – Metrô Linha 1 em 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

³⁷*Headway* - Intervalo de tempo entre veículos de um modal que utilizam a mesma rota.

³⁸A velocidade de operação é definida pela velocidade média do percurso de acordo com o tempo necessário para percorrer o mesmo, incluindo o tempo de paradas.

Metrô Linha 2

A Linha 2 do metrô operava da estação Pavuna à estação Botafogo. Era composta por 26 estações, na ordem sentido Botafogo: Pavuna, Engenheiro Rubens Paiva, Acari/Fazenda Botafogo, Coelho Neto, Colégio, Irajá, Vicente de Carvalho, Thomaz Coelho, Engenho da Rainha, Inhaúma, Nova América/Del Castilho, Maria da Graça, Triagem, Maracanã, São Cristóvão, Cidade Nova, Central, Presidente Vargas, Uruguaiana, Carioca, Cinelândia, Glória, Catete, Largo do Machado, Flamengo, Botafogo.

Ao longo de todo o trecho entre a estação Central e a estação Botafogo era possível fazer a transferência para a Linha 1 do metrô, enquanto nas estações Pavuna, Triagem, São Cristóvão e Central era possível integrar com o modal trem. A extensão da Linha 2, era de 30,5 Km.

Os parâmetros operacionais da Linha 2 do metrô são apresentados na tabela 4.8.1.2 e seu traçado em 2012 é apresentado na figura 4.8.1.2.

Tabela 4.8.1.2 – Dados Operacionais Metrô Linha 2 em 2012

Descrição do Serviço	Capacidade por veículo (passageiro)	Headway (min)	Velocidade de Operação (Km/h)	Tarifa (R\$)	Quantidade de paradas no serviço
Pavuna - Botafogo	1.800	6,00	60,00	3,2	26

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 4.8.1.2 - Metrô Linha 2 em 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Integrações da rede metroviária em 2012

A figura 4.8.1.3 apresenta as integrações intermodais possíveis entre os sistemas metroviário e ferroviário na rede de 2012. Como já citado, estas integrações eram feitas nas estações Pavuna, Triagem, São Cristóvão e Central.

Figura 4.8.1.3 – Integrações da Rede Metroviária em 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

4.8.2 Rede Ferroviária

Em 2012, a rede ferroviária possuía 98 estações ao longo de 252,7 Km de extensão. O sistema operava com 8 ramais, que compartilham várias estações entre si, sendo eles: Deodoro, Santa Cruz, Japeri, Paracambi, Belford Roxo, Saracuruna, Vila Inhomirim e Guapimirim.

A lista completa das 98 estações era: Dom Pedro II (Central), Praça da Bandeira, São Cristóvão, Maracanã, Mangueira, São Francisco Xavier, Riachuelo, Sampaio, Engenho Novo, Méier, Engenho de Dentro, Piedade, Quintino, Cascadura, Madureira, Oswaldo Cruz, Prefeito Bento Ribeiro, Marechal Hermes, Deodoro, Vila Militar, Magalhães Bastos, Realengo, Padre Miguel, Guilherme da Silveira, Bangu, Senador Camará, Santíssimo, Augusto Vasconcelos, Campo Grande, Benjamim do Monte, Inhoaíba, Cosmos, Paciência, Tancredo Neves, Santa Cruz, Ricardo de Albuquerque, Anchieta, Olinda, Nilópolis, Edson Passos, Mesquita, Presidente Juscelino, Nova Iguaçu, Comendador Soares, Austin, Queimados, Engenheiro Pedreira, Japeri, Parada Doutor Eiras, Lages, Paracambi, Triagem, Jacarezinho, Del Castilho, Pilares, Tomás Coelho, Cavalcanti, Mercado de Madureira, Rocha Miranda, Honório Gurgel, Barros Filho, Costa Barros, Pavuna/São João do Meriti, Vila Rosali, Agostinho Porto, Coelho da Rocha, Belford Roxo, Manguinhos, Bonsucesso,

Ramos, Olaria, Penha, Penha Circular, Brás de Pina, Cordovil, Parada de Lucas, Vigário Geral, Duque de Caxias, Gramacho, Campos Elíseos, Jardim Primavera, Saracuruna, Morabi, Imbariê, Manoel Belo, Parada Angélica, Piabetá, Fragoso, Vila Inhomirim, Suruí, Magé, Jardim Nova Marília, Jororó, Citrolândia, Parada Ideal, Parada Capim, Parada Modelo, e Guapimirim.

Nas estações Central, São Cristóvão, Triagem e Pavuna era possível integrar com o metrô; já nas estações Santa Cruz e Paciência era possível integrar com o BRT TransOeste.

O traçado da Rede Ferroviária em 2012 é apresentado na figura 4.8.2.1 e as integrações são apresentadas na figura 4.8.2.2. Os parâmetros operacionais da rede ferroviária em 2012 são apresentados na tabela 4.8.2.1.

Tabela 4.8.2.1 – Dados Operacionais da Rede Ferroviária em 2012

Descrição do Serviço	Capacidade por veículo (passageiro)	Headway (min)	Velocidade de Operação (Km/h)	Tarifa (R\$)	Quantidade de paradas no serviço
Deodoro - Central	1.300	18	40	2,90	19
Santa Cruz - Central	2.600	16	50	2,90	23
Bangu - Central	1.300	30	40	2,90	25
Japeri - Central	2.600	18	50	2,90	19
Nova Iguaçu - Central	2.600	45	40	2,90	14
Belford Roxo - Central	1.300	18	40	2,90	18
Gramacho - Central	2.600	25	40	2,90	15
Saracuruna - Central	2.600	30	40	2,90	18
Paracambi - Japeri	1.300	60	40	2,90	4
Central - Queimados	2.600	45	40	2,90	18
Campo Grande - Central	1.300	36	50	2,90	29
Vila Inhomirim - Saracuruna	1.300	60	20	2,90	7
Guapimirim - Saracuruna	1.300	60	30	2,90	10

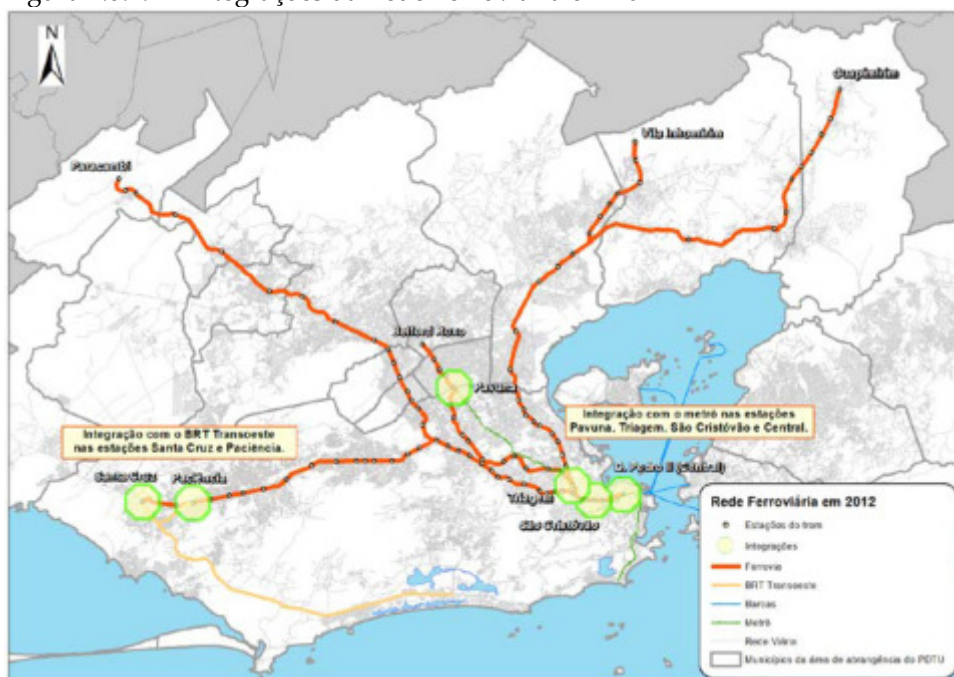
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 4.8.2.1 - Rede Ferroviária em 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Seteplá

Figura 4.8.2.2 – Integrações da Rede Ferroviária em 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Seteplá

4.8.3 Rede Rodoviária

Em 2012, apenas o BRT TransOeste havia sido implantado como melhoria à rede rodoviária de transportes coletivos da RMRJ.

BRT TransOeste

O BRT TransOeste foi implantado em 2012 nos bairros da zona oeste do município do Rio de Janeiro, ligando a Barra da Tijuca à Santa Cruz. Ele possuía 43,5 Km de extensão e 44 estações.

A lista completa das estações, sentido Santa Cruz, era: Terminal Alvorada, Bosque da Barra, Novo Leblon, Américas Park, Santa Mônica, Riomar, Golfe Olímpico, Interlagos, Pedra de Itaúna, Pontões/Barrasul, Salvador Allende, Gelson Fonseca, Guignard, Gláucio Gil, Benvindo de Novaes, Nova Barra, Gilka Machado, Guiomar Novaes, Recreio Shopping, Recanto das Garças, Notre Dame, Dom Bosco, Pontal, Ilha de Guaratiba, CTEEx, Embrapa, Mato Alto, Magarça, Pingo D'água, Vendas de Varanda, Santa Veridiana, Curral Falso, Cajueiros, Gastão Rangel, General Olímpio, Santa Cruz.

Na estação Curral Falso o BRT se dividia, contando com mais oito estações levando até Santa Eugênia. Eram elas: Cesarão I, Cesarão II, Cesarão III, Vila Paciência, Três Pontes, Cesarinho, 31 de outubro e Santa Eugênia. Nas estações Santa Cruz e Santa Eugênia era possível realizar a integração com o trem.

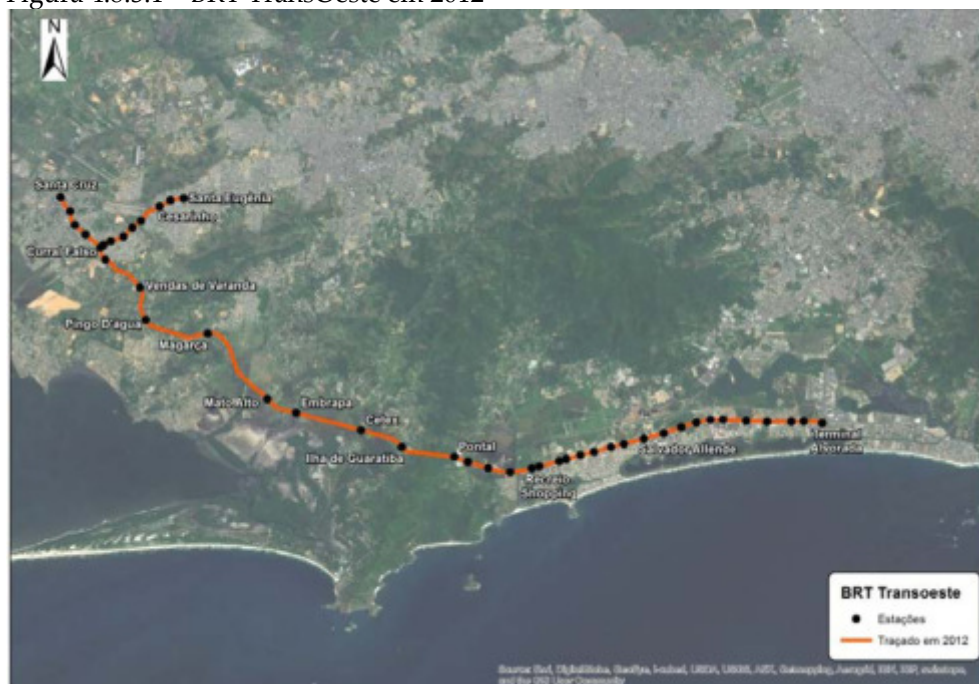
Os parâmetros operacionais dos serviços do BRT TransOeste são mostrados na tabela 4.8.3.1. A figura 4.8.3.1 apresenta seu traçado em 2012 e a figura 4.8.3.2 apresenta suas integrações.

Tabela 4.8.3.1 – Dados Operacionais BRT TransOeste em 2012

Descrição do Serviço	Capacidade por veículo (passageiro)	Headway (min)	Velocidade de Operação (Km/h)	Tarifa (R\$)	Quantidade de paradas no serviço
Alvorada - Recreio	180	10,00	60,00	2,75	19
Alvorada - Mato Alto	180	10,00	60,00	2,75	27
Santa Cruz - Alvorada	180	10,00	60,00	2,75	16
Pingo D'água - Alvorada	180	10,00	60,00	2,75	9
Paciência - Recreio	180	10,00	60,00	2,75	17
Santa Cruz - Recreio	180	10,00	60,00	2,75	13
Pingo D'água - Recreio	180	10,00	60,00	2,75	6
Mato Alto - Recreio	180	10,00	60,00	2,75	4

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 4.8.3.1 – BRT TransOeste em 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 4.8.3.2 – Integrações do BRT TransOeste em 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

4.8.4 Rede hidroviária

A Rede Hidroviária, em 2012, era composta por 5 estações: Praça XV, Araribóia, Charitas, Paquetá e Cocotá. A extensão da linha Praça XV-Araribóia era de cerca de 5 Km; a linha Praça XV-Charitas tinha cerca de 8,4 Km; a linha Praça XV-Cocotá tinha 14,8 Km; e a linha Praça XV-Paquetá tinha 20,6 Km.

Os parâmetros operacionais dos serviços da rede hidroviária em 2012 são mostrados na tabela 4.8.4.1 e a figura 4.8.4.1 apresenta o traçado desta rede. Em 2012 a rede hidroviária não possuía integração direta com outros modos de transporte coletivo de alta e média capacidades.

Tabela 4.8.4.1 – Dados Operacionais da Rede Hidroviária em 2012

Descrição do Serviço	Capacidade por veículo (passageiro)	Headway (min)	Velocidade de Operação (Km/h)	Tarifa (R\$)	Quantidade de paradas no serviço
Praça XV - Araribóia	1.300	10,00	15,00	2,80	2
Praça XV - Cocotá	1.000	60,00	16,18	3,40	2
Praça XV - Paquetá	1.000	60,00	18,00	4,50	2
Praça XV - Charitas	350	13,00	25,00	12,00	2

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 4.8.4.1 – Rede Hidroviária em 2012



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

4.9 Viagens Externas

Foram criadas permissões (no Emme) para que viagens geradas externamente à RMRJ fossem modeladas. Assim, as viagens que iniciam fora dos limites do modelo e que dividem a capacidade com as viagens geradas inteiramente dentro das 730 zonas do modelo são modeladas.

As viagens que possuem origem externa e destino externo são pré alocadas à rede antes da alocação de tráfego de transporte individual ser executada. As viagens de áreas externas para áreas externas representam um pequeno número dentro do modelo total e referem-se, principalmente, a movimentos de caminhões. Estas viagens externas têm tendência de crescimento ao longo do tempo com taxas relacionadas ao PIB (foram consideradas as taxas de 10,25% entre 2012 a 2016 e 28,99% de 2012 a 2021).

4.10 Caminhões

Durante os períodos de tempo modelados, uma grande parte da rede da RMRJ tem restrição de acesso para caminhões, incluindo a Ponte Rio-Niterói e região central. Apesar dessas restrições, os caminhões têm de ser incluídos na matriz para assegurar que as velocidades que foram modeladas nas redes sejam realistas, pois estes, geralmente, possuem velocidade reduzida.

Para os caminhões, foi empregada uma matriz estimada a partir dos dados de destino das viagens, dados de fluxo e custos generalizados. No processo de modelagem a matriz de caminhões (e viagens externas) é pré-alocada para a rede antes da alocação de tráfego de transporte individual principal ser executada.

4.11 Período de Modelagem

Usando os fatores P/A e O/D (vide Seção 4.1 e Capítulo 7), a matriz sintética foi dividida em dois intervalos de tempo:

- Horário de Pico da Manhã – AM (7:00 às 8:00);
- Horário de Pico da Tarde – PM (17:30 às 18:30)

Como podemos observar, cada período possui sua própria rede e reflete as variações de fluxo em partes específicas da RMRJ. As redes incorporam todas as restrições a caminhões, como por exemplo, a proibição de travessia da Ponte Rio-Niterói nos horários de pico.

4.12 Alocação de Tráfego no Software Emme

Conforme mencionado anteriormente, o Emme é programado para aceitar alocação do tráfego de todos os tipos de transportes individuais e coletivos. Os modais de transporte utilizados na modelagem na etapa de escolha modal foram:

- Transporte Individual (automóveis, táxis e caminhões);
- Transporte Coletivo (ônibus, trem, metrô, barcas).

Os modais lentos não foram inseridos de forma explícita, pois geralmente percorrem pequenas distâncias (até 4 Km), não afetando diretamente a capacidade da rede modelada. Por isso, essas viagens foram removidas da etapa de escolha de modais como *default*.

As alocações de transporte individual no modelo de demanda carregam viagens de automóveis juntamente com caminhões. As viagens são alocadas em um modelo completo de alocação de tráfego multiclasses até que o equilíbrio seja alcançado.

Primeiramente, os movimentos dos ônibus dentro da rede de transporte são modelados a partir de seus itinerários e parâmetros operacionais, como rotas fixas (similarmente a uma linha metroviária ou ferroviária, que utilizam redes segregadas). Posteriormente, as rotas de ônibus são vinculadas à rede compartilhada de transportes (sistema viário não segregado – individual e coletivo) cuja capacidade é definida no modelo de forma fixa a partir de suas dimensões e características físicas (vide Seção 3.1). O processo de alocação é realizado automaticamente pelo Emme e considera, ainda, a oferta máxima de ônibus, isto é, a oferta dos serviços nos horários em que há maior frequência (e que coincidem com os picos de demanda AM e PM).

Motocicletas são tratadas como automóveis na matriz com um fator PCU³⁹ de 0,3. Devido ao grande número de táxis na RMRJ e de sua considerável disponibilidade, esses são tratados como transporte individual (automóveis), sendo que suas tarifas não foram simuladas (os custos destes, portanto, correspondem aos mesmos daqueles referentes à utilização de carros particulares, inclusive com PCU de 1,0).

4.13 Disponibilidade de Automóveis

A disponibilidade de automóveis é o fator principal para determinar a escolha deste modal, estando assim, diretamente ligada ao acesso ao automóvel próprio ou equivalente, o que se altera substancialmente de acordo com as características socioeconômicas de cada zona. Ou seja, uma área com maior renda apresenta maior probabilidade de posse de um automóvel,

³⁹ PCU - *Passenger Car Unit*. Em tradução livre, *Unidade Equivalente entre veículos de um certo tipo e automóveis particulares (carros)*. Através do PCU, pode-se expressar a capacidade de uma via ou sistema de forma mais precisa.

influenciando a utilização mais significativa deste modal para deslocamentos ali originados.

Abaixo são apresentadas as categorias de disponibilidade de automóveis que foram utilizadas/consideradas:

- Quatro tamanhos de família com automóvel: 1 pessoa, 2 pessoas, 3 pessoas ou 4 ou mais pessoas por família (incluindo crianças),
- Quatro tamanhos de família sem automóvel: 1 pessoa, 2 pessoas, 3 pessoas ou 4 ou mais pessoas por família (incluindo crianças).

Essa classificação é condizente com a divisão dos dados do Censo do IBGE e possibilita que a informação gerada seja incluída no modelo.

4.14 Motivo de Viagem

A segmentação da modelagem é um processo de divisão das viagens por motivos, de modo que cada um possa ser tratado de forma adequada às quatro etapas do modelo. Isso também assegura a veracidade do modelo em relação aos diferentes tipos de viagem, já que os mesmos possuem características diversas. Por exemplo, viagens que têm como motivo estudo, possuem características diferentes das realizadas pelo motivo trabalho, e assim por diante.

Baseado nas pesquisas domiciliares, os dados com os motivos das viagens são representados no modelo de demanda como segue:

- Base Domiciliar - Casa/Trabalho - HBW⁴⁰ ;
- Base Domiciliar - Casa/Estudo - HBEd⁴¹;
- Base Domiciliar - Casa/Outros - HBO⁴² ;
- Base Não Domiciliar - NHBO⁴³ .

Foram contabilizadas 22.594.872 viagens diárias no âmbito do modelo de referência. A tabela 4.14.1 mostra a distribuição desse total, de acordo com seus respectivos motivos, tendo como base as pesquisas realizadas em domicílio.

Tabela 4.14.1 – Motivo da Viagem

Motivo da Viagem	% Viagens
HBW	31%
HBEd	21%
HBO	34%
NHBO	14%
Total	100%

Fonte: Dados de pesquisas domiciliares - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

⁴⁰ HBW - *Home Based Work*. Em tradução livre, Base Domiciliar - Casa/Trabalho

⁴¹ HBEd - *Home Based Education*. Em tradução livre, Base Domiciliar - Casa/Estudo

⁴² HBO - *Home Based Other*. Em tradução livre, Base Domiciliar - Casa/Outros

⁴³ NHBO - *Non Home Based Other*. Em tradução livre, Base Não Domiciliar

As tabelas 4.14.2 a 4.14.4 apresentam as proporções de cada um dos quatro motivos de viagem separadamente por modal: (i) transporte individual; (ii) transporte coletivo; e (iii) modais lentos, respectivamente.

Tabela 4.14.2 – Motivos de Viagem: Transporte Individual

Modal	HBW	HBE _d	HBO	NHBO	Total
Transporte Individual	44%	11%	37%	8%	100%

Fonte: Dados de pesquisas domiciliares - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 4.14.3 – Motivos de Viagem: Transporte Coletivo

Modal	HBW	HBE _d	HBO	NHBO	Total
Transporte Coletivo	30%	14%	35%	21%	100%

Fonte: Dados de pesquisas domiciliares - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 4.14.4 – Motivos de Viagem: Modais Lentos

Modal	HBW	HBE _d	HBO	NHBO	Total
Modais Lentos (Pedestres e Ciclistas)	24%	38%	32%	6%	100%

Fonte: Dados de pesquisas domiciliares - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

As viagens originadas em residências são calculadas com base nas taxas de viagem detalhadas nas pesquisas domiciliares, na composição da residência (habitantes) e na disponibilidade ou não de automóvel, conforme detalhado no item 5.3.1, mais adiante.

4.15 Limitações do Modelo do PDTU

É importante compreender as questões de transporte que são abordadas pelo Modelo do PDTU. O Modelo do PDTU prevê o impacto de mudanças nos padrões de viagem através do estudo de simulações realizadas a partir de matrizes de demanda e da oferta de transporte, incluindo a capacidade do sistema viário e demais parâmetros operacionais do transporte individual, bem como aqueles referentes ao transporte coletivo, incluindo os serviços de ônibus, de metrô, trem, BRTs e barcas. Os dados de planejamento contemplam efeitos de mudanças no perfil demográfico e socioeconômico, incluindo população, atividades econômicas e parâmetros comportamentais.

Entretanto, cabe destacar questões que NÃO são consideradas pelo Modelo do PDTU, conforme a seguir:

- Modelagem detalhada dos nós e temporização de sinais de trânsito;
- Estacionamentos - Capacidade, acessibilidade, disponibilidade, tampouco mudanças na oferta de estacionamentos existentes;
- Alterações nos níveis de propriedade de automóveis⁴⁴;
- Disseminação / Propagação de pico⁴⁵;
- Viagens de indução⁴⁶
- Supressão de Viagens; e⁴⁷
- Alocação de tráfego para modais lentos, tais como bicicletas.

⁴⁴ Os fatores adotados para propriedade de automóveis são fixos no Modelo do PDTU. Isto é, não podem ser alterados como variável nas modelagens.

⁴⁵ Propagação ou disseminação de pico ocorre quando usuários passam a realizar viagens antes ou depois de um ou ambos os horários de pico, a fim de evitar congestionamentos.

⁴⁶ Uma viagem de indução ocorre quando é adicionada uma nova possibilidade de rota resultando em um possível aumento da média do número de viagens ou faz com que novas viagens aconteçam. Por exemplo, a construção de uma ponte ou um túnel pode ser um fator indutor na escolha de determinada rota ou mesmo determinar o aumento da demanda por sua simples existência.

⁴⁷ Quando fatores diversos, como, por exemplo, congestionamentos ou altos custos em pedágio e tarifas, diminuem consideravelmente a média de viagens observadas em um período, ou fazem com que as mesmas não mais ocorram em determinada rota, isto é denominado supressão de viagens.

5 GERAÇÃO DE VIAGENS

5.1 Introdução

Como já visto, o Modelo PDTU é um modelo matemático VDM⁴⁸ de grande utilidade ao planejamento de transportes pela possibilidade de simular tráfego em uma rede existente e futura. Nesse sentido, o modelo do PDTU foi baseado em uma rede multimodal e considera as quatro etapas que estão classicamente vinculadas ao processo de planejamento: geração de viagens, distribuição, escolha modal e alocação de viagens.

Esse processo tem início com o cálculo da geração de viagens, que tem como ponto de partida as pesquisas realizadas em 2012 (vide Relatório 4). Esta seção explica a metodologia empregada neste processo, bem como os dados específicos utilizados na modelagem. As seções seguintes fornecem explicações sobre as demais etapas do processo.

5.2 Geração de Viagens no Modelo do PDTU

As taxas de geração de viagens são estimadas a partir de pesquisas domiciliares. Os dados dos domicílios são segmentados em grupos, a partir dos seguintes critérios: (i) disponibilidade de automóveis e (ii) tamanho da família, este último com base no Censo IBGE de 2010. Essas informações são convertidas em um modelo utilizando um sistema de zoneamento das residências que é baseado nos endereços de cadastros e que estão divididos em 730 zonas. Esse zoneamento garante que o modelo mantenha uma conexão direta com as informações do IBGE. Detalhes completos dos levantamentos domiciliares são apresentados no Relatório 4 – Planejamento e Execução de Pesquisas. A tabela 5.2.1 mostra o número de domicílios e zonas de tráfego por município.

Tabela 5.2.1 – Zonas de Tráfego e Domicílios por Município

Municípios	Zonas de Tráfego	Domicílios
Rio de Janeiro	456	2.145.784
Niterói	47	169.023
Duque de Caxias	44	269.569
São Gonçalo	28	325.544
Itaboraí	21	68.953
Nova Iguaçu	18	248.102
Mesquita	16	53.107
Nilópolis	14	50.535
São João de Meriti	14	147.516
Magé	10	70.443

⁴⁸ VDM – Variable Demand Model. Em tradução livre, Modelo de Demanda Variável

Municípios	Zonas de Tráfego	Domicílios
Maricá	10	42.846
Belford Roxo	9	145.743
Itaguaí	8	33.942
Queimados	8	42.241
Seropédica	6	24.272
Guapimirim	5	15.745
Japeri	5	28.424
Mangaratiba	5	11.783
Paracambi	5	15.470
Tanguá	1	9.615
Total Geral	730	3.918.657

Fonte: Dados de pesquisas domiciliares 2012

Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Conforme comentado, os dados dos domicílios, devidamente seguidos em grupos, foram utilizadas para obtenção das taxas de viagem, que têm como base as pesquisas domiciliares. A tabela 5.2.2 mostra a segmentação das viagens por município e pelo tamanho das famílias.

Tabela 5.2.2 – Segmentação das Viagens por Município e pelo Tamanho da Família

Município	1 Pessoa		2 Pessoas		3 Pessoas		4 Pessoas ou Mais		Total
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Domicílios
	Automóvel		Automóvel		Automóvel		Automóvel		
Belford Roxo	18.412	1.869	26.158	5.890	26.203	10.343	42.049	14.818	145.743
Duque De Caxias	32.993	4.695	46.627	14.654	47.818	21.485	69.007	32.291	269.569
Guapimirim	1.818	245	2.333	1.031	2.708	1.104	4.507	2.000	15.745
Itaboraí	7.762	1.199	11.822	4.624	11.807	5.825	16.505	9.408	68.953
Itaguaí	4.029	478	5.475	2.316	5.270	3.198	7.953	5.222	33.942
Japeri	3.663	299	5.046	1.041	5.513	1.204	9.273	2.385	28.424
Magé	8.704	1.151	12.104	3.837	12.014	5.298	18.926	8.409	70.443
Mangaratiba	1.507	319	1.934	1.037	1.791	991	2.653	1.553	11.783
Maricá	4.691	1.845	6.021	5.569	5.184	5.495	6.671	7.371	42.846
Mesquita	6.263	847	8.827	3.469	9.244	4.492	12.764	7.203	53.107
Nilópolis	6.059	1.026	8.543	3.452	8.729	4.602	11.167	6.957	50.535
Niterói	20.908	8.254	23.949	22.924	18.314	23.734	23.822	27.118	169.023
Nova Iguaçu	29.942	3.904	39.577	15.663	43.757	19.810	64.906	30.543	248.102
Paracambi	2.289	192	2.759	860	2.788	1.302	3.456	1.823	15.470
Queimados	5.009	463	7.078	1.921	7.756	3.040	12.523	4.451	42.241
Rio De Janeiro	293.910	82.005	348.884	216.451	296.264	234.859	384.941	288.470	2.145.784
São Gonçalo	39.732	5.341	56.628	21.933	56.601	29.072	72.164	44.073	325.544
São João De Meriti	19.556	2.072	25.947	8.492	26.366	11.632	36.056	17.395	147.516
Seropédica	2.846	503	3.945	1.578	3.715	2.261	5.983	3.442	24.272
Tanguá	1.096	198	1.554	616	1.535	969	2.348	1.299	9.615
Total	511.185	116.906	645.209	337.359	93.375	390.716	807.673	516.233	3.918.657

Fonte: Dados de pesquisas domiciliares 2012 - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

5.3 Produção/Atração de Viagem

Além da segmentação dos dados pesquisados e de sua classificação de acordo com o Censo IBGE, a etapa de Geração de Viagens no Modelo do PDTU depende diretamente de taxas determinadas de *Produção* e *Atração* de viagens por zona, para determinar a demanda (matriz) a ser considerada no processo de modelagem. Como se sabe, a qualidade da matriz é extremamente importante para a confiabilidade de um modelo VDM.

Para determinação de taxas adequadas ao PDTU, foram utilizados dados das pesquisas domiciliares realizadas e também informações do Censo IBGE compiladas para as 730 zonas estudadas. Este conjunto foi utilizado para determinar as taxas de produção e de atração de viagens a serem empregadas na modelagem do PDTU, incluindo uma validação das taxas de atração a partir das taxas de produção, como será visto mais adiante.

5.3.1 Taxas de Produção de Viagens

As taxas de produção de viagens englobam todas as viagens produzidas por domicílio em um período de 24 horas e foram agrupadas a partir do tamanho da residência (de 1 a 4 ou mais pessoas) e da indisponibilidade ou disponibilidade de automóvel (neste caso, um ou mais automóveis indistintamente), conforme apresentadas na tabela 5.3.1.1 mais adiante.

As taxas foram inicialmente calculadas tomando como base o conjunto de dados oriundos das pesquisas (o número total observado – Vide Relatório 4), divididos por motivos de viagem (por meio da classificação pré-determinada HBW, HBEd, HBO e NHBO adotada nas entrevistas/ pesquisa domiciliar). Isso gerou taxas individuais de viagem de acordo com a disponibilidade ou não de automóveis.

Entretanto, para definir as taxas a serem aplicadas ao modelo, adotou-se, ainda, um cálculo para padronização da relação entre os dois grupos (com e sem acesso ao automóvel), em cada um dos quatro motivos de viagem. Isso se fez necessário para uniformizar os dados das amostras (número de viagens diárias por família com ou sem acesso ao automóvel), que apresentavam uma certa variação quando classificados da maneira adotada pela modelagem (famílias de 1, 2, 3 e 4 ou mais pessoas). Foi empregado, então, um fator de padronização, definido pela média ponderada das amostras de famílias de tamanhos diversos, para cada motivo de viagem.

As taxas de produção de viagens adotadas no Modelo do PDTU foram, ao final, verificadas quanto à sua consistência em relação ao universo total viagens estimadas na área de estudo.

Tabela 5.3.1.1 – Produção de Viagens por família, disponibilidade ou não de automóvel

Motivo da Viagem	Tamanho da Residência	Indisponibilidade de Automóvel	Disponibilidade de Automóvel	Fator de Padronização
Base Domiciliar – Trabalho				
HBW	1 pessoa	0,545	0,655	1,202
HBW	2 pessoas	1,090	1,310	
HBW	3 pessoas	1,635	1,965	
HBW	4+ pessoas	2,812	3,380	
Base Domiciliar - Estudo				
HBEEd	1 pessoa	0,400	0,382	0,955
HBEEd	2 pessoas	0,800	0,764	
HBEEd	3 pessoas	1,200	1,146	
HBEEd	4+ pessoas	2,064	1,971	
Base Domiciliar - Outros				
HBO	1 pessoa	0,630	0,677	1,075
HBO	2 pessoas	1,260	1,354	
HBO	3 pessoas	1,890	2,031	
HBO	4+ pessoas	3,251	3,493	
Base Não Domiciliar				
NHBO	1 pessoa	0,246	0,293	1,191
NHBO	2 pessoas	0,492	0,586	
NHBO	3 pessoas	0,738	0,879	
NHBO	4+ pessoas	1,269	1,512	

Fonte: Dados de pesquisas domiciliares 2012 - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Assim, de acordo com o Modelo do PDTU, observa-se que no motivo Base Domiciliar - Casa/Trabalho, residências com três pessoas produzem 1,635 viagens se não possuem automóvel e 1,965 viagens se têm acesso ao mesmo. Essas taxas são consideradas como uma representação da realidade da RMRJ e, portanto, são utilizadas pelo modelo matemático para estudo de cenários, tanto de calibração (2012, ano de referência) quanto cenários futuros.

5.3.2 Taxas de Atração de Viagens

Ao contrário das taxas de produção, obtidas a partir das pesquisas e posteriormente padronizadas, as taxas de atração de viagens não são distinguidas quanto ao tamanho da família ou disponibilidade de automóveis. Para sua determinação, são utilizados dados relevantes do Censo referentes as 730 zonas integrantes da área de estudo, considerados mais representativos a fim de estimar a atração de viagens das zonas. Destacam-se as informações disponibilizadas pelo IBGE referentes à quantificação e delimitação territorial das atividades socioeconômicas, tais como trabalho e estudo.

A seguir, são resumidas as considerações principais no processo de determinação preliminar das taxas de atração de viagens. Posteriormente, será explicado o processo de validação a partir das taxas de produção de viagens.

Empregos

Dados referentes a empregos levantados pelo Censo IBGE têm uma base semelhante aos dados do perfil geral da população, tendo sido considerados para cada uma das 730 zonas integrantes da área de estudo. A tabela 5.3.2.1 mostra o número de postos de trabalho, nesse caso de maneira agregada por município, a fim de facilitar a visualização. Observe-se que a tabela também indica o número de zonas agregadas por município, para informação.

Tabela 5.3.2.1 – Zonas de Tráfego e Postos de Trabalho por Município

Município	Zonas de Tráfego	Postos de Trabalho
Rio de Janeiro	456	2.434.561
Niterói	47	192.611
Duque de Caxias	44	183.643
São Gonçalo	28	103.642
Itaboraí	21	29.752
Nova Iguaçu	18	94.273
Mesquita	16	21.974
Nilópolis	14	19.956
São João de Meriti	14	56.579
Magé	10	16.131
Maricá	10	12.746
Belford Roxo	9	31.544
Itaguaí	8	31.235
Queimados	8	13.456
Seropédica	6	11.482
Guapimirim	5	6.152
Japeri	5	5.695
Mangaratiba	5	13.682
Paracambi	5	5.182
Tanguá	1	3.875
Total Geral	730	3.288.171

Fonte: IBGE

Matrículas (Estudo)

Em uma base similar à do emprego, os dados de educação foram compilados para as 730 zonas, englobando as categorias do ensino fundamental, ensino médio e educação superior. Os dados de educação constituem parte da informação utilizada pelo modelo para determinar as atrações de viagens dentro do modelo final. A tabela 5.3.2.2, adiante, mostra o número de matrículas, nesse caso de maneira agregada por município, a fim de facilitar a visualização. Observe-se que a tabela também indica o número de zonas agregadas por município, para informação.

Tabela 5.3.2.2 – Zonas de Tráfego e Matrículas Ativas por Município

Município	Zonas de Tráfego	Matrículas
Rio de Janeiro	456	1.064.429
Niterói	47	83.545
Duque de Caxias	44	199.650
São Gonçalo	28	148.661
Itaboraí	21	48.955
Nova Iguaçu	18	159.483
Mesquita	16	28.066
Nilópolis	14	3.642
São João de Meriti	14	88.075
Magé	10	5.949
Maricá	10	22.340
Belford Roxo	9	101.002
Itaguaí	8	26.991
Queimados	8	35.307
Seropédica	6	20.019
Guapimirim	5	9.285
Japeri	5	22.765
Mangaratiba	5	8.363
Paracambi	5	8.873
Tanguá	1	5.408
Total Geral	730	2.173.586

Fonte: IBGE

Validação e determinação das Taxas de Atração de Viagens adotadas pelo Modelo

Na metodologia adotada, o número total de viagens produzidas é calculado e comparado com o número total de viagens atraídas, a fim de determinar taxas. Em seguida, ajustam-se as taxas de atração para garantir que as quantidades totais das viagens produzidas e atraídas estejam equilibradas entre si, antes de se aplicar o Método de Furness⁴⁹ com restrição para determinar uma matriz sintética.

Tal ajuste é necessário porque as taxas de produção de viagens são entendidas como mais confiáveis do que as taxas de atração de viagens obtidas a partir dos dados do Censo, uma vez que consideraram precipuamente as pesquisas

⁴⁹ Método criado por K. P. Furness, que emprega um processo de iterações no qual fatores de equilíbrio são introduzidos ou taxas de crescimento são incorporadas para que restrições pré-definidas no processo de modelagem sejam atendidas. O método é utilizado para fazer a distribuição das viagens, levando em consideração fatores de crescimento tanto de Produção, quanto de Atração. Neste processo, tenta-se introduzir correções mínimas necessárias na matriz sintética base para satisfazer as restrições das viagens futuras.

O método tabula dados de produção e atração e requer uma série de ajustes matemáticos para que se atinja a convergência, isto é, até que a soma das linhas corresponda ao total de produção e que a soma das colunas corresponda ao total de atração.

domiciliares. O número total de viagens atraídas para uma zona é calculado a partir do número de viagens por motivo, neste caso somente HBW e HBEd. Em seguida, multiplica-se o total de postos de trabalho (tabela 5.3.2.1) pela taxa de atração de viagem HBW adotada (vide tabela 5.3.2.3). Um cálculo similar é feito para locais de estudo, multiplicando-se a quantidade total de matrículas pela taxa de atração de viagens HBEd adotada. O resultado desses cálculos é, então, utilizado no modelo duplamente restrito, onde a soma das viagens HBW e HBEd equivale ao total de viagens atraídas em cada zona.

Tabela 5.3.2.1 – Atração de Viagens⁵⁰

Motivo da Viagem	Taxa aplicável a todos tamanhos de Residência
HBW	1,38
HBEd	2,10

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

5.4 Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim (Galeão)

Viagens adicionais foram inseridas no modelo para contabilizar os deslocamentos dentro da RMRJ e destinados ao Aeroporto do Galeão. Assim, com o intuito de corrigir alguma possível inconsistência na matriz, foram incluídas na zona do aeroporto 24.000 viagens adicionais⁵¹ em cada sentido, tendo como base dados da Infraero e taxas médias praticadas em aeroportos internacionais.

5.5 Viagens Originadas nas Zonas Externas

Os dados das viagens originadas nas zonas externas do Modelo do PDTU foram coletados no limite da área modelada (*cordon line*), afim de identificar viagens de ingresso e egresso na/da RMRJ. Essas viagens ‘externas’ foram incluídas na matriz para garantir a consideração dessas viagens pelo modelo, já que existem caminhos que percorrem grandes distâncias e atravessam a cidade sem realizarem paradas (ou seja, deslocamentos cujo destino não coincide com nenhuma das 730 zonas da área de estudo). Como se discute mais adiante nesse relatório, essas viagens são pré-carregadas e alocadas na rede, a

⁵⁰ As taxas de atração de viagens têm como base a metodologia apresentada no website WebTAG*, tendo sido ajustadas com as informações sobre a quantidade de viagens geradas, obtidas através das pesquisas domiciliares.

*WebTAG é um guia de orientação multimodal do Departamento de Transporte do Reino Unido utilizado para avaliação de projetos de transporte. Não existe nada equivalente no Brasil. - <https://www.gov.uk/transport-analysis-guidance-webtag>

⁵¹ De acordo com o Anuário Estatístico Operacional da Infraero, o Aeroporto Antônio Carlos Jobim recebeu 17.495.737 de passageiros em 2012, considerando embarque e desembarque de voos domésticos e internacionais, além de aviação executiva. Para fins de cálculo de demanda para o modelo do PDTU, estimou-se uma média diária de 47.933 passageiros totais, isto é, partidas e chegadas. Assim, adotou-se um volume de 24.000 em cada sentido em acréscimo às alocações outrossim geradas pelo modelo. O relatório da Infraero encontra-se disponível em: http://www.infraero.gov.br/images/stories/Estatistica/anuario/anuario_2012_oficial.zip



fim de que se considerem adequadamente os impactos que ocasionam em termos de tempo e volumes alocados nos diversos *links* modelados.

6 DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS E ESCOLHA MODAL

6.1 Introdução

Esse capítulo resume as características das etapas de *distribuição de viagens* e *escolha modal* no Modelo do PDTU, de fundamental importância para o processo completo de modelagem. Nessas etapas, as demandas previstas na etapa de geração de viagens e os custos derivados da rede modelada, são tomadas como *inputs* do modelo.

As etapas de distribuição e de escolha modal são importantes porque possibilitam:

- Associar as produções às atrações, ou seja, fazer projeções específicas O/D, definindo como volumes atraídos e volumes produzidos se vinculam nas diversas zonas ('distribuição'); e
- Prever qual modal de transporte será utilizado em cada fluxo de atração/produção ('escolha modal');

Os principais dados utilizados no processamento dessas etapas referem-se aos CGs⁵², ou seja, os *custos generalizados* de cada um dos modais. Esses são fornecidos pelos modelos de alocação dos transportes individual e coletivo e são calculados a partir de custos monetários e tempos de viagem, como será detalhado mais adiante.

Primeiramente, é necessário definir dados apropriados a serem utilizados nos cálculos. Para isso, deve ser identificado o período no qual os custos são mais representativos por o motivo da viagem, tendo como base os dados obtidos nas pesquisas domiciliares. Com efeito, tal período corresponderá àquele em que a maioria das viagens acontece e quando os custos de realização das viagens O/D são mais representativos para a P/A da viagem.

Considere-se todo o volume de P/A (produção/atração) de viagens com base domiciliar-casa/trabalho (HBW⁵³). A maioria das viagens deste tipo ocorre no pico da manhã (AM) com retorno durante o pico da tarde (PM). Assim, convenientemente, uma determinada demanda O/D de uma matriz que represente o pico da manhã corresponde à maioria dos movimentos da matriz P/A entre as respectivas zonas. Da mesma forma, a partir de uma matriz P/A análoga (atração/produção), pode-se deduzir que a maioria dos movimentos correspondem ao pico da tarde (PM).

⁵² CG – Custo Generalizado, ou *Generalised Cost* em língua inglesa, refere-se a custos em que incorrem os usuários pela utilização da rede e dos sistemas que nela operam, calculado a partir de custos monetários e tempos de viagem e normalmente mensurados em minutos.

⁵³ P/A – Produção e atração para período de 24 horas. Para maiores explicações, vide Capítulo 7.

No processo de modelagem adotado, considera-se a produção de viagens mais confiável que a atração. Assim, no caso das viagens com base domiciliar casa/trabalho (HBW) utiliza-se o pico da manhã como sendo o horário mais representativo para consideração da demanda e dos custos vinculados a viagens.

Conforme anteriormente visto, o Modelo do PDTU considerou os seguintes motivos para realização de viagens:

- HBW - Base Domiciliar - Casa/Trabalho;
- HBEd - Base Domiciliar - Casa/Estudo;
- HBO - Base Domiciliar - Casa/Outros;
- NHBO - Base Não Domiciliar.

Os *outputs* das etapas de escolha modal e de distribuição são as matrizes P/A para cada um dos principais modais. Posteriormente elas são convertidas em matrizes de viagens de O/D, a fim de serem inseridas de forma apropriada nos modelos de alocação de transportes individual e coletivo.

6.2 Valor do Tempo - VOT⁵⁴

Em economia de transportes, considerando-se os deslocamentos como uma atividade meio, o valor do tempo corresponde ao custo dispendido por um usuário em sua jornada, equivalente à oportunidade de deslocamento. Seria o montante monetário que um usuário estaria disposto a pagar, a fim de economizar tempo na realização de um deslocamento. O VoT também corresponde ao montante que o mesmo usuário aceitaria receber em troca do tempo perdido em um deslocamento, outrossim empregado em uma atividade fim.

A tabela 6.2.1, adiante, mostra os valores do tempo que foram determinados pelo Consórcio baseados nas melhores práticas, bem como em estudos locais realizados na RMRJ (vide Anexo M). O motivo HBW apresenta o maior valor, pois esse motivo de viagem também inclui viagens de ônibus com base domiciliar – casa/trabalho e viagens de negócios que não foram computadas pelas pesquisas domiciliares. Com base na experiência do Consórcio e a partir de *benchmarking*⁵⁵, adotaram-se os mesmos valores para os motivos HBO e NHBO, tendo estes sido agrupados em uma mesma matriz, visando reduzir a quantidade de cálculos assim como o tempo de execução do modelo (cabe

⁵⁴ VOT – *Value of Time*. Em tradução livre, Valor do Tempo, usualmente expresso em custo por hora, conversível em unidade de tempo maior ou menor (minutos, por exemplo).

Obs.: As premissas adotadas para a definição do valor do tempo são apresentadas no Anexo M.

⁵⁵ *Benchmarking* – Termo originário do idioma inglês, que significa estudo objetivo, realizado para que se possam determinar valores, parâmetros ou outras características a serem empregadas em um estudo ou análise, a partir do levantamento de dados equivalentes (ou comparáveis) provenientes de trabalhos similares ou ainda pela verificação de um conjunto de informações levantadas em um universo de pesquisa ou amostra considerada adequada.

salientar que, caso fossem esses motivos alocados separadamente, os resultados obtidos pelo modelo seriam os mesmos).

Tabela 6.2.1 - Valores do Tempo 2012 – R\$/hora⁵⁶

Motivo da Viagem	VOT (Transporte Individual)	VOT (Transporte Coletivo)
Base Domiciliar - Casa/Trabalho (HBW)	R\$ 20,00	R\$ 15,00
Base Domiciliar - Casa/Estudo (HBEd)	R\$ 15,00	R\$ 11,25
Base Domiciliar - Casa/Outros (HBO)	R\$ 17,50	R\$ 13,13
Base Não Domiciliar (NHBO)	R\$ 17,50	R\$ 13,13

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

6.3 Cálculo dos Custos Generalizados do Transporte Individual

Os CGs⁵⁷ do transporte individual são calculados levando em consideração os minutos gastos e a distância percorrida. Os dados de tempo e custos foram extraídos separadamente para os motivos das viagens dos modais de transporte individual como segue:

- HBW (Base Domiciliar - Casa/Trabalho);
- HBEd (Base Domiciliar - Casa/Estudo);
- HBO (Base Domiciliar - Casa/Outros)
- NHBO (Base Não Domiciliar)

Os VOTs irão variar para cada motivo de viagem de acordo com as premissas adotadas.

Abaixo encontra-se a fórmula para o cálculo do CG:

$$C_{ij} \cdot (car.p) = T_{ij} + VoC \cdot D_{ij} + \frac{toll}{v(p)}$$

Onde:

- $C_{ij} \cdot (car.p)$ = Custos generalizados por automóvel variando de 'i' a 'j', com o motivo de viagem 'p';
- T = tempo gasto pelo veículo em minutos;
- VoC = Custos de combustível e todos os outros custos;
- D = Distância em Km percorrida pelo transporte individual;
- toll = Valor do pedágio (Ponte Rio-Niterói e Linha Amarela);

⁵⁶ A conversão entre duração de viagens e os valores monetários foi determinada pelo Consórcio, tendo como base as melhores práticas e conhecimento local.

⁵⁷ CG – Custo Generalizado

- $v(p)$ = Valor do tempo (VoT) por motivo da viagem 'p', expresso em Reais (R\$) por minuto.

Os seguintes valores foram adotados como custos de operação dos automóveis (baseados em valores locais⁵⁸):

- R\$ 0,78 por Km percorrido para carros e,
- R\$ 1,72 por Km percorridos para caminhões.

Velocidade do pedestre

Usualmente, de acordo com a literatura internacional e trabalhos acadêmicos, o valor médio da velocidade de um pedestre é considerado 6 km/h, deslocando-se através de percurso livre (velocidade livre). Entretanto, no meio urbano essa velocidade varia muito, dependendo da concepção da configuração urbana, área da cidade e propósito do deslocamento. Dentro da RMRJ, considerando-se a existência de obstáculos, paradas diversas e cruzamentos de vias expressas, pode-se adotar um fator de redução da velocidade livre da ordem de 30% a 50%. Uma vez que a modelagem emprega cálculos medidos em metros por segundo, resolveu-se adotar a velocidade média de 3,6 km/h (ou 1,0 m/s), o que facilita o cálculo direto de modeladores ao visualizarem a rede e simularem modelos no Emme.

Para determinação da velocidade adotada no âmbito do PDTU, não foram realizadas aferições, tampouco compiladas informações de trabalhos acadêmicos e de consultoria internacional de forma sistemática, até mesmo porque modais lentos não influenciam os resultados modelados de forma direta ou significativa.

6.4 Cálculo dos Custos Generalizados do Transporte Coletivo

Os CGs de transporte coletivo são calculados para cada motivo de viagem, sendo diferenciados de acordo com o VOT. Eles são calculados de acordo com a fórmula a seguir:

$$C_{ij}(\text{transporte coletivo}) = \frac{f}{v(pt)} + I_{ij} + w.W_{ij} + x.X_{ij} + a.A_{ij}$$

Onde:

- $C_{ij}(\text{transporte coletivo})$ = Custos generalizados de transporte coletivo entre 'i' e 'j';

⁵⁸ Os valores foram calculados utilizando-se o *Road User Costs Knowledge System* (RUCKS), baseado no HDM-4 RUC. O custo operacional levou em consideração os gastos quilométricos com combustível, pneus, óleo diesel e manutenção, permitindo-se obter a relação entre consumo de combustível e o valor total do custo operacional. No caso, calculou-se que o combustível representava 51,6% do custo operacional total dos automóveis e 47,2% do custo operacional total dos caminhões, considerando-se médias de 7,0 km/l de gasolina e 2,5 km/l de diesel. Na época em que os cálculos foram efetuados, o litro da gasolina custava R\$ 2,816 e do diesel R\$ 2,030. (Ano base 2012).

- f = tarifa em Reais (R\$);
- $v.(pt)$ = valor do tempo (VoT) por motivo de viagem 'p' em valor monetário por minuto;
- I = tempo gasto pelo veículo, em minuto;
- w = 'peso' do tempo de espera (ver abaixo);
- W = tempo de espera em minutos;
- x = 'penalidade' da transferência em minutos (ver abaixo);
- X = quantidade de transferências;
- a = 'peso' do tempo de embarque e desembarque (para pedestres, $a = 2,0$);
- A = tempo de embarque e desembarque em minutos.

A tabela 6.4.1, adiante, exhibe as penalidades associadas aos transbordos em sistemas integrados de transporte coletivo, tais como o deslocamento de pedestre para o metrô ou de metrô para ônibus. A tabela também apresenta o fator de espera dos passageiros, calculado em função do *headway*⁵⁹, que indica o tempo que os mesmos têm que esperar para o próximo serviço estar disponível antes de estarem aptos a embarcar.

Existem fatores de espera padrão para *headway* e transbordo, que são ajustados durante o processo de calibração.

Esses fatores resultam do processo de calibração e refletem a eficiência e confiabilidade do modal. Serviços com itinerário fixo, tais como trens, metrô e barca, possuem penalidades e fatores de espera menores. Já os ônibus, por serem considerados menos confiáveis e devido à possibilidade de ficarem presos em um congestionamento, por exemplo, têm sua penalidade e fatores de espera maiores.

O fator de espera normalmente é dado pela metade do *headway*, considerando partidas distribuídas de maneira uniforme no tempo. Este fator está associado à confiabilidade do modal, portanto, serviços regulares/frequentes, como metrô, terão valores menores. Esta avaliação faz parte da calibração, uma vez que não pode ser facilmente observada.

Para ônibus foi utilizado o fator 0,5, pois considera-se que o tempo médio de espera será igual à metade do *headway*. Para os demais modais, considerados mais confiáveis, foram adotados valores mais baixos. Os intervalos menores indicam tempo de espera satisfatório. Assim, o metrô, considerado bastante confiável, teve fator de espera adotado de 0,1, seguido pelo BRT com 0,2 e o trem com 0,3.

A barca apresenta uma situação particular, pois possui horários pré-definidos. Assim, o Modelo do PDTU considerou horários fixos de partida excluindo a necessidade de se considerar uma penalidade significativa associada a

⁵⁹ *Headway* - Intervalo de tempo entre veículos de um modal que utilizam uma mesma rota.

transbordos. Na prática, há um tempo de espera relacionado aos procedimentos de desembarque e embarque, normalmente compensados no curso das viagens entre origem e destino. É importante observar que o modelo não procura refletir exatamente a realidade da operação desse serviço, mas sim definir premissas lógicas que atendam os propósitos estratégicos do modelo. No caso da barca, o valor adotado (0,01) pois o Emme não aceita a adoção de valor zero, nesse caso.

Tabela 6.4.1 – Penalidades e Fatores de Espera por Modal

Modal	Penalidades Associadas aos Transbordos em Minutos - α	Fator de Espera em Minutos (Multiplicador de headway) - w
Metrô	7	0,1
Ônibus	15	0,5
Trem	10	0,3
BRT	2	0,2
Barca	0,01 ⁶⁰	0,01

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

6.5 Tarifas do Transporte Coletivo

As tarifas de transporte coletivo constituem consideração relevante para a etapa de escolha modal e estão detalhadas mais adiante, no Capítulo 8 (Integração Tarifária).

6.6 Escolha Modal

A escolha modal é calculada através de um modelo Logit⁶¹ que divide os dados de geração de viagens em dois tipos: transporte individual ou transporte coletivo. A figura 6.6.1, mais adiante, mostra a estrutura da escolha modal.

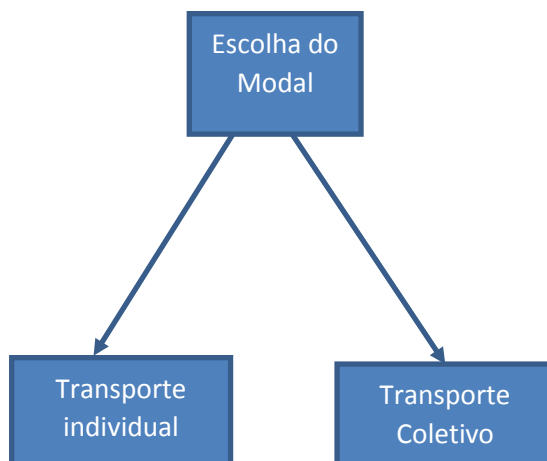
No modelo, a escolha modal é aplicada para cada motivo de viagem e para as matrizes de O/D que têm as taxas de produção baseadas na disponibilidade ou indisponibilidade de automóveis, originadas na etapa de geração de viagem. As informações sobre os tipos de modais utilizados para realização de viagens foram obtidas através das pesquisas domiciliares. Contudo, como pedestres e bicicletas não possuem rotas pré-definidas (origem/destino) no modelo, esses modais não foram incluídos na modelagem evitando que na etapa de alocação houvesse um aumento não real na demanda de viagens. Além disso, conforme mencionado nos itens 4.4, 4.12 e 6.3 deste relatório, esses modais não foram alocados, pois percorrem pequenas distâncias, não afetando diretamente ou

⁶⁰ O valor 0,01 foi adotado considerando-se as premissas apresentadas ao final da Seção 6.4, supra. Observe-se que o Emme não aceita adoção do valor zero nesse caso.

⁶¹ Modelo Logit é uma distribuição estatística amplamente utilizada para determinar a divisão entre transporte individual e coletivo. A Seção 6.6 acima explica como esta distribuição estatística foi aplicada no âmbito do Modelo do PDTU.

significativamente a capacidade da rede. Desta forma, foram considerados no modelo apenas os modais que transitam entre as 730 zonas.

Figura 6.6.1 – Escolha modal



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia- Setepla

Os custos generalizados de cada um desses modais são utilizados como *inputs* para a etapa da escolha modal. Esses custos generalizados de viagem são uma composição (ou somatória logarítmica) dos custos realizados obtidos como *outputs*⁶² de iterações prévias de alocação do modelo, parte de um processo iterativo de modelagem. Assim, por exemplo, o CG obtido no sexto ciclo iterativo na etapa de escolha modal será empregado na execução do modelo em seu ciclo iterativo nº 7.

Abaixo encontra-se a fórmula para cálculo do CG pelo modelo Logit para os modais considerados:

$$prob_i^{mode} = \frac{\exp(-\lambda u_i^{mode})}{\sum_k \exp(-\lambda u_i^k)}$$

Onde:

- u_i^{mode} é a composição do custo de desutilidades⁶³ do modal em uma viagem na zona de produção i;
- k é o conjunto de modais a serem modelados;

⁶² *Output* – Termo originário do idioma inglês, que significa registro de saída de um processamento computacional, tais como respostas, resultados, indicadores ou, ainda, dados que servirão de *inputs* para outros processos relevantes à modelagem.

⁶³ Custo de desutilidades - custo monetário de viagem, valor do tempo de viagem, tempo de espera, elementos subjetivos tais como conforto, segurança, etc.

- λ é o parâmetro da escolha modal para um determinado motivo de viagem.

A composição do custo da desutilidades é calculada da seguinte forma (válida de qualquer zona, para qualquer origem possível no modelo):

$$u_i^{mode} = -\frac{1}{\theta} \ln \left(\sum_j \exp.(-\theta u_{ij}^{mode}) z_i^{mode} \right)$$

Onde:

- u_i^{mode} É a composição do custo de desutilidades do modal em uma viagem na zona de produção 'i';
- u_{ij}^{mode} é o custo generalizado⁶⁴ de uma viagem entre as zonas 'i' e 'j' de um modal;
- θ é o parâmetro de escolha do destino para um motivo de viagem originada da distribuição de calibração por distância da viagem;
- z_i^{mode} ⁶⁵é o fator de ajuste, referente a um determinado modal e relevante para a calibração do modelo.

Os parâmetros de escolha modal são fatores de dimensionamento (λ), aplicados aos parâmetros de escolha de destino (θ); eles são iguais a $\lambda \cdot \theta$.

Os parâmetros calibrados estão na tabela 6.6.1 para indisponibilidade de automóvel e na tabela 6.6.2 para disponibilidade de automóveis. Na tabela 6.6.3 é possível verificar a distribuição dos parâmetros de escolha de destino.

⁶⁴ Custo Generalizado - incluindo os custos de desutilidades, custo monetário de viagem, valor do tempo de viagem, tempo de espera, elementos subjetivos tais como conforto, segurança, etc.

⁶⁵ Z_i^{mode} – é um fator de ajuste utilizado no processo de calibração do modelo quando se torna necessário refinar o alinhamento entre valores obtidos sinteticamente e valores obtidos através das pesquisas. Em princípio, adota-se Z_i^{mode} igual a 1, ajustando, se necessário, conforme explicado.

Tabela 6.6.1 – Parâmetros de Escolha Modal (Indisponibilidade de Automóvel)

Motivo de Viagem	Escolha	Parâmetros da Escolha modal (λ)
HBW	Transporte Individual x Transporte Coletivo	1,485
HBEd	Transporte Individual x Transporte Coletivo	0,950
HBO	Transporte Individual x Transporte Coletivo	1,294
NHBO	Transporte Individual x Transporte Coletivo	0,975

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 6.6.2 – Parâmetros de Escolha Modal (Disponibilidade de Automóveis)

Motivo de Viagem	Escolha	Parâmetros da Escolha modal (λ)
HBW	Transporte Individual x Transporte Coletivo	2,295
HBEd	Transporte Individual x Transporte Coletivo	0,950
HBO	Transporte Individual x Transporte Coletivo	2,240
NHBO	Transporte Individual x Transporte Coletivo	0,344

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 6.6.3 – Parâmetros de Escolha de Destinos

Motivo de Viagem	Escolha	Parâmetros da Escolha de Destinos (θ)
HBW	Transporte Individual	0,014
HBEd	Transporte Individual	0,005
HBO	Transporte Individual	0,008
NHBO	Transporte Individual	0,008
HBW	Transporte Coletivo	0,018
HBEd	Transporte Coletivo	0,012
HBO	Transporte Coletivo	0,018
NHBO	Transporte Coletivo	0,020
HBW	Modais Lentos	0,010
HBEd	Modais Lentos	0,010
HBO	Modais Lentos	0,010
NHBO	Modais Lentos	0,010

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

A tabela 6.6.4 mostra o resultado da pesquisa realizada em domicílios sobre a escolha modal. Conforme esperado, os modais lentos foram predominantes nas viagens para estudo, com 56% do total. Também podemos observar o papel importante que as viagens de transporte coletivo possuem quando comparadas às viagens de transporte individual.

Tabela 6.6.4 – Resultados das Pesquisas realizadas em domicílio para definição do Parâmetro de Destino

Participação (%)	Transporte Individual	Transporte Coletivo	Modais Lentos
HBW	27%	49%	24%
HBEd	10%	34%	56%
HBO	20%	51%	29%
NHBO	10%	78%	12%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

6.7 Distribuição de Viagens

As pesquisas domiciliares fornecem informações sobre as viagens observadas que são distribuídas por motivos e servem como base para geração da matriz sintética. Assim, o ponto inicial para a distribuição no modelo é calcular a distribuição das viagens que foram observadas e estimar a função Logit com base nas estimativas de custos da rede. Esse processo é repetido até que o melhor ajuste seja obtido.

O modelo Logit é utilizado para alocar os modais na etapa de distribuição das viagens para zonas alternativas de atração. Ao contrário do modelo gravitacional⁶⁶ tradicional, no qual a distribuição das viagens é gerada em função das distâncias entre as zonas, no Logit a geração das viagens do modal é alocada para zonas de atração alternativas. Sendo assim, para o modelo de restrição simples⁶⁷, a probabilidade de viagens da zona 'i' serem atraídas para a zona 'j' é calculada da seguinte maneira:

$$prob_{ji}^{mode} = \frac{S_j \exp(-g_{ij}^{mode})}{\sum_k S_k \exp(-g_{ik}^{mode})}$$

Onde:

- S_j é o peso/tamanho da atração da zona 'j' para um motivo de viagem a ser considerado;
- g é o parâmetro de escolha do destino para um determinado motivo de viagem;
- u_{ij}^{mode} é o custo de desutilidades de uma viagem entre as zonas 'i' e 'j' do modal.

Esse formato de modelo é usado especificamente para HBO e NHBO, pois resulta em uma matriz simplesmente restrita.

⁶⁶ Modelo gravitacional – corresponde ao método usual para obter a matriz modelada, de maneira que resulte em uma distribuição de tempo de viagens similar à da matriz pesquisada.

⁶⁷ Modelos de Restrição Simples ou Simplesmente Restritos são aqueles que incorporam uma única restrição.

Caso seja necessário gerar uma matriz duplamente restrita⁶⁸, a equação acima não pode ser utilizada, sendo necessária a realização de um ajuste adicional através do método de Furness⁶⁹. A tabela 6.7.1 determina os tipos de restrições por motivo.

Tabela 6.7.1 – Tipos de Restrições Relacionadas ao Motivo de Viagem

Motivo de Viagem	Tipo de Restrição da Matriz	Origem dos Dados	Origem da Atração	Manipulação da Matriz
HBW	Duplamente Restrita	População	Trabalho	Logit + Furness
HBEd	Duplamente Restrita	População	Estudo	Logit +Furness
HBO	Simplesmente Restrita	População	Dividido entre Trabalho e Estudo	Logit
NHBO	Simplesmente Restrita	População	Dividido entre Trabalho e Estudo	Logit

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

⁶⁸ Modelos Duplamente Restritos são modelos que incorporam duas restrições.

⁶⁹ Método de Furness – O método requer uma série de correções até que a soma das linhas convirja para o total de produção de cada linha e a soma das colunas para o total de atração.

7 CONVERSÃO DE P/A PARA O/D E MATRIZES DELTA

7.1 Período de Fatoração de 24 Horas

Em um modelo de quatro etapas, como no Modelo do PDTU, a etapa de geração de viagens produz volumes de P/A (produção e atração, por zonas), que compreendem um período de 24 horas. Estas viagens precisam ser convertidas para os horários de pico (manhã e tarde) e isto é realizado com a aplicação de um fator P/A-O/D.

7.2 Conversão de P/A para O/D

Uma célula da matriz O/D contém a quantidade de viagens da zona de origem para a zona de destino. Tais matrizes são direcionais, ou seja, o movimento a partir da origem até o destino. As etapas de distribuição e de escolha modal, entretanto, funcionam de forma distinta, em termos de atrações (o motivo de viagem) e produções (a origem da viagem) para criar matrizes P/A.

Para as viagens com base domiciliar, a extremidade ‘domicílio’ é sempre a produção, enquanto a atração é o destino final, podendo ser o local de trabalho, estudo ou algum outro lugar. Para as demais viagens com base não domiciliar, origens e destinos não são tão claros. Assim, convencionou-se que a produção é de onde a viagem é iniciada (origem), e a atração é o lugar para onde se está indo (destino).

Para converter uma matriz P/A em uma matriz O/D, primeiramente temos que fazer uma divisão dos componentes da matriz P/A em ‘a partir do domicílio’ e ‘retornando para o domicílio’. Isto é realizado através da aplicação de ‘fatores de domicílio’ e ‘fatores de retorno ao domicílio’ que são deduzidos das pesquisas domiciliares. A matriz O/D é então criada adicionando-se o elemento ‘a partir do domicílio’ ao elemento ‘retornando para o domicílio’ da matriz P/A.

Uma ‘matriz P/A-O/D’ apresenta, então, a quantidade total de viagens realizadas dentro da região, independentemente do modal e da distância, conforme esquema mostrado a seguir:

Figura 7.2.1 – Modelo de Estrutura de Matriz P/A-O/D

O/D (AM)	i	j
i		n_1
j		

O/D (PM)	i	j
i		
j	n_2	

↓

P/A	i	j
i		$n_1 + n_2$
j		

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

O Anexo K mostra os fatores de P/A para O/D, calculados a partir das pesquisas de origem e destino que foram aplicados ao Modelo do PDTU.

7.3 Fatores de Ocupação

Para viagens de automóvel, a distribuição do modelo gera matrizes de movimentos de pessoas, enquanto o modelo de alocação de transporte individual exige matrizes de movimentos de automóveis. Por isso, os movimentos de pessoas são convertidos em PCUs⁷⁰ para poderem ser alocados. Os fatores utilizados resultam da relação entre a viagem do automóvel e a quantidade de pessoas embarcadas (passageiros e motorista), tendo como base as pesquisas de campo apresentadas no Relatório 4 – Planejamento e Execução de Pesquisas.

A tabela 7.3.1 apresenta tais fatores, que variam de acordo com os motivos de viagem. Por exemplo, viagens de automóvel com base domiciliar casa/estudo apresentam maior PCU que viagens com base domiciliar casa/trabalho.

Tabela 7.3.1 – Ocupação do automóvel por motivo da viagem⁷¹

Motivo de Viagem	Ocupação do Automóvel (PCU)
HBW	1,33
HBEd	1,69
HBO	1,48
NHBO	1,38

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

⁷⁰ Passenger Car Unit. Em tradução livre, Unidade Equivalente entre veículos de um certo tipo e automóveis particulares (carros). Através do PCU, pode-se expressar a capacidade de uma via ou sistema de forma mais precisa.

⁷¹ Obs.: Dados retirados de estudos prévios e ajustados durante a calibração.

7.4 Criação das Matrizes de Alocação

A matriz final O/D, empregada na alocação, é criada a partir da soma das quatro matrizes por motivo de viagem, acrescida dos componentes gerados pelo crescimento das matrizes base P/A (por exemplo, viagens de e para zonas externas).

Durante o processo de calibração, uma série de matrizes delta são criadas para transporte individual e coletivo para todos os períodos de tempo. Quaisquer ‘matrizes delta’ criadas para o ano base também precisam ser inseridas nos anos futuros.

As matrizes delta são a diferença residual entre as matrizes sintéticas do ano base (produzidas pelas etapas de geração de viagem, escolha de modal e distribuição da viagem) e as matrizes parciais disponíveis e validadas. No modo ideal, as matrizes delta seriam zero (ou seja, o modelo sintético englobaria todas as viagens observadas), mas na prática existem alguns tipos de viagens que não são sintetizadas e, por isso, uma quantidade (mínima) de valores positivos são esperados.

As tabelas 7.4.1 e 7.4.2 mostram a quantidade total de viagens sintetizadas para os dois períodos de modelagem, de acordo com os motivos de viagens dos transportes individual e coletivo. As viagens P/A que tiveram como base as pesquisas domiciliares foram descritas anteriormente.

Tabela 7.4.1 – Total de Viagens Sintetizadas de Transporte Individual

Motivo de Viagem	P/A	Pico da Manhã	Pico da Tarde
HBW	2.023.357	120.991	141.382
HBEd	472.439	24.261	28.178
HBO/NHBO	1.963.605	101.490	101.384
Total	4.459.401	246.742	270.944

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 7.4.2 – Total de Viagens Sintetizadas de Transporte Coletivo

Motivo de Viagem	P/A	Pico da Manhã	Pico da Tarde
HBW	3.565.969	563.227	324.886
HBEd	1.662.906	240.707	152.402
HBO/NHBOs	6.628.452	247.913	486.728
Total	11.857.327	1.051.847	964.016

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

8 INTEGRAÇÃO TARIFÁRIA

8.1 Introdução

As tarifas de integração/ Bilhete Único foram introduzidas no Modelo do PDTU 2012, refletindo mudança na calibração do modelo anterior, emitido em janeiro de 2014 e baseado em tarifas dos bilhetes simples (que embasaram versões anteriores deste Relatório 6). Os BUs⁷² permitem que usuários realizem transbordos entre os modais sem a necessidade de pagamento de tarifas unitárias para cada modal utilizado. A seguir será explicado o método utilizado para incluir o ‘bilhete único’ no modelo matemático desenvolvido para a atualização do PDTU.

Na RMRJ existem dois tipos de bilhete em operação:

- **Bilhetes simples**, que correspondem a uma tarifa vigente ‘cheia’ por embarque no modal escolhido; e
- **Bilhetes integrados** (BUs), que permitem a utilização de mais de um serviço de transporte/ modal (transbordos ou integrações) dentro de uma mesma viagem com valor teto pré-determinado. Os Bilhetes Integrados em 2012 correspondiam a duas categorias: BUC - Bilhete Único Carioca (para utilização no município do Rio de Janeiro); e BU - Bilhete Único Intermunicipal (de abrangência na RMRJ). Estes foram posteriormente unificados passando a valer em toda a RMRJ de forma similar. Ainda assim, de acordo com as variações de modal utilizadas nos deslocamentos que compõem uma determinada viagem, aplicam-se dois valores teto: R\$ 3,95 somente para integrações entre ônibus municipais do Rio de Janeiro e trens ou barcas (RMRJ); e R\$ 4,95 para todos as demais integrações.

A incorporação do Bilhete Único, conforme requerido pelo Modelo do PDTU para a integração tarifária, exigiu a adoção de uma solução envolvendo *links* e nós virtuais denominada ‘Rede de Torres’, conforme explicado a seguir.

8.2 Solução Rede de ‘Torres’

A solução implementada no Modelo do PDTU baseia-se na inserção de uma estrutura adicional de *links* e nós nomeada ‘rede de torres’, em paralelo à estrutura já existente. A codificação adicional dessa estrutura permite mensurar os transbordos entre modais (BRT, ônibus, metrô, trem, etc.), possibilitando então a modelagem com integração tarifária requerida no PDTU.

O método é possível pois o Emme permite elaborar modelos nos quais redes são inicialmente construídas e parametrizadas de forma separada por modal do transporte individual e coletivo, integrando-as posteriormente para fins de modelagem/ simulação. É importante frisar a existência de uma limitação do

⁷² BU – Bilhete Único



Modelo do PDTU referente a modais que compartilham uma rede comum, tais como ônibus que dividem a via com outros ônibus e com os automóveis. Nestes locais de compartilhamento de *links* e nós, a integração modelada pode não se aproximar da realidade. Assim, o modelo não permite, por exemplo, mensurar integrações precisas entre linhas de ônibus que compartilhem paradas em um mesmo link (que estarão agregadas e não individualizadas). Tornar esse processo mais preciso extrapolaria o propósito estratégico do modelo e exigiria a construção de uma rede ainda mais complexa de ‘torres sobre torres’, a fim de separar as linhas de ônibus que compartilham *links*. Considerando a existência de mais de 1.500 linhas de ônibus operantes em 2012 (cerca de 3.000 itinerários de ida e volta), isso resultaria em um enorme esforço de detalhamento, o que também tornaria o modelo instável. Da forma como foi elaborado, o modelo responde bem ao seu propósito estratégico de modelagem do PDTU, alocando modais de forma adequada e convergente com a realidade observada.

Para codificação adicional, foram acrescentados *links* e estações ‘virtuais’, isto é em duplicata às estações ‘reais’ modeladas, sempre que necessário. Os nós adicionais, baseados em regras geométricas e calculados com base no posicionamento físico dos nós existentes, possuem um ligeiro deslocamento em suas coordenadas geográficas, a fim de facilitar sua visualização, sem impacto para a modelagem matemática. Esse método funciona através da adição de um pequeno ‘triângulo de integração’, não acessível a pedestres oriundos da rede de transporte individual. Ao restringir os passageiros que têm como origem a rede de transporte individual, os passageiros de ônibus que já pagaram a tarifa, mas que desejam realizar o transbordo para outro modal, podem fazê-lo através do triângulo de integração.

O Emme não permite atribuir tarifas a conectores de centróide. Para contornar este problema, o atributo de distância percorrida pelo pedestre é alterado para refletir a tarifa de transporte coletivo; ou seja, a distância de caminhada adotada é igual à tarifa dividida pelo Valor do Tempo (VoT) para cada categoria de usuário. É válido lembrar que o Modelo do PDTU tem valores de tempo distintos para transporte individual e transporte coletivo, que variam de acordo com o motivo da viagem.

Alterações nas macros foram implementadas para permitir que, quando da execução do modelo, o Emme atribua a distância correta de caminhada de acordo com o Valor de Tempo. A cada parada/ estação, a metodologia adotada simula como gratuitas as seguintes integrações: ônibus-ônibus, trem-trem, BRT-BRT, metrô-metrô.

8.3 Passos para a Adição da Integração da Tarifa

Para facilitar a integração de tarifa, o primeiro passo é criar três modais adicionais para ônibus municipais e intermunicipais como segue:

- Modal i = Ônibus intermunicipais;
- Modal x = Ônibus municipais;
- Modal b = Ônibus não integrados.

Em seguida, verifica-se a existência de estações de transporte de alta capacidade (tais como de trem, metrô ou barcas) dentro de um raio de 800 metros⁷³ a partir de um conector de centróide. Essa foi considerada a distância máxima que os usuários típicos estão dispostos a caminhar, em média, a fim de alcançarem uma dessas estações. Após essa verificação, é então adicionada a tarifa da passagem de ônibus municipal de R\$ 2,75 para todos os deslocamentos entre um determinado conector de centróide e uma estação de transporte de alta capacidade distantes mais de 800 metros entre si.

Centróides de algumas zonas da Baixada Fluminense e algumas outras situadas na Zona Oeste do Rio de Janeiro tiveram suas coordenadas modificadas, aproximando-os das estações de trem ou metrô. Além disso, foram criados novos conectores de centróides a estas estações com extensão superior a 800 metros, excepcionalmente, fazendo com que a representação dos deslocamentos naqueles locais se tornasse mais realista.

Quando uma estação de transporte de alta capacidade estiver dentro deste raio, adota-se a metodologia explicitada a seguir, a fim de simular a integração: usuários posicionados em um centróide têm que pagar a tarifa local municipal de ônibus de R\$ 2,75, independentemente do seu destino, ou embarcar diretamente em uma estação de transporte de alta ou média capacidades, onde será cobrada a tarifa aplicável (R\$ 3,20 no caso do metrô, por exemplo). Em alguns casos, é possível que haja mais do que um modal de transporte de alta ou média capacidades a menos de 800 metros do centróide, ou ainda, que exista mais do que uma estação de transporte do mesmo modal, o que aumenta a complexidade da codificação (casos especiais).

O valor adotado de R\$ 2,75 é uma simplificação do sistema de tarifas, uma vez que algumas cidades da RMRJ cobram valores menores. Porém, como em 2012 mais de 70% dos serviços de ônibus municipais cobravam R\$ 2,75, esse foi o valor adotado no Modelo PDTU, conforme tabelas 8.3.1 e 8.3.2.

As tarifas intermunicipais foram ajustadas para refletir as regras da integração tarifária, de modo que o usuário só pague o Bilhete Único (R\$ 4,95) e não duas tarifas de embarque separadas. Neste caso, as tarifas de ônibus intermunicipais foram fixadas para corresponderem à diferença, ou seja R\$ 2,20 (isto é, R\$ 2,75 + R\$ 2,20 = R\$ 4,95, o preço do BU).

⁷³ A distância adotada de 800m é corroborada por estudos acadêmicos autorados por Kuby *et al* em seu trabalho de 2004, focando estações do transporte coletivo tipo VLT *Factors influencing light-rail station boardings in the United States*, publicados in *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(3), 223–247; bem como por Stringham, M. G. P., em seu trabalho focando também VLT, de 1982, *Travel behavior associated with land uses adjacent to rapid transit stations*, in *ITE Journal*, april, 16–18, disponível em: <http://www.ite.org/membersonly/itejournal/pdf/JDA82A16.pdf>. Além disso, considerando-se a velocidade média adotada para os pedestres no modelo do PDTU, isto é, 3,6Km/h, 800m corresponderiam a um deslocamento de cerca de 13 minutos, o que é um limite aceitável por modeladores em geral.

Tabela 8.3.1 – Valores das Tarifas por Município

Município	Valor Tarifa (R\$)	Número de Linhas
Belford Roxo	2,65	7
Duque de Caxias	2,65	37
Guapimirim	1,90	7
Itaboraí	2,50	16
Itaguaí	2,50	11
Japeri	2,50	6
Magé	2,65	21
Mangaratiba	3,60	2
Maricá	2,30	20
Mesquita	2,65	1
Nilópolis	2,40	10
Niterói	2,75	56
Nova Iguaçu	2,65	71
Paracambi	2,30	11
Queimados	2,50	15
Rio de Janeiro (ônibus não climatizados)	2,75	706
São Gonçalo	2,60	77
São João de Meriti	2,65	9
Seropédica	1,50	1

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 8.3.2 – Valores das Tarifas e Porcentagem Representativa

Valor Tarifa (R\$)	% Número de Linhas
1,50	0,1%
1,90	0,6%
2,30	2,9%
2,40	0,9%
2,50	4,4%
2,60	7,1%
2,65	13,5%
2,75	70,3%
3,60	0,2%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

8.4 Casos de Transbordo (Integrações)

Nesta seção encontram-se detalhados diagramaticamente os casos de integração modal. Cabe observar que todas as integrações tarifárias ocorrem em duas direções.

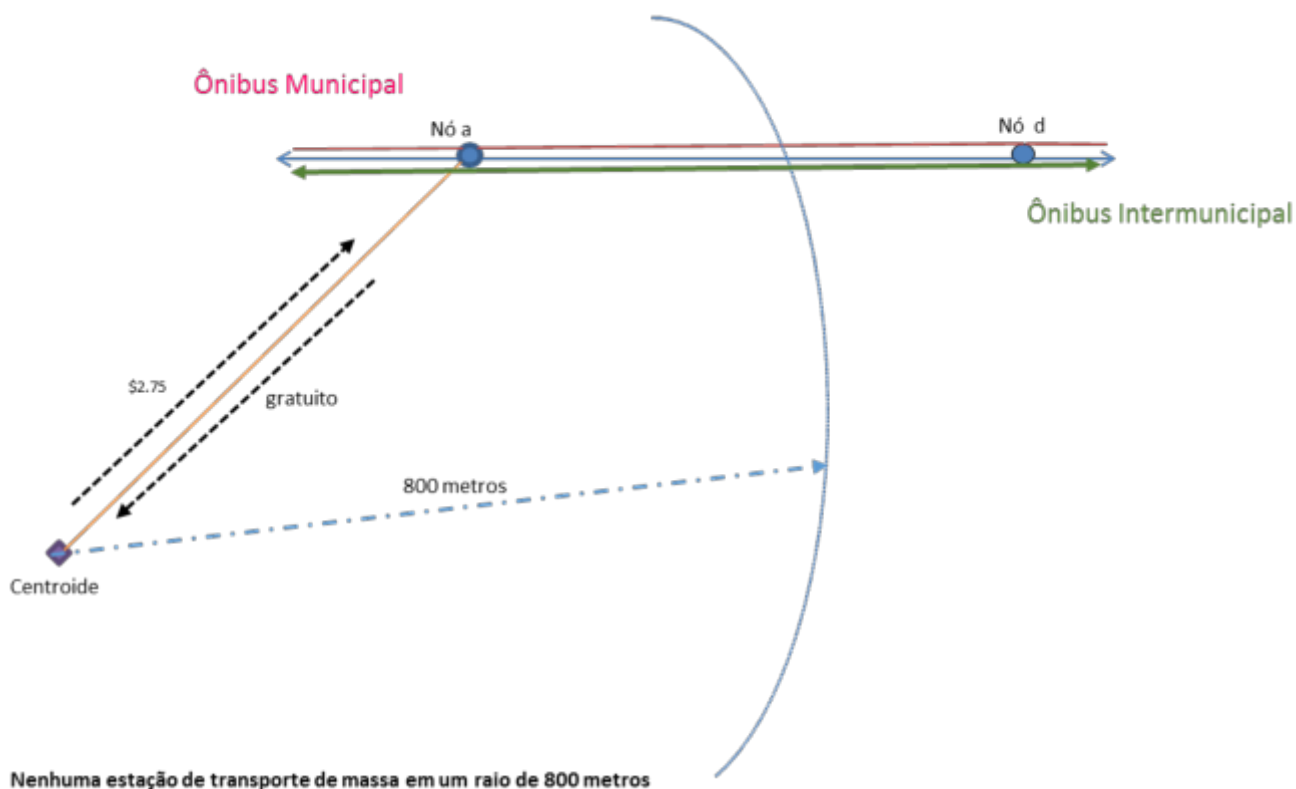
As seguintes premissas foram adotadas para os casos de transbordo:

- Nenhuma estação de transporte de alta capacidade a menos de 800 metros de um centróide (conectores de centróide têm a mesma tarifa de um ônibus municipal de R\$ 2,75);
- Ônibus – Metrô: integração tarifária permitida entre ônibus intermunicipal e metrô e ônibus municipal e metrô com uma tarifa no BU de R\$ 4,95;
- Ônibus – Trem: integração tarifária permitida entre ônibus intermunicipal e trem com uma tarifa no BU de R\$ 4,95 e de ônibus municipal com trem por R\$ 3,95 no BUC (Bilhete Único Carioca);
- Ônibus – BRT: integração física com o BRT permitida tanto para ônibus intermunicipais como para ônibus municipais. Não existe cobrança de tarifa na integração entre estes modais.
- Ônibus – Barcas: integração tarifária permitida entre ônibus intermunicipal e barca com uma tarifa no BU de R\$ 4,95 e de ônibus municipal com barca por R\$ 3,95 no BUC (Bilhete Único Carioca);
- BRT – Metrô: não existe a tarifação integrada, sendo aplicada a cobrança da tarifa integral (cheia) de cada modal, a cada embarque;
- Metrô – Barcas: Integração tarifária permitida entre metrô e barcas por R\$ 4,95 no BU;
- Casos Especiais: quando acontece transbordo para mais de um modal, como por exemplo: ônibus – metrô – trem ou ônibus – metrô – barca.

Estação de Transporte com Distância Superior a 800 Metros do Centróide

A Figura 8.4.1 ilustra a situação em que não existe estação de transporte de alta capacidade em um raio inferior a 800 metros do centróide, só havendo transbordo de ônibus para ônibus na rede normal. Nesse caso, o usuário irá pagar a tarifa de ônibus municipal (R\$ 2,75) para embarcar.

Figura 8.4.1 - Estação de Transporte com Distância Superior a 800 Metros do Centróide



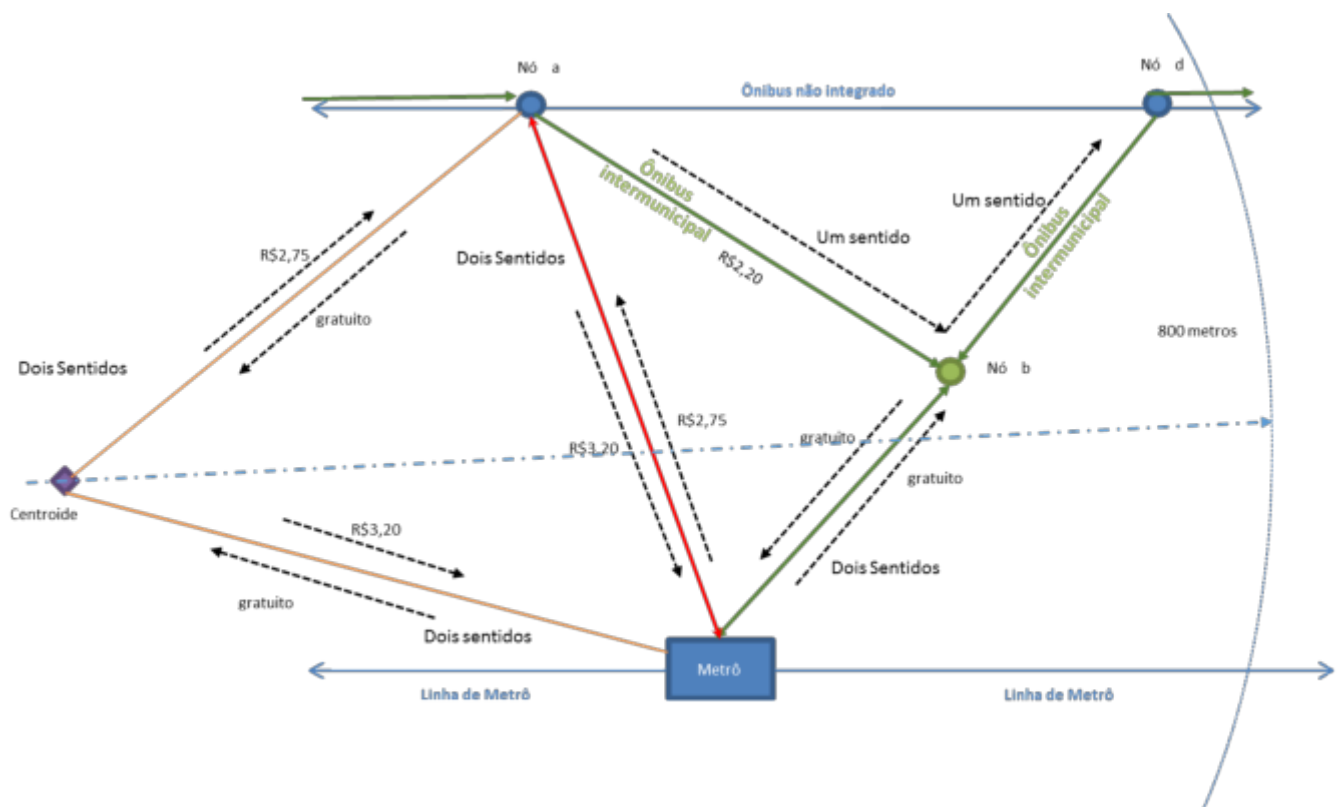
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Integração Tarifária: Ônibus com Metrô

A figura 8.4.2 mostra a integração tarifária do ônibus intermunicipal (IM)⁷⁴, ônibus municipal e o metrô. O BU é de R\$ 4,95 para integração entre ônibus intermunicipal e metrô. Portanto, a tarifa para entrar no sistema de metrô será de R\$ 2,20, proporcionando uma economia de R\$ 1,00 para o usuário em comparação com os R\$ 3,20 se pago como tarifa de embarque única. A integração tarifária não é permitida a partir de ônibus municipais de acordo com as regras de integração.

É possível fazer dois embarques; ou seja, sair do ônibus no nó A e embarcar no metrô, pagando uma tarifa combinada de R\$ 5,95; no entanto, durante o processo de construção da rota, o modelo irá descartar a mesma (o que ocorrerá com todas as outras rotas viáveis, caso elas sejam mais onerosas).

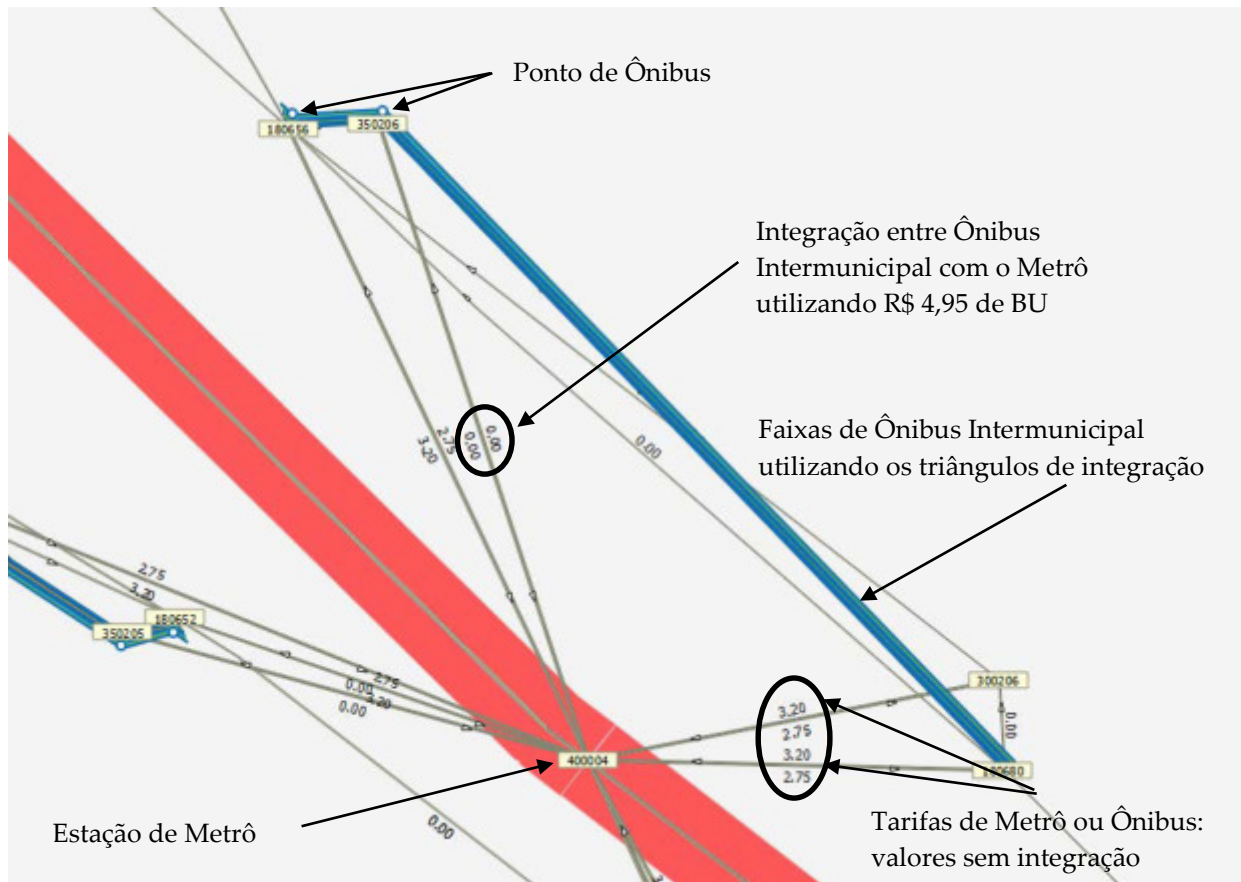
Figura 8.4.2 – Integração Tarifária: Ônibus - Metrô



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

⁷⁴ Ônibus IM – Ônibus Intermunicipal

Figura 8.4.3 – Integração Tarifária: Ônibus – Metrô (como inserido no Modelo do PDTU)



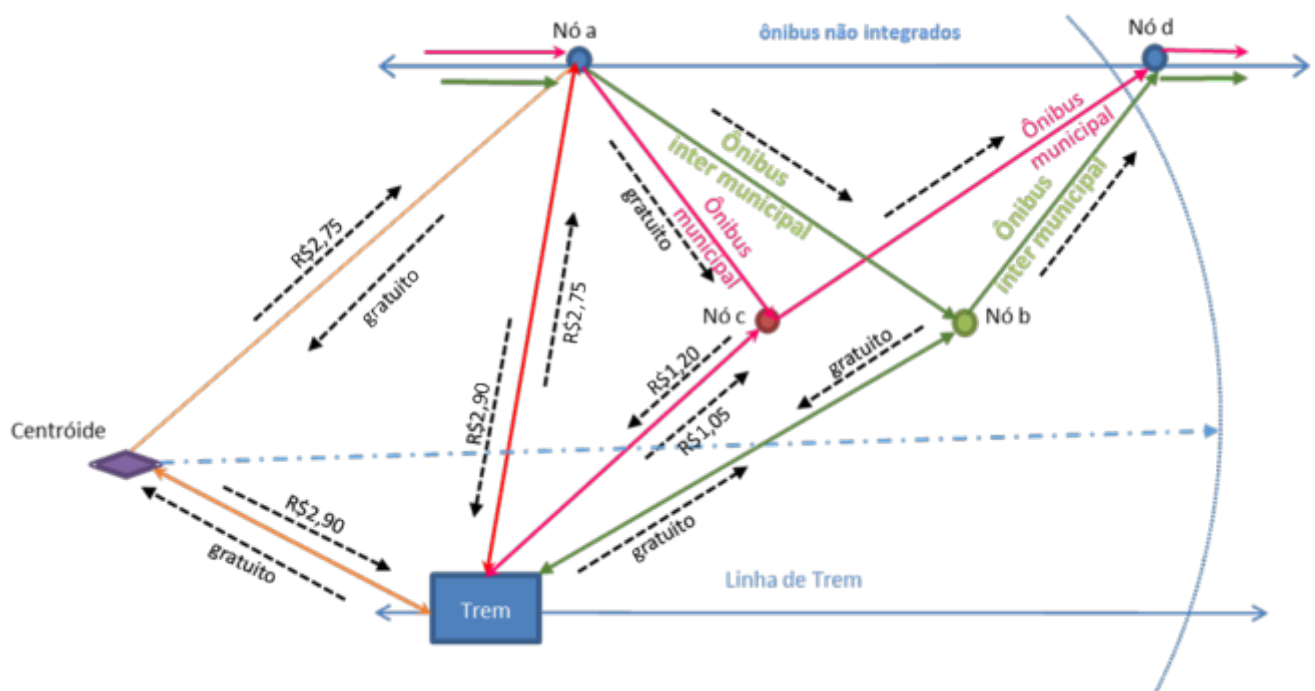
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

A figura 8.4.3 é mais complexa que a figura 8.4.2, pois tanto o ônibus municipal quanto o intermunicipal podem ser integrados, sendo necessários dois nós secundários para permitir as diferentes tarifas de ônibus intermunicipais e municipais que fazem integração com o metrô.

Integração Tarifária: Ônibus com Trem

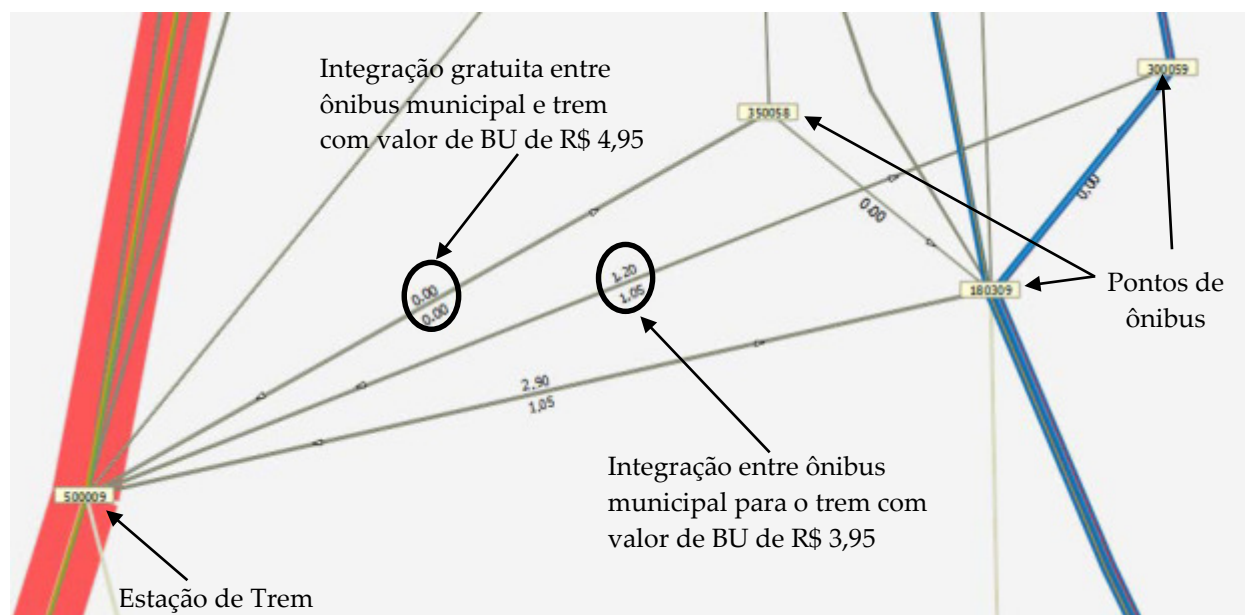
Na integração tarifária entre os ônibus intermunicipais e o trem, se o usuário já tiver pago a tarifa utilizando o BU (ex: R\$ 2,75 + R\$ 2,20) o transbordo para o trem é gratuito. No caso de integração de tarifas a partir de um ônibus municipal, a tarifa do BUC é de R\$ 3,95. Portanto, no *link* de integração do ônibus municipal para o trem a tarifa é de R\$ 1,20 (ex: R\$ 3,95 – R\$ 2,75 = R\$ 1,20) e do trem para o ônibus municipal é de R\$ 1,05 (ex: R\$ 3,95 – R\$ 2,90 = R\$ 1,05). As figuras 8.4.4 e 8.4.5 ilustram o que foi dito.

Figura 8.4.4 – Integrações Tarifárias: Ônibus com Trem



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 8.4.5 – Integrações Tarifárias: Ônibus com Trem

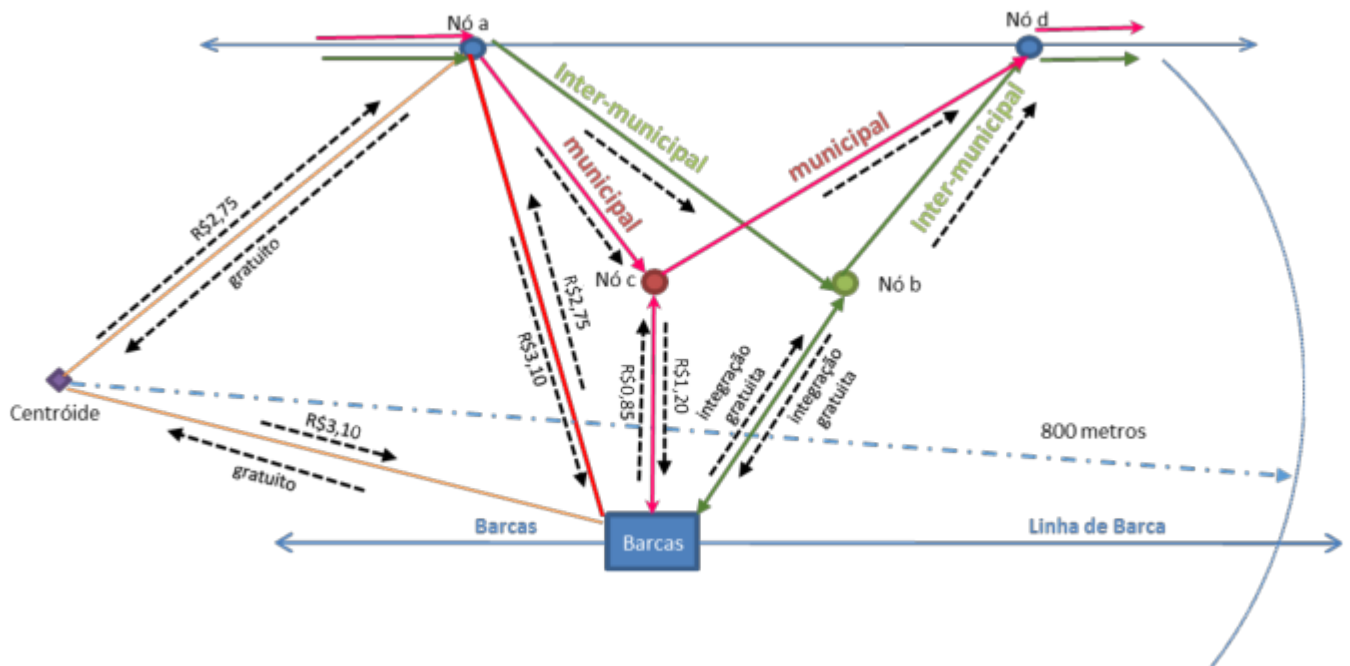


Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Integração Tarifária: Ônibus – Barca

A integração dos ônibus com os serviços das barcas é similar à integração dos ônibus com os trens, que possuem regras diferentes para serviço de ônibus municipal e intermunicipal. Para ônibus municipal a tarifa no BU é de R\$ 3,95, sendo o valor do *link* de integração de R\$ 1,20 (ônibus municipal para barca) e R\$ 0,85 (barca para ônibus municipal). A integração entre ônibus intermunicipal com barca é gratuita. Detalhes são apresentados na figura 8.4.7.

Figura 8.4.7 - Integração Tarifária: Ônibus com Barca

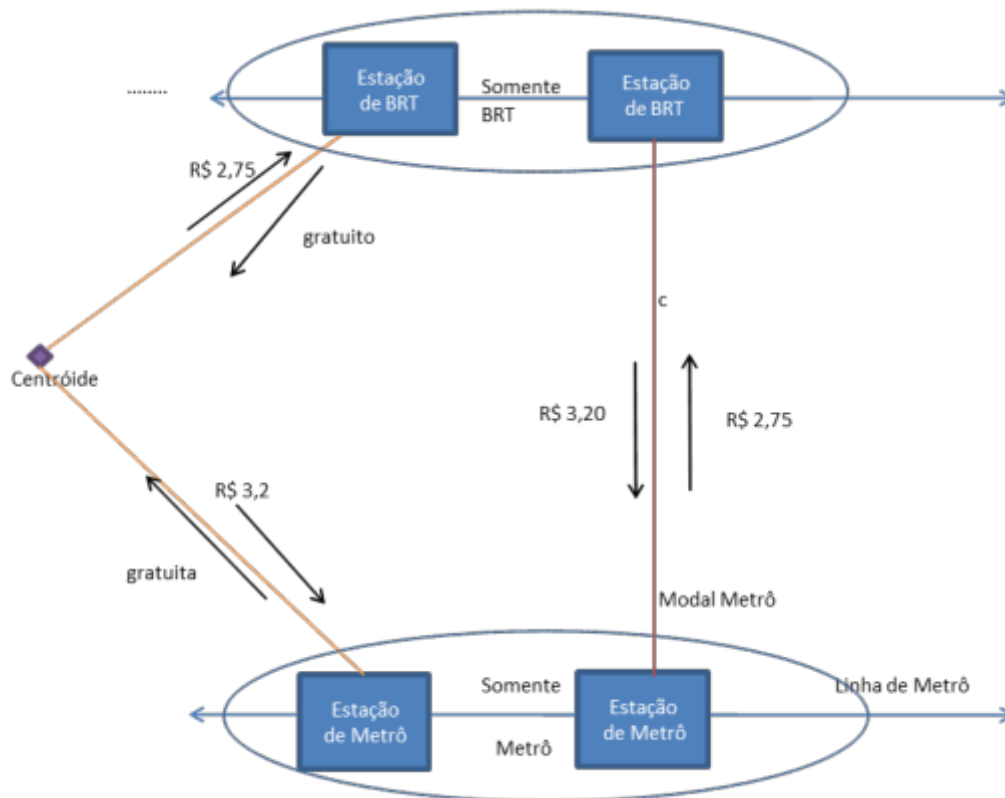


Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Integração Tarifária: BRT - Metrô

Para a integração das viagens a partir do BRT para o metrô e a partir do metrô para o BRT é considerada a tarifação cheia para ambos os modais, isto é, não há desconto em nenhuma das tarifas, conforme figura 8.4.8.

Figura 8.4.8 - Integração Tarifária: BRT – Metrô

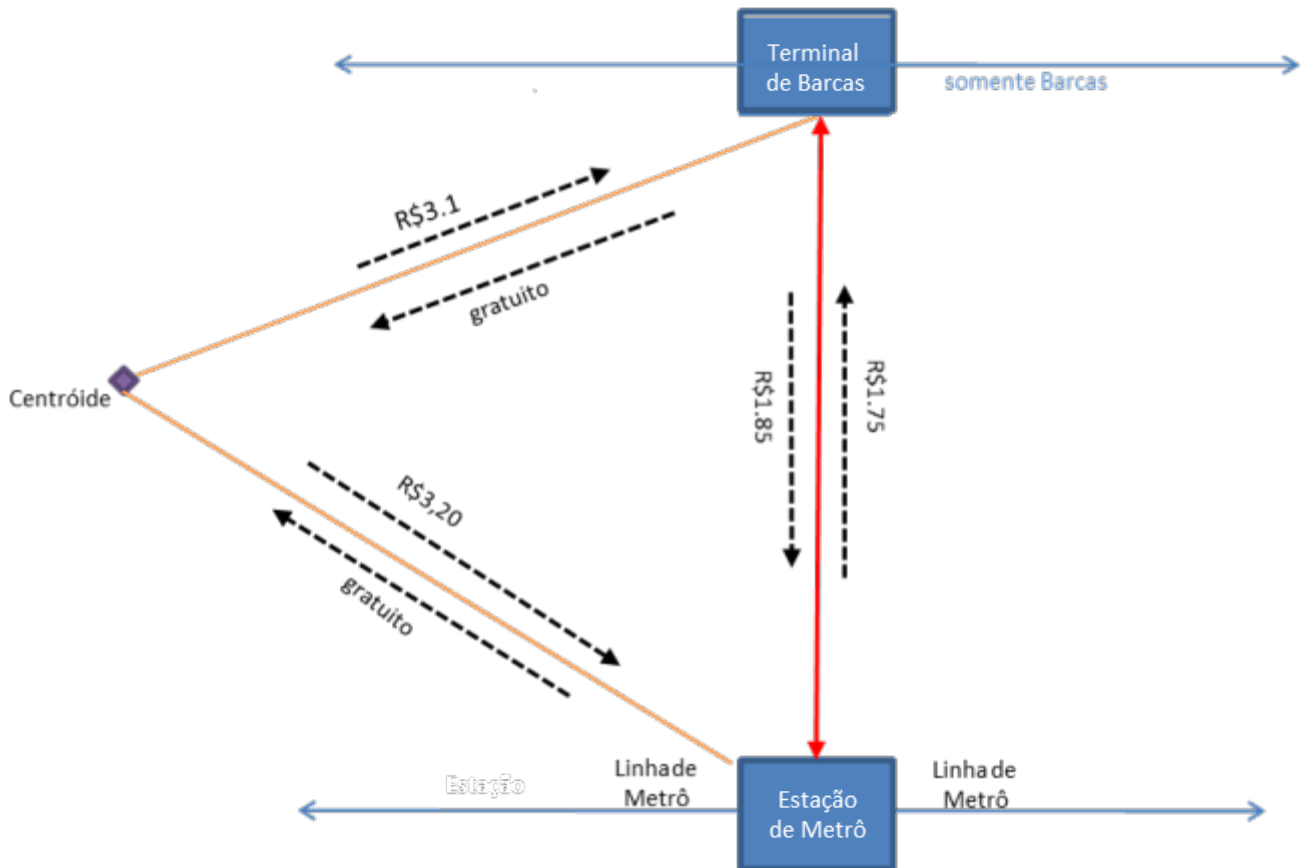


Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Integração Tarifária: Metrô – Barca

A integração entre o metrô e a barca é permitida com a utilização do BU com a tarifa de R\$ 4,95, como ilustrado na figura 8.4.9. Conforme citado anteriormente, as tarifas dos *links* são calculadas para que o valor máximo da tarifa do BU não seja ultrapassado.

Figura 8.4.9 – Integração Tarifária: Metrô – Barca

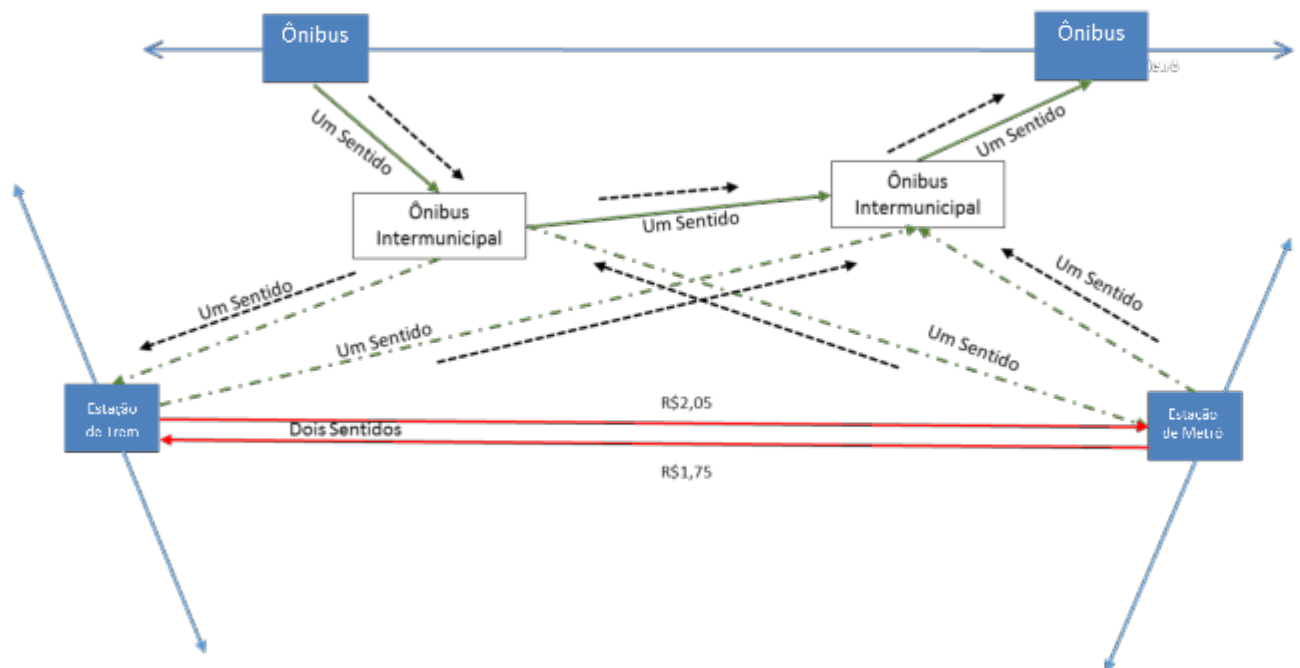


Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Casos Especiais de Integração

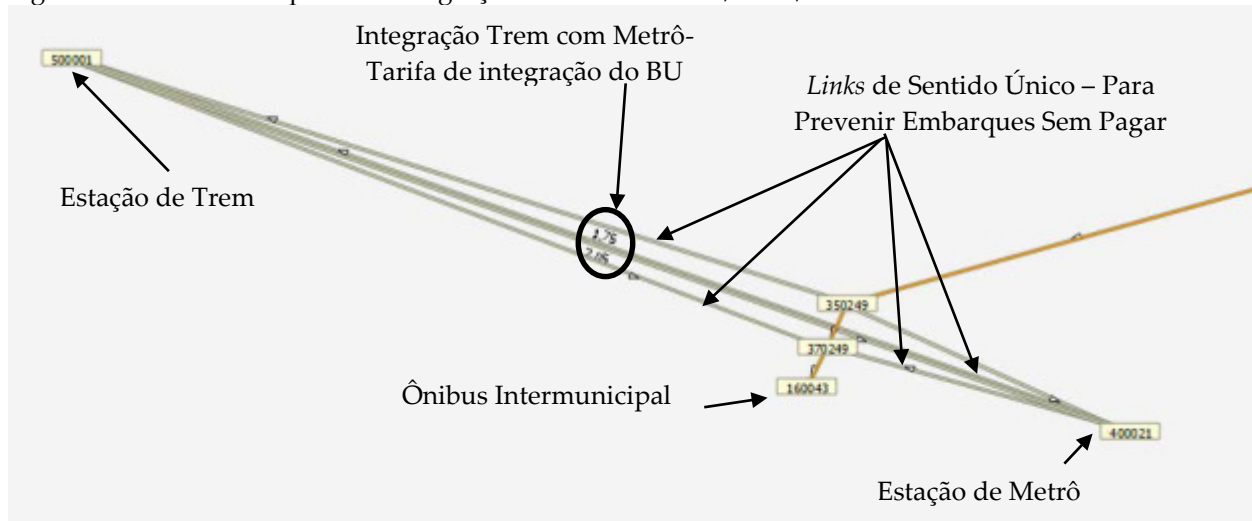
As figuras 8.4.10 e 8.4.11 ilustram a complexa codificação que se fez necessária para representar as situações com mais de dois modais. Na figura a seguir está ilustrada a codificação entre trem / ônibus / metrô. Neste caso, nós adicionais são necessários para separar as entradas e as saídas das viagens dos ônibus intermunicipais. Isto é feito para evitar que passageiros não embarquem sem serem contabilizados no momento da transferência entre o trem e o metrô, através dos *links* dos ônibus. A utilização do fluxo unidirecional previne o acesso direto às estações de trem ou metrô através dos *links* de integração dos ônibus, preservando as regras de integração tarifária vigentes.

Figura 8.4.10 – Casos Especiais - Integração Tarifária: Ônibus/Trem/Metrô



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 8.4.11 – Casos Especiais - Integração Tarifária: Ônibus/Trem/Metrô

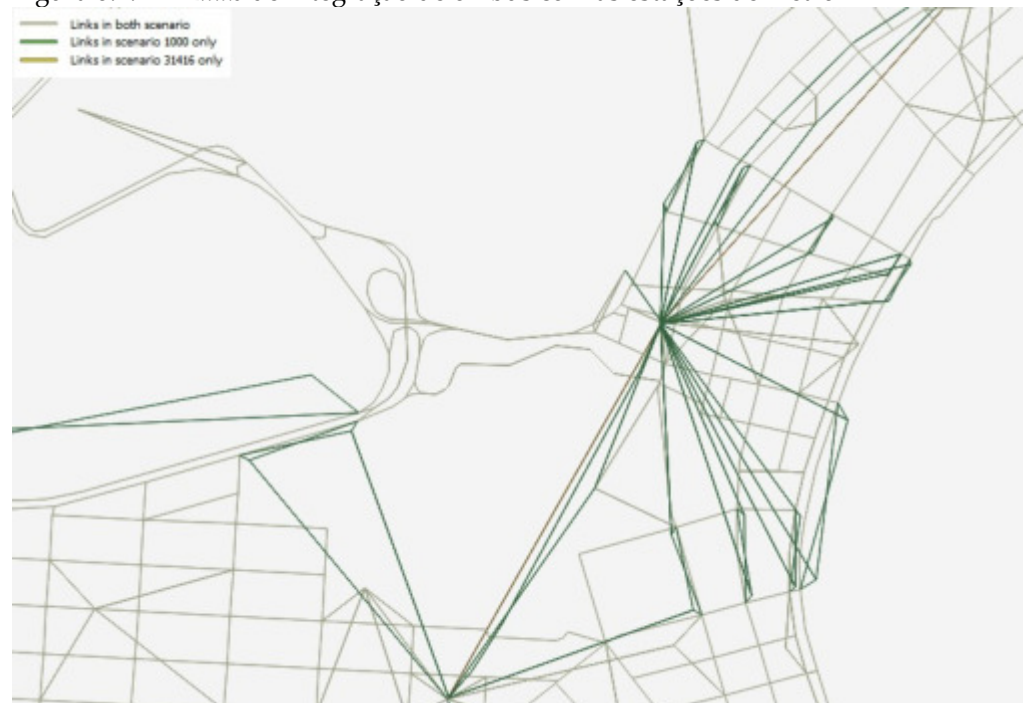


Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Implementação no Modelo

A Figura 8.4.12 mostra as estações de metrô General Osório e Cantagalo, com os *links* verdes ilustrando integrações entre ônibus intermunicipal (IM) e metrô.

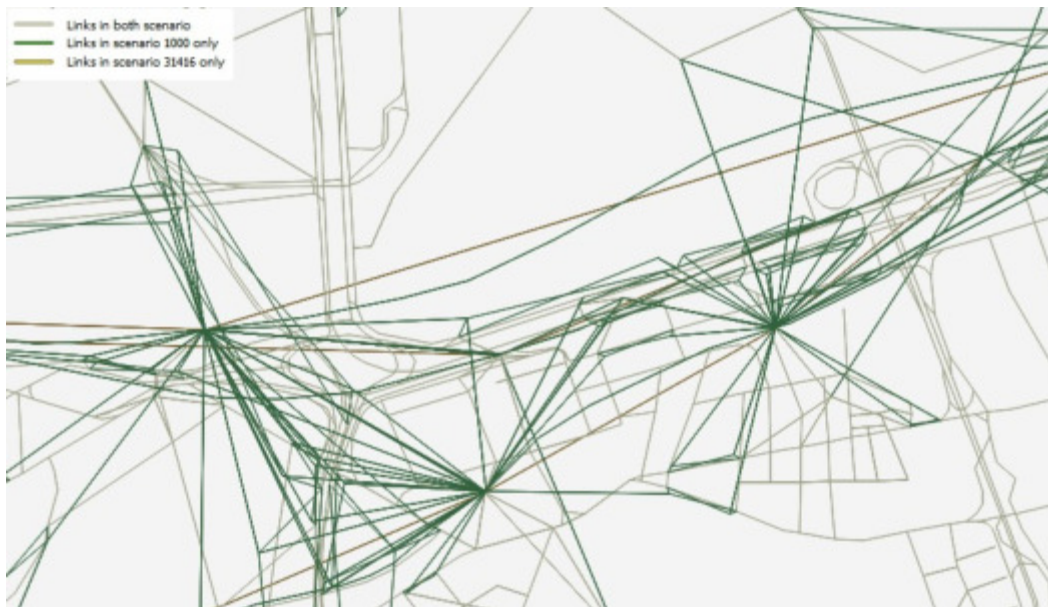
Figura 8.4.12 - Links de integração de ônibus com as estações de metrô



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

A Figura 8.4.13 mostra os *links* de integração na estação São Cristóvão e seu entorno, onde é possível realizar transbordo entre os sistemas ferroviário, metroviário e ônibus (futuramente o BRT também estará disponível).

Figura 8.4.13 - Integrações na estação São Cristóvão e seu entorno



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Limitações da Modelagem da Integração

A adição das tarifas integradas em todas as estações de transporte de alta e média capacidades aplicáveis aumentou a complexidade da rede do ponto de vista do usuário. Na prática as rotas de ônibus no modelo agora são mais complexas, pois, em cada ponto de transbordo foi introduzido um triângulo de integração. Assim, os ônibus, que anteriormente compartilhavam uma rota comum ainda que apenas por pequenos trechos, estão agora separados na malha viária.

Uma limitação do Emme é que o programa não diferencia um primeiro embarque dos subsequentes. Assim, o modelo permite mais de uma integração caso isto corresponda a um trecho de "menor custo" no processo de construção da rota. No entanto, caso isso ocorra, não há impacto significativo no modelo. Os transbordos foram associados matematicamente a penalidades de tempo, o que impede a formação de rotas não realistas na rede, minimizando impactos no modelo.

9 ALOCAÇÃO DO TRANSPORTE INDIVIDUAL

9.1 Introdução

Como se sabe, na etapa de alocação o modelo vincula volumes de tráfego (resultantes das etapas de geração, distribuição e escolha modal) aos diversos links da rede. Esse capítulo descreve o processo de alocação de tráfego do transporte individual (automóveis e caminhões) que ocorre dentro do Emme, sua interação com os ônibus, bem como a ‘disputa’ que esses modais travam entre si para utilização do mesmo espaço nas vias.

A demanda do transporte individual, em termos de automóveis, utilizada neste modelo é originária dos resultados das etapas de distribuição de viagens e escolha modal, que foram transformadas em matrizes por período e adequadas através dos fatores P/A-O/D.

Os componentes principais do modelo de alocação de transporte individual são:

- Rede rodoviária, incluindo todos os *links* e parâmetros relevantes por *link*;
- Matrizes de demanda de transporte individual para caminhões e automóveis (incluindo táxis);
- Ônibus coletivos em *links* que correspondem aos itinerários das linhas modeladas (apesar de se referirem ao transporte coletivo, estes impactam a alocação do transporte individual nas vias onde compartilham a mesma rede física); Processos de alocação nos quais se aplica a demanda para a rede.

Como é sabido, o Transporte Individual no Modelo do PDTU corresponde ao modo HW na plataforma INRO/Emme, ou highway em língua inglesa, referindo-se ao sistema viário, compartilhado por caminhões e automóveis, mas também por serviços de transporte público em ônibus. Assim, execuções no modo HW permitem obter volumes de alocações para o Transporte Individual, cujo desempenho em determinada rede é simulado conjuntamente ao Transporte Coletivo em ônibus. O processo de modelagem e calibração, portanto, envolve necessariamente iterações, a fim de obter dados de alocações preliminares que são utilizados para novas etapas de distribuição e escolha modal, por fim permitindo gerar alocações simuladas que mais se aproximem da realidade objeto do estudo.

Primeiramente, é importante observar que a demanda é alocada considerando a possibilidade de muitas rotas entre cada par origem-destino, porém com um detalhe: se, por outro lado, os serviços regulares de ônibus são pré-determinados (itinerários, frequência e demais parâmetros operacionais), diversas rotas são permitidas para automóveis e caminhões, a fim de simular a realidade.

Uma vez que a rede HW tenha sido executada e uma alocação estável tenha sido alcançada no Emme, tempos de percurso nos *links* de ônibus são deduzidos do modelo, inclusive considerando-se espera em paradas, etc. Estes tempos são, então, transferidos ao modelo de alocação PT, Transporte Coletivo, ou *Public Transport* em língua inglesa, em cujo modo estão sujeitos a outros parâmetros da modelagem, tais como penalidades associadas a transbordos, etc.

As matrizes de custos generalizados entre origem e destino dos ônibus também são extraídas da rede e consolidadas com os respectivos resultados da alocação do Transporte Coletivo, sendo então utilizadas como *inputs* para novas etapas de distribuição e de escolha modal, para execução da próxima iteração do modelo completo.

Iterações diversas são feitas, sempre considerando que o modelo de demanda carrega viagens de automóveis juntamente com caminhões para o chamado Transporte Individual. As viagens são alocadas em um modelo completo de alocação de tráfego multiclases até que o equilíbrio seja alcançado.

9.2 Velocidade e Tempos de Percurso nos *Links*

A relação entre velocidade e volume de tráfego é extremamente importante para a modelo de alocação do Transporte Individual. O tempo total necessário para viagens na rede depende do tempo em que o usuário gasta em movimento, mas também dos atrasos ocorridos ao longo do percurso, isto é, nos *links*. No processo de modelagem, a fim de considerar velocidade e tempos de percurso apropriados, são definidos VDFs⁷⁵ relacionados a uma hierarquia viária relevante ao modelo, conforme apresentadas na tabela 9.2.1 mais adiante.

O cálculo dos VDFs é realizado utilizando as fórmulas abaixo.

Se o fluxo for menor do que a capacidade por faixa, então:

$$\text{Tempo} = \text{distância} * \left(\frac{60}{\text{velocidade}} \right) * \left(1 + a \left(\frac{\text{fluxo}}{\text{capacidade por faixa}} \right)^n \right)$$

Se o fluxo for maior ou igual à capacidade por faixa, então:

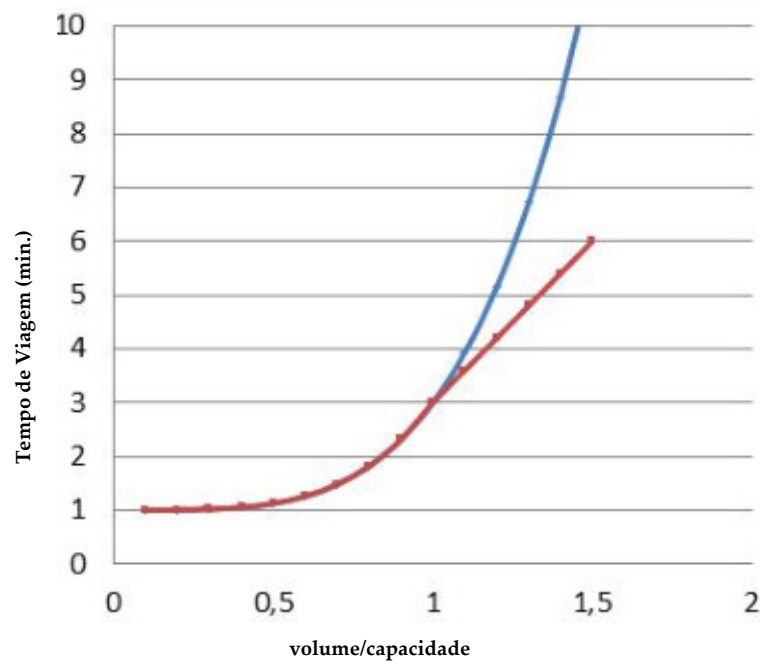
$$\text{Tempo} = \text{distância} * \left(\frac{60}{\text{velocidade}} \right) * \left(1 + a \left((n - 1) \left(\frac{\text{fluxo}}{\text{capacidade por faixa}} \right) - 2 \right) \right)$$

Onde: a relação entre volume/capacidade 'a' está entre 1,0 e 2,0.

A partir do ponto em que a relação 'a' alcança 1,0, torna-se linear, como mostrado no gráfico 9.2.1. A adoção de uma relação linear a partir desse ponto garante correspondência válida com a realidade modelada, considerando-se as velocidades verificadas na rede. Outro fator interessante de adotar-se a relação linear para 'a' maior que 1,0, é a redução do tempo necessário para execução do modelo matemático.

⁷⁵ VDF - *Volume Delay Function*. Em tradução livre, Função de Atraso pelo Volume

Gráfico 9.2.1 – Curva VDF



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 9.2.1 – Hierarquia Viária do Modelo do PDTU e respectivos VDFs

VDF	Hierarquia	Capacidade por Faixa (Faixa única)	Capacidade por Faixa (Várias faixas)	Velocidade do Fluxo Livre (Km/h)
1	Estrada	1.800	2.000	100
2	Expressa Principal	1.800	2.000	90
3	Expressa Marginal	1.600	1.800	80
4	Arterial Primária Principal	1.600	1.600	70
5	Arterial Primária Marginal	1.400	1.500	60
6	Arterial Secundária - Baixo Atrito Lateral	1.400	1.400	60
7	Arterial Secundária - Alto Atrito Lateral	1.200	1.200	50
8	Coletora/Distribuidora	700	900	50
9	Local	600	600	40

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

9.3 Processo para Alocação

A alocação é realizada com base no tempo e nas penalidades, que, por sua vez, são também consideradas a partir do tempo equivalente, mesmo que originariamente correspondam a penalidades tarifárias (Vide Seção 6.2 e Capítulo 8 para maiores detalhes).



A alocação considera ainda as diversas categorias de veículos incluídas no modelo, incluindo aqueles do Transporte Coletivo em ônibus, para isso criando três categorias PCU⁷⁶:

- Automóveis, incluindo táxis: PCU = 1,0;
- Caminhões: PCU = 1,6;
- Ônibus: PCU = 2,0.

Para realizar o processo de alocação no Emme, demandas são inseridas para cada categoria sob a forma de matrizes e, inicialmente são utilizadas para executar uma alocação com *fluxos livres*, isto é utilizando os *links* aos quais correspondam os menores custos e aplicando velocidades contínuas. Observe-se que as alocações resultantes podem diferir a depender da classe HW em tela, uma vez que penalidades podem variar por classe.

Em seguida, o fluxo total de PCUs para cada *link* é calculado e o processo prossegue, calculando os tempos gastos em cada *link* a partir do fluxo de PCU encontrado. O modelo passa, então, a alocar rotas não mais livremente, mas considerando tais tempos na alocação de cada classe, o que faz com que as demandas sejam alocadas em novas rotas, mais apropriadas a cada classe. Desta forma, produz-se novo fluxo de PCU.

Calcula-se então a média ponderada entre os valores antigos e atualizados dos fluxos PCU, otimizando os coeficientes até que a convergência seja alcançada (método de aproximação de Frank-Wolfe). Este processo é repetido diversas vezes até convergir para uma posição estável, na qual os fluxos de tráfego e os tempos associados de viagem estejam em equilíbrio.

As figuras 9.3.1 e 9.3.2 mostram o carregamento de modais no transporte individual tendo como base os dados gerados pelo Emme. Uma série completa destas informações para o período da manhã pode ser encontrada no Anexo J.

⁷⁶ *Passenger Car Unit*. Em tradução livre, Unidade Equivalente entre veículos de um certo tipo e automóveis particulares. Através do PCU, pode-se expressar a capacidade de uma via ou sistema de forma mais precisa.

Figura 9.3.1 – Alocação do Transporte Individual no Período da Manhã



Fonte: Emme - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 9.3.2 – Alocação de Transporte Individual no Centro do Rio no Período da Manhã



Fonte: Emme - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

10 ALOCAÇÃO DO TRANSPORTE COLETIVO

10.1 Introdução

Como se sabe, na etapa de alocação o modelo vincula volumes de tráfego (resultantes das etapas de geração, distribuição e escolha modal) aos diversos links da rede. Este capítulo descreve como o Modelo do PDTU aloca a demanda do transporte coletivo na rede modelada, a fim de representar a realidade observada no ano de referência⁷⁷. O transporte coletivo abrange os seguintes modais:

- Ônibus (municipal e intermunicipal);
- Trem;
- Metrô;
- Barca;
- BRT;
- VLT⁷⁸ (cenários a partir de 2016).

A demanda utilizada no Modelo do PDTU, neste caso os usuários do transporte coletivo que se deslocam entre zonas, é derivada das etapas de geração, distribuição de viagens e escolha modal (na etapa de distribuição, as viagens são transferidas para uma matriz O/D apropriada, conforme detalhes contidos no Capítulo 6).

Neste capítulo descreve-se como é alocada a rede de transporte coletivo no Emme e como são calibrados os diversos parâmetros envolvidos na modelagem dos modais coletivos considerados. Os principais componentes para a alocação de tráfego de transporte coletivo para os períodos são:

- A matriz de demanda de O/D;
- Rede de transporte coletivo, incluindo todas as possibilidades de rotas dos modais considerados (ônibus, trem, metrô, BRT e barcas), com *links* de pedestres, onde considerados relevantes e;
- Processo de alocação de tráfego, quando aplicável à demanda de rede.

O Modelo do PDTU foi executado utilizando o software Emme, no qual é possível simular muitas rotas diferentes entre dois pontos e alocar demandas com bases probabilísticas para diferentes rotas, realizando a escolha modal com base nos custos operacionais até o destino para cada rota considerada aceitável.

Uma vez concluída a execução de um modal e finalizada a tabela com a respectiva alocação de tráfego, uma matriz é produzida e extraída do sistema. Essa matriz contém o tempo geral esperado (excluindo-se tarifas e considerando tempo gasto em espera e tempo de deslocamento de pedestres) entre cada uma das origens e dos destinos. Esses dados são combinados com as tarifas apropriadas e utilizados

⁷⁷ Obs.: Maiores detalhes sobre os modais podem ser encontrados no Relatório 3 - Atualização da Base de Dados do PDTU.

⁷⁸ VLT – Veículo Leve Sobre Trilhos. Este modal não pode ser calibrado a partir de dados observados em pesquisa, pois não operava no ano de referência do modelo (2012). Atualmente, o chamado 'VLT Carioca' encontra-se em fase de implantação.

como *inputs* da modelagem, em um processo iterativo para determinar a alocação, conforme detalhado a seguir.

10.2 Processo de Alocação

Dentro do modelo do transporte coletivo, as demandas de viagem O/D são consideradas fixas, tendo o modelo a função de estimar as rotas utilizadas. Um aspecto importante a ser observado é que a alocação de tráfego é realizada inteiramente com base nos CGs (custos generalizados, mensurados em unidade de tempo, usualmente em minutos). Para fins de modelagem, os CGs incluem todos os componentes de custo que um determinado usuário dispende para realizar uma viagem O/D. Nisso estão incluídos: as tarifas de embarque e integração e os tempos reais das viagens, considerando, além da viagem em si, tempos de espera, transbordo e efeitos de congestionamento, todos devidamente parametrizados e calibrados para simular o comportamento da rede de transportes e dos usuários na área de estudo.

Entre duas zonas, o número de rotas possíveis para o transporte coletivo é muito amplo, especialmente em uma região tão densa, como é a RMRJ. O primeiro passo é encontrar todas as rotas plausíveis que possam levar as pessoas até seus destinos. Quando existe mais de uma rota plausível, alguns usuários, buscando minimizar seu tempo espera por exemplo, podem embarcar no primeiro ônibus que chega ao ponto, mesmo que esta decisão resulte em mais tempo para chegar ao destino. Outras vezes os CGs associados a alternativas de viagem para um mesmo par O/D são muito similares, embora possa variar a proporção entre tempo gastos e tarifas despendidas, caso a caso. Nesse sentido, onde duas ou mais rotas possuam tempos de deslocamento muito similares, é prudente dividir o tráfego, permitindo que o modelo aloque rotas frações adequadas nas rotas plausíveis, evitando que uma pequena diferença na duração de uma rota provoque um grande e irreal efeito na escolha dos caminhos.

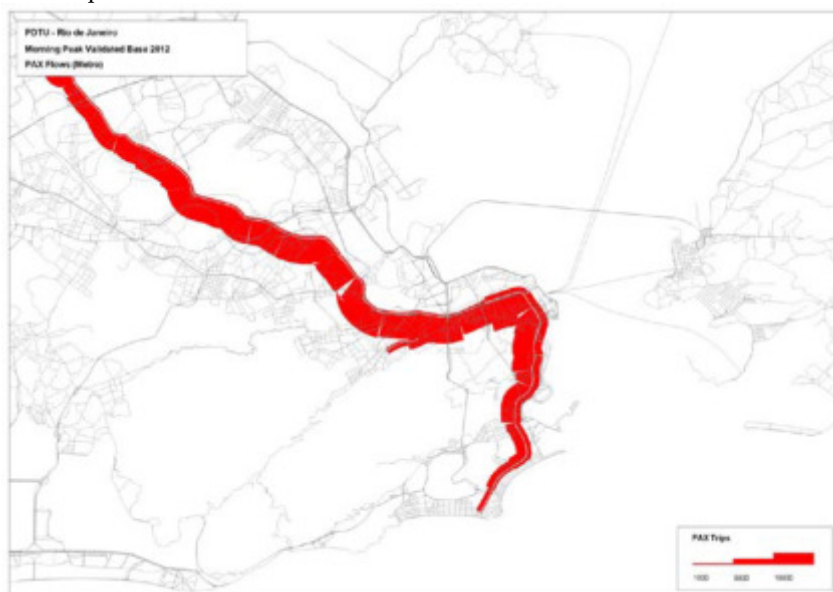
Primeiramente, o algoritmo empregado na definição de rotas procura os nós ‘mais próximos’ ao destino definido em termos de custos generalizados (ou seja, não necessariamente as rotas mais curtas fisicamente). Em seguida, o modelo calcula o ‘melhor’ tempo inicial, ou CG encontrado, até o destino, busca novas rotas e atualiza o ‘melhor’ tempo quando rotas mais rápidas são encontradas. Quando esse processo é finalizado para um nó específico, o modelo repete o processo para os outros nós continuamente, distanciando cada vez mais do nó destino. A informação gerada para os nós mais próximos é utilizada para calcular a duração das viagens para o destino e para os outros nós. Assim, uma quantidade de rotas otimizadas é elaborada levando em consideração os seus tempos de duração.

Então, quando esse processo é finalizado, custos generalizados para realização de viagens nas rotas plausíveis passam a ser conhecidos e podem ser compilados e reaplicados no modelo. Este processo possibilita que o modelo passe a considerar os GCs obtidos também à etapa de escolha modal, iniciando um novo ciclo de iterações.

A figura 10.2.1 ilustra um modelo de figura típica de carregamento de um modal após uma série de ciclos iterativos ter sido completada, tendo-se alcançado uma alocação convergente (volumes simulados versus volumes observados). Uma série

com mais exemplos pode ser encontrada no Anexo J. Para maior legibilidade, favor referir-se aos resultados obtidos para o modelo de calibração, arquivados digitalmente no Laboratório do PDTU.

Figura 10.2.1 – Faixa de Alocação do Fluxo do Metrô (Pico da Manhã). A figura visa ilustrar um output do Emme, que pode ser melhor visualizado a partir de arquivo digital arquivado no Laboratório do PDTU. Um conjunto completo de resultados obtidos para o modelo de calibração está também disponível, evidenciando convergência das alocações de transporte coletivo.



Fonte: Emme - Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

11 CALIBRAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA

11.1 Processo de Calibração

O objetivo do modelo matemático desenvolvido para o PDTU é possibilitar análises que auxiliarão a implementação de soluções e, consequentemente, a obtenção do equilíbrio entre a oferta e a demanda no sistema de transporte da RMRJ. As alocações de transporte individual, de transporte coletivo e os compartilhamentos de todos os modais coletivos e individuais dependerão dos tempos e dos CGs das viagens de cada modal em cada rota adotada. Além disso, os tempos de viagem dependem do volume de tráfego (transporte individual ou transporte coletivo) através de *links* individuais.

Não existe uma fórmula simples para encontrar este equilíbrio. Por isso, é necessário repetir o processo através de ciclos iterativos envolvendo as diferentes etapas do modelo, conforme explicado anteriormente neste relatório, a fim de atingir 'equilíbrio' ou 'convergência'. Esta necessidade de iterações é comum para todas as modelagens de transporte.

Um aspecto a ser observado no caso do PDTU é a questão da mobilidade. Os crescentes congestionamentos verificados na rede de transporte da RMRJ indicam que os tempos das viagens são muito sensíveis (isto é, dependem consideravelmente) aos níveis de demanda e podem causar grandes variações nos custos generalizados modelados, comparando-se os resultados obtidos em ciclos iterativos iniciais com aqueles obtidos quando do alcance da convergência do modelo.

Conforme descrito anteriormente, o processo de calibração do Modelo do PDTU procura simular o comportamento observado através do ajuste de vários parâmetros até que um nível satisfatório de convergência seja alcançado. A calibração é atingida comparando-se a alocação dos fluxos de tráfego com as contagens observadas na pesquisa. Este processo é chamado **validação de fluxo**. Outros ajustes são feitos para assegurar que o modelo tenha o número correto de viagens para a cada período de tempo, ajustando assim, os fatores P/A-O/D (Vide Capítulo 7 e Anexo K). No final deste processo, teremos uma matriz sintética, que é utilizada para assegurar maior precisão do modelo, justamente pela consideração de dados obtidos após o alcance da convergência entre o modelo e a realidade observada nas pesquisas. Essa matriz é denominada 'Matriz de Alocação'.

A diferença entre as matrizes sintéticas e as de alocação é conhecida como matriz delta, cuja divergência, no caso do Modelo do PDTU é de cerca de 1,5%, considerada aceitável.

A matriz delta é utilizada no processo de previsão e mantém a relação entre as premissas de planejamento e as matrizes de alocação, assegurando que a qualidade no ajuste do modelo seja tão alta quanto possível. Considera-se que a matriz delta deve se manter constante ao longo do tempo, é essencial que seja aplicado um fator de 'correção' para matrizes sintetizadas pelo modelo, aplicável a qualquer cenário futuro.

A seguir, descreve-se o processo utilizado para calibrar e validar o Modelo do PDTU. Primeiramente, descreve-se como foram utilizadas as matrizes delta para alcance da calibração, definindo a forma como estas matrizes influenciam o comportamento do modelo. Depois, são definidas as *screenlines* e é demonstrada a validação de fluxo nos em links pré-definidos do transporte coletivo.

11.2 Criação das Matrizes Delta

Como anteriormente comentado, as viagens ocorridas no período de 24 horas com origem domiciliar e destino para todos os motivos foram originadas dos dados coletados nas pesquisas domiciliares realizadas. Os destinos são adicionados nas etapas de escolha modal e de distribuição; primeiramente alocando-os a um modal e depois distribuindo-o pelas 730 zonas do modelo.

A etapa P/A-O/D subsequente converte as matrizes de produção de ciclos de 24 horas em matrizes individuais de O/D para os períodos de pico do modelo. As matrizes resultantes, notadamente matrizes sintéticas⁷⁹, na medida em que representam o nível estimado de demanda sintetizada a partir dos dados inseridos e das condições de planejamento da rede. Como estas matrizes são sintetizadas elas são consideradas ‘regulares’, isto é, uma matriz completa que possui todos os movimentos entre as zonas do modelo.

Todas as viagens de caminhões e automóveis entre as zonas externas são adicionadas à matriz sintética como componentes de demanda fixa. Aqui o termo ‘fixa’ significa que eles não estão sujeitos a modificações durante a etapa de escolha modal e dos ciclos iterativos de distribuição em execuções de previsões futuras (embora possam, na prática, se alterar em anos futuros). Consequentemente, as viagens observadas nesses modais no ano base não podem alterar o destino ou modal como reflexo das mudanças de planejamento de dados ou na oferta de serviços.

Durante a fase de calibração, a modelagem sintética de demanda é comparada com os dados de contagem ‘observados’, que são originários da observação do fluxo do tráfego, nesse caso dos locais de O/D. É válido lembrar, que não há uma rede de postos de contagem permanente dentro da RMRJ, o que limita o número de contagens disponíveis ao período em que foram executadas.

O modelo sintético é executado e o tráfego é alocado à rede. Fluxos alocados são, então, comparados com os fluxos observados e, caso necessário, ajustes são

⁷⁹ *Matriz Sintética* é aquela construída para simular, através de um modelo matemático, volumes observados em pesquisa ou volumes estimados para anos futuros. No caso do estudo de demanda, uma matriz sintética é produzida para representar os volumes O/D em um determinado universo de estudo, notadamente a partir de dados observados em pesquisa e como fruto da etapa de distribuição de viagens. Uma matriz sintética pode também replicar o comportamento de uma determinada rede e realidade estudada, para estimar resultados de cenários futuros. Para isso, são utilizadas premissas, extrapolações matemáticas e informações de natureza socioeconômica. Um outro exemplo de matriz sintética é o da matriz de alocação (vide definição acima).

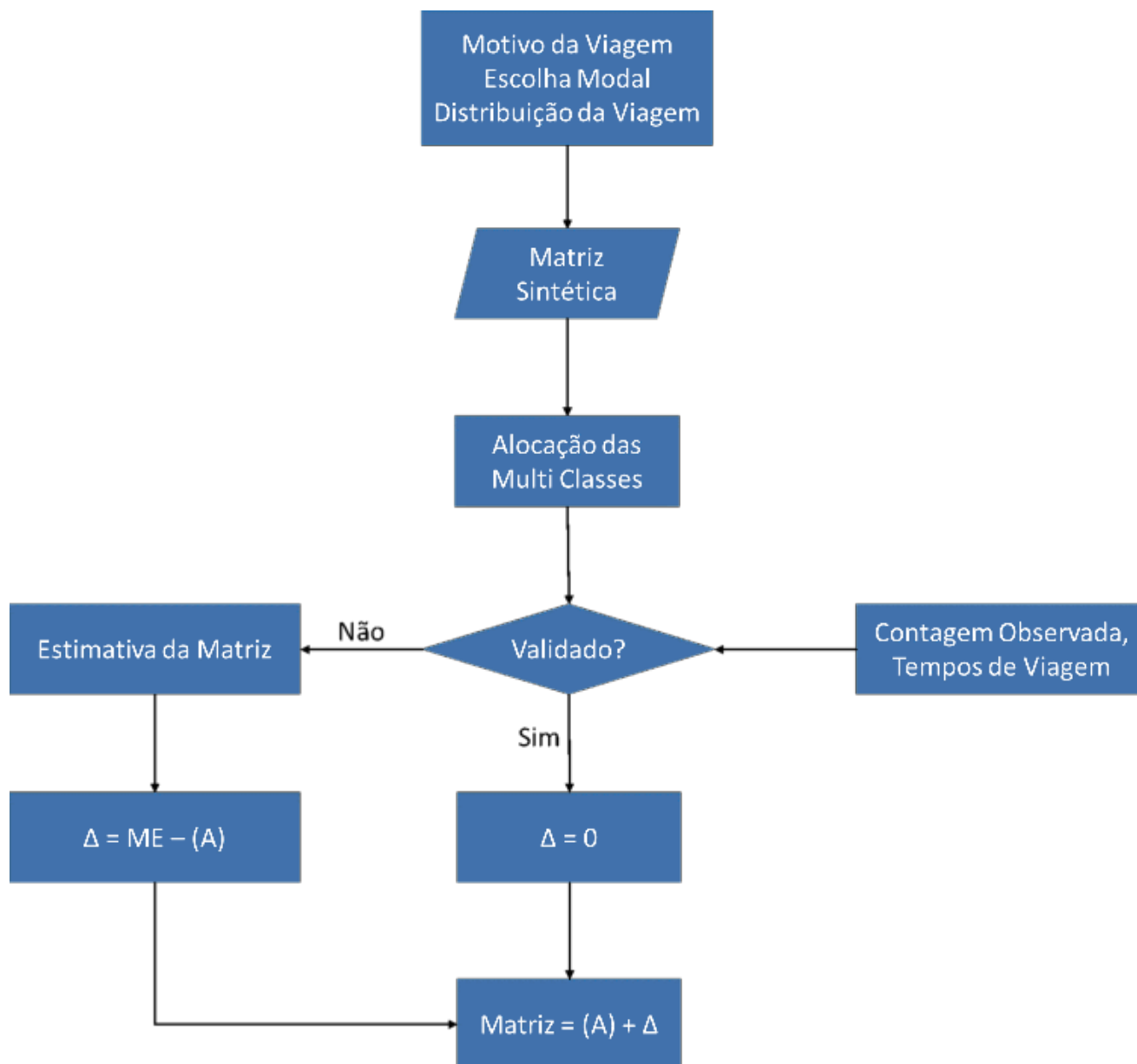
realizados nos parâmetros de modelagem sintética, em especial os fatores P/A-O/D, com o intuito de reduzir diferenças entre as volumes alocadas e as contagens observadas. Este processo também minimiza qualquer erro na rede que possa surgir devido à alocação incorreta de tráfego.

Um processo de estimativa de matriz é empregado para criar uma matriz de alocação. Os *inputs* utilizados nesse processo são matrizes sintéticas (obtidas em ciclos iterativos anteriores) e dados levantados em campo (contagens). É importante lembrar que os dados das contagens realizadas podem ter sofrido distorções em relação ao comportamento padrão esperado da rede, devido ao fechamento de vias, realizações de obras ou eventos. Há ainda que se considerar a margem de erro da própria pesquisa, o que pode interferir nos dados levantados finais. Esses fatores devem ser considerados no processo de estimativa da matriz.

Essencialmente, o processo de estimativa da matriz ‘preenche lacunas vazias’ correspondentes a estimativas de alocação nulas, ou corrige aquelas cujo volume são excessivos ou reduzidos em relação àqueles das contagens. Note-se que valores individuais presentes em matrizes delta podem ser positivos ou negativos. Isso possibilita a verificação da necessidade ou não de um ajuste mais fino (adição ou subtração de viagens). Esse processo é ilustrado na figura 11.2.1, e nele verificações são realizadas para garantir que a matriz de alocação estimada não sofra distorções na sua distribuição geral ou no ‘formato’ das viagens anteriormente lançadas.

A matriz delta é gerada apenas para o modelo com base anual de dados de 2012 (ano de referência) e será posteriormente aplicada (no processo de modelagem do Emme) em todas as simulações de cenários futuros.

Figura 11.2.1 – Criação da Matriz Delta durante a Calibração do Modelo



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

As matrizes delta podem ser vistas como um ‘termômetro’ que mede o quanto o motivo de viagem, a distribuição de viagens escolha modal e a diferem da realidade. Essa é a melhor análise levando em consideração a dimensão e a distribuição dos valores delta obtidos através do estudo das áreas. Por exemplo, se os deltas obtidos tiverem valores similares e pequenos em toda a RMRJ, isto seria coerente com as taxas de viagem que foram utilizadas na modelagem.

Como as matrizes delta não mudam em previsões anuais futuras, o modelo PDTU é mais sensível à adição de novos valores, caso os deltas sejam pequenos. Este elemento de validação do modelo considera o tamanho das matrizes delta em relação à sua matriz sintética equivalente.

As matrizes delta são calculadas por motivo de viagens e período de tempo dividido entre transporte individual e transporte coletivo. No total, existem quatros matrizes delta, do seguinte modo:

- 2x Transporte Individual (turnos AM e PM);
- 2x Transporte Coletivo (turnos AM e PM).

As tabelas 11.2.1, 11.2.2, 11.2.3 e 11.2.4 comparam os destinos finais totais das matrizes delta com os das matrizes sintéticas que são utilizados para os períodos AM e PM dos transportes individuais e coletivos, por motivo de viagem. Isso mostra o quanto as matrizes foram ajustadas pelo processo de estimativa da matriz (NHBO foi combinado com o HBO por possuir o mesmo valor de tempo e ser alocado da mesma forma na rede). Como pode ser observado, as mudanças são mínimas em todos os casos, reforçando assim, a consistência das matrizes sintetizadas.

Os valores mínimo e máximo mostram a quantidade de viagens que precisam ser adicionadas ou removidas dos motivos de viagens sintetizadas; são mais de 500 mil células componentes da matriz de 730 por 730.

O número médio de viagens é inferior a 1,0 entre os três motivos de viagem. Os gráficos 11.2.1, 11.2.2, 11.2.3 e 11.2.4⁸⁰ mostram as distribuições das matrizes deltas ajustadas de transporte individual e coletivo nos picos da manhã e da tarde com aproximadamente 100% das viagens entre +1 e -1. Existem alguns valores atípicos que estão no conjunto de dados que já são esperados devido ao grande número de zonas e em alguns casos à escassez de viagens em algumas áreas.

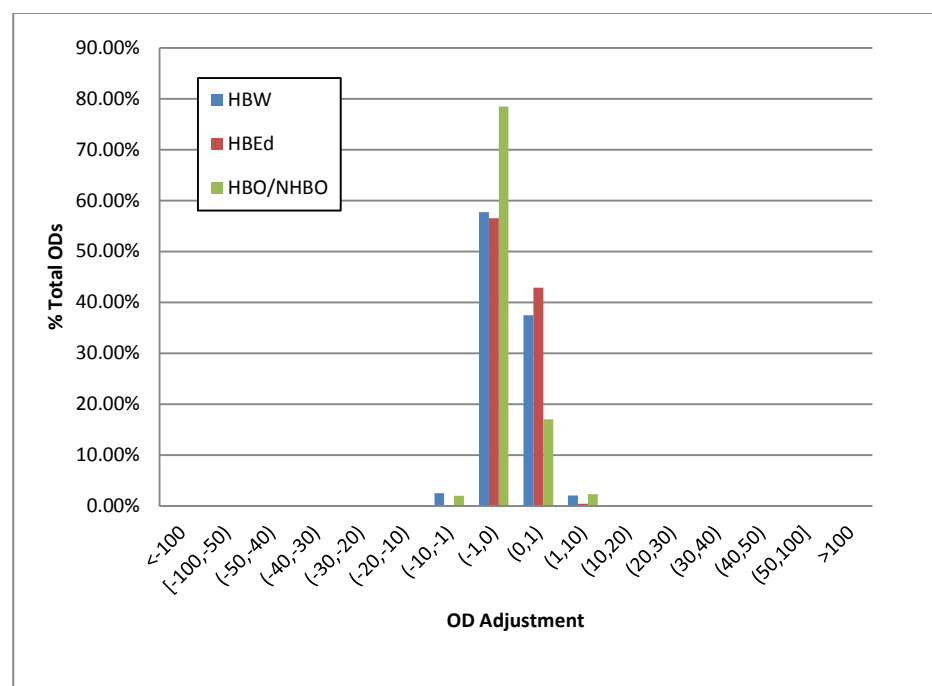
⁸⁰ Obs.: Detalhes da base de dados dos gráficos e tabelas 11.2.1, 11.2.2, 11.2.3 e 11.2.4, verificar Relatório 4 – Planejamento e Execução de Pesquisas

Tabela 11.2.1 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Individual – Pico da Manhã

Motivo de Viagem	HBW	HBE _d	HBO e NHBO
Ajuste Min (viagens)	-92,9	-7,8	-54,7
Ajuste Max (viagens)	173,1	43,8	144,4
Ajuste Médio	-0,013	0,005	0,005
Desvio Padrão	1,517	0,291	1,317
Total de Viagens	-6.990	2.785	-5.201

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.2.1 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Individual – Pico da Manhã



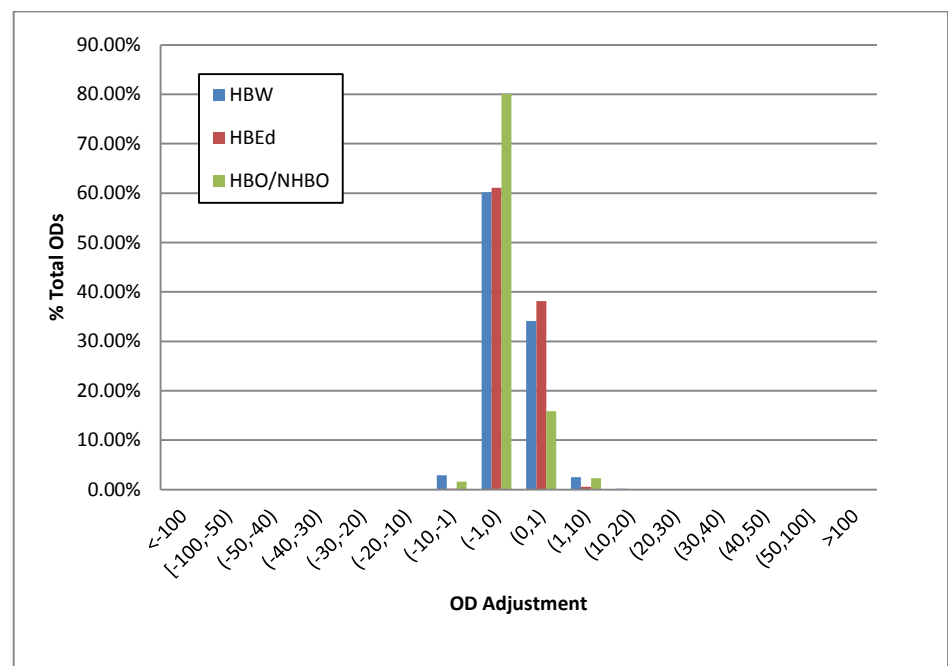
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 11.2.2 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Individual – Pico da Tarde

Motivo de Viagem	HBW	HBEd	HBO e NHBO
Ajuste Min (viagens)	-73,6	-10,7	-22,9
Ajuste Max (Viagens)	524,0	146,2	103,9
Ajuste Médio	-0,015	0,005	0,005
Desvio Padrão	1,821	0,408	1,188
Total de Viagens	-8.118	2.662	2.779

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.2.2 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Individual – Pico da Tarde



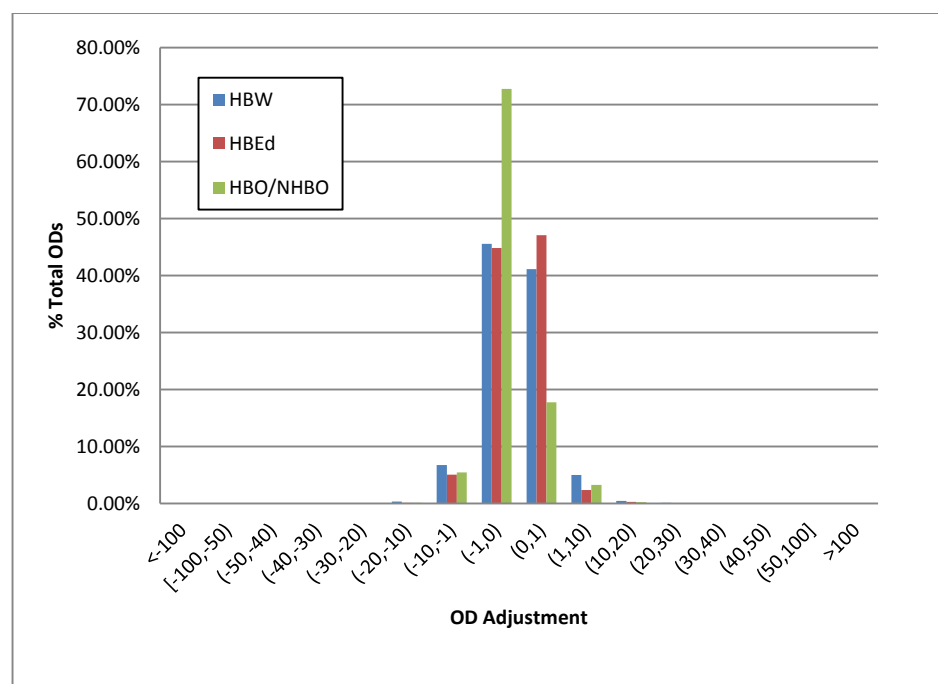
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 11.2.3 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Coletivo – Pico da Manhã

Motivo de Viagem	HBW	HBEd	HBO & NHBO
Ajuste Min (viagens)	-248,1	-74,1	-75,6
Ajuste Max (Viagens)	768,4	845,5	2.358,7
Ajuste Médio	0,037	-0,016	-0,016
Desvio Padrão	5,253	2,707	5,955
Total de Viagens	19.981	-8.260	415

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.2.3 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Coletivo – Pico da Manhã



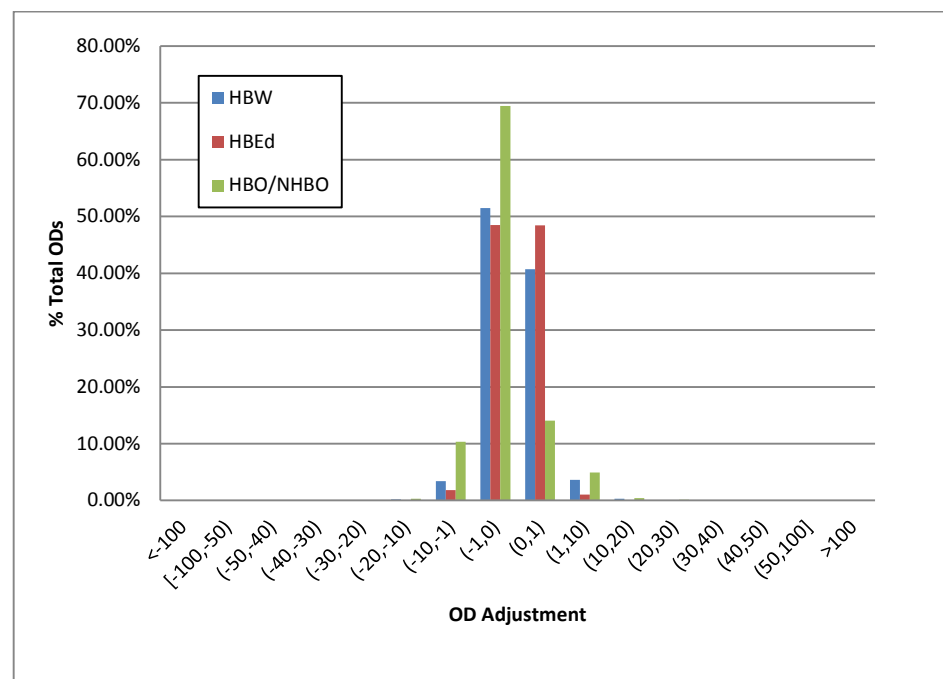
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 11.2.4 – Matriz Delta Ajustada de Transporte Coletivo – Pico da Tarde

Motivo de Viagem	HBW	HBEd	HBO & NHBO
Ajuste Min (viagens)	-291,8	-60,2	-204,0
Ajuste Max (Viagens)	405,0	345,8	1.741,4
Ajuste Médio	0,053	-0,012	-0,012
Desvio Padrão	3,125	1,661	8,226
Total de Viagens	28.252	-6.544	883

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.2.4 - Matriz Delta Ajustada de Transporte Coletivo – Pico da Tarde



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

11.3 Estágios Pré e Pós da Matriz Estimada

Após a conclusão da matriz estimada foram realizadas verificações para a validação do transporte coletivo e do transporte individual. Notou-se que a calibração, em algumas áreas, era insuficiente, em especial, para barcas. Nesse caso, foram realizados ajustes tendo como base o processo de SLA⁸¹, com o intuito de diminuir a grande quantidade de viagens originárias das matrizes sintéticas, como mostrado nas tabelas 11.3.1 e 11.3.2.

Tabela 11.3.1 – Pré ME⁸² e Pós ME de Transporte Individual

HW ⁸³	AM	PM
Pré-ME	246.742	270.945
Pós-ME	248.124	271.903
Diferença	1.382	958
% Diferença	0,56%	0,35%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 11.3.2 – Pré ME e Pós ME de Transporte Coletivo

PT ⁸⁴	AM	PM
Pré-ME	1.057.672	953.099
Pós-ME	1.065.582	971.346
Diferença	7.910	18.247
% Diferença	0,74%	1,88%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Outras investigações mostraram que aproximadamente 30.000 pares individuais de O/D dentro da matriz, ou seja, 5,6% do total não foram afetadas pelo processo ME, mostrando que a densidade da rede não era suficiente para captar todos os possíveis pares de O/D. A análise também mostrou que a velocidade na rede estava acima do esperado, o que reflete ausência de viagens em parte da rede. Foram realizadas verificações com o intuito de revalidar os dados de contagem, primeiramente na rede de transporte individual e em seguida na rede de transporte coletivo.

Foi decidido que seria necessário redistribuir as viagens que haviam sido removidas pelo processo ME juntamente com os pares O/D que não foram afetados pelo processo ME, preservando assim o número total de viagens que fossem consistentes com as matrizes sintéticas. As viagens foram redistribuídas tendo como base a média ponderada. Isso foi realizado para preservar e melhorar

⁸¹ SLA - *Select Link Analysis*. Em tradução livre, Análise Seletiva de *Links*, hipótese em que se comanda o Emme a executar simulações para um conjunto selecionado de links, e não para a rede como um todo.

⁸² ME – Matriz Estimada

⁸³ HW – *Highway*. Em tradução livre, Transporte Individual

⁸⁴ PT - *Public Transport*. Em tradução livre, Transporte Coletivo

o modelo de validação, contudo a mais importante consequência foi a manutenção da matriz total de viagens e a redução do tamanho da matriz delta.

11.4 Matrizes Município a Município

Para verificar e assegurar que a matriz de alocação não tenha sido indevidamente distorcida pelo processo de matriz estimada, realizou-se uma comparação município a município. O objetivo principal dessa análise foi assegurar que as viagens dentro da matriz preservassem seu realismo e que não fossem indevidamente distorcidas. Este comentário se aplica especificamente à distorção de distância das viagens, que desde a matriz estimada é conhecida por aumentar ou reduzir o número de viagens de curta distância, melhorando assim, o ajuste do modelo. Foi realizada a comparação entre os processos pré e pós da matriz estimada, cujos resultados são mostrados nos Anexos C e D.

A figura 11.4.1 apresenta os 20 municípios englobados no modelo, em vermelho, e a divisão em zonas do Modelo do PDTU, em azul.

Figura 11.4.1 – Sistema de Zonas município a município

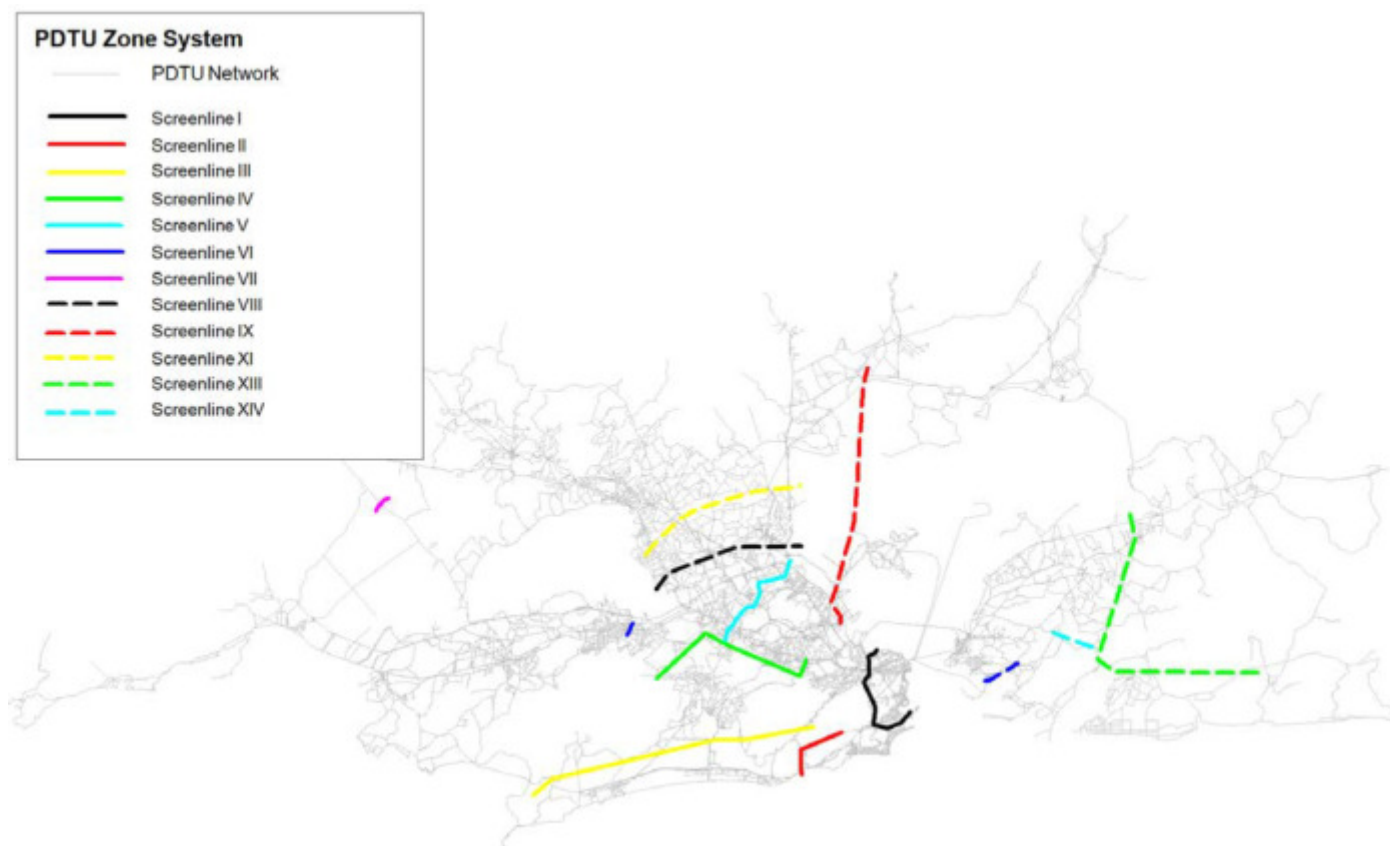


Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

11.5 Calibração dos Fluxos de Transporte Individual

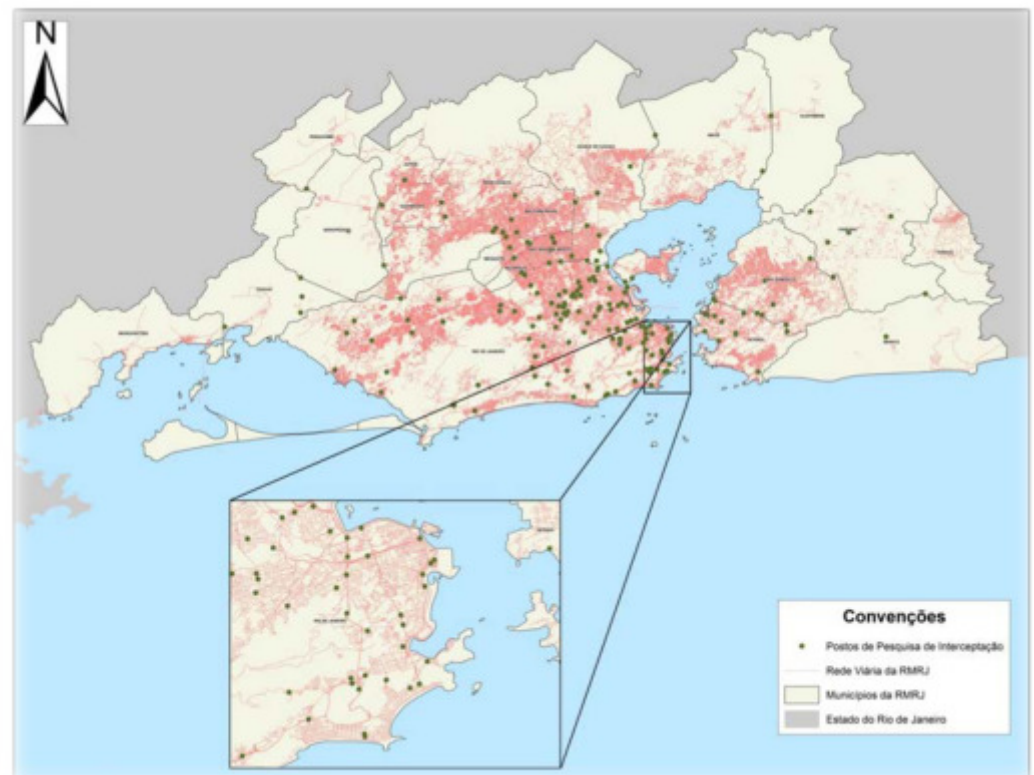
As verificações da validação do modelo foram realizadas pela comparação dos fluxos modelados com os fluxos observados através das 12 *screenlines* principais, como ilustrado na figura 11.5.1, utilizando 2012 como ano base. Os postos de pesquisa podem ser vistos na figura 11.5.2 (de forma geral) e em detalhe no banco de dados implantado no laboratório do PDTU (ver índice no Anexo M que ilustra a estrutura de pastas de relatório e banco de dados).

Figura 11.5.1 – Principais *Screenlines*



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 11.5.2 – Modelo do PDTU: Locais de Contagem



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Foi realizada uma comparação entre as *screenlines* de veículos geradas por fluxos modelados e observados para verificar a validação das matrizes do ano base, tanto para transporte individual como coletivo. Esse processo é realizado somando as previsões de fluxo através das *screenlines* e comparando com os fluxos observados.

Na tabela 11.5.2 é possível verificar que o modelo no pico da manhã consegue ser bem validado com 11 das 16 *screenlines* (incluindo a Ponte Rio-Niterói e a Linha Amarela), tendo uma diferença na validação de menos de 10% (apenas 5 das 16 *screenlines* são maiores que 10%). Observa-se que a extensão da *screenline III* é maior que o desejável, contudo, a rede é muito densa em algumas áreas da cidade quando comparada com algumas zonas na estrutura do modelo. Sendo assim, a *screenline III* não é suficientemente perfeita para captação de todos os movimentos. A tabela 11.5.3 apresenta os resultados para o pico da tarde.

A ponte Rio-Niterói tem especial importância no modelo, pois é efetivamente um elemento de ligação entre municípios. Essa ponte viabiliza a movimentação de automóveis que correspondem a 1% das idas e voltas no sentido leste/oeste.

As *screenlines I e II* estão dentro de algumas áreas importantes do centro e de praias e também possuem importância significativa dentro do modelo, correspondendo até a 6,4% da movimentação total. De modo geral o modelo é bem validado em relação às *screenlines*.

A tabela 11.5.1 fornece um resumo das validações comparando com as orientações estatísticas do GEH⁸⁵. Considera-se que um GEH menor que 5 é desejável ao fluxo. Como pode ser visto, o modelo possui valores próximos aos critérios de validação do Departamento de Transportes do Reino Unido, no qual o DMRB⁸⁶. As tabelas 11.5.2 e 11.5.3, bem como os gráficos 11.5.2 e 11.5.3 mostram os GEH para o transporte individual durante pico da manhã e pico da tarde.

Tabela 11.5.1 –Validação do Transporte Individual

Período	AM		PM	
	Nº	% Casos	Nº	% Casos
GEH<5	69	50%	76	55%
DRMB	87	64%	95	69%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

⁸⁵ O GEH é um indicador representado por uma fórmula empírica desenvolvida por Geoffrey E. Havers em 1970. Já provou sua utilidade em uma grande variedade de análises de tráfego e frequentemente é usado na comparação entre volumes de tráfego observados e volumes modelados por software. A fórmula do GEH é:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (M - C)^2}{M + C}}$$

Nesta fórmula, o valor de M representa o volume modelado por software e C representa o valor efetivamente contado, a partir das observações/pesquisas. O uso de GEH é adotado pela *Highways Agency*, do Departamento de Transportes do Reino Unido.

Na verificação de resultados, considera-se que:

- *GEH inferior a 5,0 indica ótima correspondência entre os valores modelados e observados.
- *GEH entre 5,0 e 10,0 indica muito boa correspondência entre os valores modelados e observados.
- *GEH maior que 10,0 e até 15,0 indica boa correspondência entre os valores modelados e observados.
- *GEH maior que 15,0 e até 20,0 indica correspondência aceitável entre os valores modelados e observados.
- *GEH acima de 20,0 indica correspondência inaceitável entre os valores modelados e observados.

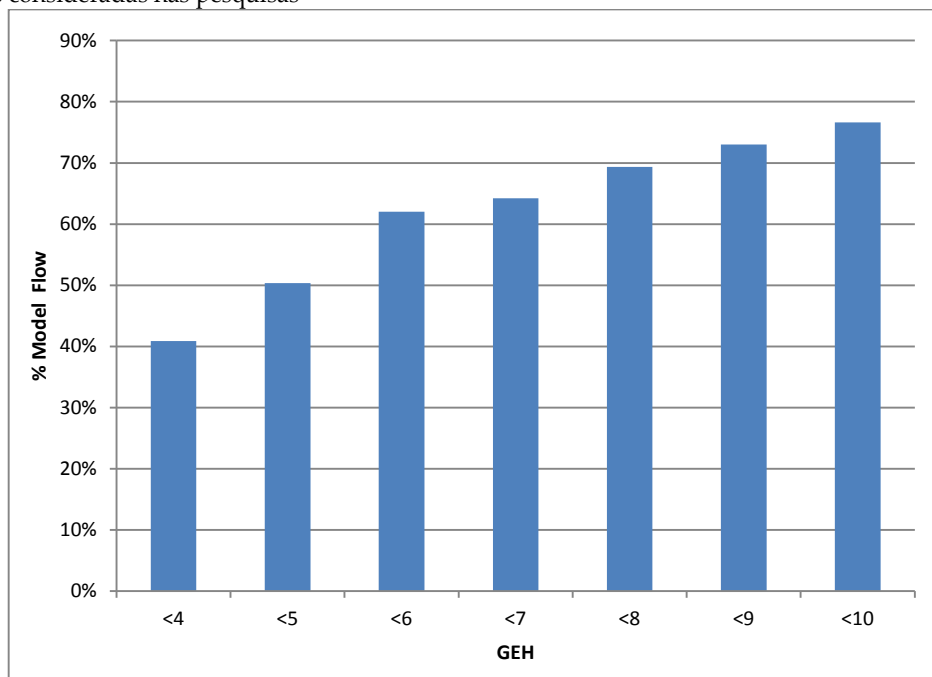
⁸⁶ DMRB - *Design Manual for Roads and Bridges* by the DfT UK. Em tradução livre, Manual de Projetos para Estradas e Pontes do Departamento de Transportes do Reino Unido

Tabela 11.5.2 – Transporte Individual, Pico da Manhã: Resultados obtidos através do modelo, referentes às screenlines consideradas nas pesquisas.

Screenline	Observado				Modelado				Diferença (%)				GEH			
	Carros	Ônibus	Caminhão	ALL	Carros	Ônibus	Caminhão	ALL	Carros	Ônibus	Caminhão	ALL	Carros	Ônibus	Caminhão	ALL
Screeline 1	48.444	6.353	0	54.797	51.259	5.984	0	57.243	6%	-6%		4%	12,6	4,7		10,3
Screeline 2	6.085	310	0	6.395	5.463	302	0	5.765	-10%	-3%		-10%	8,2	0,5		8,1
Screeline 3	13.074	636	74	13.784	11.367	565	121	12.053	-13%	-11%	64%	-13%	15,4	2,9	4,8	15,2
Screeline 4	6.484	648	0	7.132	6.466	639	0	7.105	0%	-1%		0%	0,2	0,3		0,3
Screeline 5	24.294	2.381	1.995	28.670	22.719	2.302	1.941	26.962	-6%	-3%	-3%	-6%	10,3	1,6	1,2	10,2
Screeline 6	2.632	196	107	2.935	1.954	156	98	2.208	-26%	-20%	-8%	-25%	14,2	3,0	0,9	14,3
Screeline 7	1.238	72	205	1.515	835	71	334	1.240	-33%	-1%	63%	-18%	12,5	0,1	7,8	7,4
Screeline 8	7.892	799	944	9.635	9.184	797	1.348	11.329	16%	0%	43%	18%	14,0	0,1	11,9	16,5
Screeline 9	13.632	678	419	14.729	12.741	660	390	13.791	-7%	-3%	-7%	-6%	7,8	0,7	1,4	7,9
Screeline 11	14.288	1.653	1.873	17.814	14.476	1.650	1.957	18.083	1%	0%	4%	2%	1,6	0,1	1,9	2,0
Screeline 13	4.750	340	441	5.531	4.766	334	464	5.565	0%	-2%	5%	1%	0,2	0,3	1,1	0,5
Screeline 14	3.956	320	139	4.415	4.623	336	196	5.155	17%	5%	41%	17%	10,2	0,9	4,4	10,7
Screeline 15	7.222	474	260	7.956	7.276	485	231	7.991	1%	2%	-11%	0%	0,6	0,5	1,9	0,4
Ponte Niterói sentido Oeste	4.836	263	0	5.099	5.096	274	0	5.370	5%	4%		5%	3,7	0,7		3,8
Ponte Niterói sentido Leste	2.609	320	139	3.068	2.559	309	268	3.136	-2%	-3%	92%	2%	1,0	0,6	9,0	1,2
Linha Amarela sentido Norte	5.334	155	0	5.489	5.632	149	0	5.781	6%	-4%		5%	4,0	0,5		3,9
Linha Amarela sentido Sul	3.711	202	0	3.913	3.837	203	0	4.040	3%	0%		3%	2,1	0,1		2,0

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.5.1 – Transporte Individual, Pico da Manhã: Resultados obtidos através do modelo, referentes às screenlines consideradas nas pesquisas ⁸⁷



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

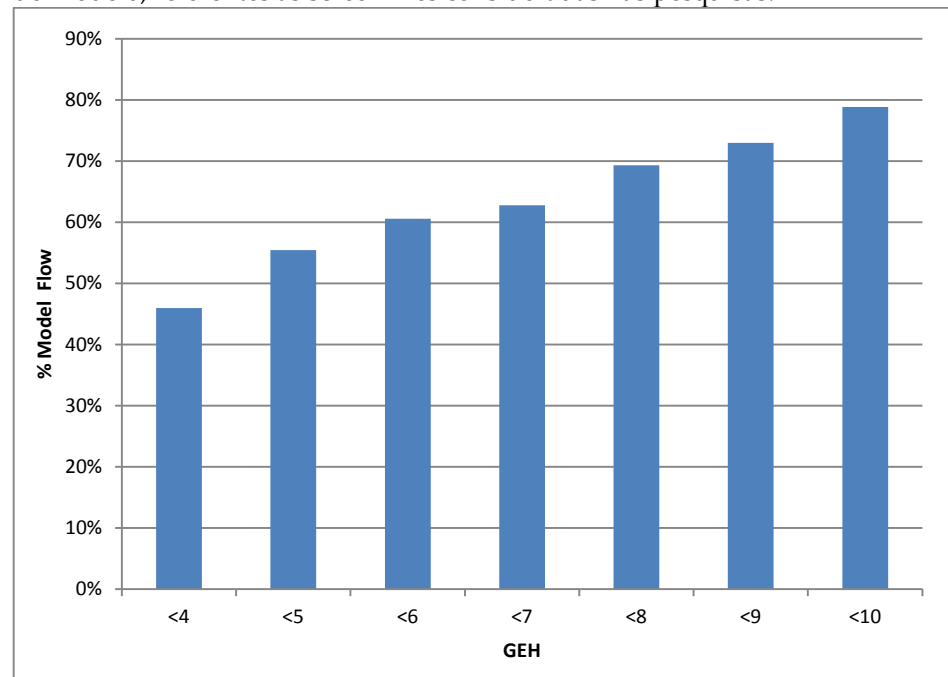
⁸⁷ Obs.: Gráficos originados das tabelas de calibração

Tabela 11.5.3 – Transporte Individual, Pico da Tarde: Resultados obtidos através do modelo, referentes às screenlines consideradas nas pesquisas.

Screenline	Carros	Ônibus	Caminhões	Todos	Carros	Ônibus	Caminhões	Todos	Carros		Truck	ALL	GEH-C	GEH-B	GEH-T	ALL
Screenline 1	43.955	5.842	0	49.797	45.902	5.103	0	51.005	4%	-13%		2%	9,2	10,0		5,4
Screenline 2	5.768	256	0	6.024	6.077	260	0	6.336	5%	1%		5%	4,0	0,2		4,0
Screenline 3	13.974	566	100	14.640	12.720	373	180	13.274	-9%	-34%	80%	-9%	10,9	8,9	6,8	11,6
Screenline 4	7.534	599	0	8.133	7.019	592	0	7.611	-7%	-1%		-6%	6,0	0,3		5,9
Screenline 5	27.465	2.100	2.156	31.721	26.046	1.923	2.018	29.987	-5%	-8%	-6%	-5%	8,7	3,9	3,0	9,9
Screenline 6	3.343	118	99	3.560	2.573	103	86	2.761	-23%	-13%	-13%	-22%	14,2	1,5	1,4	14,2
Screenline 7	1.070	86	214	1.370	731	85	271	1.087	-32%	-1%	27%	-21%	11,3	0,1	3,7	8,1
Screenline 8	8.475	670	1.427	10.572	10.463	690	1.635	12.787	23%	3%	15%	21%	20,4	0,8	5,3	20,5
Screenline 9	13.006	498	405	13.909	13.127	497	329	13.953	1%	0%	-19%	0%	1,1	0,1	3,9	0,4
Screenline 11	14.610	1.412	2.091	18.113	14.490	1.653	2.074	18.217	-1%	17%	-1%	1%	1,0	6,1	0,4	0,8
Screenline 13	5.219	345	357	5.921	5.390	341	429	6.160	3%	-1%	20%	4%	2,4	0,2	3,6	3,1
Screenline 14	3.530	303	305	4.138	4.233	286	305	4.824	20%	-6%	0%	17%	11,3	1,0	0,0	10,2
Screenline 15	7.811	437	275	8.523	8.117	429	84	8.630	4%	-2%	-70%	1%	3,4	0,4	14,3	1,2
Niteroi Bridge Westbound	2.234	122	58	2.414	2.322	123	0	2.445	4%	1%	-100%	1%	1,8	0,1		0,6
Niteroi Bridge Eastbound	4.724	225	98	5.047	4.764	228	167	5.159	1%	1%	71%	2%	0,6	0,2	6,0	1,6
Linea Amarela Northbound	4.721	151	2	4.874	4.857	152	0	5.009	3%	1%	-100%	3%	2,0	0,1		1,9
Linea Amarela Southbound	4.366	96	1	4.463	4.702	94	0	4.796	8%	-2%	-100%	7%	5,0	0,2		4,9

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.5.2 – Transporte Individual, Pico da Tarde: Resultados obtidos através do modelo, referentes às screenlines consideradas nas pesquisas.



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Para a análise de desempenho das contagens individuais foram elaborados gráficos que comparam a dispersão do fluxo observado com fluxos modelados (gráficos 11.5.3 a 11.5.4). O nível de correlação⁸⁸ entre os fluxos observados e modelados são altos nos dois períodos ($R^2 > 0,90$), mas para o termo independente a diferença é relativamente pequena. Os gráficos de validação da dispersão de fluxo de caminhões estão ilustrados no Anexo H. Os resultados das regressões estão resumidos na tabela 11.5.4.

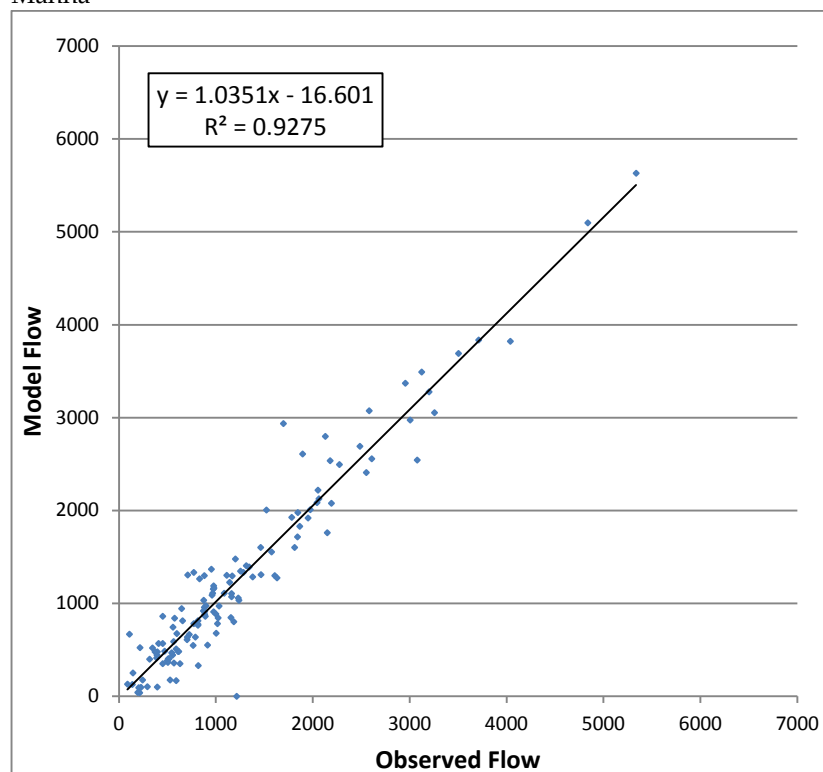
Tabela 11.5.4 - Regressão da Modelagem X Observação do Fluxo de Automóveis

Período	Nº de Contagens	Coefficiente de Determinação (R^2)	Interceptação	Talude
Pico da Manhã	132	0,9275	-16,601	1,0351
Pico da Tarde	131	0,9099	+11,618	1,0007

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

⁸⁸ Grau de Correlação - R^2 : Coeficiente de determinação. É uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear em relação a valores observados.

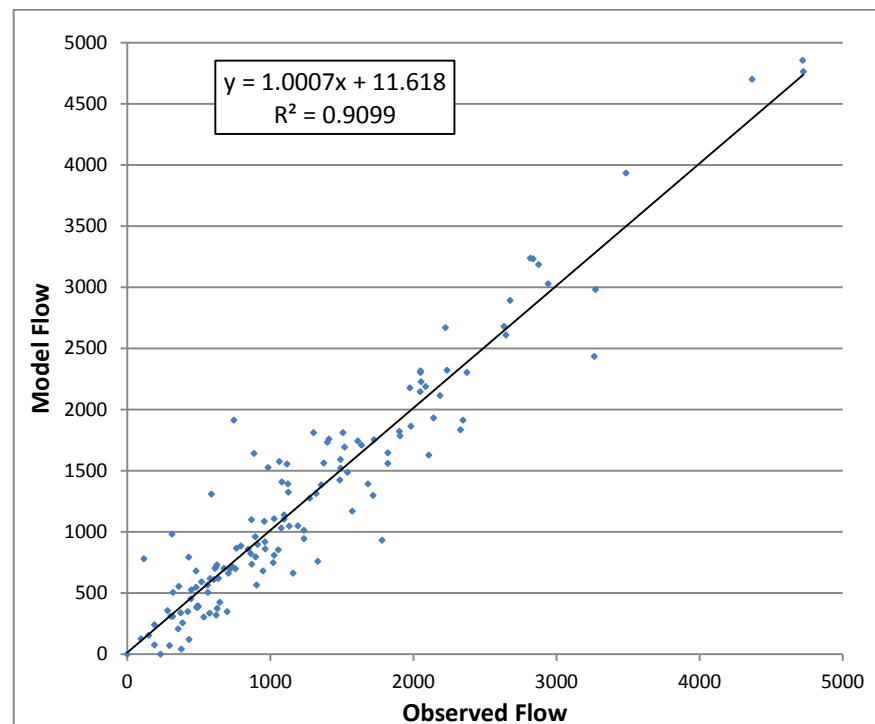
Gráfico 11.5.3 – Observação X Validação da Modelagem de Pico de Fluxo - Pico Manhã ⁸⁹



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Seteplá

Gráfico 11.5.4 – Observação X Validação da Modelagem de Pico de Fluxo - Pico da Tarde

⁸⁹ Obs.: Os dados dos gráficos 11.5.3 e 11.5.4 são originados das planilhas de validação



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

11.6 Validação dos Fluxos de Transporte Coletivo

As tabelas 11.6.1 a 11.6.2 mostram a validação de transporte coletivo por períodos da manhã e da tarde. A validação total é entre -2% e 7%.

Tabela 11.6.1 - Validação de Fluxo de Transporte Coletivo – Pico da Manhã ⁹⁰

Modal	Obs.	Mod	Diferença
Ônibus (*)	380.429	381.904	0,4%
Metrô	59.596	61.119	2%
Trem	63.216	67.951	7%
Barca	9.187	9.267	1%

(*) Em links estimados da matriz

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 11.6.2 - Validação de Fluxo de Transporte Coletivo – Pico da Tarde

Modal	Obs.	Mod	Diferença
Ônibus (*)	297.251	291.280	-2%
Metrô	67.457	66.437	-2%
Trem	61.214	64.380	5%
Barca	13.389	133.64	0%

⁹⁰ Os valores utilizados para a validação têm como base as pessoas que embarcam nas estações e não todas as pessoas que passam pela estação. Tendo essa premissa, conseguiu-se obter um modelo mais refinado.



(*) Em *links* estimados da matriz

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

As tabelas 11.6.3 a 11.6.4 mostram a validação das rotas de ônibus em pontos estratégicos da rede. Devido ao grande número de rotas de ônibus, esta é a única maneira razoável para verificar a validação dos ônibus.

Os gráficos 11.6.1 e 11.6.2 apresentam a dispersão para os ônibus.

Tabela 11.6.3 – Validação de Ônibus no Pico da Manhã – Rotas Principais

Localização	Obs.	Mod	GEH
Av. Fco. Bicalho X Rua Pedro Alves	8.350	10.177	19,0
Av. Fco. Bicalho X Rua Pedro Alves	27.204	32.414	30,2
Av. Infante Dom Henrique Em Frente Ao Monumento Dos Pracinhas	7.796	7.754	0,5
Av. Infante Dom Henrique Em Frente Ao Monumento Dos Pracinhas	1.0721	11.356	6,0
Av. Das Américas X Rua Schubert Magalhães	10.770	10.479	2,8
(Túnel Velho) Rua Real Grandeza X Rua Pinheiro Guimarães	1.936	2.018	1,9
(Túnel Velho) Rua Real Grandeza X Rua Pinheiro Guimarães	1.526	1.654	3,2
Viaduto Freyssinet X Av. Paulo De Frontin – Entr Do Túnel Rebouças	11.049	10.893	1,5
Viaduto Freyssinet X Av. Paulo De Frontin – Entr Do Túnel Rebouças	5.041	4.790	3,6
Av. Pres. Vargas X Rua Carmo Neto	38.238	36.909	6,9
Av. Pres. Vargas X Rua Carmo Neto	26.269	26.677	2,5
Av. Menezes Côrtes X Rua José Do Patrocínio	3.241	3.268	0,5
Av. Menezes Côrtes X Rua José Do Patrocínio	2.096	2.120	0,5
Rod. Pres. Dutra X Av. Roberto Kennedy - Pista Lateral	17.272	15.790	11,5
Av. Brasil- Washington Luis - Trevo Das Missões	26.860	26.746	0,7
Av. Brasil- Washington Luis - Trevo Das Missões	10.702	9.946	7,4
Av. Padre Leonel França X Av. Visc. De Albuquerque X Rua Mario Ribeiro	8.529	8.691	1,7
Av. Padre Leonel França X Av. Visc. De Albuquerque X Rua Mario Ribeiro	8.105	7.870	2,6
Estrada do Galeão	8.000	7.979	0,2
Estrada do Galeão	5.973	6.045	0,9
Rua Cândido Benício	6.747	6.674	0,9
Rua Cândido Benício	11.177	11.194	0,2
Ponte Rio-Niteroi	8445	8.813	4,0
Ponte Niteroi-Rio	12.685	11.951	6,6
Alameda São Boaventura	13.327	13.225	0,9
Alameda São Boaventura	8.204	8.196	0,1
Linha Amarela	7.728	7.735	0,1
Linha Amarela	8.945	8.926	0,2
Rodovia Washington Luiz	6.222	6.196	0,3
Rodovia Washington Luiz	10.383	10.221	1,6
BR-465	1.759	1.656	2,5
BR-465	2.307	2.321	0,3
R. Pinheiro Machado, sentido Praia de Botafogo	7.616	7.314	3,5
R. Pinheiro Machado, sentido Túnel de Sta. Bárbara	3.383	3.319	1,1
Av Brasil - Centro (entrada)	10.350	9.511	8,4
Av Brasil - Cpo. Grande (saída)	4.109	4.162	0,8
Via Dutra - entrada	11.658	11.100	5,2

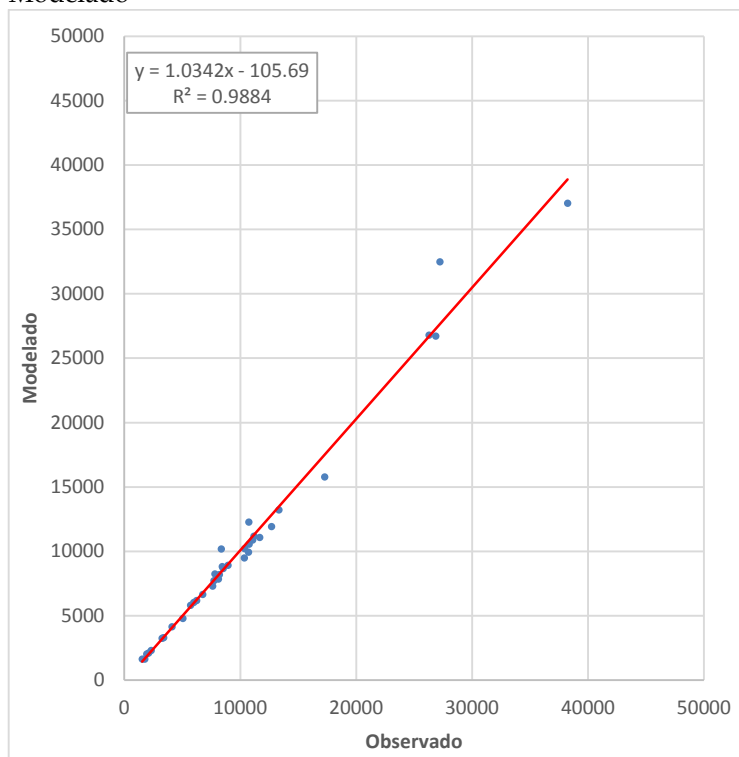
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 11.6.4 – Validação de Ônibus no Pico da Tarde – Rotas Principais

Localização	Obs.	Mod	GEH
Av. Fco. Bicalho X Rua Pedro Alves	4.563	5.029	6,7
Av. Fco. Bicalho X Rua Pedro Alves	19.894	19.225	4,8
Av. Infante Dom Henrique Em Frente Ao Monumento Dos Pracinhos	9.313	8.511	8,5
Av. Infante Dom Henrique Em Frente Ao Monumento Dos Pracinhos	8.218	7.607	6,9
Av. Das Américas X Rua Schubert Magalhães	7.863	7.726	1,6
(Túnel Velho) Rua Real Grandeza X Rua Pinheiro Guimarães	1.502	1.478	0,6
(Túnel Velho) Rua Real Grandeza X Rua Pinheiro Guimarães	1.768	1.777	0,2
Viaduto Freyssinet X Av. Paulo De Frontin – Entr Do Túnel Rebouças	5.137	5.069	0,9
Viaduto Freyssinet X Av. Paulo De Frontin – Entr Do Túnel Rebouças	5.426	5.110	4,4
Av. Pres. Vargas X Rua Carmo Neto	18.981	19.060	0,6
Av. Pres. Vargas X Rua Carmo Neto	52.998	50.614	10,5
Av. Menezes Côrtes X Rua José Do Patrocínio	1.664	1.662	0,0
Av. Menezes Côrtes X Rua José Do Patrocínio	2.495	2.443	1,1
Rod. Pres. Dutra X Av. Roberto Kennedy - Pista Lateral	12.629	12.415	1,9
Av. Brasil- Washington Luis - Trevo Das Missões	10.628	10.624	0,0
Av. Brasil- Washington Luis - Trevo Das Missões	19.808	18.872	6,7
Av. Padre Leonel França X Av. Visc. De Albuquerque X Rua Mario Ribeiro	5.242	5.301	0,8
Av. Padre Leonel França X Av. Visc. De Albuquerque X Rua Mario Ribeiro	9.957	9.957	0,0
Estrada do Galeão	6.927	6.926	0,0
Estrada do Galeão	5.046	5.044	0,0
Rua Cândido Benício	7.680	7.655	0,3
Rua Cândido Benício	6.141	6.216	1,0
Ponte Rio-Niteroi	6.653	6.615	0,5
Ponte Niteroi-Rio	5.135	5.125	0,1
Alameda São Boaventura	10.506	10.516	0,1
Alameda São Boaventura	9.526	9.523	0,0
Linha Amarela	6.754	6.752	0,0
Linha Amarela	4.195	4.194	0,0
Rodovia Washington Luiz	11.568	11.602	0,3
Rodovia Washington Luiz	6.387	6.390	0,0
BR-465	3.031	3.031	0,0
BR-465	1.031	1.031	0,0
R. Pinheiro Machado, sentido Praia de Botafogo	3.723	3.642	1,3
R. Pinheiro Machado, sentido Túnel de Sta. Bárbara	4.862	4.538	4,7

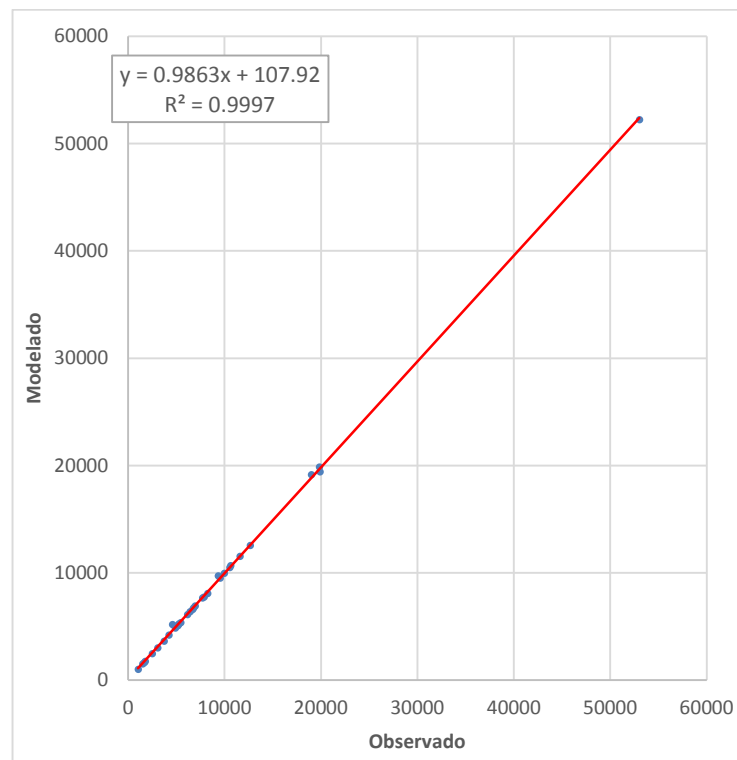
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.6.1 – Validação do Fluxo de Ônibus Pico da Manhã – Observado X Modelado



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.6.2 – Validação do Fluxo de Ônibus Pico da Tarde – Observado X Modelado



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

As tabelas 11.6.5 a 11.6.6 mostram a validação das rotas de metrô em pontos estratégicos da rede. Os gráficos 11.6.3 e 11.6.4 apresentam a dispersão para o metrô.

Tabela 11.6.5 – Validação Metrô Pico da Manhã – Estações

Localização	Obs.	Mod	GEH
Pavuna	9.823	9.803	0,2
Engenheiro Rubens Paiva	1.814	1.571	5,9
Acari/Fazenda Botafogo	989	1.015	0,8
Coelho Neto	1.641	3.032	7,3
Colegio	1.747	1.721	0,6
Iraja	2.088	2.028	1,3
Vicente de Carvalho	2.595	2.692	1,9
Tomas Coelho	422	781	14,6
Engenho da Rainha	994	1.470	13,6
Inhauma	937	1.163	7,0
Del Castilho	1.549	1.651	2,5
Maria da Graça	999	1.219	6,6
Triagem	456	537	3,6
Maracana	214	382	9,7
São Cristóvão	932	849	2,8
Afonso Pena	1.006	1.278	8,0
São Francisco Xavier	1.288	931	10,7

Relatório 6 – Calibração do Modelo da Rede de Referência

Localização	Obs.	Mod	GEH
Saens Pena	4.372	4.230	2,2
Estácio	398	474	3,6
Praça Onze	318	502	9,1
Central	10.208	10.334	1,2
Presidente Vargas	182	143	3,0
Uruguaiana	746	773	1,0
Carioca	698	529	6,8
Cinelândia	592	599	0,3
Gloria	702	621	3,2
Catete	868	862	0,2
Largo do Machado	1.285	992	8,7
Flamengo	1.22	2.221	24,1
Botafogo	2.494	1.737	16,5
Cardeal Arcoverde	861	1.151	9,1
Siqueira Campos	1.376	1.226	4,2
Cantagalo	790	977	6,3
Ipanema/General Osorio	1.641	1.277	9,5
Cidade Nova	344	348	0,2

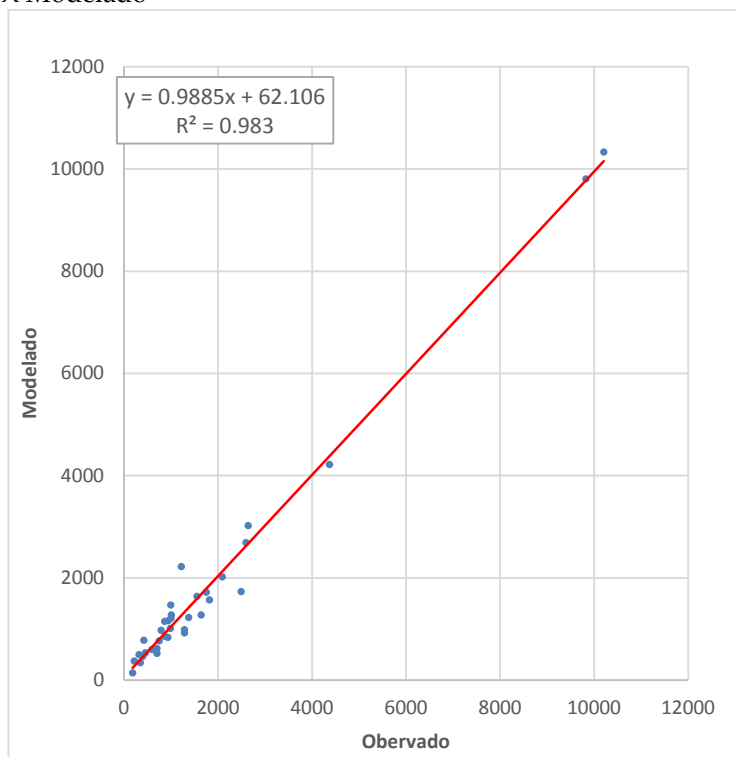
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 11.6.6 – Validação Metrô Pico da Tarde – Estações

Localização	Obs.	Mod	GEH
Pavuna	1.069	1.211	4,2
Engenheiro Rubens Paiva	176	170	0,5
Acari/Fazenda Botafogo	215	194	1,4
Coelho Neto	393	465	3,5
Colégio	251	260	0,6
Irajá	439	444	0,2
Vicente de Carvalho	617	631	0,5
Tomas Coelho	117	167	4,2
Engenho da Rainha	238	239	0,1
Inhaúma	281	361	4,5
Del Castilho	1.698	1.776	1,9
Maria da Graça	411	486	3,5
Triagem	626	758	5,0
Maracanã	568	686	4,7
São Cristóvão	1599	1.392	5,3
Afonso Pena	924	1.050	4,0
São Francisco Xavier	773	845	2,5
Saens Pena	3.369	3.220	2,6
Estácio	1.119	1.187	2,0
Praça Onze	1.035	869	5,4
Central	2.452	2.437	0,3
Presidente Vargas	1.118	861	8,2
Uruguaiana	6.873	6.310	6,9
Carioca	9.149	8.979	1,8
Cinelândia	5.648	5.764	1,5
Gloria	1.112	1.273	4,7
Catete	1.014	2.167	28,9
Largo do Machado	2.687	1.652	22,2
Flamengo	1.720	1.477	6,1
Botafogo	7.280	6.717	6,7
Cardeal Arcoverde	1.506	1.931	10,2
Siqueira Campos	2.934	2.797	2,6
Cantagalo	1.689	1.706	0,4
Ipanema/General Osorio	5.223	4.777	6,3
Cidade Nova	1.133	1.178	1,3

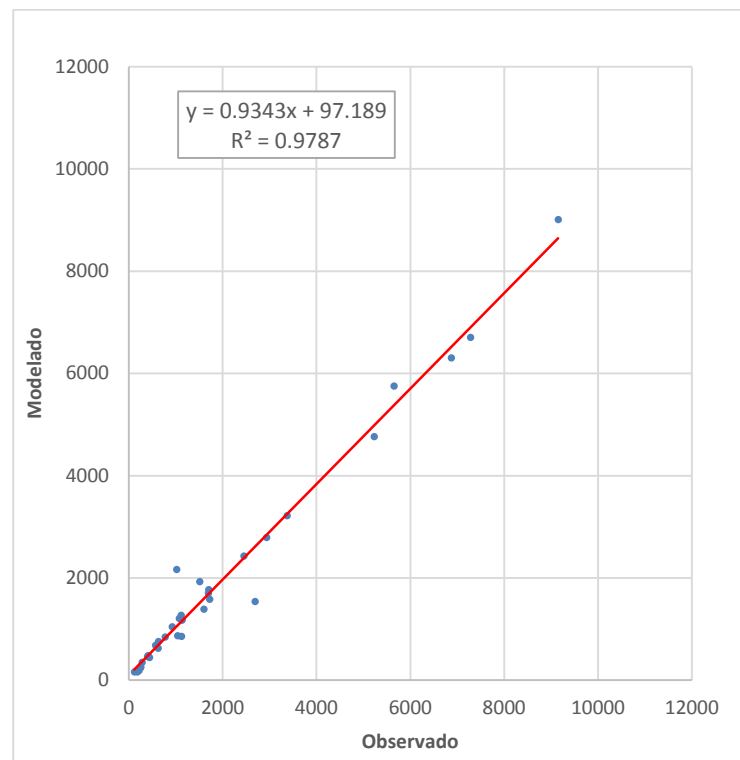
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.6.3 – Validação dos Embarques no Metrô Pico da Manhã – Observado X Modelado



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.6.4 – Validação dos Embarques no Metrô Pico da Tarde – Observado X Modelado



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

As tabelas 11.6.7 a 11.6.8 mostram a validação das rotas de trem em pontos estratégicos da rede. Os gráficos 11.6.5 e 11.6.6 apresentam a dispersão para os trens.

Tabela 11.6.7 – Validação Trens Pico da Manhã – Estações

Localização	Obs.	Mod	GEH
Central do Brasil	1.965	1.829	3,1
Pca. da Bandeira	90	89	0,1
São Cristóvão	457	441	0,7
Mangueira	119	201	6,4
S. F. Xavier	162	162	0,0
Triagem	93	118	2,4
Manguinhos	130	192	4,9
Honório Gurgel	202	383	10,6
Barros Filho	102	161	5,2
Costa Barros	158	307	9,7
Pavuna	394	402	0,4
Vila Rosali	132	77	5,4
Deodoro	1.371	1.575	5,3
R. Albuquerque	1.054	1.174	3,6
Nilópolis	2.130	2.152	0,5
Edson Passos	1.162	1.216	1,6
Nova Iguaçu	2.905	2.634	5,2
C. Soares	1.961	2.024	1,4

Relatório 6 – Calibração do Modelo da Rede de Referência

Localização	Obs.	Mod	GEH
Campo Grande	2.569	2.677	2,1
B. do Monte	373	413	2,0
Bangu	1.932	2.141	4,6
Senador Camará	949	1.077	4,0
Vila Militar	20	22	0,4
Madureira	2.246	2.284	0,8
Oswaldo Cruz	655	1.057	13,7
Cascadura	1.088	1.285	5,7
Campos Elíseos	310	3	24,6
Ramalho	3.668	3.763	1,6
Riachuelo	238	498	13,5
Del Castilho	42	82	5,0
Bonsucesso	231	256	1,6
Piedade	394	509	5,4
Quintino	384	629	10,9
Engenho de Dentro	1.168	1.124	1,3
Méier	704	739	1,3
Engenho Novo	303	404	5,4
Sampaio	123	0	15,7
Pilares	120	237	8,7
Tomaz Coelho	149	154	0,4
Santíssimo	626	528	4,1
Cavalcante	165	223	4,2
Ramos	260	382	6,8
Olaria	302	497	9,7
Penha	310	250	3,6
Penha Circular	163	245	5,7
Brás de Pina	181	304	7,9
Mercadão de Madureira	141	327	12,2
Rocha Miranda	143	182	3,1
Bento Ribeiro	763	923	5,5
Marechal Hermes	934	1.215	8,6
Cordovil	228	255	1,7
Parada de Lucas	197	217	1,4
Vigário Geral	185	401	12,6
Duque de Caxias	1.568	1.697	3,2
Anchieta	733	832	3,6
Magalhães Bastos	473	921	17,0
Realengo	1.104	1.121	0,5
Padre Miguel	822	1.292	14,5
G. da Silveira	700	829	4,7
Olinda	790	1050	8,6
Mesquita	1.182	1.246	1,9
Agostinho Porto	339	229	6,5



Localização	Obs.	Mod	GEH
Juscelino	507	470	1,7
Coelho da Rocha	747	797	1,8
Belford Roxo	2.310	2.078	5,0
Augusto Vasconcelos	488	501	0,6
Eng. Pedreira	2.137	2.228	1,9
Japeri	877	1.202	10,1
Queimados	2.772	2.586	3,6
Austin	2.078	2.068	0,2
Inhoaíba	732	578	6,0
Cosmos	665	573	3,7
Paciência	875	909	1,1
Tancredo Neves	423	215	11,6
Santa Cruz	1.833	1.861	0,7
J.Primavera	645	654	0,3
Saracuruna	1.014	876	4,5
Maracanã	29	58	4,5
Jacarezinho	169	210	3,0
Lages	161	108	4,6
Paracambi	192	322	8,1

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

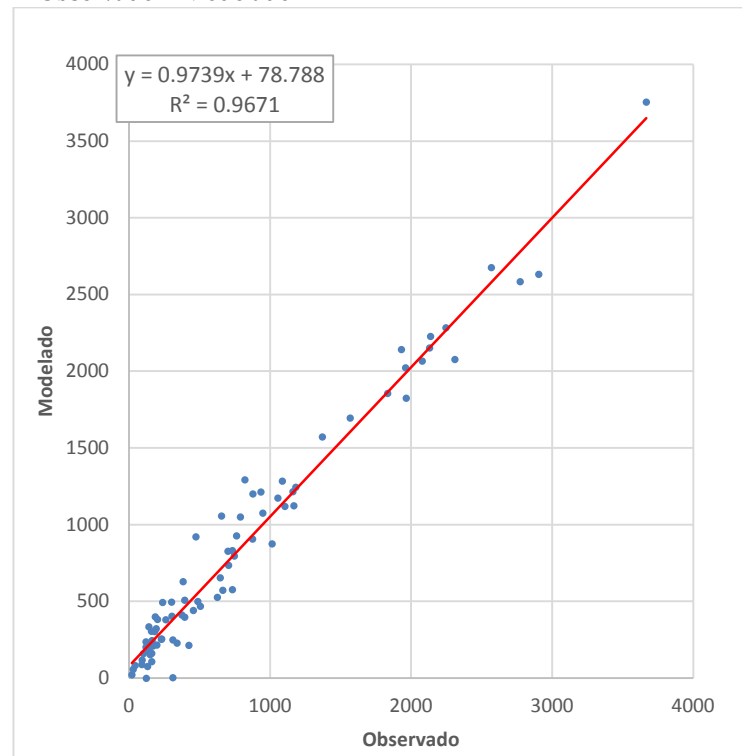
Tabela 11.6.8 – Validação Trens Pico da Tarde – Estações

Localização	Obs.	Mod	GEH
Central do Brasil	27.068	27.064	0,0
Pca. da Bandeira	1.262	1.267	0,1
São Cristóvão	4.877	5.402	7,3
Mangueira	621	315	14,1
S. F. Xavier	874	915	1,4
Triagem	1.044	1.007	1,1
Manguinhos	268	256	0,8
Honório Gurgel	49	66	2,2
Barros Filho	37	71	4,6
Costa Barros	14	98	11,2
Pavuna	109	147	3,4
Vila Rosali	8	23	3,9
Deodoro	443	553	4,9
R. Albuquerque	351	421	3,6
Nilópolis	476	611	5,8
Edson Passos	175	219	3,2
Nova Iguaçu	1.537	1.466	1,8
C. Soares	292	383	4,9
Campo Grande	1.023	986	1,2
B. do Monte	116	68	5,0
Bangu	799	895	3,3
Senador Camará	93	172	6,9
Vila Militar	96	148	4,7
Madureira	2.668	2.619	0,9
Oswaldo Cruz	159	219	4,4
Cascadura	1.331	1.446	3,1
Campos Elíseos	85	1	12,8
Ramalho	262	300	2,3
Riachuelo	653	433	9,4
Del Castilho	229	370	8,1
Bonsucesso	767	868	3,5
Piedade	313	296	1,0
Quintino	196	270	4,9
Engenho de Dentro	1.976	2.065	2,0
Méier	1.474	1.369	2,8
Engenho Novo	625	437	8,1
Sampaio	197	257	4,0
Pilares	141	228	6,4
Tomaz Coelho	142	197	4,2
Santíssimo	103	92	1,2

Localização	Obs.	Mod	GEH
Cavalcante	90	206	9,5
Ramos	283	343	3,4
Olaria	270	330	3,4
Penha	230	305	4,6
Penha Circular	470	544	3,3
Brás de Pina	49	85	4,4
Mercadão de Madureira	557	667	4,5
Rocha Miranda	71	102	3,4
Bento Ribeiro	224	280	3,5
Marechal Hermes	278	364	4,8
Cordovil	88	121	3,2
Parada de Lucas	135	187	4,1
Vigário Geral	43	115	8,1
Duque de Caxias	661	794	4,9
Anchieta	120	186	5,3
Magalhães Bastos	192	263	4,7
Realengo	353	451	4,9
Padre Miguel	143	220	5,7
G. da Silveira	109	154	3,9
Olinda	37	127	9,9
Mesquita	239	302	3,9
Agostinho Porto	24	54	4,8
Juscelino	154	197	3,2
Coelho da Rocha	26	90	8,5
Belford Roxo	250	311	3,7
Augusto Vasconcelos	83	65	2,1
Eng. Pedreira	327	328	0,1
Japeri	154	350	12,4
Queimados	568	669	4,1
Austin	263	258	0,3
Inhoaíba	82	45	4,7
Cosmos	105	152	4,1
Paciência	161	104	4,9
Tancredo Neves	34	36	0,3
Santa Cruz	514	452	2,8
J.Primavera	74	93	2,1
Saracuruna	141	193	4,0
Maracanã	175	192	1,2
Jacarezinho	351	427	3,9
Lages	29	38	1,6
Paracambi	106	160	4,7

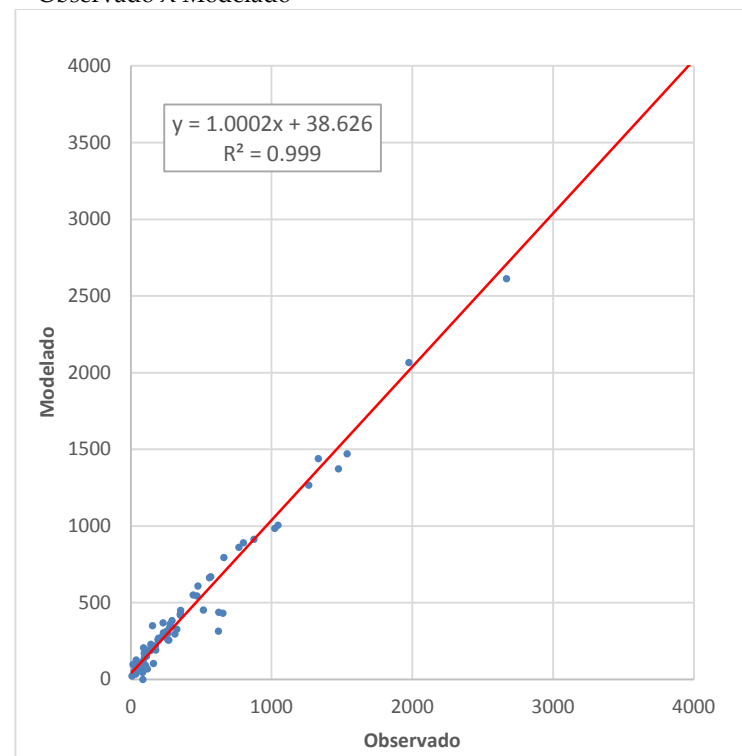
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.6.5 - Validação dos Embarques nos Trens no Pico da Manhã
Observado X Modelado



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 11.6.6 – Validação dos Embarques nos Trens no Pico da Tarde
Observado X Modelado



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla



As tabelas 11.6.9 a 11.6.10 ilustram os serviços da barca. A validação dos serviços da barca foi fundamentada na comparação dos fluxos modelados com os observados.

Tabela 11.6.9 – Serviços da Barca – Pico da Manhã

Localização	Obs.	Mod	GEH
Rio de Janeiro - Niterói	682	682	0,0
Niterói - Rio de Janeiro	7.300	7.425	1,5
Rio de Janeiro - Charitas	6	7	0,3
Charitas - Rio de Janeiro	869	812	2,0
Rio de Janeiro - Cocotá	4	2	1,1
Cocotá - Rio de Janeiro	330	350	1,1

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 11.6.10 – Serviços da Barca – Pico da Tarde

Localização	Obs.	Mod	GEH
Rio de Janeiro - Niterói	10.176	10.168	0,10
Niterói - Rio de Janeiro	1.263	1.260	0,10
Rio de Janeiro - Charitas	1.234	1.223	0,30
Charitas - Rio de Janeiro	24	24	0,00
Rio de Janeiro - Cocota	694	688	0,20
Cocotá - Rio de Janeiro	21	17	0,90

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

11.7 Modificações no Modelo

Ao longo do último trimestre de 2014 foram realizados ajustes na calibração do modelo com objetivo principal de otimizar e maximizar os resultados deste. Entre as modificações realizadas podemos destacar:

- Ajuste da capacidade da rede;
- Revisão das conexões dos centróides;
- Verificação das menores distâncias de trajeto;
- Integração Multimodal;
- Atualização da Interface do GUI.

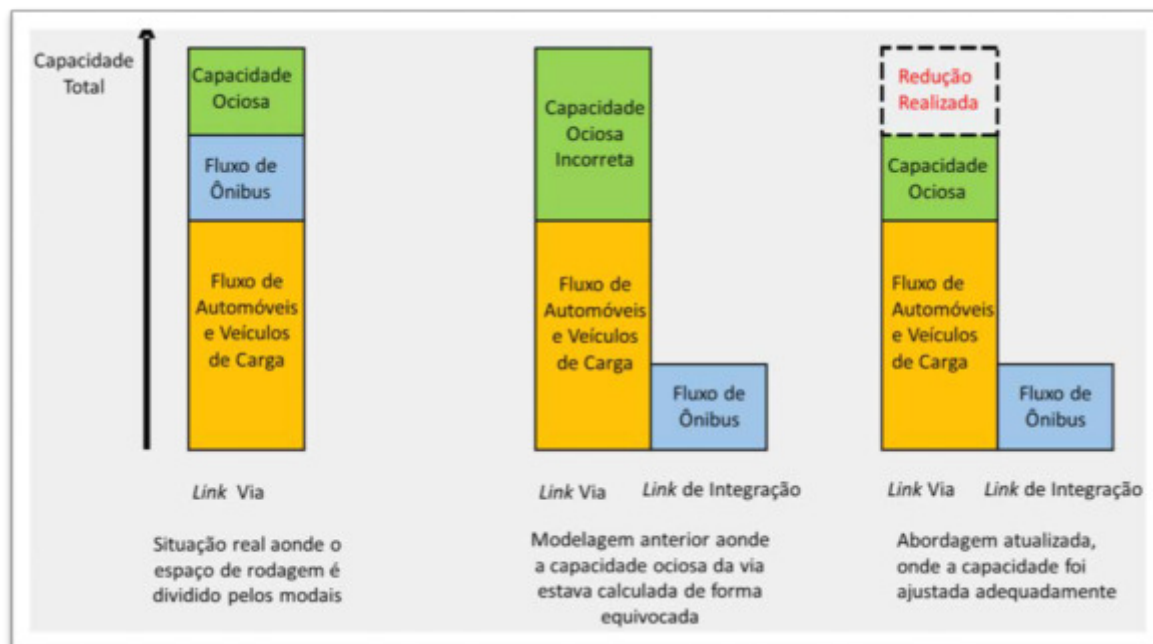
Ajuste da Capacidade da Rede

Antes dos novos ajustes da rede, a integração do transporte coletivo que estava sendo manipulada dentro do Modelo do PDTU era feita com o fluxo do ônibus sendo retirado dos *links* da rede de transporte individual e tratado em *links* separados. Esse método poderia levar a uma superestimação da capacidade da rede de transporte individual, aonde ônibus e automóveis dividem o espaço na mesma via. Isso ocorre pois a capacidade 'livre' (não utilizada) nos *links* de transporte individual, que foi gerada pela retirada dos ônibus, na realidade não existe.

A solução adotada foi a remoção da capacidade 'livre' dos *links* de transporte individual, que na realidade não existia, garantindo que o modelo de tráfego funcionasse de forma realista. Essa solução foi implementada nas macros do Emme, visando a identificação do volume do fluxo dos ônibus removidos do *link* de transporte individual no momento da modelagem das tarifas integradas e realizando ajustes apropriados na capacidade dos *links*, garantindo que uma quantidade equivalente fosse retirada. A figura 11.7.1 ilustra a situação real, o problema identificado na abordagem anterior e a mudança que foi realizada no método atualizado.

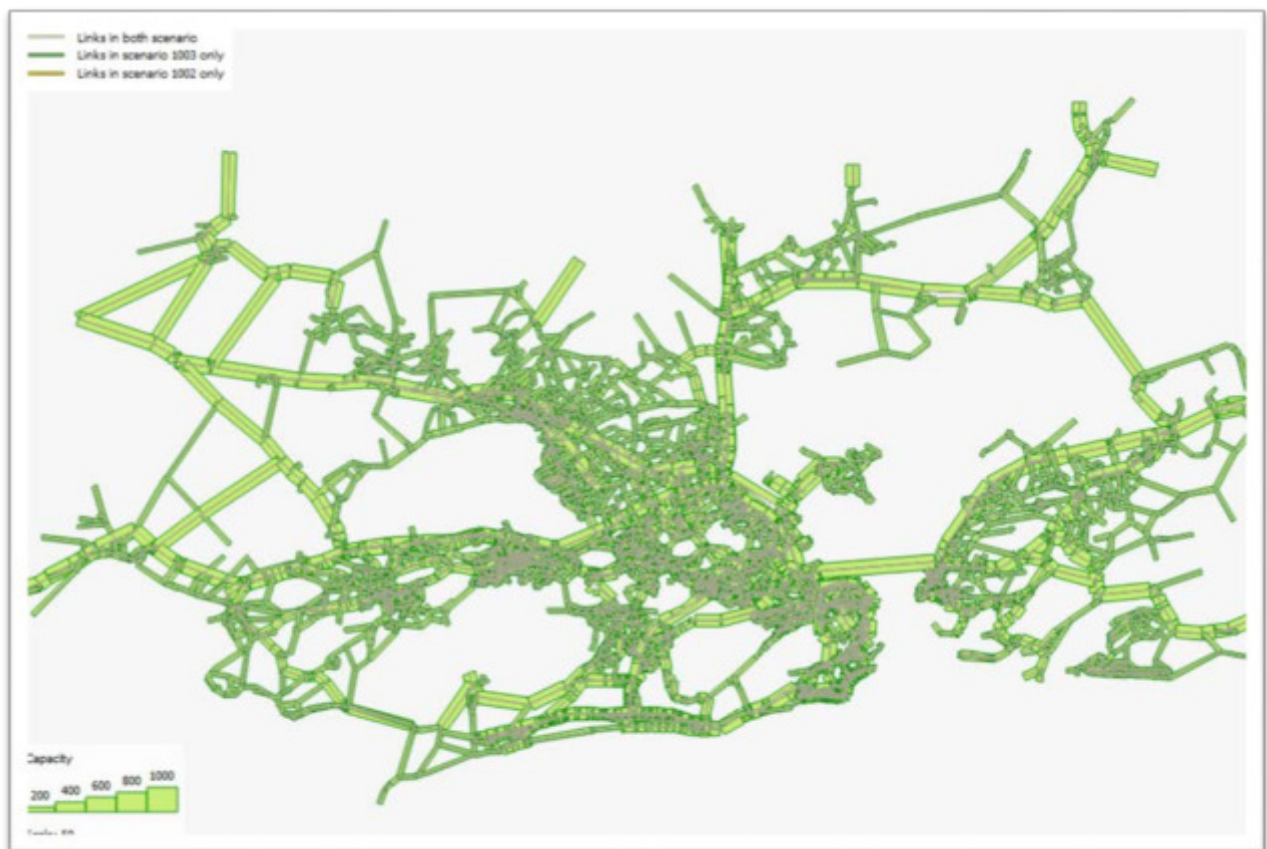
O principal benefício com a implementação dessa solução foi a remoção da superestimação na capacidade do *link* do transporte individual que era gerada. A figura 11.7.2 compara a capacidade dos *links* individuais antes e depois das alterações, na qual qualquer redução na capacidade do *link* foi destacada em verde. Verifica-se a redução na capacidade do *link* em toda a rede, o que sugere que todos os *links* de transporte individual no modelo PDTU têm suas capacidades atualizadas e mais perto da realidade após a implementação bem sucedida dessa mudança.

Figura 11.7.1 – Ilustração da Solução para a Modelagem



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Figura 11.7.2 – Ilustração da Capacidade do *Link* de Transporte Individual após a Redução



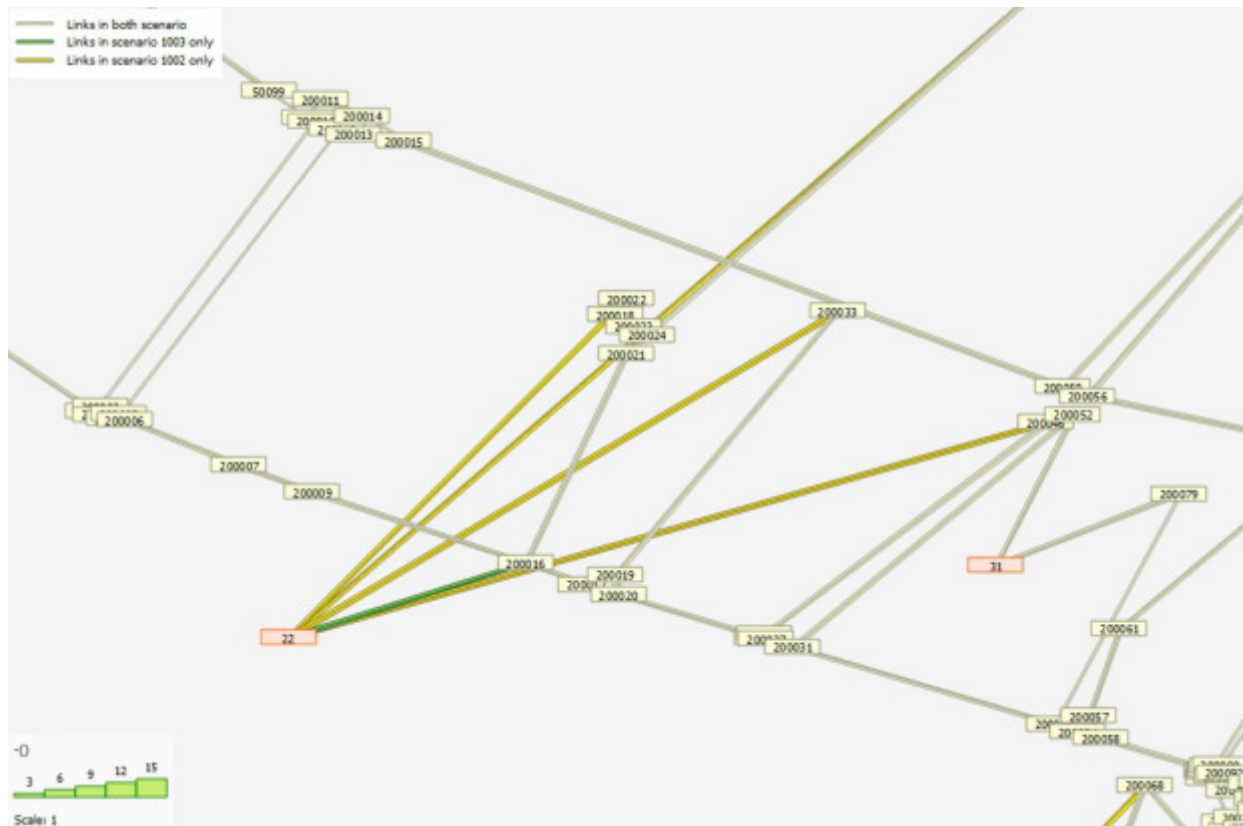
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Revisão dos Conectores de Centróides

Foram verificadas em algumas das 730 zonas que constituem o Modelo do PDTU problemas relacionados com as conexões dos centróides. As conexões centrais representam o tráfego 'de' e 'para' as zonas individuais que irão 'sair' ou 'acessar' a ampla rede de transporte individual. Esse método pode resultar em rotas insatisfatórias no modelo e modelagem de fluxos não reais na rede.

Foi realizada a revisão da conexão do centróide para zonas individuais e algumas alterações foram feitas para garantir rotas de tráfego mais realistas. A revisão e as modificações que foram feitas abrangem, principalmente, o modo como o tráfego é inserido e retirado da rede de transporte individual. Esse método é exemplificado na figura 11.7.3, na qual os *links* em verde representam as novas conexões que foram adicionadas, enquanto os amarelos são as conexões que foram removidas da zona 22. O princípio adotado foi o de remover as conexões em duplicidade e estabilizar as novas conexões no centróide que estivesse mais próximo à rede de transporte individual.

Figura 11.7.3 - Exemplo da revisão da conexão do centróide para zonas individuais



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Conforme ilustra a figura 11.7.3, toda a área modelada foi revisada e mudanças apropriadas foram executadas, entre elas a simplificação das conexões. O número total de conexões foi reduzido de 3.414 para 3.289 após a revisão, o que envolveu mudanças em 61 zonas.

A figura 11.7.4 ilustra todas as modificações nas conexões dos centróides, sendo os *links* das novas conexões representados em verde e os *links* em amarelo as conexões que foram removidas.

Figura 11.7.4 Ilustração das Modificações na Conexão dos Centróides



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

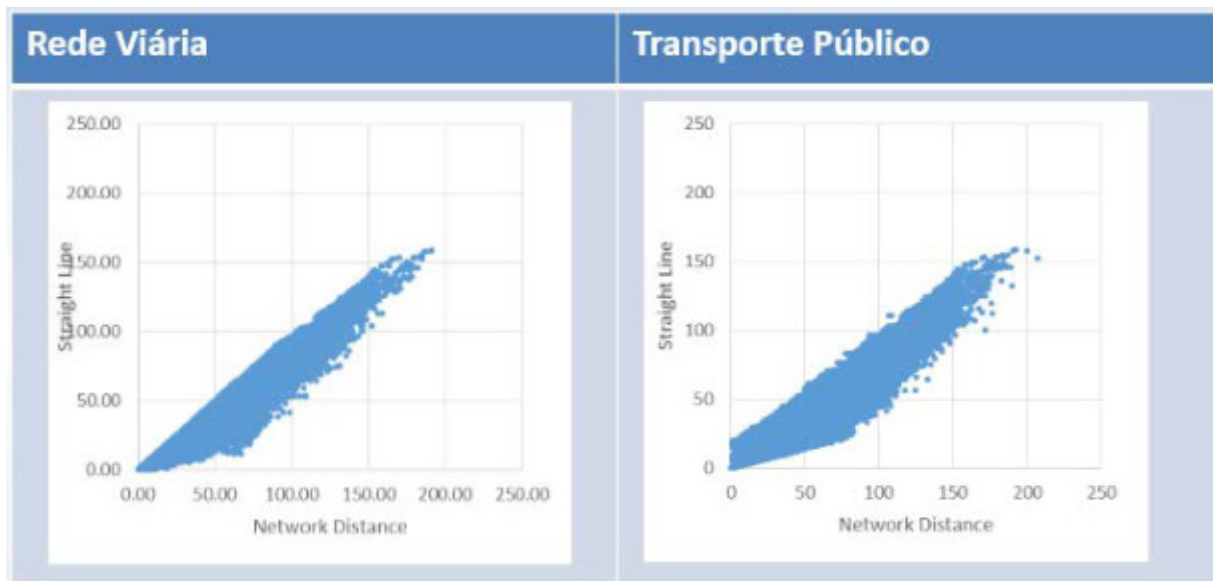
Verificação das Menores Distâncias de Trajeto

Embora a rede tenha sido construída adotando o SIG⁹¹, foi realizada uma verificação na extensão do *link* para assegurar que os valores obtidos eram realistas. A verificação foi feita comparando a distância modelada e as distâncias mais curtas entre centróides de duas zonas. Era esperado que a razão entre a distância modelada e o comprimento de linha reta fosse maior que 1, o que foi confirmado pela investigação.

O resultado dessa verificação está ilustrado graficamente na figura 11.7.5, na qual os comprimentos dos trajetos modelados são maiores que as linhas retas, como era esperado. Essa verificação demonstrou a coerência no desenvolvimento do modelo.

⁹¹ SIG – Sistema de Informação Geográfica

Figura 11.7.5 Ilustrações da Razão entre a Linha Reta dos Centróide e as Distâncias Modeladas



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Integração multimodal

Alguns problemas relacionados ao modo como a integração do transporte coletivo multimodal era manipulado no Modelo do PDTU foram identificados. Esses problemas estavam relacionados a comportamentos irreais das viagens que foram observados nos resultados da modelagem. Por exemplo, em algumas viagens integradas utilizando múltiplos modais (ônibus e metrô) notou-se a necessidade de andar uma distância muito grande pra realizara transferência, o que foi considerado irreal.

Após identificação dos problemas, foi realizada uma revisão detalhada e verificada a coerência dos *links* de integração selecionados para as estações de transportes de alta capacidade. Essa verificação teve como objetivo assegurar que as distâncias dos *links* de integração eram consistentes e não estavam sujeitas a barreiras físicas, como por exemplo, ausência de caminhos para pedestres. A revisão de escopo abrangeu:

- Verificação detalhada do grupo atual dos *links* de integração para cada estação de transporte coletivo no Modelo do PDTU;
- Visitas de campo para selecionar quais estações de transporte público na RMRJ deveriam ser utilizadas para observação do comportamento relacionado à integração multimodal (transporte coletivo);
- Utilização de conhecimento local;
- Sugestão de *links* de integração para as 174 estações de transporte coletivo.

Os novos *links* de integração propostos foram incorporados na base do Modelo do PDTU atualizado e foi realizada verificação das distâncias modeladas com intuito de garantir que os valores colocados no modelo fossem reais.

O principal benefício dessa mudança foi a obtenção de informações comportamentais mais realistas de como funcionavam as integrações tarifárias das viagens do transporte coletivo multimodal e a remoção das integrações tarifárias de viagens irreais. A figura 11.7.6 ilustra a escala de mudanças realizadas na rede, sendo os *links* adicionados representados em verde, enquanto os *links* removidos foram representados em amarelo.

Figura 11.7.6 Ilustração das Modificações na Integração Multimodal do Transporte Coletivo



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Além dos novos *links* adicionados e dos *links* removidos durante a verificação, muitas outras mudanças foram realizadas nos *links* de integração existentes. A tabela 11.7.1 é um resumo de todos os *links* e quanto suas extensões foram modificadas.

Tabela 11.7.1 – Resumo das Modificações Realizadas nos Links Existentes

Nº	Nó Inicial	Nó Final	Nova Extensão (Km)	Extensão Original (Km)	Mudança
1	183845	300317	0,012	0,032	-63%
2	183845	350317	0,108	0,288	-63%
3	300033	500055	0,613	0,251	144%
4	300249	400021	0,139	0,186	-25%
5	300249	500001	0,328	0,149	120%
6	300250	500001	0,359	0,454	-21%
7	300251	400021	0,11	0,138	-20%
8	300251	500001	0,328	0,359	-9%
9	300317	400019	0,139	0,163	-15%
10	300318	400019	0,201	0,317	-37%
11	350033	500055	0,554	0,575	-4%
12	350156	500026	0,305	0,04	663%
13	350249	500001	0,168	0,408	-59%
14	350250	500001	0,191	0,318	-40%
15	350251	400021	0,54	0,085	535%
16	350251	500001	0,384	0,191	101%
17	350317	400019	0,208	0,45	-54%
18	350318	400019	0,159	0,24	-34%
19	400019	300317	0,139	0,163	-15%
20	400019	300318	0,201	0,317	-37%
21	400019	350317	0,208	0,45	-54%
22	400019	350318	0,159	0,24	-34%
23	400021	300249	0,139	0,186	-25%
24	400021	300251	0,11	0,138	-20%
25	400021	350251	0,54	0,085	535%
26	500001	300249	0,328	0,149	120%
27	500001	300250	0,359	0,454	-21%
28	500001	300251	0,328	0,359	-9%
29	500001	350249	0,168	0,408	-59%
30	500001	350250	0,191	0,318	-40%
31	500001	350251	0,384	0,191	101%
32	500026	350156	0,305	0,04	663%
33	500055	300033	0,613	0,251	144%
34	500055	350033	0,554	0,575	-4%

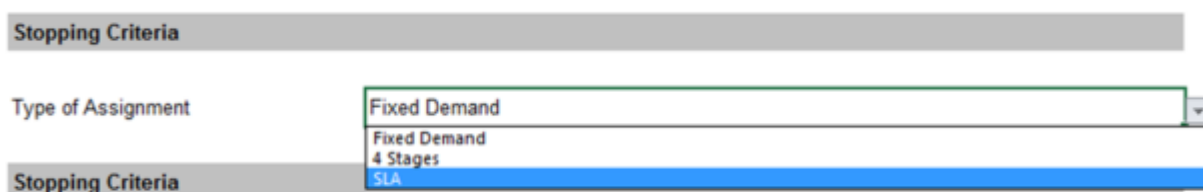
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Atualização da Interface GUI

Foi incluindo um recurso adicional na GUI para automatizar o SLA. Uma nova função SLA foi então disponibilizada na GUI (versão 3.14.11), implementada utilizando linguagem de programação MS VBA. A nova função pode realizar automaticamente o SLA para a lista fornecida, tanto para *links* de redes de transporte individual como para transporte coletivo. Os únicos *inputs* necessários são os números dos nós iniciais e finais (nas planilhas SLA) dos *links* individuais onde o SLA será executado.

A nova função pode ser encontrada em uma lista no controle principal da interface da GUI, como mostrado na figura 11.7.7.

Figura 11.7.7 Ilustração da nova opção do SLA na GUI 3.14.11



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

12 VALIDAÇÃO DO MODELO DO PDTU

12.1 Introdução

O Modelo do PDTU depende dos custos generalizados de alocação de tráfego, bem como da distribuição dos modais durante os ciclos iterativos. Os principais componentes de cada um podem ser divididos entre aqueles que são fornecidos como *inputs* gerados fora do modelo (tais como, custos com combustível, tarifas e valores do tempo) e aqueles que são gerados dentro do modelo (predominantemente o tempo de viagem).

Esses últimos são diretamente dependentes de uma adequada alocação de custos consideráveis do ano base pelos modos de viagem entre os pares das zonas.

A validade da matriz foi demonstrada nos capítulos anteriores. Na validação do Modelo do PDTU a distância da viagem, distribuição e o tempo de viagem da rota são comparados com as observações realizadas no mundo real.

12.2 Variações nas Distribuições de Custos das Viagens com Matriz Estimada

As tabelas 12.2.1 e 12.2.2 demonstram o impacto geral da matriz estimada (ME). Como esperado, a duração média das viagens é curta. Os gráficos que comparam a distribuição pré e pós da matriz estimada estão nos Anexos E e F.

Tabela 12.2.1 – Distribuição dos Custos das Viagens com ME - Transporte Individual

Período	Finalidade	Média (min)			Desvio Padrão (min)		
		Sintética	Alocação	Variação (%)	Sintética	Alocação	Variação (%)
AM	HBW	103,7	80,6	-22,20%	3.273,3	3.328,2	1,70%
	HBEd	118,1	102,9	-12,90%	523,8	502,9	-4,00%
	HBO/NHBO	127,3	93,2	-26,80%	2.075,3	2.449,1	18,00%
PM	HBW	104,6	77,5	-25,90%	3.735	3.918,8	4,90%
	HBEd	129,9	104,9	-19,20%	533,5	521,1	-2,30%
	HBO/NHBO	108,6	84	-22,60%	2.564,6	2.775,9	8,20%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 12.2.2 – Distribuição dos Custos das Viagens com ME - Transporte Coletivo

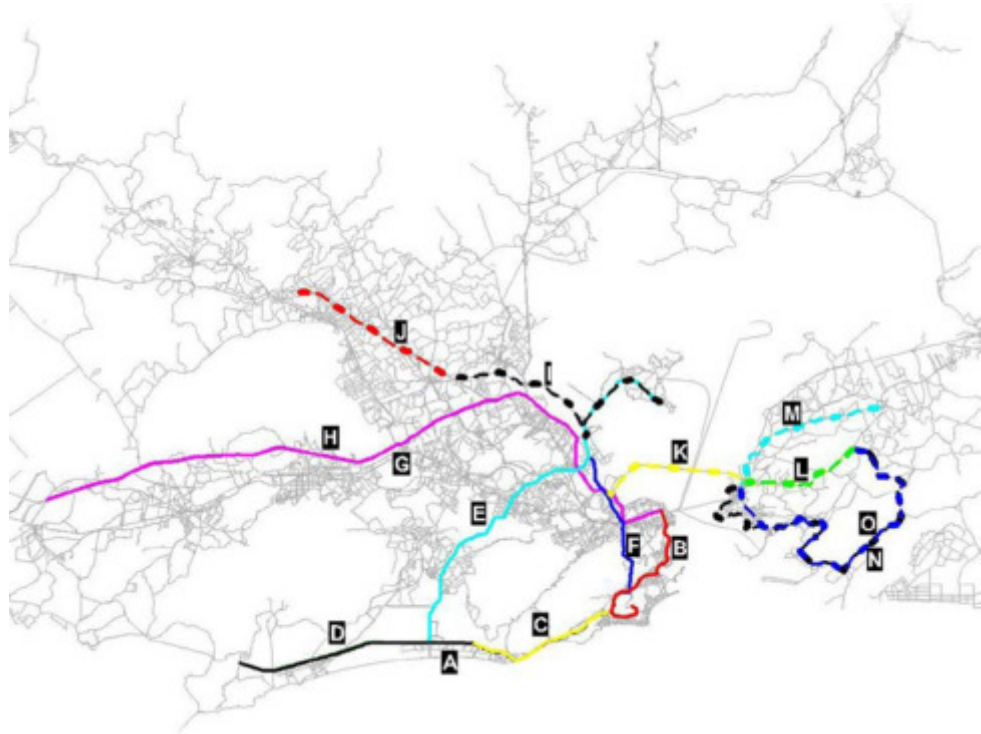
Período	Finalidade	Média (min)			Desvio Padrão (min)		
		Sintética	Alocação	Variação (%)	Sintética	Alocação	Variação (%)
AM	HBW	109,5	101,9	-6,90%	19.461,5	13.995,5	-28,10%
	HBEd	123,7	114,6	-7,30%	7.700,3	5.354	-30,50%
	HBO/NHBO	110,8	101,9	-8,10%	8.717,4	6.413,4	-26,40%
PM	HBW	112,5	98,1	-12,80%	11.175,5	7.380,4	-34,00%
	HBEd	118,7	106,2	-10,50%	4.933,8	3.372,8	-31,60%
	HBO/NHBO	106,1	92,6	-12,80%	17.285,3	11.584,8	-33,00%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

12.3 Validação do Tempo de Viagem

Pesquisas sobre a duração das viagens foram realizadas em toda a RMRJ, gerando os tempos de viagens das rotas que estão na figura 12.3.1. Nesses tempos estão incluídas as viagens de automóvel na rede percorrendo as principais rodovias e considerando a velocidade média vigente, conforme determinado pelas condições da época da pesquisa. Quinze levantamentos individuais de tempo foram realizados, cujos resultados encontram-se na tabela 12.3.1. A rota A é apresentada no gráfico 12.3.1. Uma análise detalhada de tempo das viagens encontra-se no Anexo G.

Figura 12.3.1 – Tempo de Viagem: Rotas



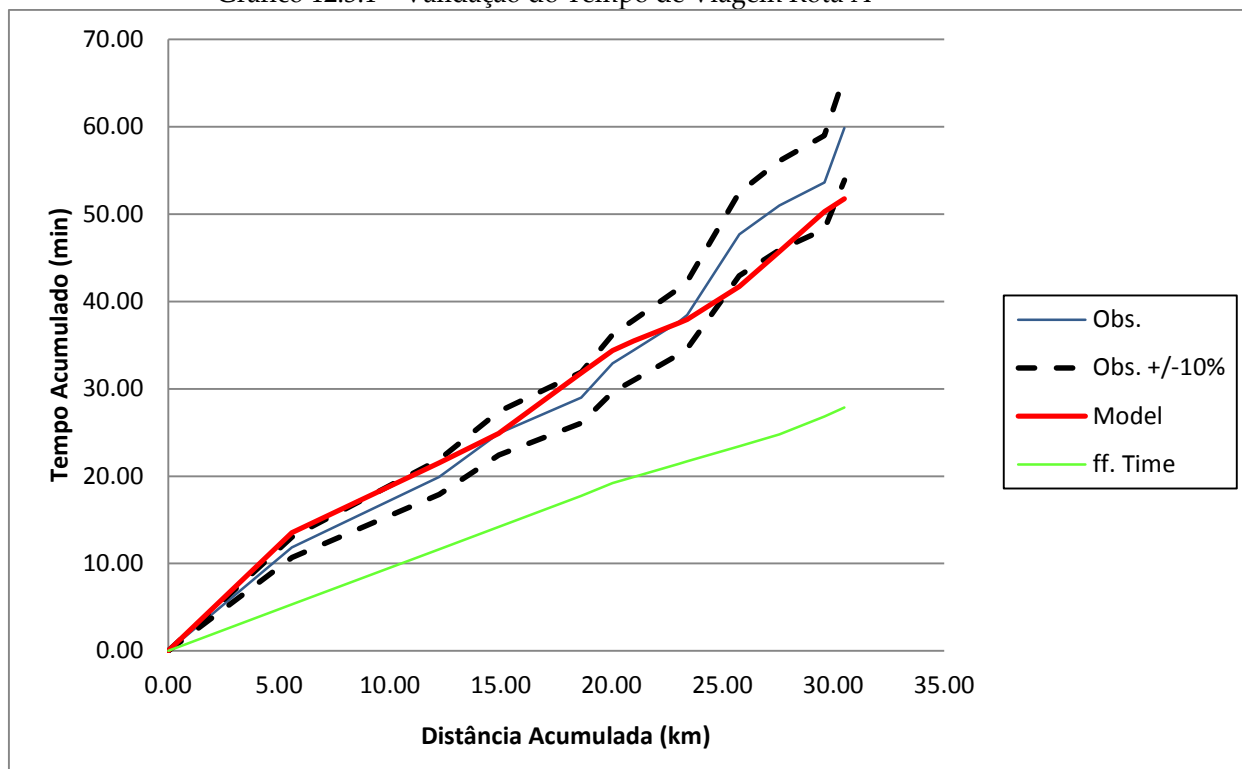
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Tabela 12.3.1 - Validação do Tempo de Viagem (Pico da Manhã)

Rota	Localização	Observação	Modelagem	Diferença (%)
A	Av. das Américas (próximo ao Barra Shopping)	59,87	51,76	-13,5%
B	Av. Infante Dom Henrique	37,10	38,61	4,1%
C	Auto Estrada Lagoa - Barra	18,07	19,79	9,5%
D	Av. das Américas (próximo a Av. Salvador Allende)	21,03	32,28	53,5%
E	Linha Amarela	86,75	101,45	16,9%
F	Túnel Rebouças	18,85	22,21	17,8%
G	Av. Brasil (sentido centro)	88,20	89,36	1,3%
H	Av. Brasil (sentido zona oeste)	48,97	62,34	27,3%
I	Linha Vermelha	35,23	27,14	-23,0%
J	RJ - 116	15,40	17,29	12,2%
K	Ponte Rio - Niterói	26,80	24,14	-9,9%
L	RJ - 104	27,53	15,36	-44,2%
M	Rodovia Niterói - Manilha	39,70	47,62	20,0%
N	RJ - 108	79,30	71,16	-10,3%
O	RJ - 108	71,40	39,23	-45,1%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico 12.3.1 – Validação do Tempo de Viagem Rota A



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

ANEXO A – PROCESSO DE SINTETIZAÇÃO DAS MATRIZES PARCIAIS (DADOS DA PESQUISA)

Processo de Sintetização das Matrizes Parciais

Esse anexo explica de forma objetiva e simplificada os passos adotados pelo Consórcio no processo de obtenção das chamadas Matrizes Parciais. Tais matrizes são geradas a partir de dados das pesquisas (observações) e são, então, utilizadas como *inputs* no processo de calibração matemática do Modelo do PDTU.

O processo foi adotado de forma similar tanto para o Transporte Individual como para o Transporte Coletivo, tendo partido de informações consolidadas das pesquisas arquivadas em laboratório e com acesso facilitado por arquivamento em MS Access⁹². O Banco de Dados do laboratório inclui informações compiladas a partir das Pesquisas Domiciliares e Pesquisas de Interceptação, além de dados do contexto geográfico e socioeconômico da RMRJ, os quais foram utilizados no processo de atualização do PDTU. O Banco de Dados contém ainda todos os relatórios técnicos produzidos pelo Consórcio.

Matrizes de Transporte Individual

A partir do arquivo **Roadside_final.accdb**, notadamente na aba **HW_Max_Reh**, foram extraídos dados da Pesquisa de Interceptação por motivo de viagem (HBW, HBEd, HBO e NHBO), adotando-se sempre os maiores valores de pares O/D encontrado, nas instâncias em que ocorreram conflitos e/ ou duplicidade de informações. Note-se que a Pesquisa de Interceptação coleta dados amostrais, a partir de uma metodologia específica (vide Relatório 4 – Planejamento e Execução de Pesquisas), revelando uma realidade parcial dos volumes reais dos pares O/D identificados.

É preciso, então, expandir os dados da pesquisa para revelar o total de viagens para as O/Ds identificadas dentro da área de estudo (RMRJ), possibilitando a construção de uma matriz parcial O/D para o transporte individual representativa de toda a rede, por motivo de viagem. Os fatores de extrapolação dependem da razão entre volumes totais e volumes das amostras. Assim, se, por exemplo, a pesquisa coletou dados para um determinado motivo de viagem, em média, interceptando um em cada dez veículos, presume-se que os volumes reais daquele motivo de viagem no ponto pesquisado sejam dez vezes o volume da amostra.

Uma vez obtidos os dados expandidos por motivo de viagem, pode-se compará-los com dados das pesquisas domiciliares obtendo-se por derivação fatores de P/A para O/D, por sua vez utilizados para a geração de matrizes sintéticas P/A (execução do modelo de quatro etapas no modelo do PDTU).

O resultado do processo de geração de matrizes parciais para o transporte individual é um conjunto consolidado em quatro arquivos *txt*, que se encontram devidamente arquivados no Laboratório do PDTU (vide Nota Técnica específica: Arquivamento e Banco de Dados). Os arquivos *txt* dessas matrizes podem ser interpretados pelo Emme e pelo Excel, como CSV (*Comma-separated values*).

⁹² MS Access é um sistema de gerenciamento de banco de dados da Microsoft, que combina o Microsoft Jet Database Engine e interface gráfica do usuário (graphical user interface), que permite o desenvolvimento rápido de aplicações (RAD - Rapid Application Development).

A tabela a seguir apresenta as quantidades de pesquisas realizadas, classificadas segundo os motivos de viagem, e como os totais de pares O/D das matrizes parciais se comparam ao total implícito de O/Ds por motivos de viagem. O total implícito é obtido na etapa de geração do modelo, a partir dos dados socioeconômicos e tamanhos de residências (em número de pessoas), correspondendo ao universo de viagens diárias por motivo para o transporte individual em questão. Observe-se que o volume de pares O/Ds pesquisados (levantados em campo em valores absolutos) são significativos, embora possam parecer pequenos se comparados ao número máximo de pares de O/D possíveis no caso do PDTU. O universo modelado contém, teoricamente, até 532.900 pares O/D, considerando-se possíveis todos os pares entre as 730 zonas modeladas na RMRJ, conforme tabela abaixo:

Tabela A1 - Quantidade de pesquisas realizadas, classificadas segundo os motivos de viagem – Transporte Individual

O/Ds					
Motivo de Viagem	Nº de pares O/D pesquisados	Nº de pares O/D Expandidos	Total Implícito (de acordo com etapa de geração do modelo)		Proporção equivalente de pares O/D possíveis em toda a RMRJ (Coverage)
HBW	38.685	404.016	2.023.357	20,0%	7,26%
HBEd	2.327	21.609	472.439	4,6%	0,44%
HBO	23.237	246.234	1.625.585	15,1%	4,36%
NHBO	11.994	132.047	338.020	39,1%	2,25%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Resultados - Transporte Individual

No processo de calibração do modelo são realizados procedimentos em Excel através de macros e VBA, procurando-se obter totais que se aproximem daqueles valores presentes nas matrizes parciais. Para isso, são utilizados média, desvio padrão e modo de distribuição dos custos.

As matrizes parciais obtidas através do processo supracitado podem então ser comparadas às matrizes sintéticas geradas pelo modelo (calibrado). A tabela e gráficos abaixo demonstram o alinhamento em padrões aceitáveis entre as matrizes parciais utilizadas (pesquisas) e as matrizes sintéticas obtidas pelo emprego do Emme.

A tabela a seguir mostra os valores estatísticos médios da calibração:

Tabela A2 – Valores Estatísticos Médios de Calibração – Transporte Individual

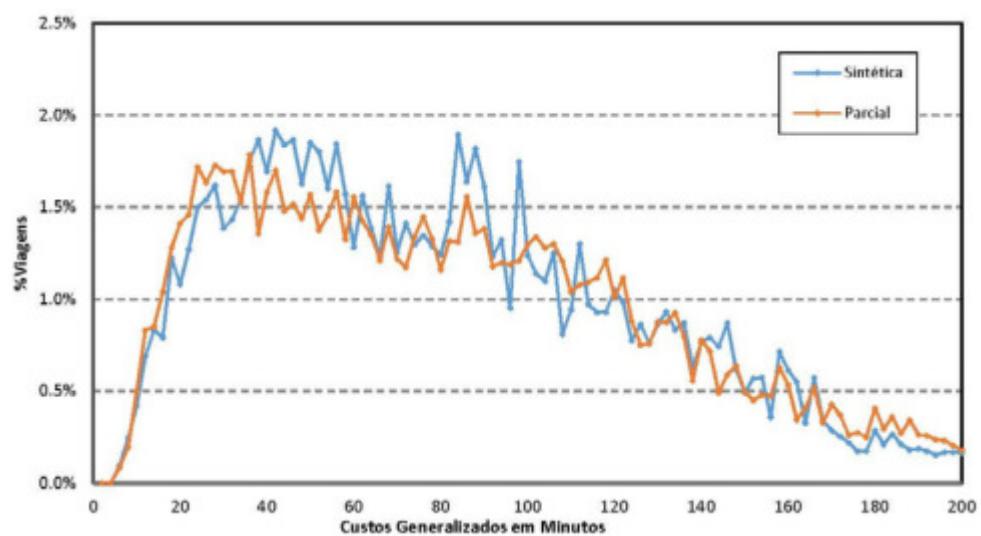
Motivo	HBW	HBEd	HBO	NHBO
Média Sintética	78,30	76,61	73,80	67,68

Desvio Padrão Sintético	43,69	47,57	45,11	42,49
Média – Observada Parcial	77,73	70,48	72,73	66,62
Desvio Padrão – Observada Parcial	45,25	43,31	45,69	44,49

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

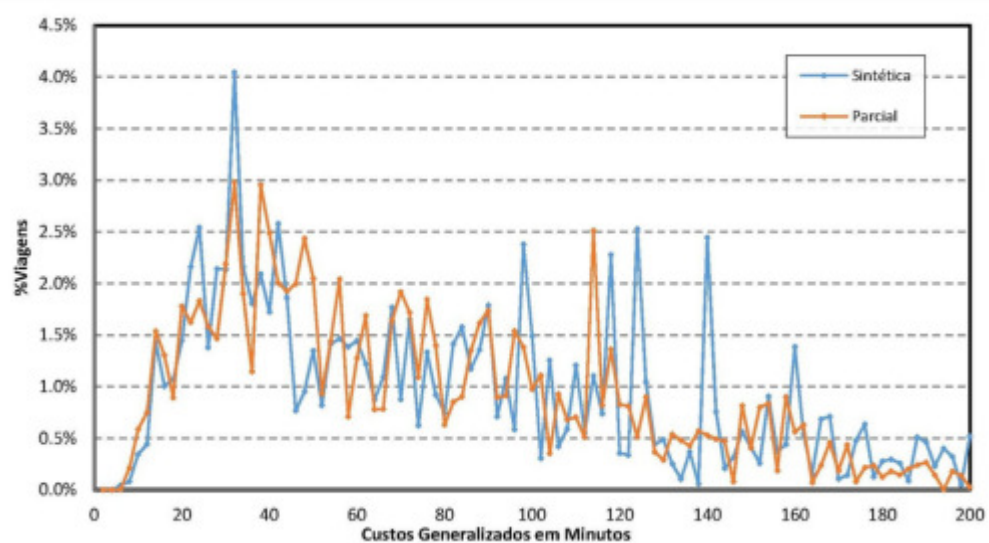
Os gráficos a seguir ilustram distribuição (parcial e sintética):

Gráfico A1 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Individual - HBW



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

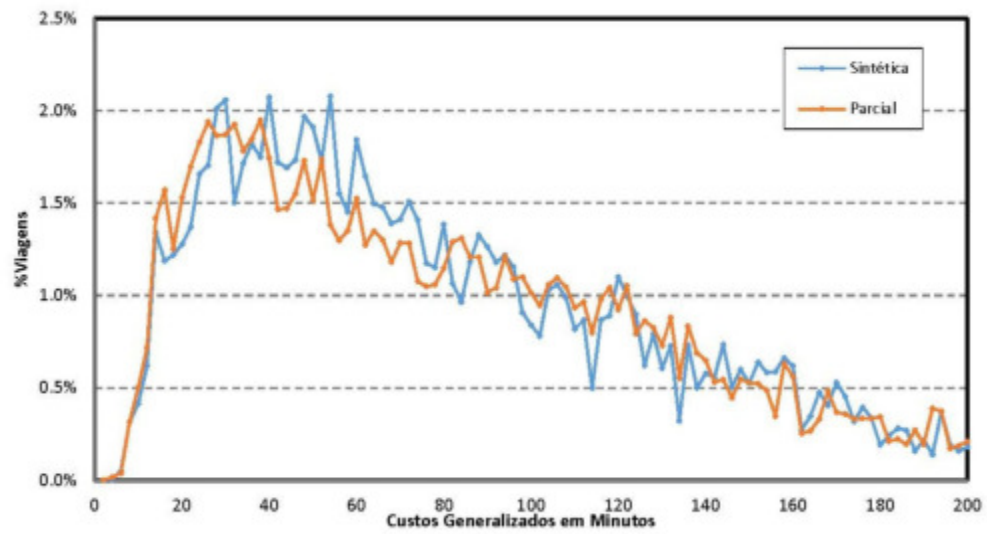
Gráfico A2 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Individual - HBEd





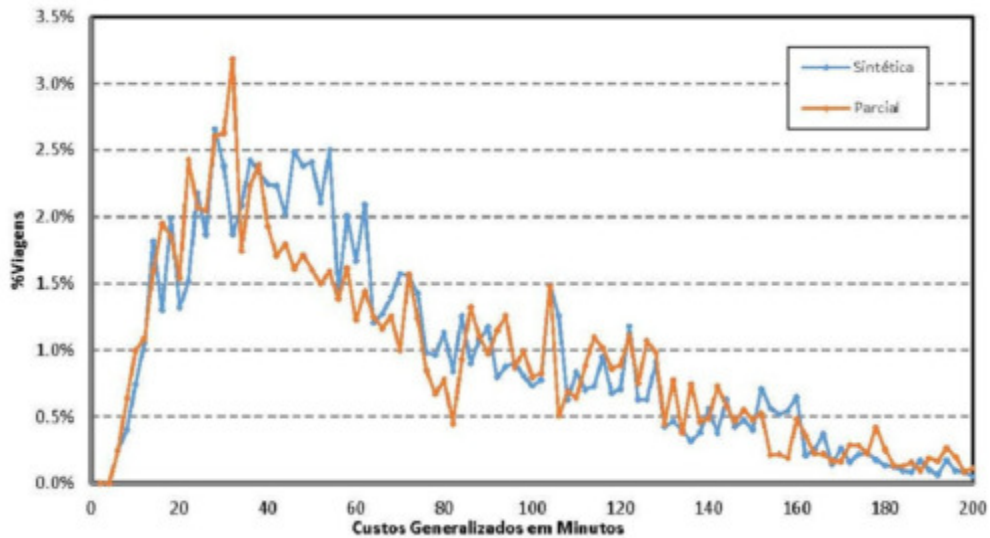
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico A3 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Individual - HBO



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico A4 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Individual - NHBO



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Matrizes de Transporte Coletivo

Uma abordagem semelhante foi adotada para o transporte coletivo, extraindo informações do arquivo **Roadside_final.acddb** e do Banco de Dados **SUPERVIA_BARCAS_METRO.acddb** para os sistemas de alta capacidade.

O resultado do processo de geração de matrizes parciais para o transporte coletivo é, também, um conjunto consolidado em quatro arquivos *txt*, que se encontram arquivados no Laboratório do PDTU (vide Nota Técnica específica: Arquivamento e Banco de Dados). Os arquivos *txt* dessas matrizes podem ser interpretados pelo Emme e pelo Excel como CSV (*Comma-separated values*).

Tabela A3 – Quantidade de pesquisas realizadas, classificadas segundo os motivos de viagem – Transporte Coletivo

Motivo de Viagem	O/Ds				
	Nº de pares O/D pesquisados	Nº de pares O/D Expandidos	Total Implícito (de acordo com etapa de geração do modelo)		Proporção equivalente de pares O/D possíveis em toda a RMRJ (Coverage)
HBW	48.021	1.622.682	3.565.975	45,5%	9,0%
HBEd	6.348	149.493	1.662.905	9,0%	1,2%
HBO	2.4898	641.246	4.095.489	15,7%	4,7%
NHBO	7.502	219.507	2.532.946	8,7%	1,4%

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Resultados - Transporte Coletivo

Da mesma forma que foi feito para o transporte individual, a seguir apresentam-se os resultados comparativos obtidos no processo de calibração com relação ao transporte coletivo.

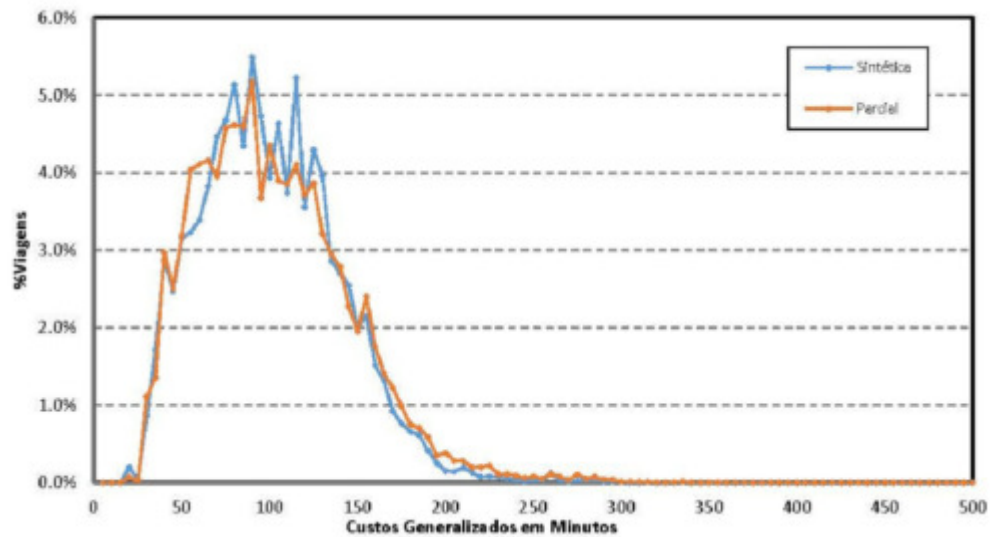
Tabela A4 – Valores Estatísticos Médios de Calibração

Motivo	HBW	HBEd	HBO	NHBO
Média Sintética	100,440	92,92	90,62	85,40
Desvio Padrão Sintético	39,72	35,77	36,91	34,91
Média – Observada Parcial	102,357	91,05	93,11	78,31
Desvio Padrão – Observada Parcial	43,76	37,98	41,67	37,55

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

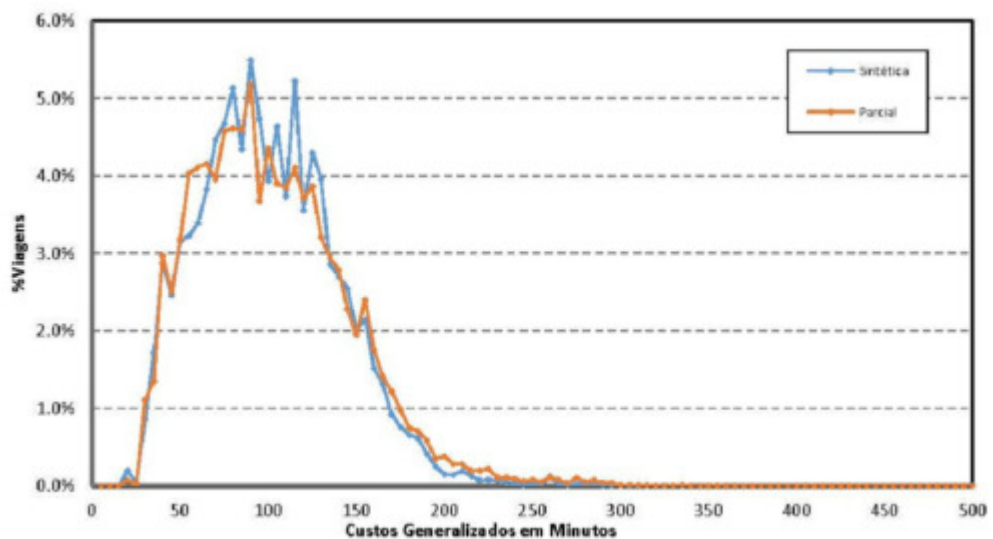
Os gráficos abaixo ilustram distribuição (parcial e sintética):

Gráfico A5 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Coletivo - HBW



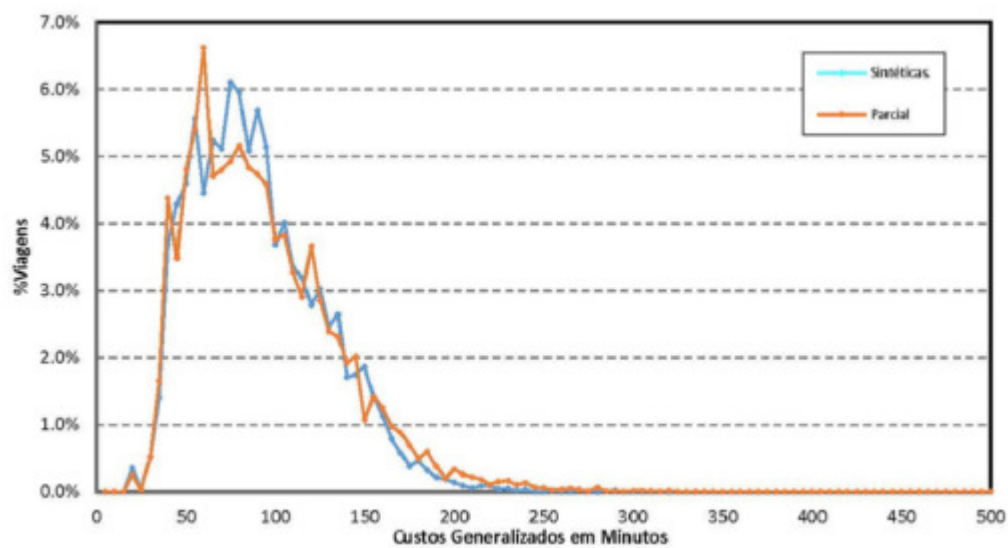
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico A6 – Distribuição Parcial e Sintética - Transporte Coletivo - HBEd



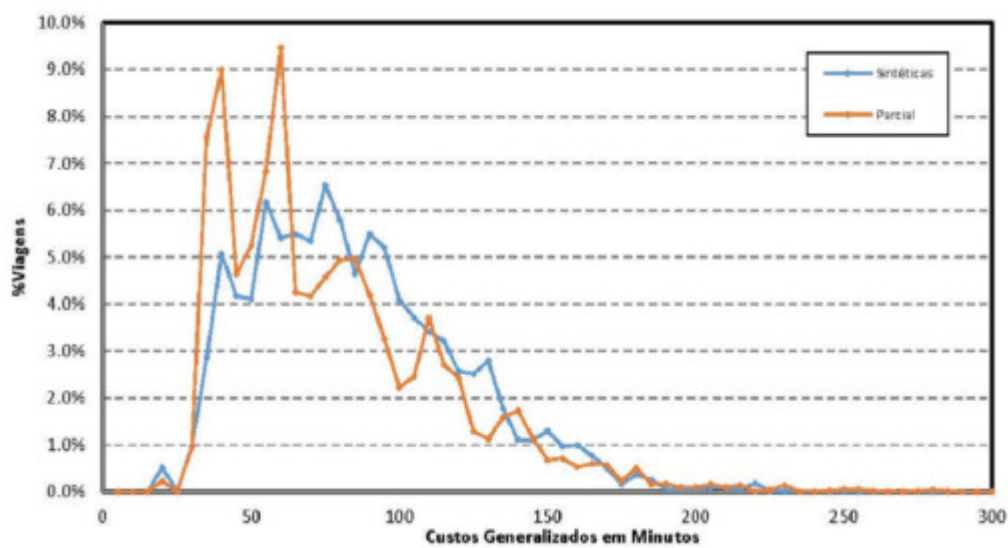
Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico A7 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Coletivo - HBO



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Gráfico A8 – Distribuição Parcial e Sintética Transporte Coletivo - NHBO



Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

ANEXO B – CODIFICAÇÃO DO PROTOCOLO DA REDE EMME

Tabela B1 – Codificações de Municípios e Zonas

PDTU	Municípios	Intervalo da Zona		Quantidade de Zonas
		De	Para	
1	BELFORD ROXO	457	465	9
2	DUQUE DE CAXIAS	466	509	44
3	GUAPIMIRIM	510	514	5
4	ITABORAÍ	515	535	21
5	ITAGUAÍ	536	543	8
6	JAPERI	544	548	5
7	MAGÉ	549	558	10
8	MANGARATIBA	559	563	5
9	MARICÁ	564	573	10
10	MESQUITA	574	589	16
11	NILÓPOLIS	590	603	14
12	NITERÓI	604	650	47
13	NOVA IGUAÇU	651	668	18
14	PARACAMBI	669	673	5
15	QUEIMADOS	674	681	8
16	RIO DE JANEIRO	1	456	456
17	SÃO GONÇALO	682	709	28
18	SÃO JOÃO DE MERITI	710	723	14
19	SEROPÉDICA	724	729	6
20	TANGUÁ	730	730	1

Tabela B2 – Codificações de Municípios e Intervalos dos Nós

Municípios do PDTU		Intervalos dos Nós	
		De	Para
1	BELFORD ROXO	10000	20000
2	DUQUE DE CAXIAS	20000	30000
3	GUAPIMIRIM	30000	40000
4	ITABORAÍ	40000	50000
5	ITAGUAÍ	50000	60000
6	JAPERI	60000	70000
7	MAGÉ	70000	80000
8	MANGARATIBA	80000	90000
9	MARICÁ	90000	100000
10	MESQUITA	100000	110000
11	NILÓPOLIS	110000	120000
12	NITERÓI	120000	130000
13	NOVA IGUAÇU	130000	140000
14	PARACAMBI	140000	150000
15	QUEIMADOS	150000	160000
16	RIO DE JANEIRO	160000	210000
16.1	Centro	160000	170000
16.2	Sul	170000	180000
16.3	Norte	180000	190000
16.4	Oeste (Sul)	190000	200000
16.5	Oeste (Norte)	200000	210000
17	SÃO GONÇALO	210000	220000
18	SÃO JOÃO DE MERITI	220000	230000
19	SEROPÉDICA	230000	240000
20	TANGUÁ	240000	250000

Tabela B3 – Codificações Modais e Intervalos dos Nós

Modais		Tipo	Intervalos dos Nós	
			De	Para
m	Metrô	4xx	400000	499999
t	Trem	5xx	500000	599999
f	Barca	6xx	600000	699999
r	BRT	7xx	700000	799999
n	VLT	901	900000	999999

ANEXO C – MUNICÍPIO A MUNICÍPIO: MATRIZ DE TRANSPORTE INDIVIDUAL

Tabela C1 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual HBW – Pico da Manhã – Base 2012

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	72593	152	2218	0	5	709	24	4	222	0	196	181	591	448	29	54	330	254	70	0	78080
Belford Roxo	791	263	148	0	0	8	5	0	2	0	52	62	0	254	3	15	0	56	5	0	1666
Duque De Caxias	2140	253	3276	0	0	7	5	122	1	0	104	64	2	149	3	14	1	308	3	0	6451
Guapimirim	0	0	9	249	54	0	0	280	0	2	0	0	22	0	0	0	22	0	0	2	639
Itaboraí	9	0	0	9	784	0	0	24	0	151	0	0	337	0	0	0	484	0	0	40	1837
Itaguaí	253	6	3	0	0	272	7	0	52	0	2	3	0	20	10	21	0	0	44	0	691
Japeri	43	10	5	0	0	25	49	0	7	0	6	4	0	58	31	49	0	0	10	0	297
Mage	5	16	2175	219	108	0	0	994	0	5	0	0	85	0	0	0	52	3	0	4	3667
Mangaratiba	143	3	1	0	0	54	3	0	215	0	1	1	0	9	5	5	0	0	16	0	455
Marica	2	0	0	1	219	0	0	1	0	487	0	0	654	0	0	0	354	0	0	10	1727
Mesquita	225	62	50	0	0	6	6	0	1	0	52	40	0	187	3	17	0	25	4	0	678
Nilópolis	635	33	97	0	0	3	5	0	0	0	43	68	0	155	3	12	0	94	2	0	1150
Niterói	2613	0	10	4	67	0	0	21	0	95	0	0	3040	0	0	0	576	1	0	6	6433
Nova Iguaçu	930	279	166	0	0	63	47	0	13	0	178	95	0	1467	25	126	0	39	35	0	3462
Paracambi	30	5	2	0	0	17	32	0	5	0	3	2	0	33	75	26	0	0	14	0	243
Queimados	87	19	10	0	0	31	37	0	5	0	12	9	0	100	18	92	0	1	22	0	442
São Gonçalo	1257	0	4	3	537	0	0	10	0	187	0	0	2478	0	0	0	4963	0	0	15	9455
São João De Meriti	1993	76	666	0	0	9	5	1	2	0	69	93	0	181	3	14	0	330	3	0	3444
Seropedica	86	13	5	0	0	105	8	0	24	0	6	2	0	41	12	27	0	0	75	0	407
Tanguá	0	0	0	0	68	0	0	1	0	10	0	0	34	0	0	0	34	0	0	122	269
Total	83833	1191	8846	487	1842	1310	235	1457	548	938	724	624	7242	3102	220	472	6814	1113	301	197	121495



Tabela C2 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual HBW – Pico da Tarde – Base 2012

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	88216	575	1722	0	9	663	45	12	181	0	663	688	2585	648	40	96	1351	1126	110	0	98729
Belford Roxo	446	537	80	0	0	4	13	0	1	0	41	38	0	278	6	26	0	51	8	0	1528
Duque De Caxias	1005	203	1295	1	0	11	5	155	3	0	31	40	24	67	2	10	12	312	2	0	3179
Guapimirim	0	0	1	85	24	0	0	87	0	1	0	0	4	0	0	0	8	0	0	0	210
Itaboraí	14	0	0	64	1033	0	0	156	0	271	0	0	245	0	0	0	535	0	0	62	2381
Itaguaí	808	22	8	0	0	321	13	0	36	0	7	11	0	80	23	51	0	2	130	0	1513
Japeri	32	13	3	0	0	6	100	0	2	0	5	4	0	72	66	74	0	2	5	0	384
Mage	0	0	644	73	58	0	0	332	0	3	0	0	12	0	0	0	22	0	0	1	1145
Mangaratiba	255	9	2	0	0	29	4	0	255	0	2	3	0	31	5	9	0	0	28	0	632
Marica	0	0	0	2	201	0	0	3	0	610	0	0	206	0	0	0	254	0	0	5	1281
Mesquita	216	99	18	0	0	7	28	0	1	0	92	66	0	479	13	63	0	43	17	0	1144
Nilópolis	470	76	39	0	0	2	21	0	0	0	85	137	0	312	10	41	0	176	4	0	1373
Niterói	605	0	14	17	312	0	0	173	0	262	0	0	3988	0	0	0	2057	0	0	18	7446
Nova Iguaçu	610	516	60	0	0	26	134	0	4	0	297	179	0	2703	72	238	0	71	47	0	4956
Paracambi	22	6	1	0	0	18	63	0	5	0	2	2	0	36	153	36	0	1	17	0	363
Queimados	85	40	7	0	0	17	95	0	3	0	17	16	0	222	47	190	0	7	30	0	776
São Gonçalo	420	0	10	24	1012	0	0	48	0	578	0	0	1130	0	0	0	6804	0	0	24	10049
São João De Meriti	1528	130	329	0	0	10	10	2	3	0	120	201	1	131	4	19	0	621	3	0	3112
Seropedica	52	18	2	0	0	82	13	0	16	0	7	7	0	64	38	36	0	3	137	0	476
Tanguá	0	0	0	2	63	0	0	4	0	16	0	0	31	0	0	0	28	0	0	165	309
Total	94786	2244	4236	267	2713	1195	544	974	509	1740	1370	1392	8225	5123	480	889	11071	2416	539	275	140988

Tabela C3 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual HBEd – Pico da Manhã – Base 2012

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	11181	139	1165	1	3	132	32	6	27	1	81	89	58	294	17	51	29	161	31	0	13497
Belford Roxo	159	185	40	0	0	6	11	0	1	0	21	48	0	124	4	17	0	37	7	0	661
Duque De Caxias	111	33	105	0	0	1	1	8	0	0	12	9	2	20	1	2	1	20	1	0	329
Guapimirim	0	0	0	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8
Itaboraí	1	0	0	5	201	0	0	29	0	76	0	0	46	0	0	0	220	0	0	11	588
Itaguaí	11	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	20
Japeri	19	12	3	0	0	5	16	0	1	0	3	4	0	27	6	17	0	0	4	0	118
Mage	0	0	1	7	5	0	0	31	0	1	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	51
Mangaratiba	7	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12
Marica	0	0	0	1	102	0	0	5	0	127	0	0	88	0	0	0	177	0	0	7	508
Mesquita	70	53	18	0	0	3	10	0	1	0	14	17	0	80	4	16	0	13	4	0	303
Nilópolis	131	36	26	0	0	1	8	0	0	0	14	26	0	74	3	14	0	41	1	0	376
Niterói	110	1	14	3	128	0	0	42	0	63	0	0	1078	0	0	0	853	1	0	10	2305
Nova Iguaçu	311	270	81	0	0	17	48	0	4	0	69	59	0	522	17	78	0	16	23	0	1515
Paracambi	10	6	1	0	0	1	10	0	1	0	1	2	0	15	7	10	0	0	4	0	69
Queimados	40	21	5	0	0	6	19	0	1	0	5	6	0	51	7	30	0	1	9	0	201
São Gonçalo	39	0	5	6	409	0	0	36	0	309	0	0	604	0	0	0	2306	0	0	17	3731
São João De Meriti	305	82	133	0	0	7	12	1	1	0	26	52	0	100	4	18	0	136	4	0	882
Seropedica	24	21	3	0	0	7	6	0	2	0	4	2	0	27	4	17	0	0	16	0	134
Tanguá	0	0	0	0	15	0	0	2	0	6	0	0	5	0	0	0	17	0	0	12	56
Total	12531	860	1601	24	863	191	174	164	42	582	250	315	1884	1337	74	271	3609	428	105	58	25364



Tabela C4 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual HBEd – Pico da Tarde – Base 2012

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	11429	167	411	0	1	73	25	2	29	0	415	405	47	361	20	57	20	224	35	0	13723
Belford Roxo	213	218	159	0	0	2	13	2	1	0	15	23	0	110	4	21	0	26	11	0	816
Duque De Caxias	624	54	2091	9	0	2	2	236	1	0	10	13	12	21	1	3	5	59	1	0	3143
Guapimirim	0	0	1	63	6	0	0	135	0	1	0	0	4	0	0	0	6	0	0	0	216
Itaboraí	9	0	1	10	158	0	0	33	0	67	0	0	72	0	0	0	195	0	0	6	551
Itaguaí	63	5	2	0	0	14	1	0	2	0	1	2	0	9	1	3	0	0	3	0	106
Japeri	26	11	13	0	0	1	19	0	1	0	3	3	0	29	7	20	0	2	2	0	137
Mage	3	1	35	198	30	0	0	1044	0	4	0	0	28	0	0	0	37	0	0	1	1381
Mangaratiba	17	2	1	0	0	2	0	0	4	0	0	1	0	4	0	1	0	0	1	0	33
Marica	1	0	0	1	62	0	0	4	0	90	0	0	52	0	0	0	169	0	0	2	381
Mesquita	99	34	19	0	0	1	19	0	0	0	16	20	0	172	5	35	0	19	17	0	457
Nilópolis	218	29	79	0	0	0	7	0	0	0	16	29	0	75	2	14	0	48	3	0	520
Niterói	120	0	10	3	50	0	0	52	0	23	0	0	684	0	0	0	382	1	0	3	1326
Nova Iguaçu	335	223	154	0	0	4	49	0	1	0	83	52	0	583	17	89	0	29	24	0	1643
Paracambi	13	6	4	0	0	2	12	0	1	0	1	2	0	15	9	12	0	1	4	0	81
Queimados	60	22	24	0	0	2	22	0	1	0	7	8	0	66	8	35	0	4	10	0	268
São Gonçalo	63	0	5	9	326	0	0	29	0	201	0	0	440	0	0	0	1894	0	0	9	2977
São João De Meriti	530	54	458	1	0	3	7	10	1	0	24	56	1	58	2	11	1	147	3	0	1367
Seropedica	25	15	9	0	0	5	4	0	2	0	3	3	0	22	6	12	0	2	19	0	127
Tanguá	0	0	0	1	11	0	0	3	0	6	0	0	9	0	0	0	16	0	0	9	56
Total	13848	841	3474	295	645	112	179	1550	43	391	594	618	1351	1526	81	312	2725	563	132	30	29309

Tabela C5 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual – Outro – Pico da Manhã – Base 2012

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	54023	562	1140	0	5	274	73	0	43	0	470	446	800	1252	41	165	210	912	97	0	60512
Belford Roxo	636	513	147	0	0	11	12	0	2	0	76	130	0	360	4	29	0	112	10	0	2040
Duque De Caxias	1746	312	2297	0	0	8	7	18	1	0	97	75	2	155	3	17	0	280	3	0	5023
Guapimirim	0	0	1	80	27	0	0	201	0	2	0	0	10	0	0	0	18	0	0	1	339
Itaboraí	0	0	0	37	446	0	0	168	0	122	0	0	140	0	0	0	429	0	0	19	1361
Itaguaí	374	36	9	0	0	463	18	0	46	0	9	12	0	71	11	63	0	3	60	0	1175
Japeri	49	23	7	0	0	17	37	0	3	0	10	10	0	72	14	51	0	1	9	0	302
Mage	1	2	98	156	81	0	0	957	0	7	0	0	91	0	0	0	64	1	0	3	1461
Mangaratiba	201	24	6	0	0	124	13	0	110	0	6	8	0	47	8	25	0	2	33	0	606
Marica	0	0	0	4	156	0	0	19	0	216	0	0	239	0	0	0	287	0	0	7	928
Mesquita	215	123	59	0	0	7	12	0	1	0	63	64	0	248	4	30	0	46	7	0	879
Nilópolis	501	76	103	0	0	3	10	0	0	0	57	103	0	227	4	24	0	167	3	0	1279
Niterói	180	0	31	19	235	0	0	167	0	139	0	0	5480	0	0	0	1960	2	0	19	8234
Nova Iguaçu	942	616	221	0	0	49	67	0	7	0	261	174	0	1810	22	176	0	67	43	0	4454
Paracambi	33	13	4	0	0	7	25	0	2	0	5	5	0	43	21	31	0	1	11	0	200
Queimados	105	44	13	0	0	19	39	0	2	0	18	18	0	134	12	93	0	2	22	0	521
São Gonçalo	41	0	7	30	652	0	0	142	0	348	0	0	1628	0	0	0	5117	0	0	17	7984
São João De Meriti	1506	184	609	0	0	15	12	0	2	0	99	177	1	289	4	30	0	555	6	0	3488
Seropedica	73	41	9	0	0	40	10	0	6	0	11	6	0	72	7	42	0	1	52	0	371
Tanguá	0	0	0	2	27	0	0	9	0	7	0	0	14	0	0	0	26	0	0	25	110
Total	60625	2569	4759	327	1629	1037	335	1681	225	841	1182	1228	8407	4780	155	776	8111	2152	355	92	101266



Tabela C6 – Município a Município: Matriz de Transporte Individual – Outro – Pico da Tarde – Base 2012

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	53008	319	1952	0	0	352	26	2	117	0	429	401	127	429	17	65	30	607	28	0	57908
Belford Roxo	565	507	303	0	0	6	16	0	1	0	58	64	0	308	5	39	0	85	16	0	1973
Duque De Caxias	1921	504	1622	0	0	136	13	29	55	0	124	147	5	198	6	27	1	875	6	0	5669
Guapimirim	0	0	0	36	28	0	0	78	0	2	0	0	32	0	0	0	22	0	0	0	200
Itaboraí	3	0	0	23	534	0	0	76	0	164	0	0	387	0	0	0	557	0	0	19	1763
Itaguaí	581	21	10	0	0	125	4	0	15	0	4	10	0	42	4	18	0	1	21	0	858
Japeri	49	24	16	0	0	5	37	0	1	0	10	9	0	78	15	48	0	6	5	0	304
Mage	2	2	31	80	105	0	0	436	0	9	0	0	176	0	0	0	107	1	0	2	951
Mangaratiba	153	8	3	0	0	13	1	0	30	0	2	3	0	15	1	5	0	0	5	0	237
Marica	0	0	0	2	161	0	0	4	0	250	0	0	248	0	0	0	449	0	0	4	1117
Mesquita	293	82	75	0	0	9	22	0	1	0	74	65	0	492	7	66	0	61	24	0	1272
Nilópolis	587	69	164	0	0	2	11	0	0	0	66	100	0	214	4	29	0	175	5	0	1426
Niterói	202	0	12	6	166	0	0	123	0	86	0	0	6108	0	0	0	1595	1	0	8	8307
Nova Iguaçu	813	529	275	0	0	24	74	0	4	0	267	165	0	1807	27	198	0	106	47	0	4335
Paracambi	31	13	9	0	0	10	23	0	2	0	5	5	0	44	21	28	0	3	9	0	204
Queimados	130	50	34	0	0	12	39	0	2	0	24	23	0	170	14	92	0	13	21	0	624
São Gonçalo	56	0	4	16	901	0	0	46	0	496	0	0	2315	0	0	0	6377	0	0	20	10232
São João De Meriti	1534	121	1058	0	0	12	9	1	4	0	97	167	1	148	3	20	0	538	5	0	3718
Seropedica	66	32	11	0	0	37	6	0	7	0	10	9	0	63	11	24	0	6	54	0	337
Tanguá	0	0	0	1	35	0	0	4	0	12	0	0	50	0	0	0	40	0	0	31	173
Total	59995	2278	5578	163	1931	745	281	800	240	1019	1171	1167	9450	4009	134	660	9178	2480	245	83	101606

ANEXO D – MUNICÍPIO A MUNICÍPIO: MATRIZ DE TRANSPORTE COLETIVO

Tabela D1 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – HBW – Pico da Manhã

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	286663	1331	9104	2	77	6880	45	45	1595	28	590	1132	1982	2606	65	142	2152	2437	299	1	317176
Belford Roxo	6930	4101	1684	0	0	41	54	3	3	0	427	358	0	3541	29	221	0	1322	76	0	18791
Duque De Caxias	16058	1528	9406	2	0	14	40	369	2	0	234	337	7	1239	21	136	6	1953	19	0	31373
Guapimirim	4	2	43	730	132	0	0	491	0	12	0	0	384	0	0	0	139	0	0	8	1946
Itaboraí	165	0	2	83	4151	0	0	348	0	161	0	0	3574	0	0	0	2352	0	0	156	10991
Itaguaí	3692	2	17	0	0	1755	5	0	146	0	2	2	0	37	23	10	0	11	119	0	5821
Japeri	838	66	52	0	0	56	488	0	7	0	85	61	0	598	51	427	0	77	69	0	2875
Mage	102	214	4193	377	313	0	0	1865	0	27	0	0	1224	5	0	0	316	11	0	19	8665
Mangaratiba	502	0	3	0	0	108	1	0	1889	0	0	0	0	5	3	1	0	2	12	0	2527
Marica	59	0	0	8	180	0	0	33	0	2984	0	0	2992	0	0	0	769	0	0	19	7044
Mesquita	3480	296	215	0	0	24	25	0	0	0	755	560	0	1397	13	65	0	654	22	0	7506
Nilópolis	4299	198	221	0	0	18	11	0	0	0	335	725	0	878	6	30	0	1051	6	0	7778
Niterói	9692	0	36	36	204	0	0	152	0	234	0	0	9881	0	0	0	1314	1	0	19	21567
Nova Iguaçu	9069	1479	666	0	0	575	362	0	60	0	1573	855	0	17587	263	2098	0	851	623	0	36063
Paracambi	408	26	19	0	0	308	33	0	23	0	26	19	0	185	1034	85	0	24	393	0	2584
Queimados	1379	129	91	0	0	111	280	0	6	0	137	94	0	1702	62	1180	0	127	127	0	5425
São Gonçalo	7567	0	31	91	2926	0	0	335	0	714	0	0	14627	0	0	0	30267	0	0	179	56738
São João De Meriti	11225	1399	3100	0	0	46	43	1	2	0	644	1068	0	1934	27	195	0	5169	30	0	24882
Seropedica	904	13	11	0	0	633	16	0	65	0	7	5	0	115	108	69	0	13	549	0	2509
Tanguá	2	0	0	7	596	0	0	26	0	28	0	0	552	0	0	0	233	0	0	599	2043
Total	363037	10785	28895	1336	8579	10570	1405	3668	3799	4187	4815	5216	35224	31831	1704	4659	37549	13703	2345	1000	574304



Tabela D2 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – HBW – Pico da Tarde

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	166530	7022	20040	5	151	1415	1527	191	377	40	2252	2575	9356	8673	637	1762	5704	8450	864	2	237575
Belford Roxo	428	933	202	0	0	4	28	17	1	0	49	38	0	370	10	39	0	198	6	0	2322
Duque De Caxias	4904	1817	5464	9	1	476	65	2509	78	0	113	195	8	593	21	78	5	1473	23	0	17833
Guapimirim	0	0	2	489	54	0	0	302	0	3	0	0	48	0	0	0	47	0	0	4	949
Itaboraí	60	0	0	35	2717	0	0	107	0	71	0	0	540	0	0	0	1332	0	0	148	5010
Itaguaí	1489	77	17	0	0	1237	124	0	66	0	19	15	0	546	500	183	0	63	919	0	5254
Japeri	15	10	4	0	0	3	109	0	0	0	5	3	0	77	8	62	0	5	3	0	303
Mage	5	13	199	198	194	0	0	1274	0	10	0	0	119	0	0	0	140	1	0	13	2167
Mangaratiba	264	11	4	0	0	118	16	0	1346	0	1	1	0	106	55	12	0	14	117	0	2066
Marica	13	0	0	2	76	0	0	7	0	1918	0	0	596	0	0	0	248	0	0	12	2874
Mesquita	183	128	37	0	0	2	39	0	0	0	170	98	0	331	14	46	0	142	3	0	1194
Nilópolis	312	91	39	0	0	2	28	0	0	0	104	160	0	205	10	32	0	240	2	0	1226
Niterói	2900	0	4	41	969	0	0	287	0	1055	0	0	6203	0	0	0	4410	1	0	136	16008
Nova Iguaçu	746	700	141	0	0	40	173	1	5	0	273	141	0	3818	119	564	0	180	75	0	6978
Paracambi	35	6	2	0	0	17	11	0	1	0	3	2	0	29	230	14	0	3	25	0	377
Queimados	46	41	13	0	0	7	100	0	0	0	18	9	0	329	24	266	0	17	13	0	883
São Gonçalo	3094	0	5	40	1885	0	0	128	0	234	0	0	2138	0	0	0	19276	1	0	137	26939
São João De Meriti	1187	526	498	0	0	7	41	4	1	0	131	229	0	383	18	58	0	1173	11	0	4268
Seropedica	131	11	3	0	0	48	20	0	5	0	3	2	0	69	75	39	0	5	123	0	535
Tanguá	1	0	0	2	240	0	0	6	0	9	0	0	75	0	0	0	97	0	0	393	823
Total	182343	11386	26675	821	6287	3375	2280	4832	1881	3340	3141	3469	19085	15530	1721	3155	31261	11968	2187	846	335583

Tabela D3 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – HBEd – Pico da Manhã

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	115101	2207	10028	3	14	334	105	20	78	17	553	1471	142	4101	91	307	108	3179	328	1	138188
Belford Roxo	3229	2183	1225	0	0	9	36	1	4	0	66	102	0	731	10	99	0	427	17	0	8139
Duque De Caxias	10598	2504	10247	0	0	10	85	33	2	0	167	359	6	946	24	189	2	1451	7	0	26629
Guapimirim	1	1	18	740	57	0	0	1179	0	12	0	0	40	0	0	0	76	0	0	5	2128
Itaboraí	6	0	1	47	550	0	0	366	0	32	0	0	91	0	0	0	396	0	0	17	1507
Itaguaí	41	0	0	0	0	18	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	68
Japeri	404	30	50	0	0	35	207	0	7	0	14	15	0	175	11	139	0	20	10	0	1117
Mage	16	75	1526	502	181	0	0	5563	0	39	0	0	238	1	0	0	253	4	0	15	8413
Mangaratiba	7	0	0	0	0	1	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
Marica	3	0	0	10	36	0	0	67	0	295	0	0	87	0	0	0	126	0	0	4	628
Mesquita	1839	160	187	0	0	2	14	0	0	0	193	222	0	336	4	28	0	254	9	0	3249
Nilópolis	2564	122	209	0	0	3	7	0	1	0	93	253	0	215	2	12	0	363	1	0	3847
Niterói	1406	1	26	41	173	0	0	343	0	185	0	1	1362	0	0	0	884	2	0	16	4442
Nova Iguaçu	4930	702	573	0	0	221	206	0	48	0	254	227	0	5249	111	962	0	208	198	0	13889
Paracambi	265	12	18	0	0	64	12	0	13	0	4	5	0	41	155	26	0	6	70	0	692
Queimados	663	54	80	0	0	33	156	0	6	0	22	24	0	547	15	393	0	31	32	0	2058
São Gonçalo	406	0	9	113	903	0	0	730	0	265	0	0	732	0	0	0	5572	1	0	43	8775
São João De Meriti	6448	862	2783	0	0	16	34	0	3	0	215	441	1	544	11	97	0	1520	3	0	12979
Seropedica	677	5	11	0	0	393	8	0	32	0	1	1	0	41	27	30	0	4	106	0	1335
Tanguá	0	0	0	4	35	0	0	28	0	5	0	0	11	0	0	0	29	0	0	44	158
Total	148604	8920	26993	1461	1948	1139	871	8331	205	851	1583	3122	2711	12932	462	2282	7448	7472	784	145	238262



Tabela D4 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – HBEd – Pico da Tarde

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	37043	1229	1901	0	7	528	202	6	134	2	301	410	1209	1797	225	255	200	1645	418	0	47513
Belford Roxo	1111	1799	1207	0	0	13	97	8	3	0	157	159	1	899	34	118	0	614	24	0	6243
Duque De Caxias	2598	780	6332	1	0	23	48	225	6	0	77	108	10	394	16	62	2	594	17	0	11294
Guapimirim	0	0	8	411	27	0	0	644	0	3	0	0	14	0	0	0	46	0	0	3	1156
Itaboraí	1	0	0	20	2388	0	0	85	0	171	0	0	588	0	0	0	2687	0	0	134	6074
Itaguaí	362	67	9	0	0	1152	67	0	129	0	7	8	0	329	136	60	0	102	359	0	2787
Japeri	50	47	42	0	0	6	173	0	2	0	21	14	0	239	22	134	0	32	11	0	792
Mage	4	6	656	329	161	0	0	3349	0	21	0	0	81	0	0	0	263	1	0	15	4885
Mangaratiba	68	17	2	0	0	127	16	0	582	0	1	2	0	79	32	13	0	23	61	0	1024
Marica	0	0	0	3	188	0	0	13	0	1270	0	0	464	0	0	0	733	0	0	28	2700
Mesquita	372	150	178	0	0	1	47	0	0	0	156	115	0	351	18	56	0	206	4	0	1656
Nilópolis	657	214	211	0	0	3	50	0	0	0	159	210	0	385	19	58	0	367	5	0	2338
Niterói	71	0	3	11	534	0	0	89	0	442	0	0	6012	0	0	0	3499	1	0	68	10730
Nova Iguaçu	1756	886	640	0	0	55	278	0	13	0	415	273	0	4493	144	656	0	404	125	0	10138
Paracambi	118	15	18	0	0	10	16	0	2	0	6	5	0	63	124	21	0	11	26	0	435
Queimados	129	126	89	0	0	7	140	0	1	0	52	32	0	610	39	320	0	64	26	0	1637
São Gonçalo	33	0	1	34	3021	0	0	158	0	608	0	0	2796	0	0	0	22851	0	0	254	29758
São João De Meriti	2329	709	1695	0	0	23	80	2	6	0	196	301	2	601	31	103	0	1281	22	0	7380
Seropedica	407	18	22	0	0	53	14	0	9	0	3	1	0	106	61	35	0	16	97	0	842
Tanguá	0	0	0	2	175	0	0	7	0	22	0	0	65	0	0	0	222	0	0	177	671
Total	47111	6064	13015	811	6502	2002	1229	4588	887	2539	1554	1636	11241	10346	900	1890	30503	5360	1195	678	150052

Tabela D5 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – Outros – Pico da Manhã

Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	103767	1674	6056	0	14	219	55	3	22	14	712	1521	183	3464	35	194	125	3338	154	1	121551
Belford Roxo	2453	5744	984	0	0	8	59	0	0	0	324	323	0	2516	11	211	0	1344	24	0	14001
Duque De Caxias	3846	948	10466	0	0	2	24	4	0	0	79	105	0	380	8	59	0	636	4	0	16561
Guapimirim	0	0	0	1057	17	0	0	929	0	2	0	0	20	0	0	0	25	0	0	1	2051
Itaboraí	1	0	0	19	984	0	0	112	0	37	0	0	314	0	0	0	718	0	0	27	2211
Itaguaí	280	0	1	0	0	67	1	0	5	0	0	0	0	6	4	1	0	1	13	0	378
Japeri	332	87	24	0	0	16	497	0	1	0	75	61	0	481	18	384	0	74	21	0	2072
Mage	0	0	8	622	71	0	0	7823	0	7	0	0	125	0	0	0	102	0	0	4	8763
Mangaratiba	17	0	0	0	0	2	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	69
Marica	0	0	0	2	48	0	0	12	0	500	0	0	273	0	0	0	238	0	0	4	1077
Mesquita	1443	395	118	0	0	4	29	0	0	0	700	599	0	1067	5	67	0	678	9	0	5116
Nilópolis	1939	273	132	0	0	3	14	0	0	0	322	753	0	665	3	30	0	978	2	0	5115
Niterói	17	0	0	19	249	0	0	144	0	237	0	0	4317	0	0	0	1846	0	0	17	6847
Nova Iguaçu	4993	1911	377	0	0	138	348	0	7	0	1159	774	0	15760	109	1919	0	797	250	0	28541
Paracambi	400	32	8	0	0	84	33	0	3	0	22	19	0	153	436	70	0	23	185	0	1468
Queimados	540	165	46	0	0	24	294	0	1	0	117	96	0	1365	24	1123	0	123	46	0	3963
São Gonçalo	5	0	0	35	1143	0	0	191	0	275	0	0	2331	0	0	0	10504	0	0	48	14531
São João De Meriti	4486	1824	1705	0	0	10	50	0	0	0	593	1033	0	1562	14	209	0	4851	8	0	16344
Seropedica	1199	14	5	0	0	250	13	0	9	0	6	5	0	112	51	58	0	12	339	0	2072
Tanguá	0	0	0	1	72	0	0	8	0	6	0	0	44	0	0	0	64	0	0	90	287
Total	125716	13068	19929	1757	2599	827	1417	9227	97	1079	4110	5289	7607	27531	719	4325	13620	12854	1056	191	253017

Tabela D6 – Município a Município: Matriz de Transporte Coletivo – Outros – Pico da Tarde



Municípios	Rio De Janeiro	Belford Roxo	Duque De Caxias	Guapimirim	Itaboraí	Itaguaí	Japeri	Mage	Mangaratiba	Marica	Mesquita	Nilópolis	Niterói	Nova Iguaçu	Paracambi	Queimados	São Gonçalo	São João De Meriti	Seropedica	Tanguá	Total
Rio De Janeiro	199528	3125	6583	0	7	3168	577	2	339	2	1040	1319	198	4098	230	736	64	4651	545	0	226214
Belford Roxo	2554	3555	1566	0	0	17	93	0	2	0	243	216	0	1599	18	171	0	960	20	0	11014
Duque De Caxias	19947	2974	7327	0	0	36	97	1	7	0	224	385	0	1126	26	151	0	2733	37	0	35072
Guapimirim	0	0	0	545	69	0	0	534	0	4	0	0	48	0	0	0	97	0	0	4	1301
Itaboraí	2	0	0	93	7108	0	0	548	0	169	0	0	1704	0	0	0	5156	0	0	222	15001
Itaguaí	553	6	6	0	0	807	9	0	53	0	1	1	0	46	34	10	0	8	82	0	1616
Japeri	90	52	35	0	0	11	316	0	1	0	36	26	0	336	15	238	0	39	14	0	1209
Mage	1	0	5	285	329	0	0	4154	0	20	0	0	208	0	0	0	431	0	0	22	5455
Mangaratiba	46	1	1	0	0	56	1	0	569	0	0	0	0	4	2	1	0	1	5	0	684
Marica	1	0	0	8	304	0	0	45	0	3701	0	0	1708	0	0	0	1401	0	0	26	7193
Mesquita	944	298	183	0	0	5	68	0	0	0	451	361	0	847	15	104	0	415	4	0	3695
Nilópolis	1603	242	212	0	0	5	50	0	0	0	230	468	0	600	12	76	0	612	3	0	4114
Niterói	72	0	0	48	868	0	0	500	0	643	0	0	30541	0	0	0	7443	0	0	78	40193
Nova Iguaçu	3995	1421	592	0	0	128	357	0	10	0	752	501	0	9904	105	1223	0	633	190	0	19810
Paracambi	170	23	15	0	0	50	24	0	2	0	11	10	0	112	285	43	0	17	108	0	868
Queimados	246	136	80	0	0	16	209	0	1	0	68	50	0	959	26	702	0	88	32	0	2613
São Gonçalo	18	0	0	145	6994	0	0	844	0	747	0	0	11305	0	0	0	71627	0	0	334	92013
São João De Meriti	5474	1242	2347	0	0	34	79	0	5	0	347	624	0	1003	19	139	0	3050	18	0	14380
Seropedica	634	17	19	0	0	197	11	0	12	0	5	4	0	99	43	39	0	18	243	0	1342
Tanguá	0	0	0	6	513	0	0	36	0	26	0	0	223	0	0	0	446	0	0	671	1923
Total	235877	13093	18970	1130	16192	4529	1891	6663	1000	5313	3409	3965	45935	20733	829	3632	86666	13225	1302	1357	485711

ANEXO E – SINTÉTICA X ALOCAÇÃO DE CUSTOS DE VIAGEM TRANSPORTE INDIVIDUAL

Gráfico E1 – Sintética x Alocação HBW – Pico da Manhã

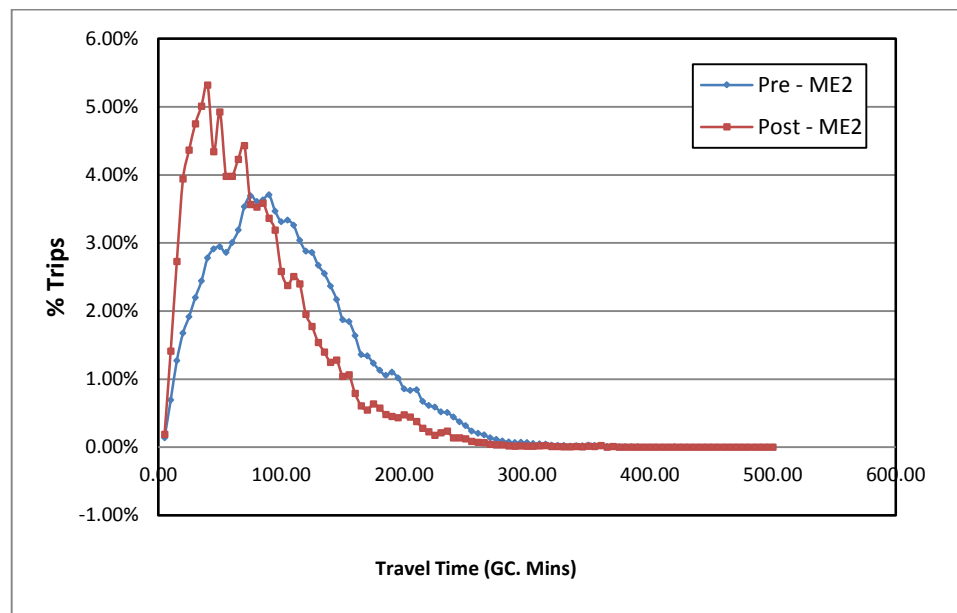


Gráfico E2 – Sintética x Alocação HBEd – Pico da Manhã

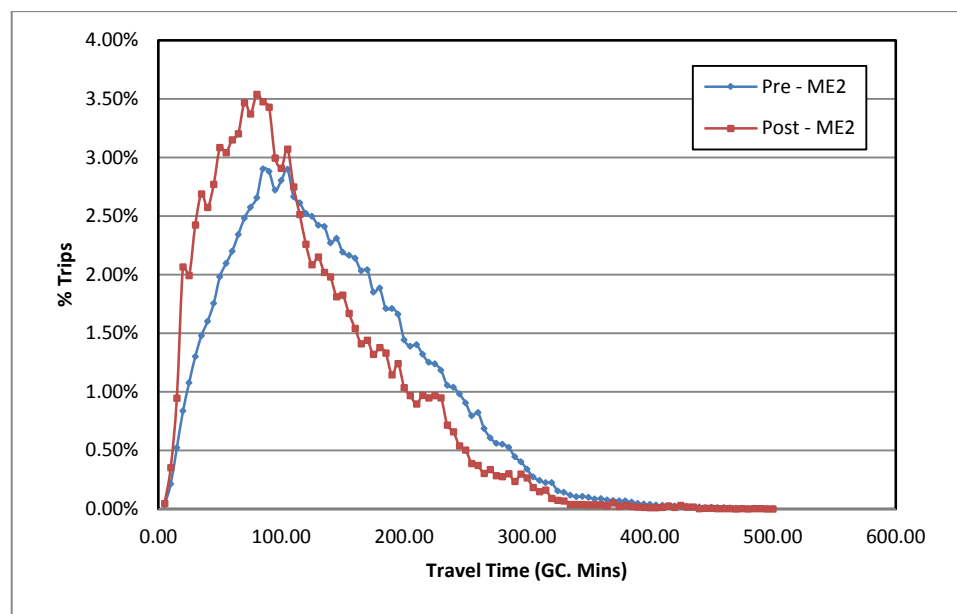


Gráfico E3 – Sintética x Alocação HBO/NHBO – Pico da Manhã

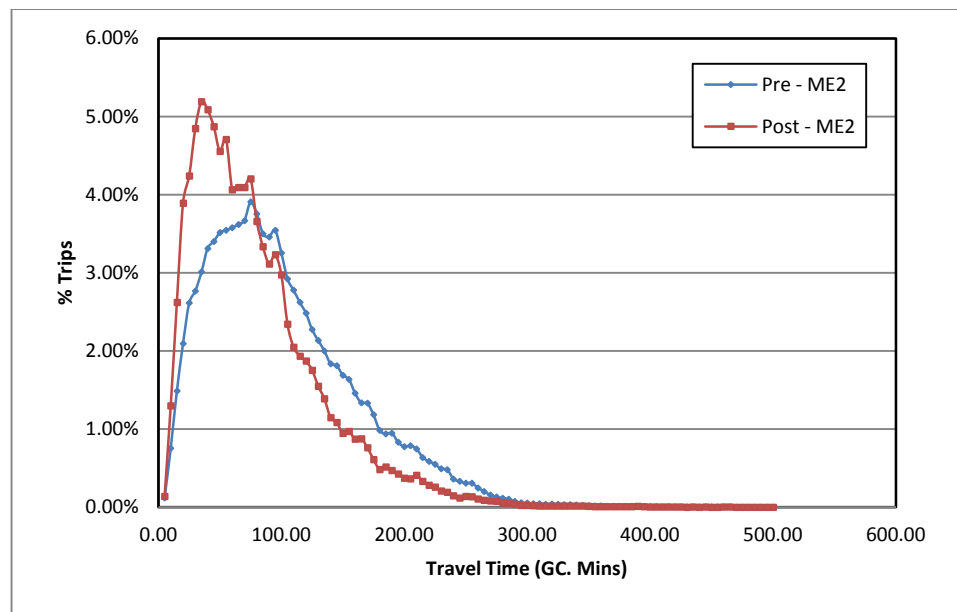


Gráfico E4 – Sintética x Alocação HBW – Pico da Tarde

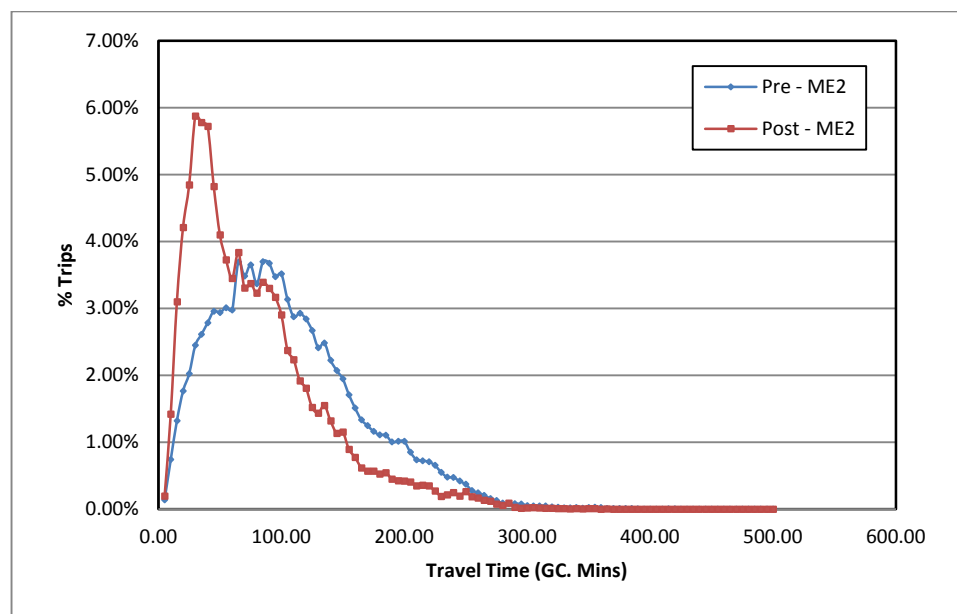


Gráfico E5 – Sintética x Alocação HBEd – Pico da Tarde

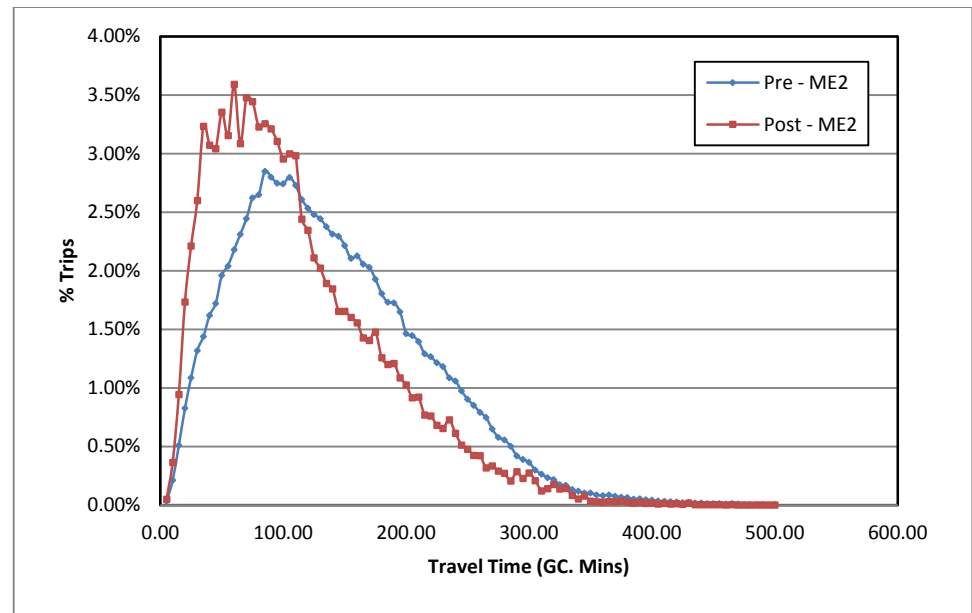
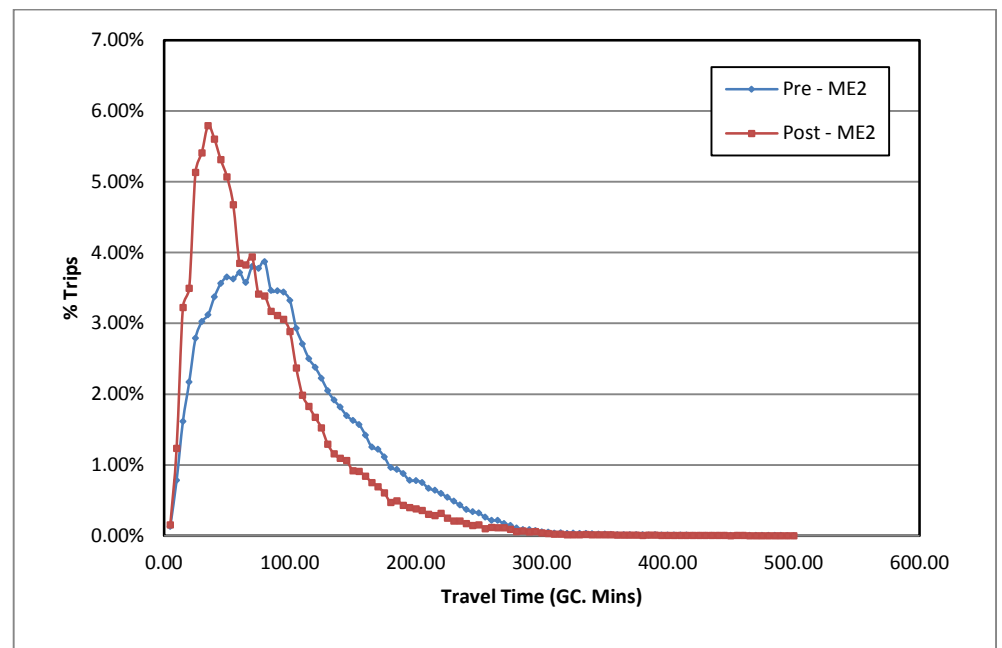


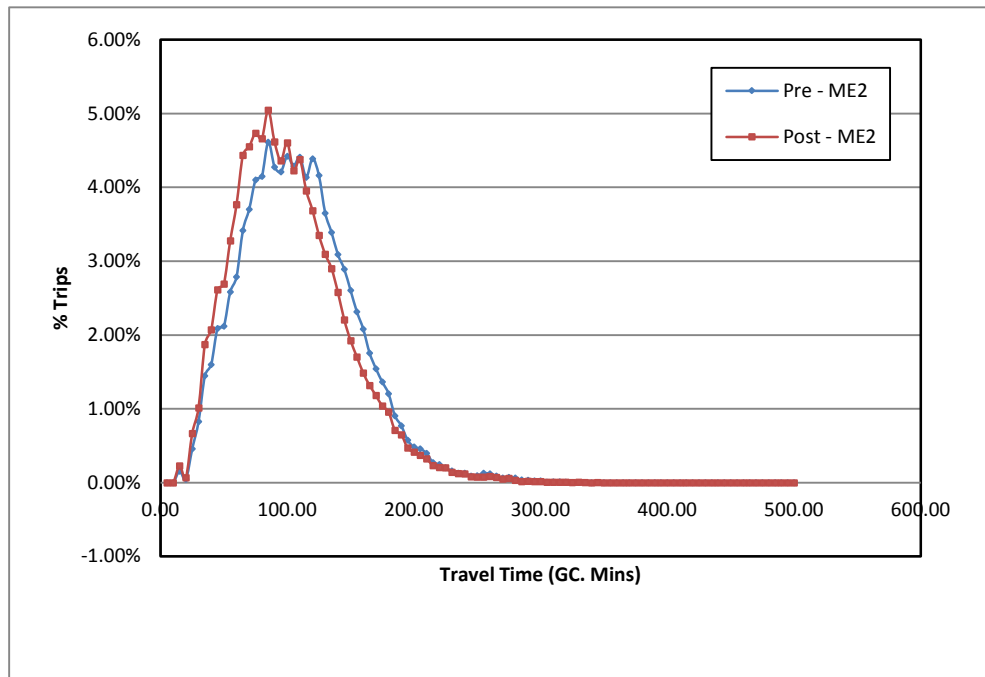
Gráfico E6 – Sintética x Alocação HBO/NHBO – Pico da Tarde



ANEXO F – SINTÉTICA X ALOCAÇÃO DO CUSTO DE VIAGEM TRANSPORTE COLETIVO

Gráfico F1 – Sintética x Alocação HBW – Pico da Manhã

HBW – Pico da Manhã – Transporte Coletivo

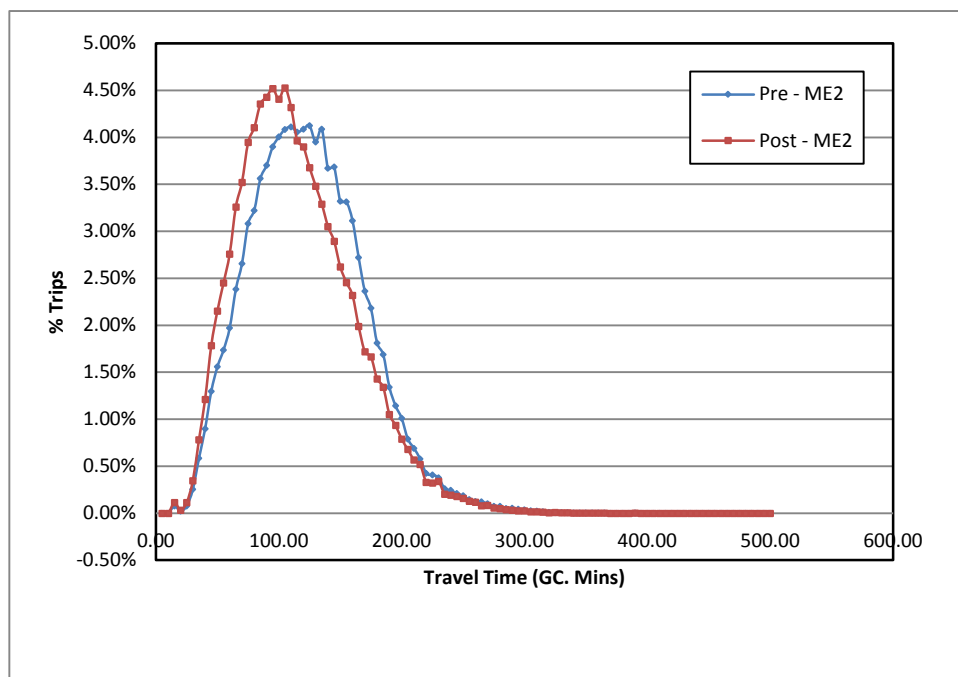


HBW – Pico da Manhã – Sumário das Estatísticas de Transporte Coletivo

	Pré ME	Pós ME	Dif (%)
Média	109,5	101,9	-6,9%
Desvio Padrão	19461,5	13995,5	-28,1%

Gráfico F2 – Sintética x Alocação HBEd – Pico da Manhã

HBEd – Pico da Manhã – Transporte Coletivo

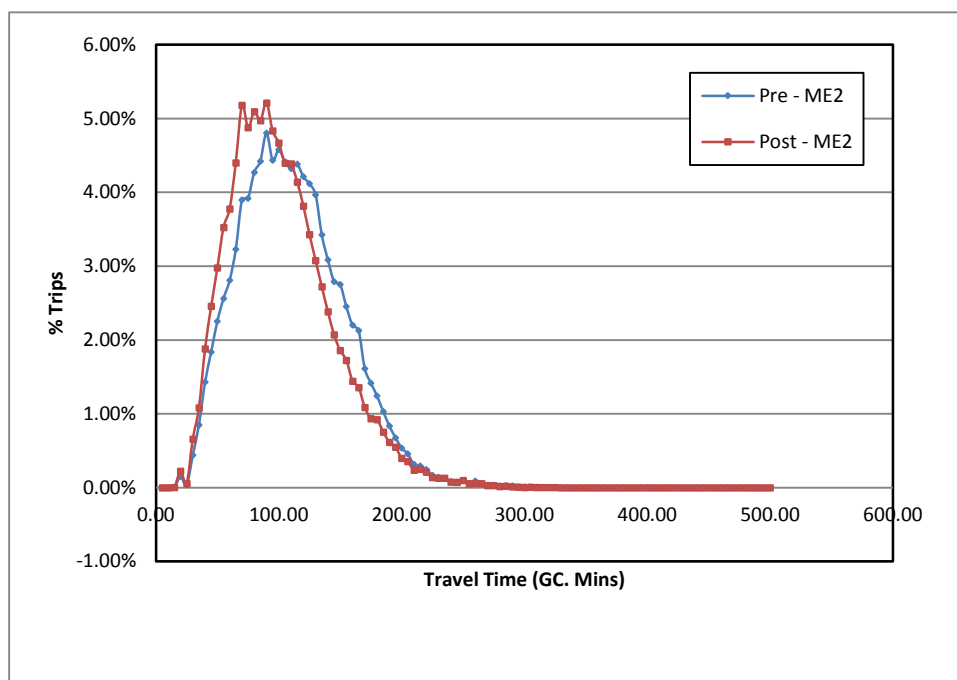


HBEd – Pico da Manhã – Sumário das Estatísticas de Transporte Coletivo

	Pré ME	Pós ME	Dif (%)
Média	123,7	114,6	-7,3%
Desvio Padrão	7700,3	5354,0	-30,5%

Gráfico F3 – Sintética x Alocação HBO/NHBO – Pico da Manhã

HBO/NHBO – Pico da Manhã – Transporte Coletivo

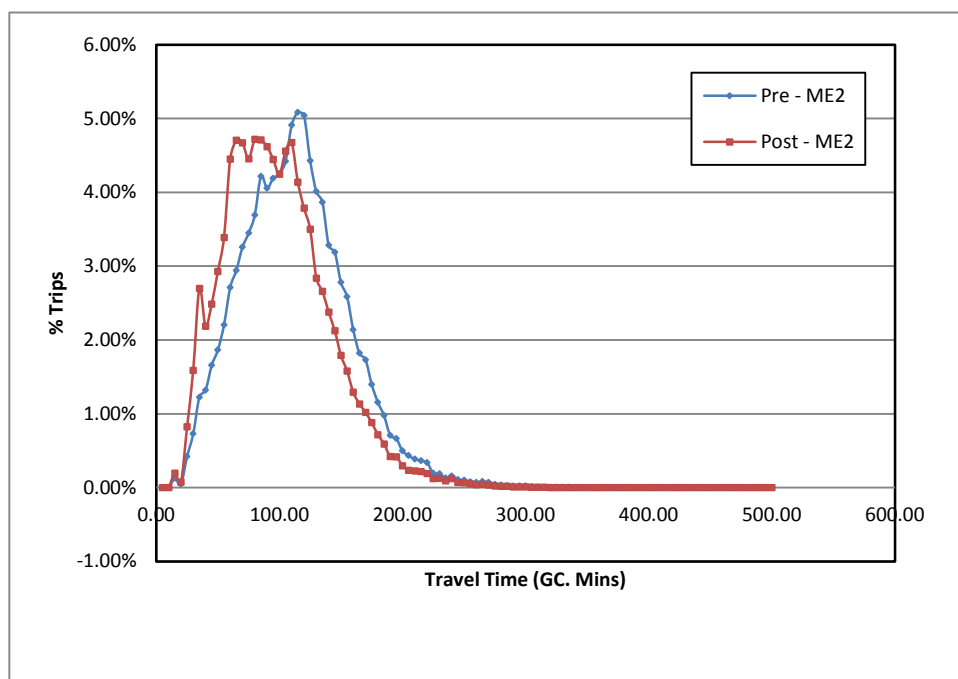


HBO – Pico da Manhã – Sumário das Estatísticas de Transporte Coletivo

	Pré ME	Pós ME	Dif (%)
Média	110,8	101,9	-8,1%
Desvio Padrão	8717,4	6413,4	-26,4%

Gráfico F4 – Sintética x Alocação HBW – Pico da Tarde

HBW – Pico da Tarde – Transporte Coletivo

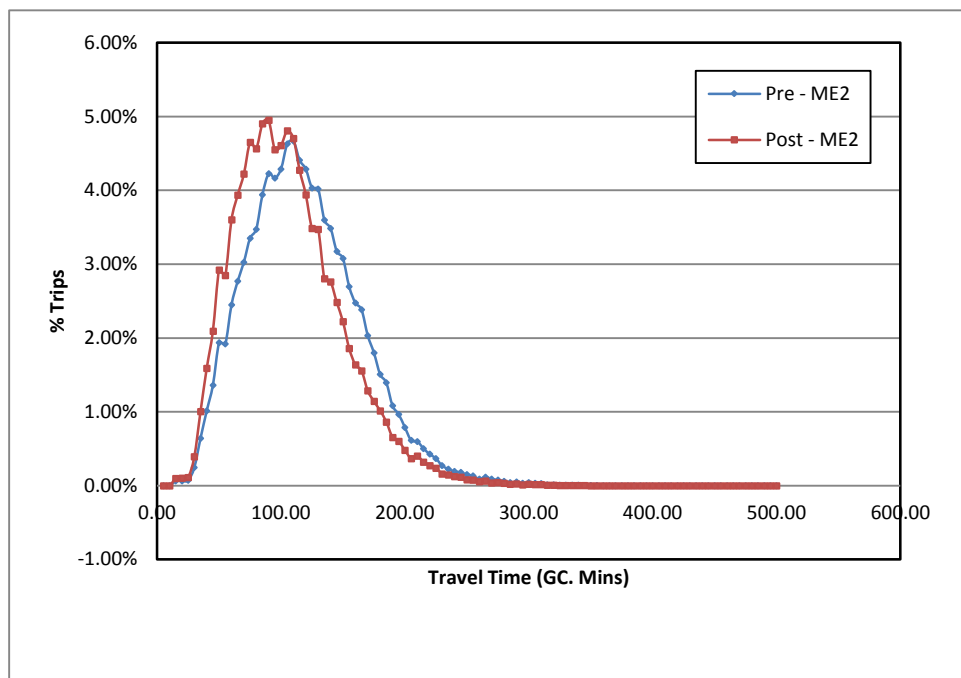


HBW – Pico da Tarde – Sumário das Estatísticas de Transporte Coletivo

	Pré ME	Pós ME	Dif (%)
Média	112,5	98,1	-12,8%
Desvio Padrão	11175,5	7380,4	-34,0%

Gráfico F5 – Sintética x Alocação HBEd – Pico da Tarde

HBEd – Pico da Tarde – Transporte Coletivo

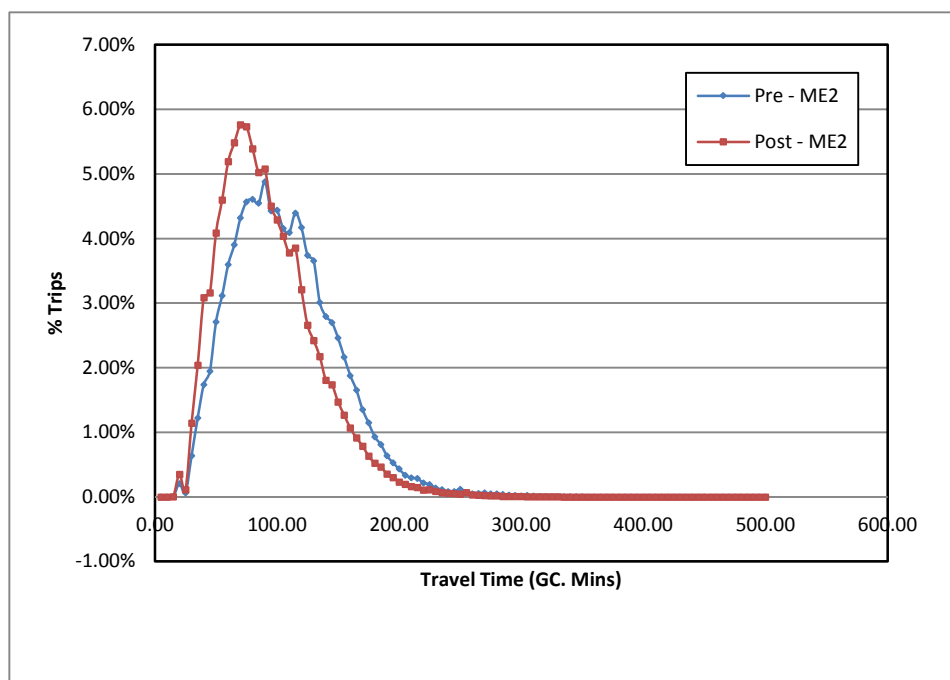


HBEd – Pico da Tarde – Sumário das Estatísticas de Transporte Coletivo

	Pré ME	Pós ME	Dif (%)
Média	118,7	106,2	-10,5%
Desvio Padrão	4933,8	3372,8	-31,6%

Gráfico F6 – Sintética x Alocação HBO/NHBO – Pico da Tarde

HBO/NHBO – Pico da Tarde – Transporte Coletivo



HBO – Pico da Tarde – Sumário das Estatísticas de Transporte Coletivo

	Pré ME	Pós ME	Dif (%)
Média	106,1	92,6	-12,8%
Desvio Padrão	17285,3	11584,8	-33,0%

⁹³ *Travel Time* - Em tradução livre, Tempo de Viagem

ANEXO G – VALIDAÇÃO DO TEMPO DE VIAGEM

Gráfico G1 – Validação do Tempo de Viagem Rota A

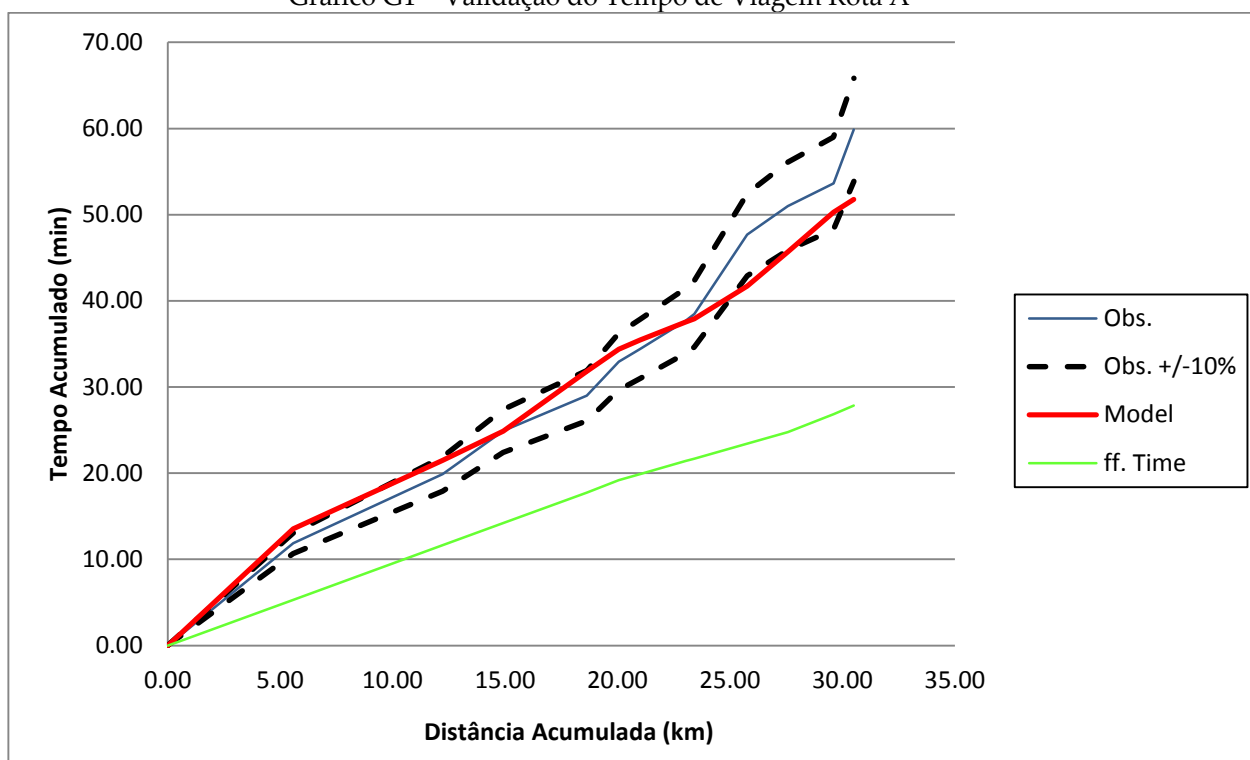


Gráfico G2 – Validação do Tempo de Viagem Rota B

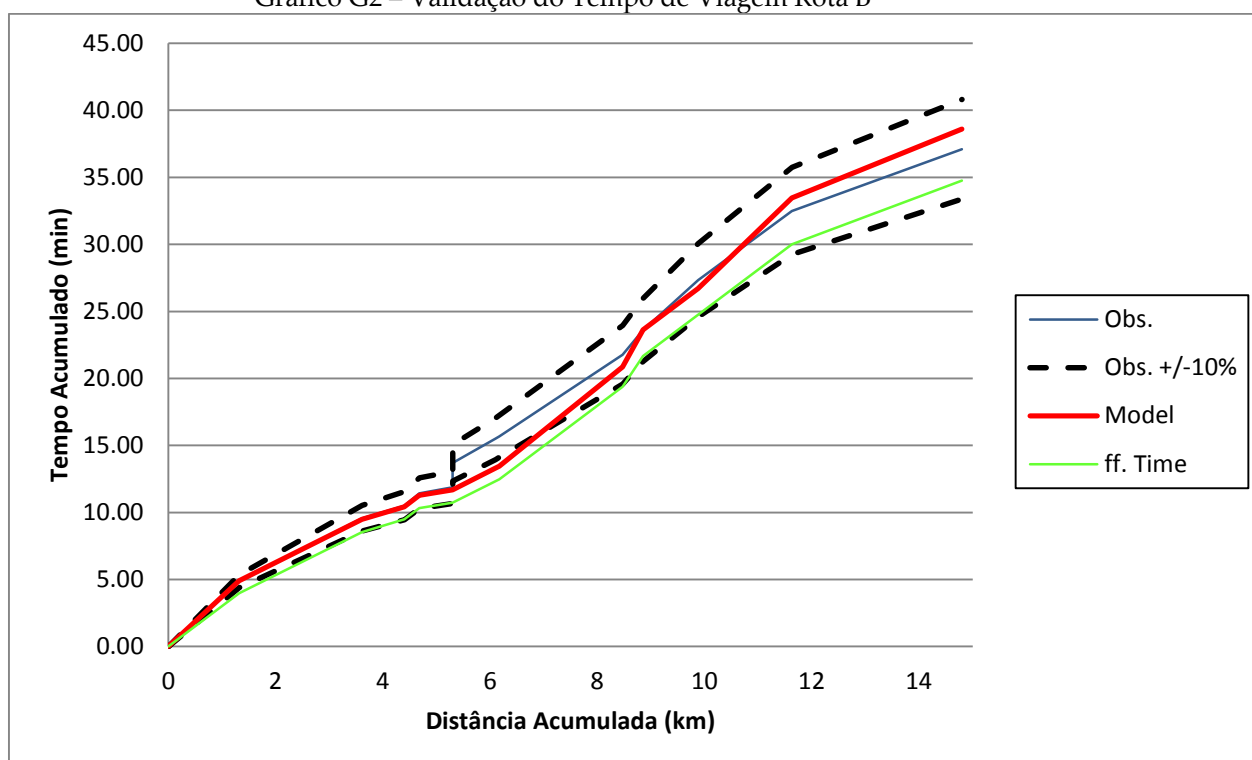


Gráfico G3 – Validação do Tempo de Viagem Rota C

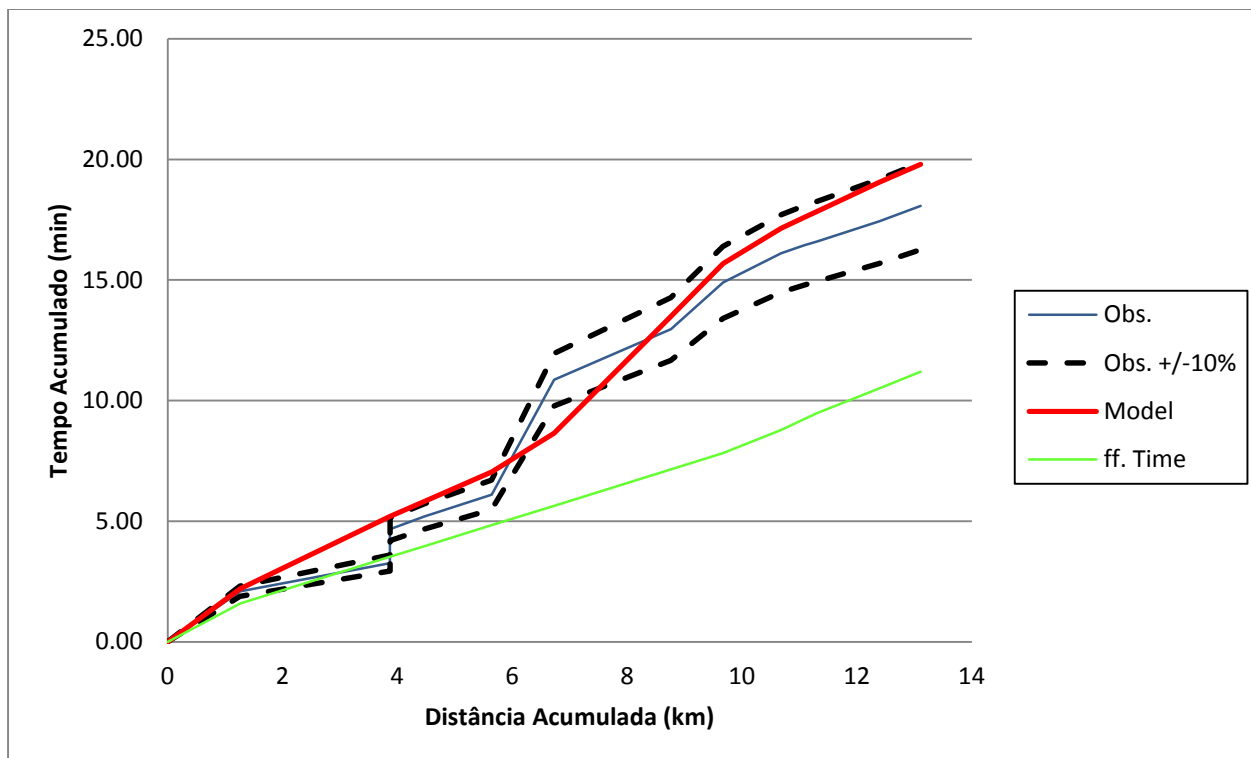


Gráfico G4 – Validação do Tempo de Viagem Rota D

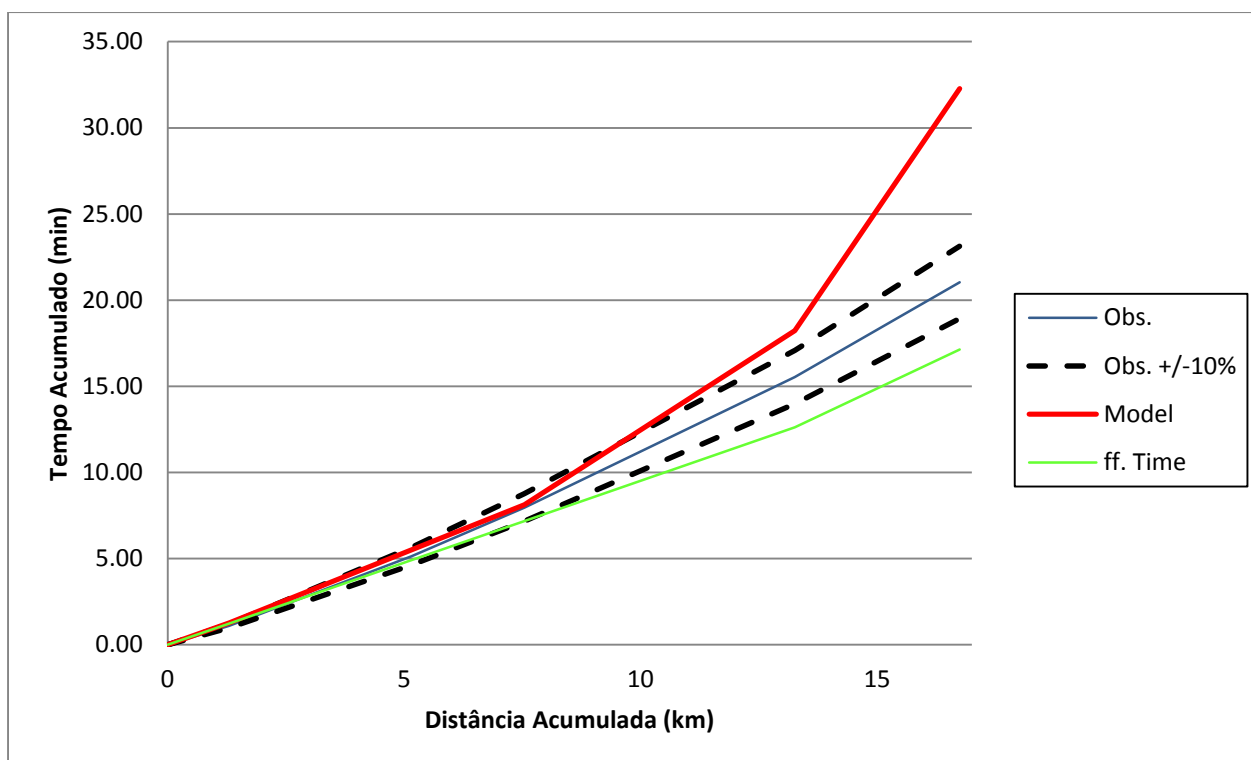


Gráfico G5 – Validação do Tempo de Viagem Rota E

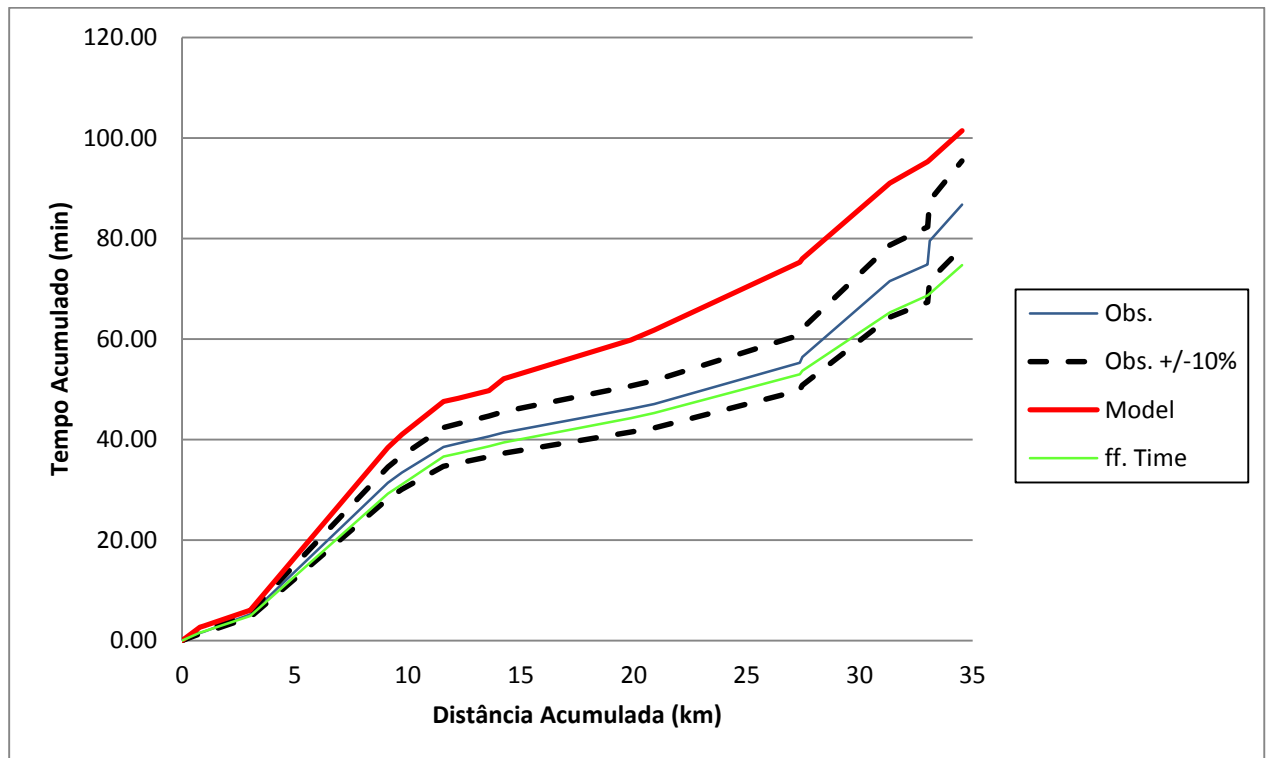


Gráfico G6 – Validação do Tempo de Viagem Rota F

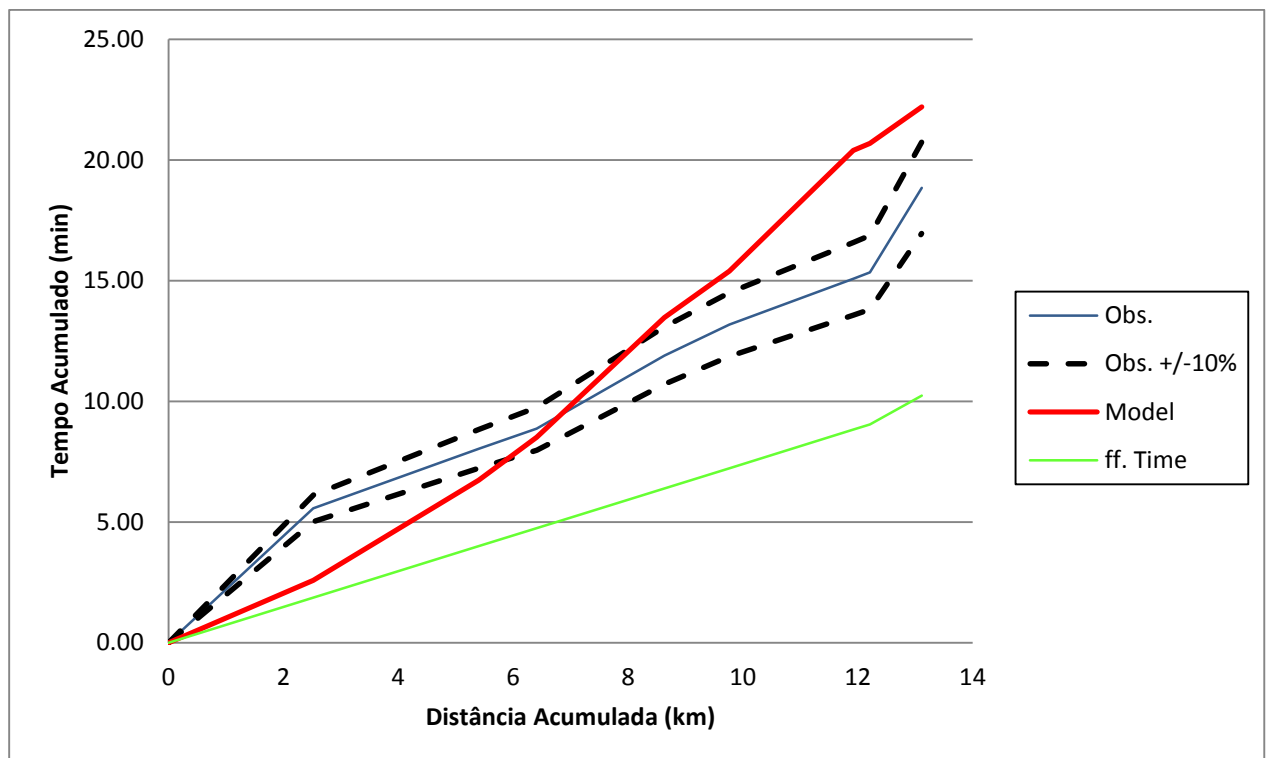


Gráfico G7 – Validação do Tempo de Viagem Rota G

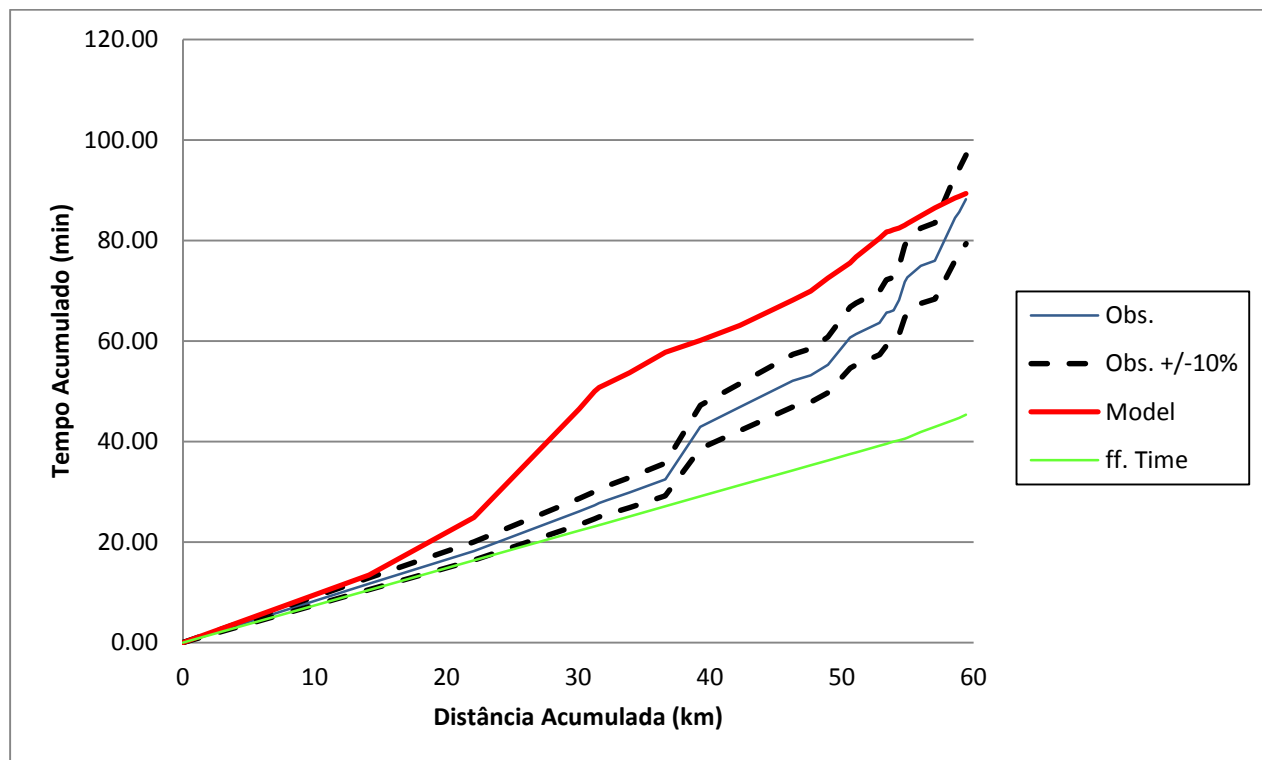


Gráfico G8 – Validação do Tempo de Viagem Rota H

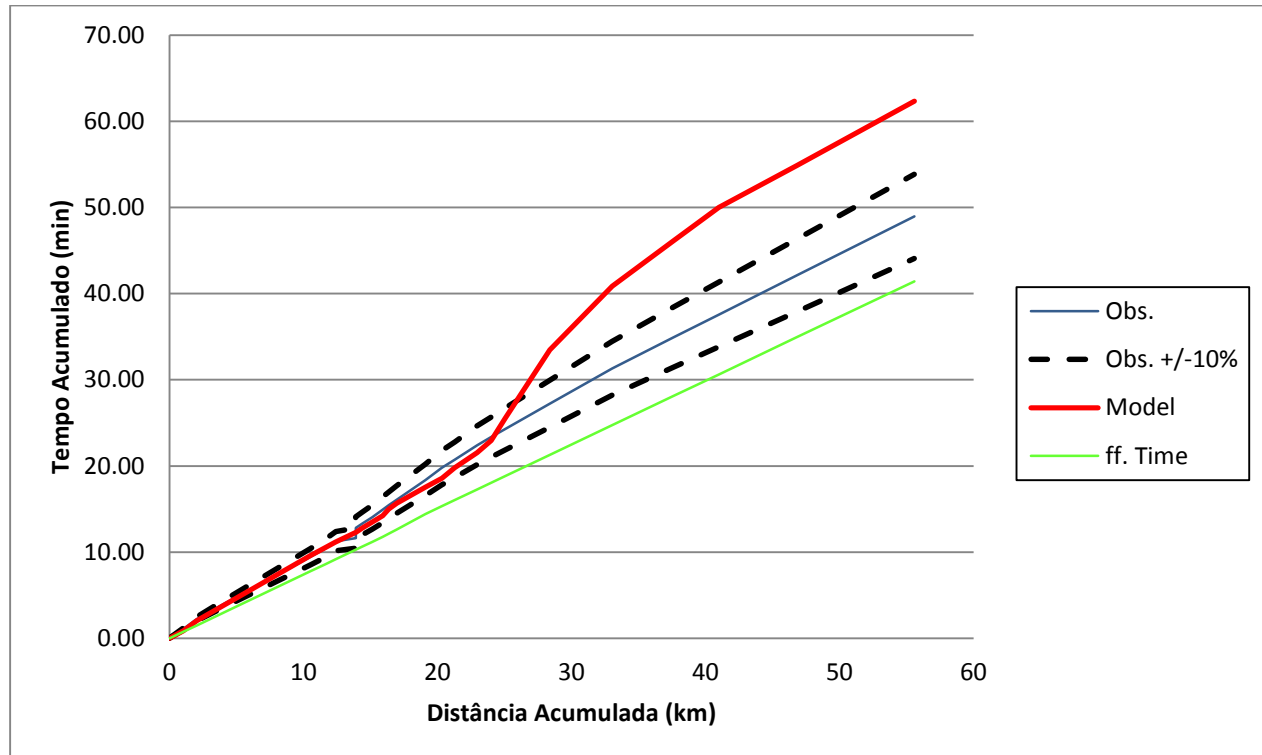


Gráfico G9 – Validação do Tempo de Viagem Rota I

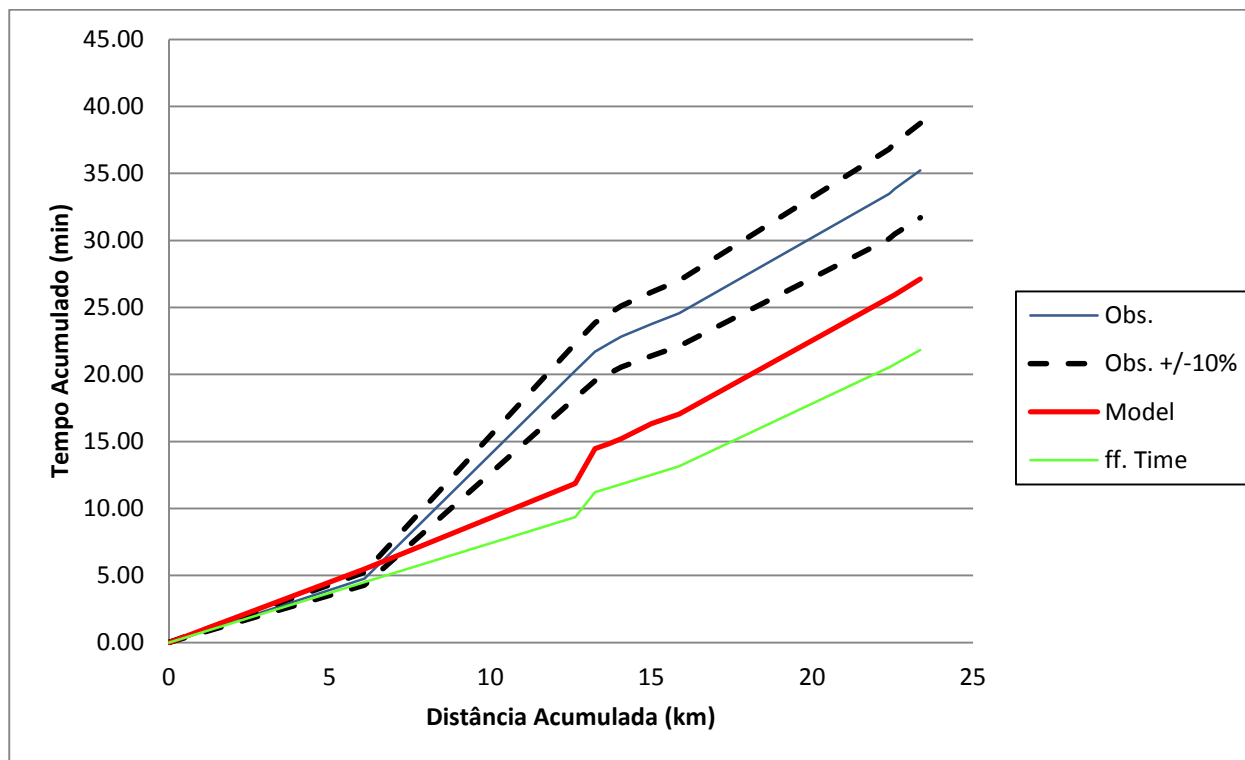


Gráfico G10 – Validação do Tempo de Viagem Rota J

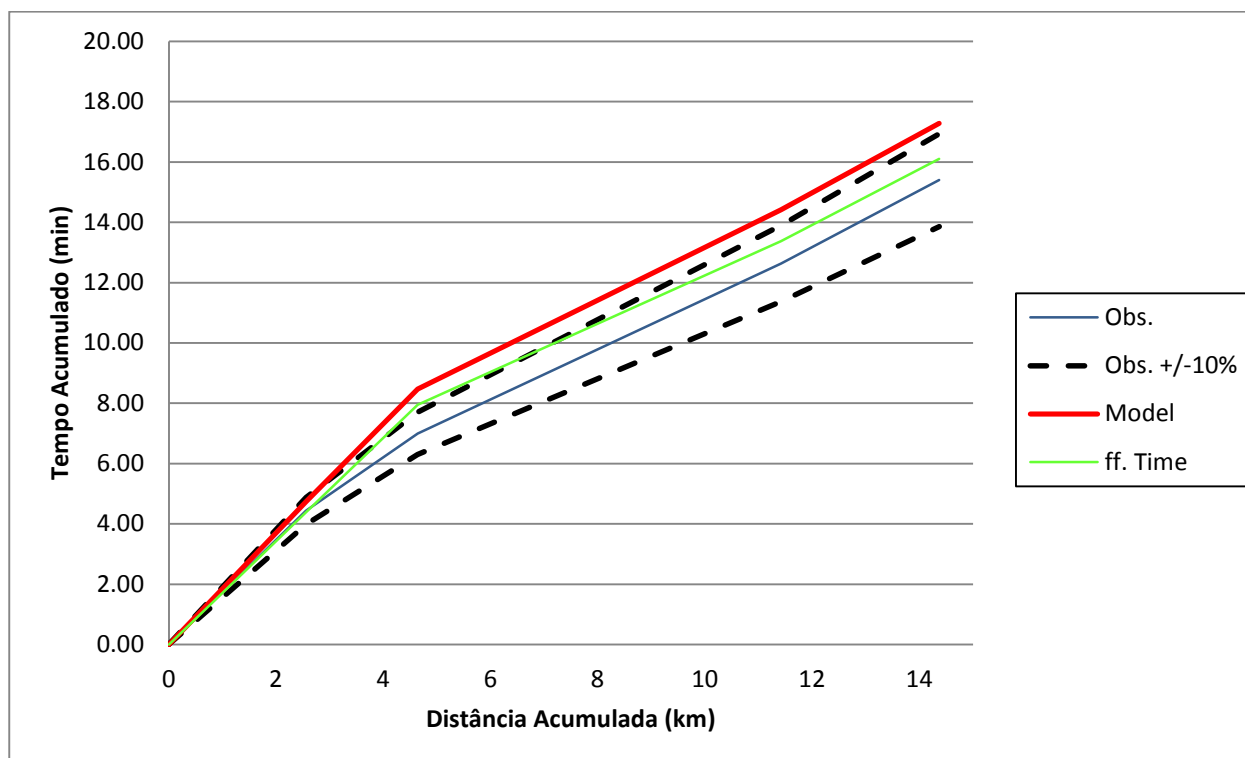


Gráfico G11 – Validação do Tempo de Viagem Rota K

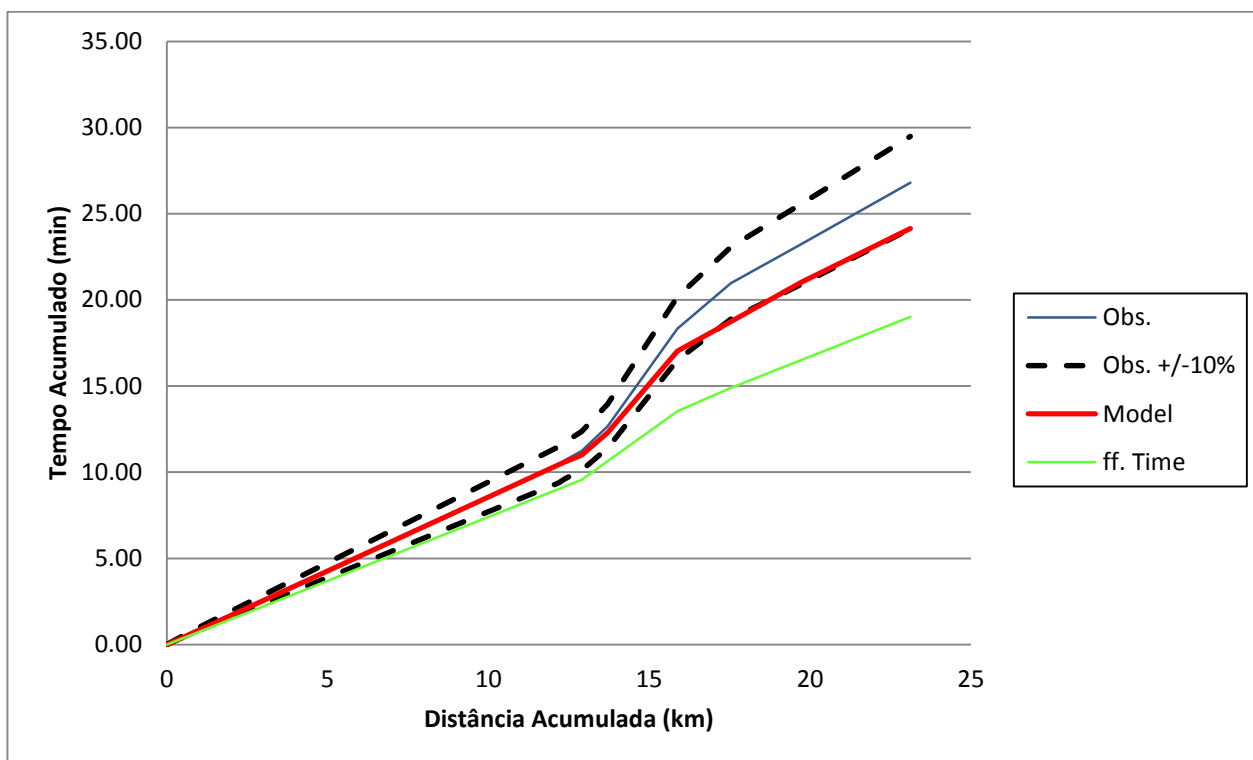


Gráfico G12 – Validação do Tempo de Viagem Rota L

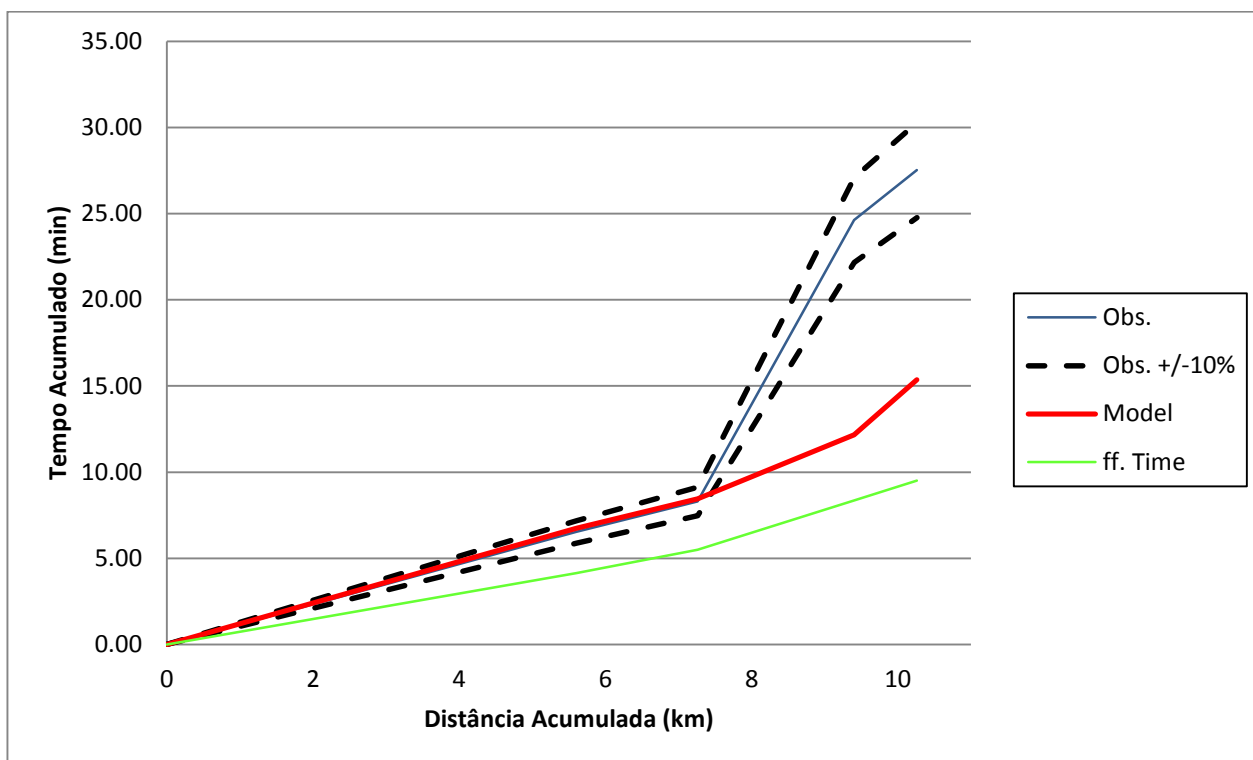


Gráfico G13 – Validação do Tempo de Viagem Rota M

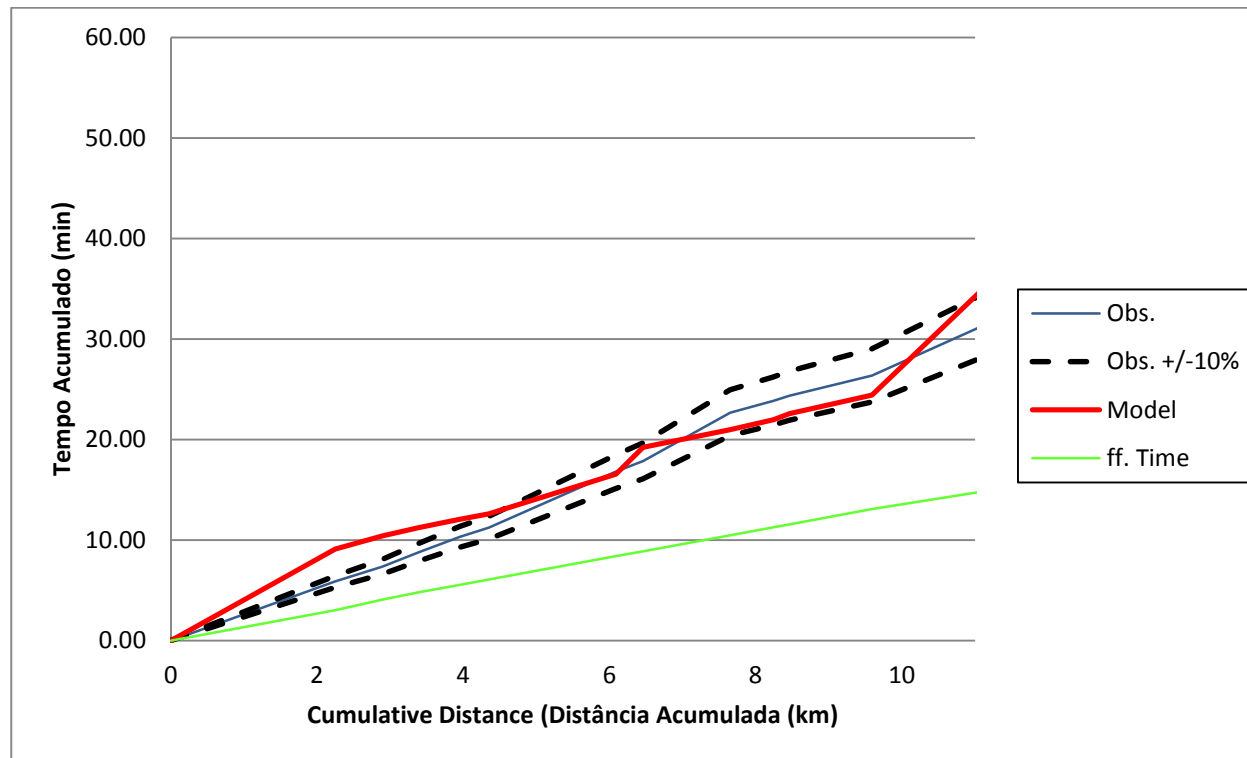


Gráfico G14 – Validação do Tempo de Viagem Rota N

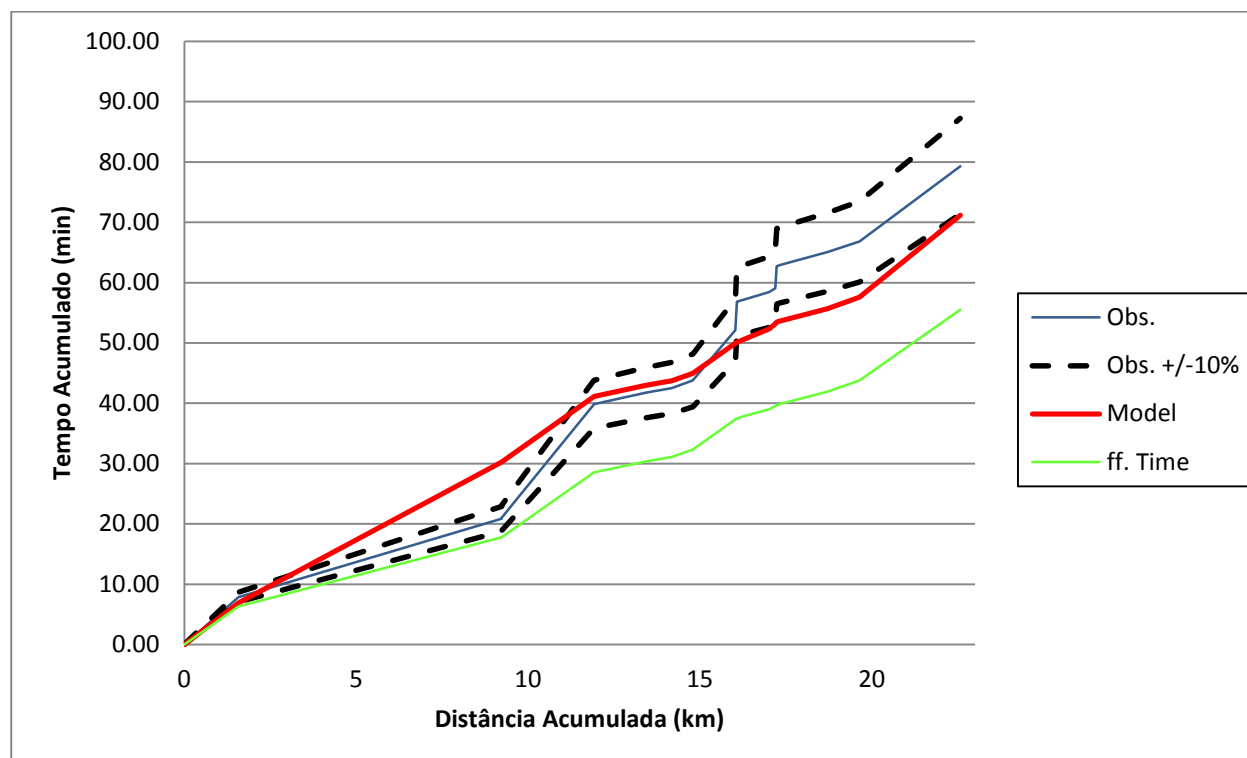
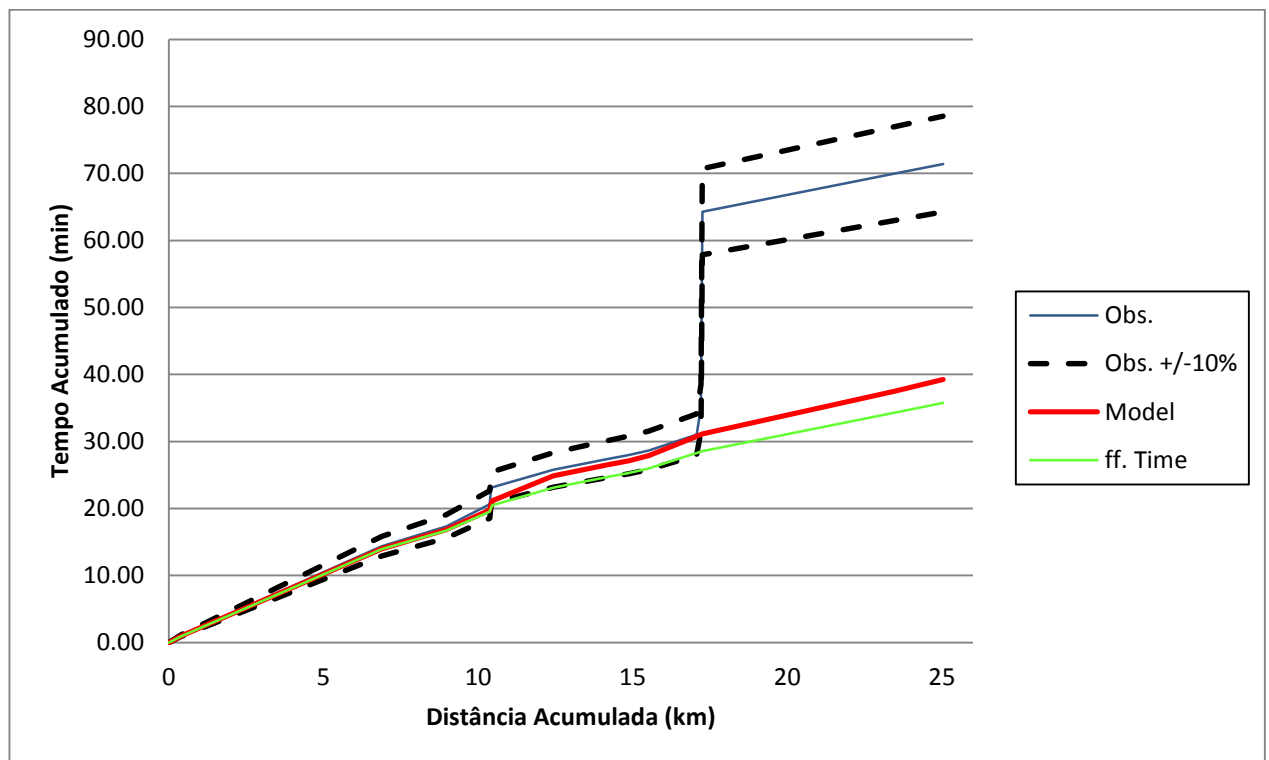


Gráfico G15 – Validação do Tempo de Viagem Rota O



ANEXO H – VALIDAÇÃO DA CONTAGEM DE CAMINHÕES

Gráfico H1 - Observação x Validação do Fluxo de Modelagem - Pico da Manhã (Caminhões)

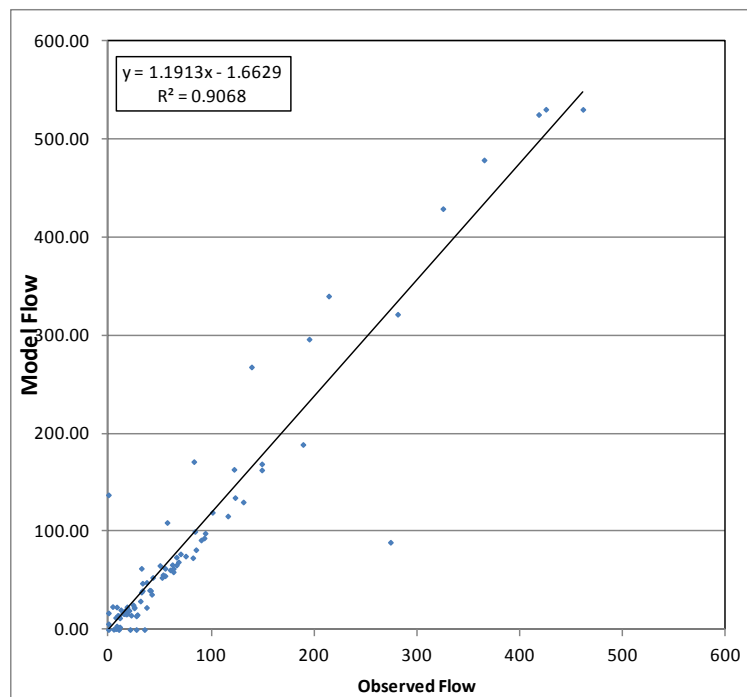
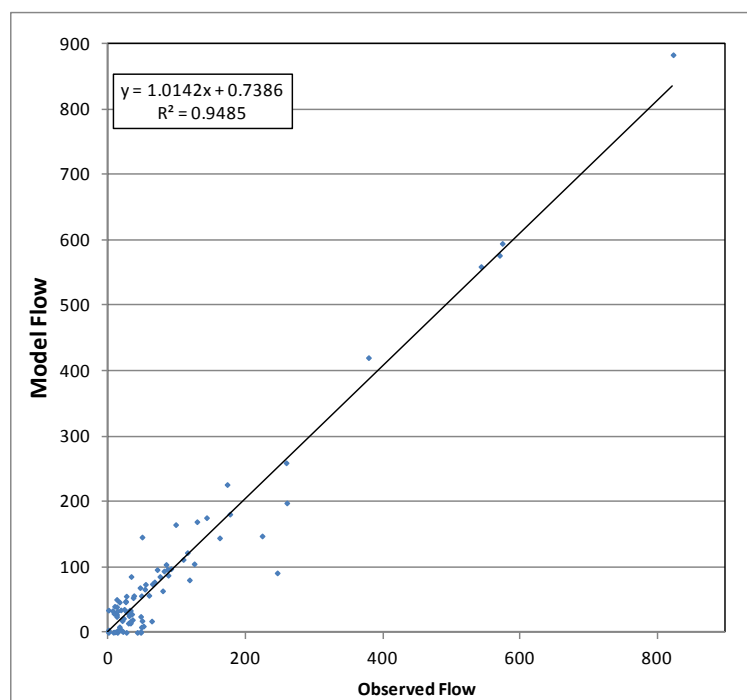


Gráfico H2 - Observação x Validação do Fluxo de Modelagem - Pico da Tarde (Caminhões)



ANEXO I – ATRIBUTOS DOS USUÁRIOS, MATRIZES E ARQUIVOS EXTERNOS DO EMME

Tabela I1 - Atributos dos Usuários, Matrizes e Arquivos Externos do Emme

Entrada no Emme	Descrição
@flc01	Fluxo de veículos HBW - pico da manhã
@flc02	Fluxo de veículos HBEd - pico da manhã
@flc03	Fluxo de veículos HBO - pico da manhã
@flc04	Fluxo de veículos HBW - entre picos
@flc05	Fluxo de veículos HBEd - entre picos
@flc06	Fluxo de veículos HBO - entre picos
@flc07	Fluxo de veículos HBW - pico da tarde
@flc08	Fluxo de veículos HBEd - pico da tarde
@flc09	Fluxo de veículos HBO - pico da tarde
@flp01	Fluxo de Transporte coletivo HBW - pico da manhã
@flp02	Fluxo de Transporte coletivo HBEd - pico da manhã
@flp03	Fluxo de Transporte coletivo HBO - pico da manhã
@flp04	Fluxo de Transporte coletivo HBW - entre picos
@flp05	Fluxo de Transporte coletivo HBEd - entre picos
@flp06	Fluxo de Transporte coletivo HBO - entre picos
@flp07	Fluxo de Transporte coletivo HBW - pico da tarde
@flp08	Fluxo de Transporte coletivo HBEd - pico da tarde
@flp09	Fluxo de Transporte coletivo HBO - pico da tarde
@flp11	Fluxo Transporte coletivo HBW - pico da manhã (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@flp12	Fluxo Transporte coletivo HBEd - pico da manhã (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@flp13	Fluxo Transporte coletivo HBO - pico da manhã (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@flp14	Fluxo Transporte coletivo HBW - entre picos (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@flp15	Fluxo Transporte coletivo HBEd - entre picos (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@flp16	Fluxo Transporte coletivo HBO - entre picos (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@flp17	Fluxo Transporte coletivo HBW - pico da tarde (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@flp18	Fluxo Transporte coletivo HBEd - pico da tarde (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@flp19	Fluxo Transporte coletivo HBO - pico da tarde (incluindo fluxo auxiliar de acesso)
@voc1	Custo operacional de automóveis HBW (incluindo pedágios)
@voc2	Custo operacional de automóveis HBEd (incluindo pedágios)
@voc3	Custo operacional de automóveis HBO (incluindo pedágios)
@vot	Custo operacional de caminhões HBO (incluindo pedágios)
@gc1	Custo generalizado de automóveis HBW (incluindo pedágios)
@gc2	Custo generalizado de automóveis HBEd (incluindo pedágios)
@gc3	Custo generalizado de automóveis HBO (incluindo pedágios)
@gct	Custo operacional de caminhões HBO (incluindo pedágios)
@bf01	Fluxo de equivalência ônibus - carro pico da manhã
@bf02	Fluxo de equivalência ônibus - carro entre picos
@bf03	Fluxo de equivalência ônibus - carro pico da tarde
@trk01	Fluxo de caminhões pico da manhã
@trk02	Fluxo de caminhões entre picos
@trk03	Fluxo de caminhões pico da tarde
@ce01	Fluxo de veículos com termino de viagem fora da RMRJ pico da manhã
@ce02	Fluxo de veículos com termino de viagem fora da RMRJ entre picos
@ce03	Fluxo de veículos com termino de viagem fora da RMRJ pico da tarde
@te01	Fluxo de caminhões com término de viagem fora da RMRJ pico da manhã
@te02	Fluxo de caminhões com término de viagem fora da RMRJ entre picos
@te03	Fluxo de caminhões com término de viagem fora da RMRJ pico da tarde
@ltoll	Pedágio de veículos (BRL)
@htoll	Pedágio caminhões (BRL)
@speed	Velocidade Fluxo livre
@cap	Capacidade por faixa de tráfego
@car	Fluxo de veículos agregados (por cenário)

Entrada no Emme	Descrição
@bus	Fluxo de passageiros em ônibus agregado (por cenário)
@metro	Fluxo de passageiros em metro agregado (por cenário)
@train	Fluxo de passageiros em trem agregado (por cenário)
@ferry	Fluxo de passageiros em barcas agregado (por cenário)
@brt	Fluxo de passageiros em BRT agregado (por cenário)
@fthbw	Tarifa HBW (convertidas em minutos generalizados baseados em propósito VoT)
@fthbe	Tarifa HBEd (convertidas em minutos generalizados baseados em propósito VoT)
@toth	Tarifa HBO (convertidas em minutos generalizados baseados em propósito VoT)
@tl	Tag de trânsito para definir Função Trânsito
@wait	Penalidade transporte coletivo (minutos) baseado no modal
@wtimf	Fator de tempo de espera (% do headway) baseado no modal
ms01	VoT HBW
ms02	VoT HBEd
ms03	VoT HBO
ms04	VoT Caminhões
ms05	Veículos VoC BRL/Km
ms06	Caminhões VoC BRL / Km
mf01	Automóvel HBW pico da manhã
mf02	Automóvel HBEd pico da manhã
mf03	Automóvel HBO pico da manhã
mf06	Automóvel HBW entre picos
mf07	Automóvel HBEd entre picos
mf08	Automóvel HBO entre picos
mf11	Automóvel HBW pico da tarde
mf12	Automóvel HBEd pico da tarde
mf13	Automóvel HBO pico da tarde
mf101	Transporte coletivo HBW pico da manhã
mf102	Transporte coletivo HBEd pico da manhã
mf103	Transporte coletivo HBO pico da manhã
mf106	Transporte coletivo HBW entre picos
mf107	Transporte coletivo HBEd entre picos
mf108	Transporte coletivo HBO entre picos
mf111	Transporte coletivo HBW pico da tarde
mf112	Transporte coletivo HBEd pico da tarde
mf113	Transporte coletivo HBO pico da tarde
mf27	automóvel HBW custo generalizado
mf28	automóvel HBEd custo generalizado
mf29	automóvel HBO custo generalizado
mf30	Transporte coletivo HBW custo generalizado
mf31	Transporte coletivo HBEd custo generalizado
mf32	Transporte coletivo HBO custo generalizado
mf41	viagens internas caminhões pico da manhã
mf42	viagens internas caminhões entre picos
mf43	viagens internas caminhões pico da tarde
mf16	Automóvel cordão externo pico da manhã (derivado da pesquisa)
mf17	Automóvel cordão externo entre picos (derivado da pesquisa)
mf18	Automóvel cordão externo pico da tarde (derivado da pesquisa)
mf36	Caminhões cordão externo pico da manhã
mf37	Caminhões cordão externo entre picos
mf38	Caminhões cordão externo pico da tarde

Entrada no Emme	Descrição
mf80	Demanda de deslocamentos lentos para extração de dados
mf81	Tempo diário generalizado de deslocamentos lentos
mf98	Distância de extração de dados para deslocamentos lentos
mf99	Extração de dados de deslocamentos lentos transpostos
mf150	Matriz temporal usada para cálculos diversos
* Atributos são exclusivos aos cenários, por exemplo o mesmo nome em diferentes cenários	

Tabela I2 - Atributos dos Usuários, Matrizes e Arquivos Externos do Emme

Arquivo	Descrição	Localização	Observações
1000_AM_network_att.241	Capacidades dos links, velocidades, vias e funções de atraso no pico da manhã	Banco de Dados	Ano Base - Futuro deve ser diferente
2000_IP_network_att.241	Capacidades dos links, velocidades, vias e funções de atraso entre picos	Banco de Dados	Ano Base - Futuro deve ser diferente
3000_PM_network_att.241	Capacidades dos links, velocidades, vias e funções de atraso no pico da tarde	Banco de Dados	Ano Base - Futuro deve ser diferente
AM_tl_ttf.241	Atributo @tl (Tag de trânsito para definir função de trânsito) pico da manhã	Banco de Dados	Ano Base - Futuro deve ser diferente
IP_tl_ttf.241	Atributo @tl (Tag de trânsito para definir função de trânsito) entre picos	Banco de Dados	Ano Base - Futuro deve ser diferente
PM_tl_ttf.241	Atributo @tl (Tag de trânsito para definir função de trânsito) pico da tarde	Banco de Dados	Ano Base - Futuro deve ser diferente
Tolls.241	Pedágios (leves e pesados)	Banco de Dados	Ano Base - Futuro deve ser diferente inclusive com períodos de tempo diferentes

ANEXO J – GRÁFICOS DE CARREGAMENTO DOS MODAIS

Figura J1 – Carregamento do Metrô: Linha 1 – Pico da manhã

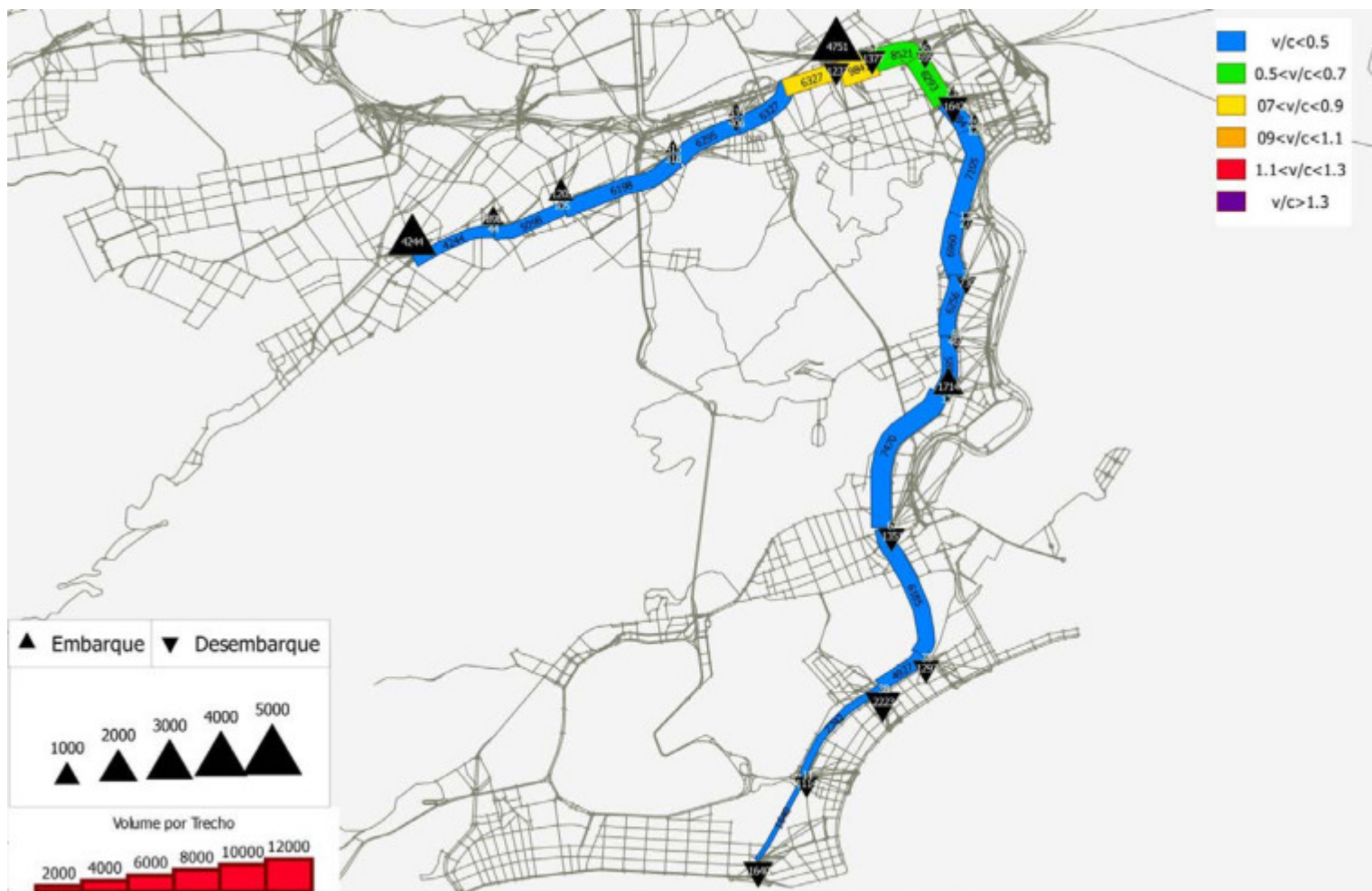


Figura J2 – Perfil do Metrô: Linha 1 – Pico da manhã

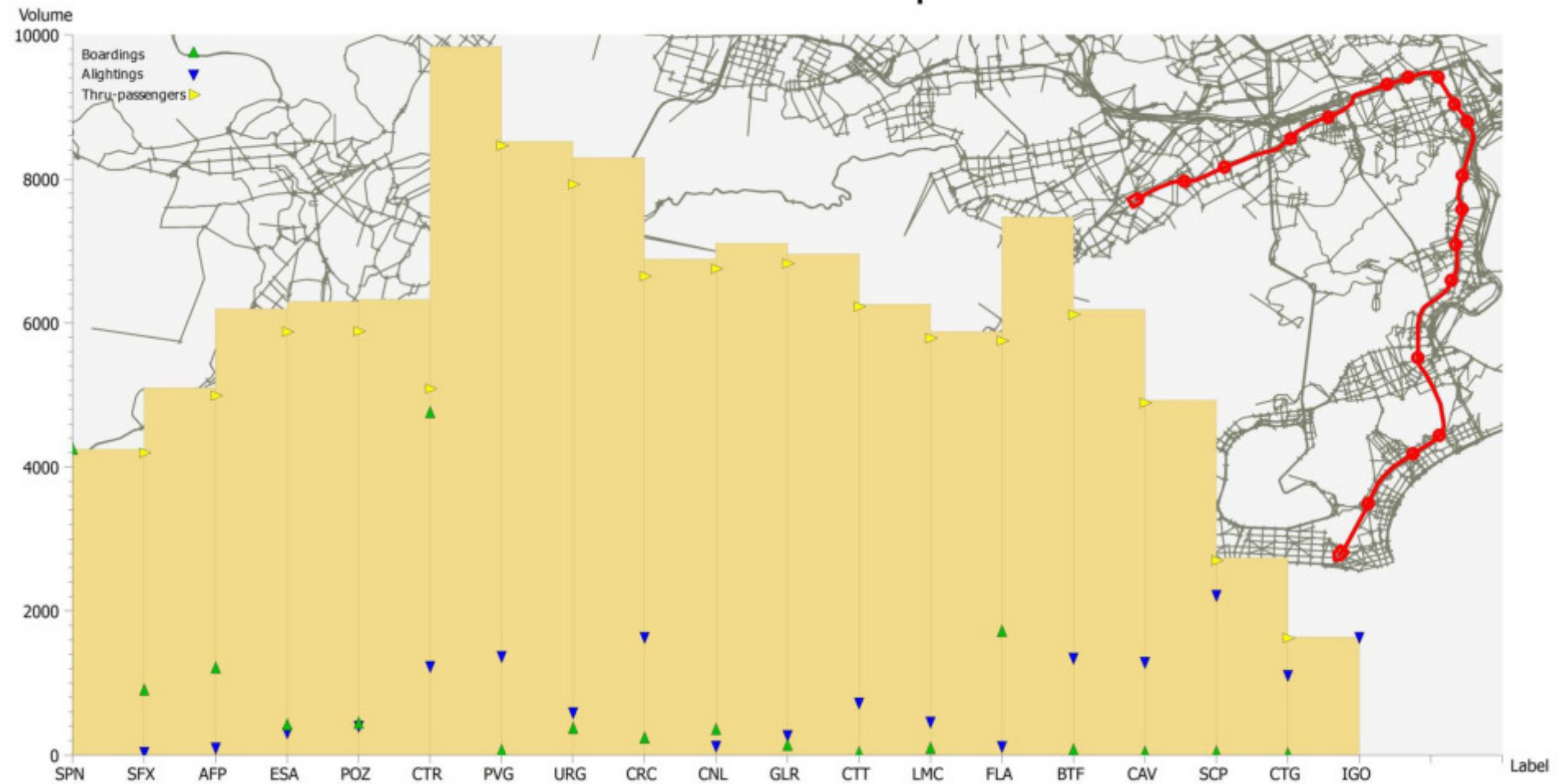


Figura J3 – Carregamento do Metrô: Linha 2 – Pico da manhã

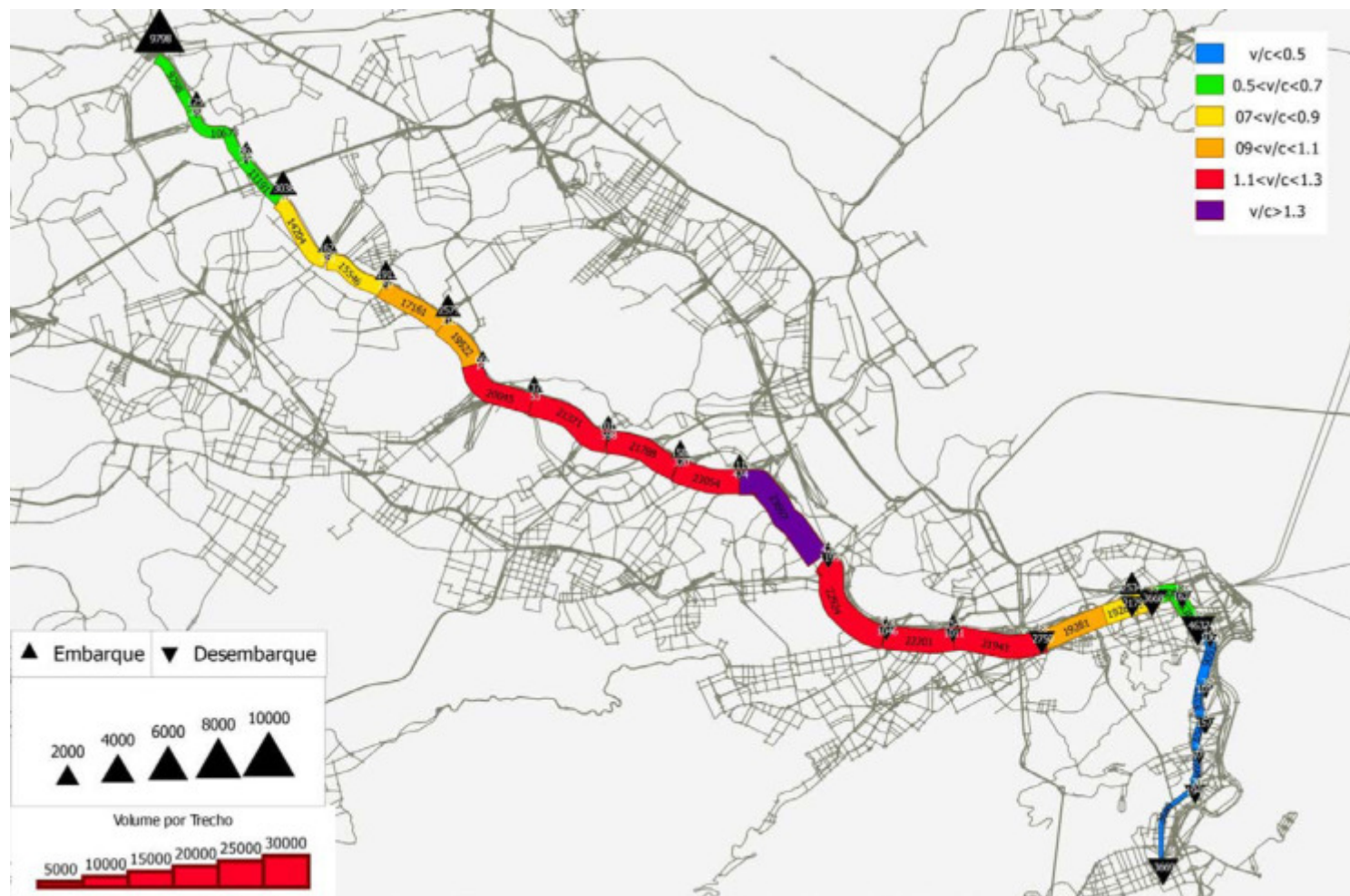


Figura J4 – Perfil do Metrô: Linha 2 – Pico da manhã

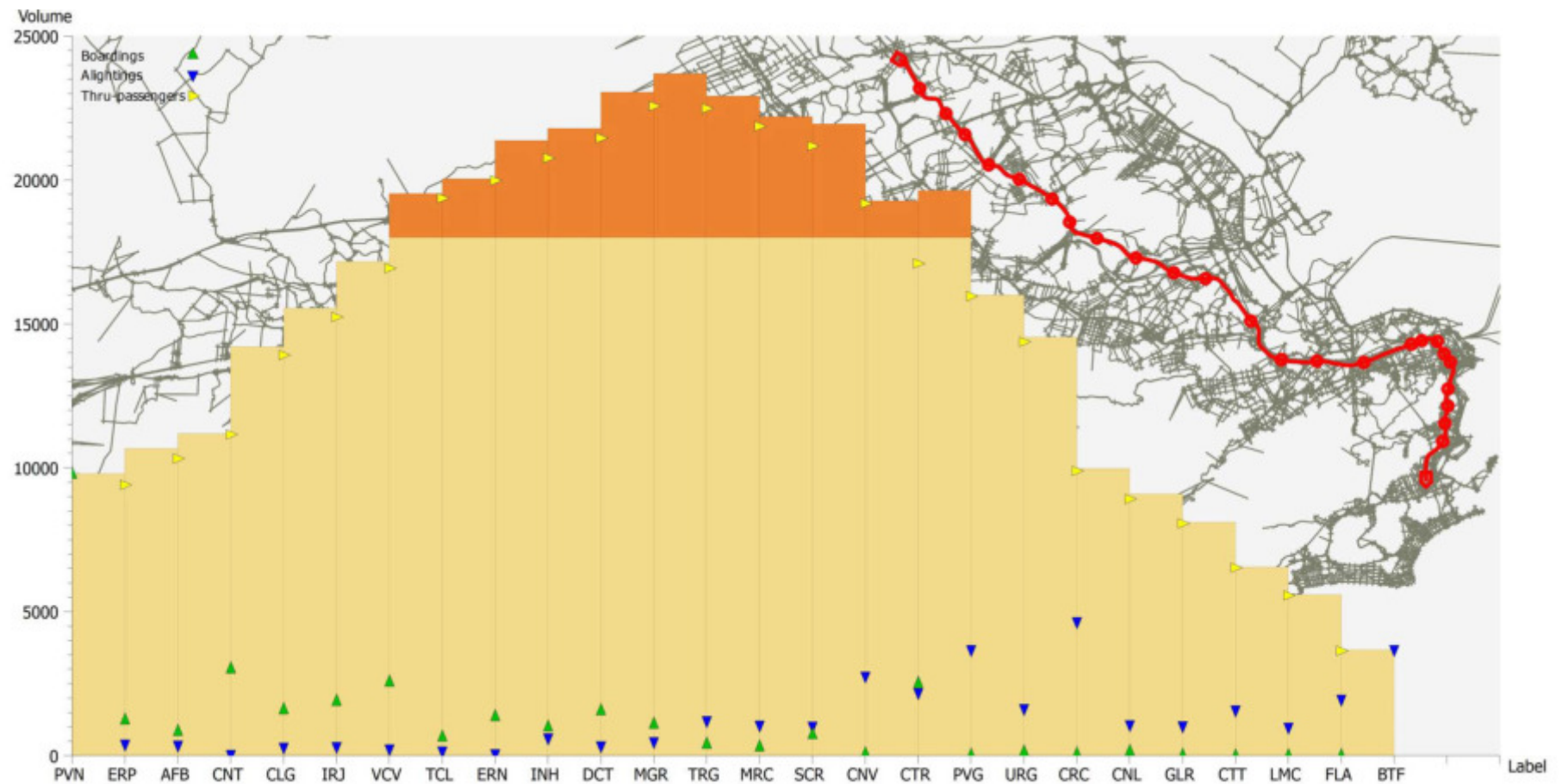


Tabela J1 – Resultados das Linhas Metroviárias – Rede 2012 – Pico da manhã

Relatório 6 – Calibração do Modelo da Rede de Referência

Linha	Descrição	Modo	Veículo	Frota (definida pela frequência)	Frequência	Distância	Tempo de Ciclo	Passageiros Transportados	Pax/Km	Pax/Hora	V/C médio	V/C máximo	Carregamento médio	Carregamento máximo
METL1	Ipanema-Saens Pena	m	401	5	6	16,43	25,43	9491	59387,8	1519,6	0,2	0,3	3614,6	5450,9
METL1R	Saens Pena-Ipanema	m	401	5	6	16,43	25,43	15072	97177,2	2543,5	0,33	0,55	5914,6	9840,9
METL2	Pavuna-Botafogo	m	401	8	6	30,52	43,02	31484	506762	11675,8	0,92	1,32	16604,3	23696,6
METL2R	Botafogo-Pavuna	m	401	8	6	30,52	43,02	5058	45841,7	1083,8	0,08	0,12	1502	2245,9

Figura J5 – Carregamento do Trem: Belford Roxo x Central – Pico da manhã

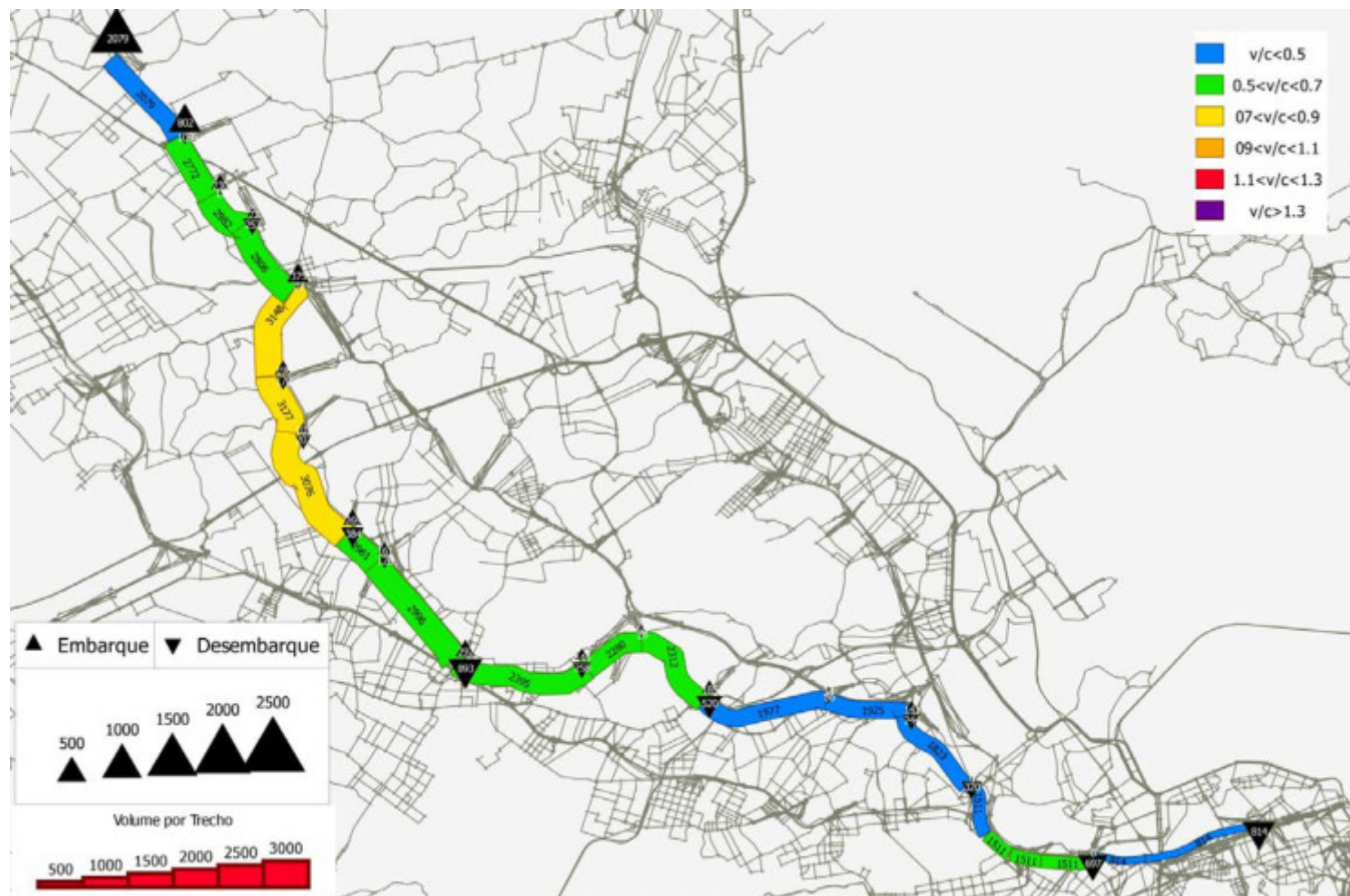


Figura J6 – Perfil do Trem: Belford Roxo x Central – Pico da manhã

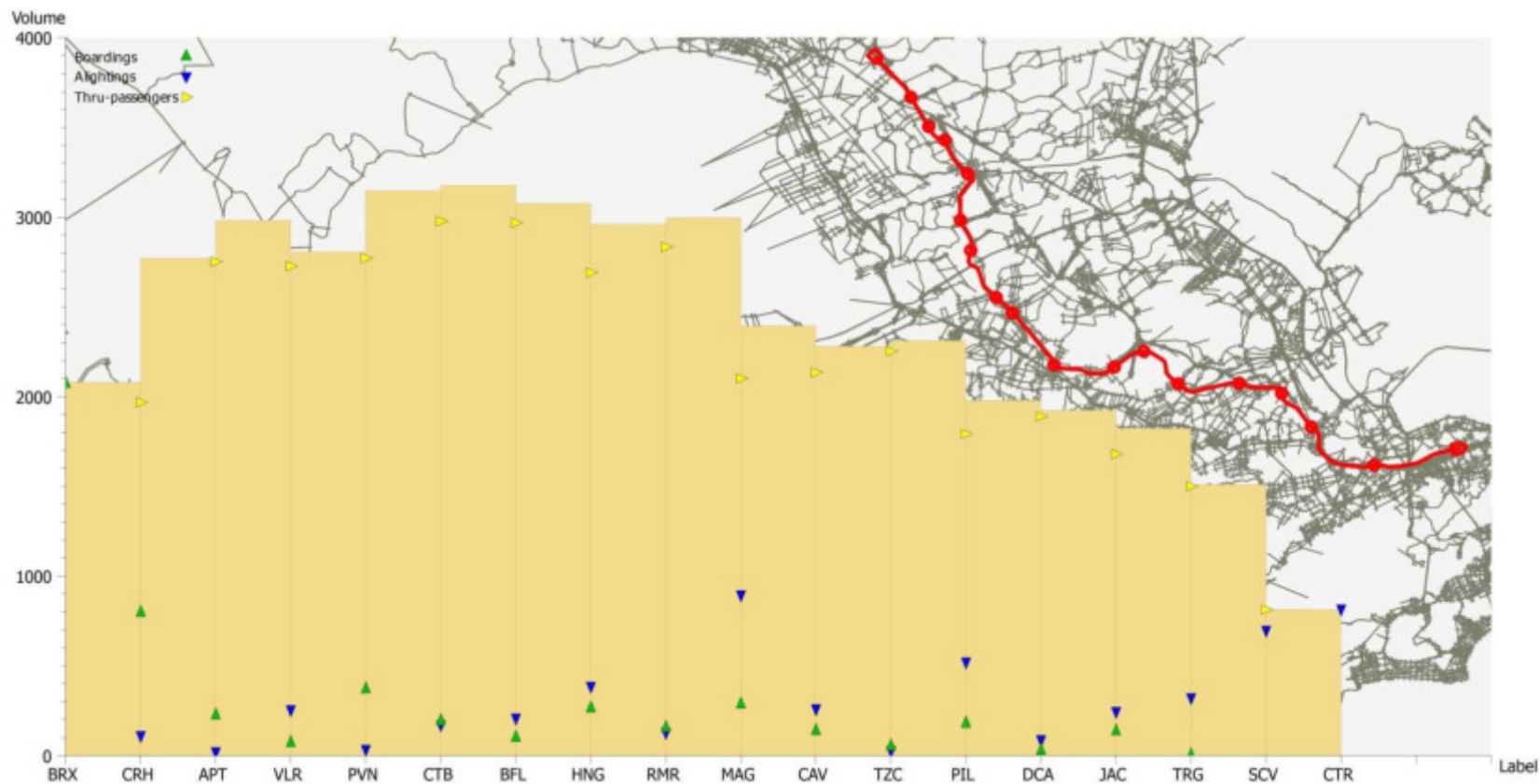


Figura J7 – Carregamento do Trem: Deodoro x Central – Pico da manhã

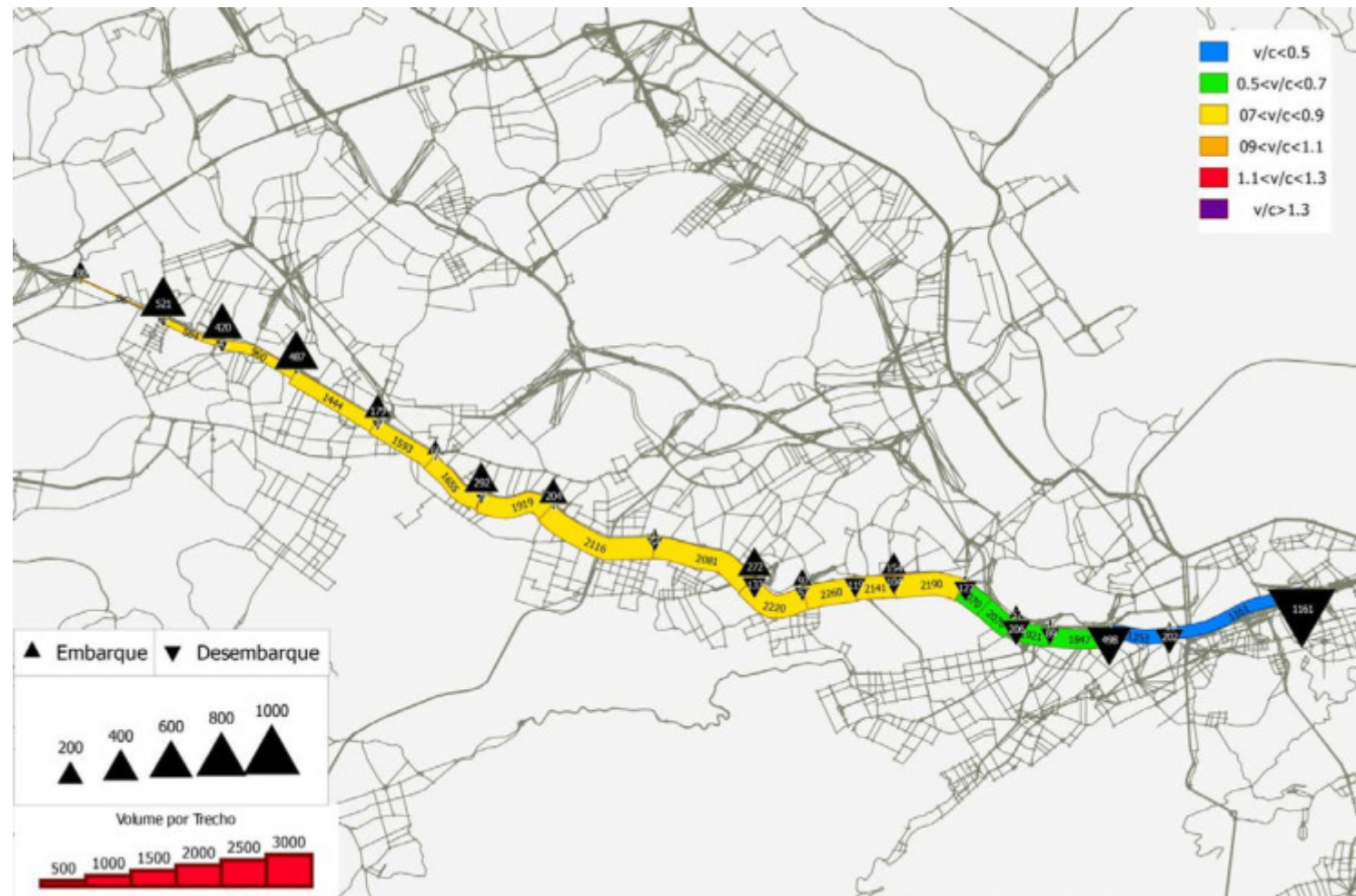


Figura J8 – Perfil do Trem: Deodoro x Central – Pico da manhã

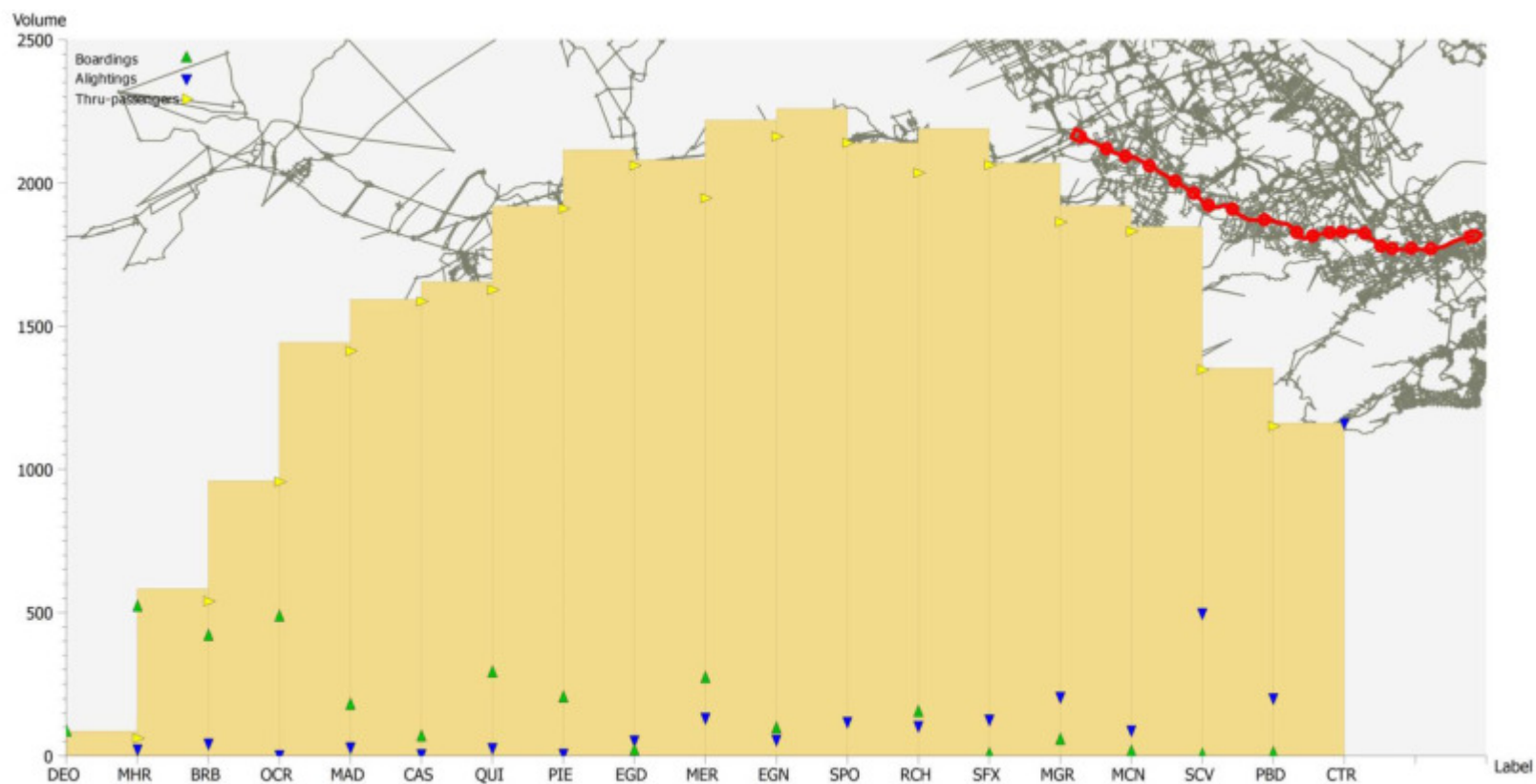


Figura J9 – Carregamento do Trem: Gramacho x Central – Pico da manhã

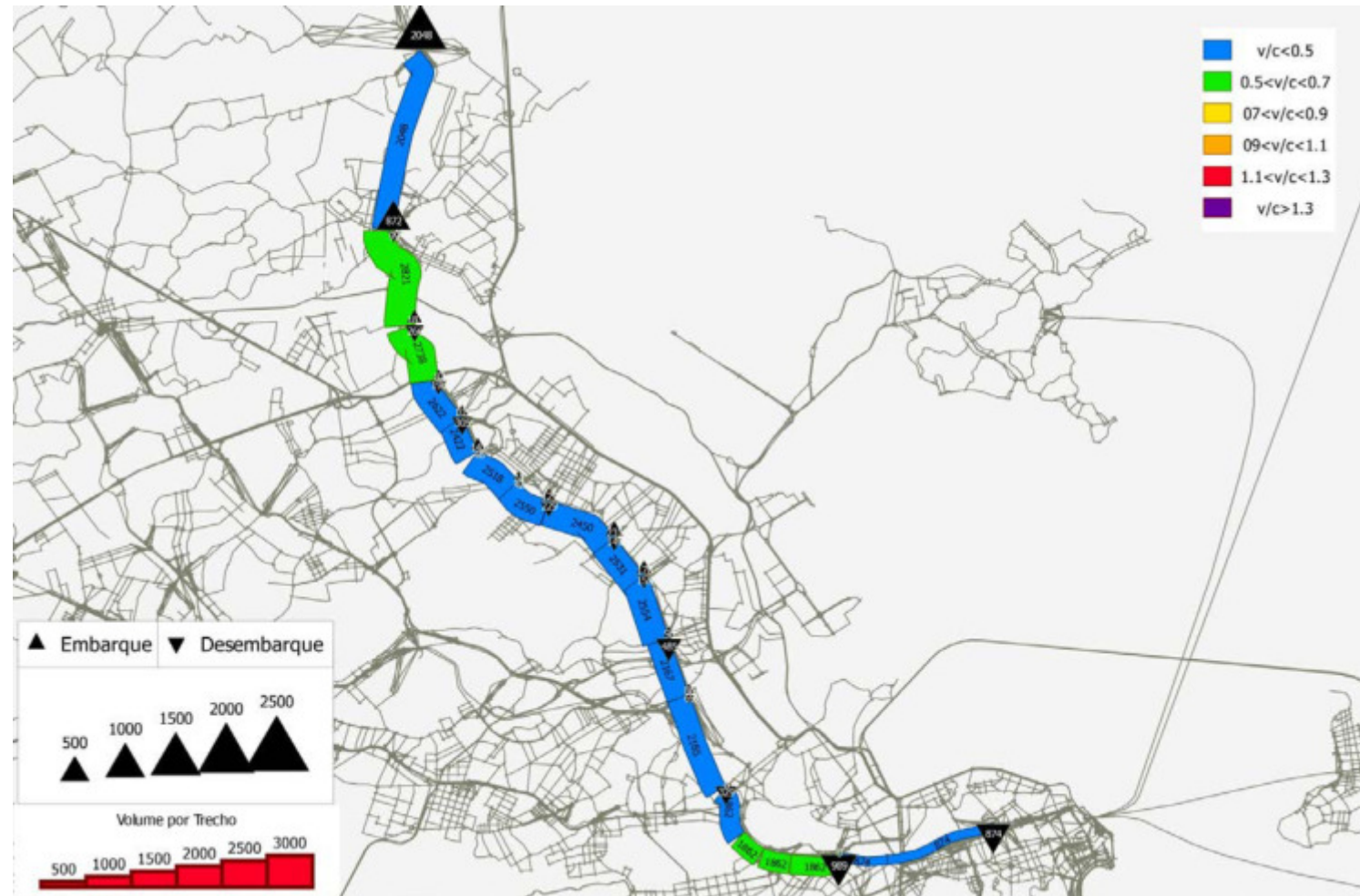


Figura J10 – Perfil do Trem: Gramacho x Central – Pico da manhã

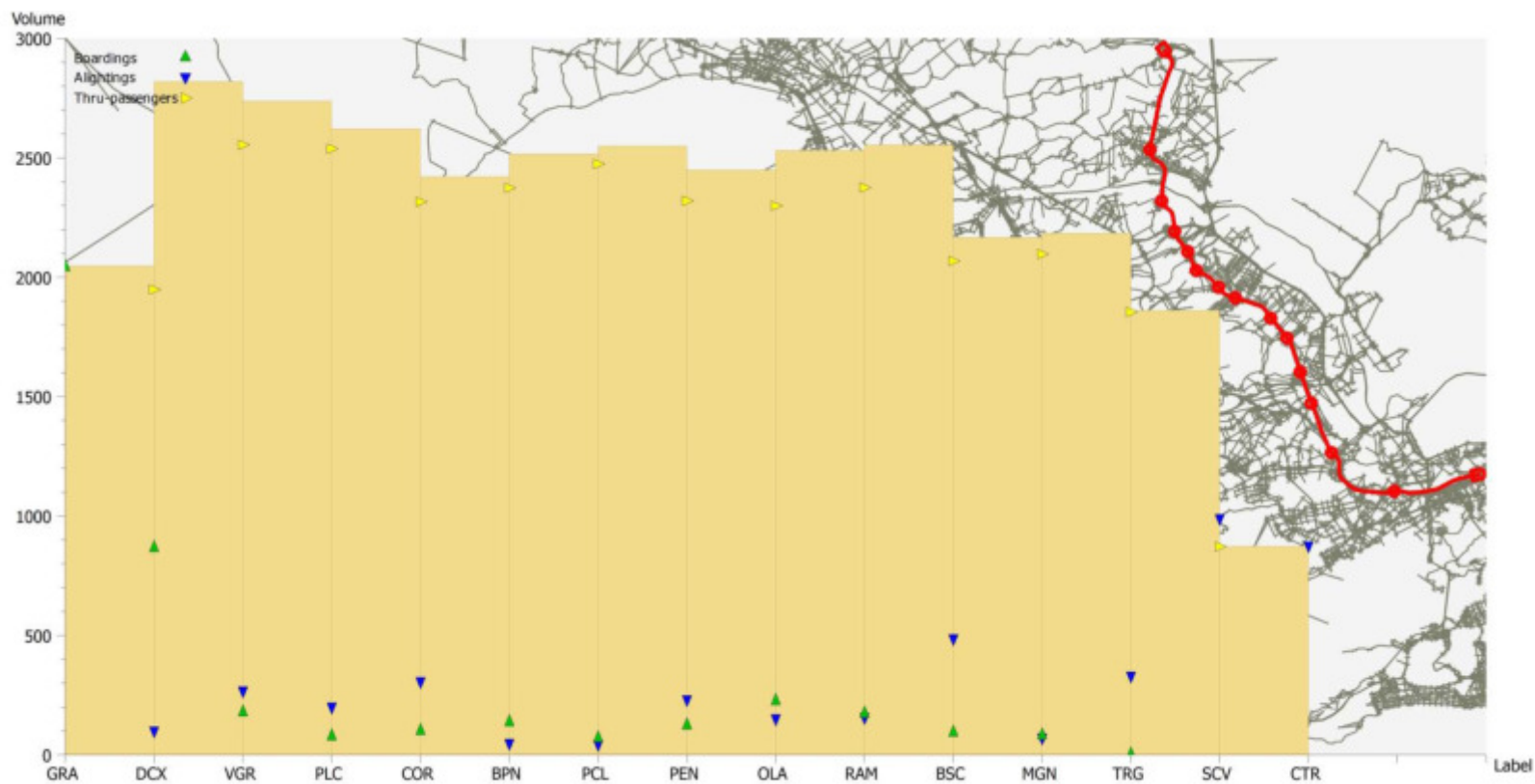


Figura J11 – Carregamento do Trem: Japeri x Central – Pico da manhã

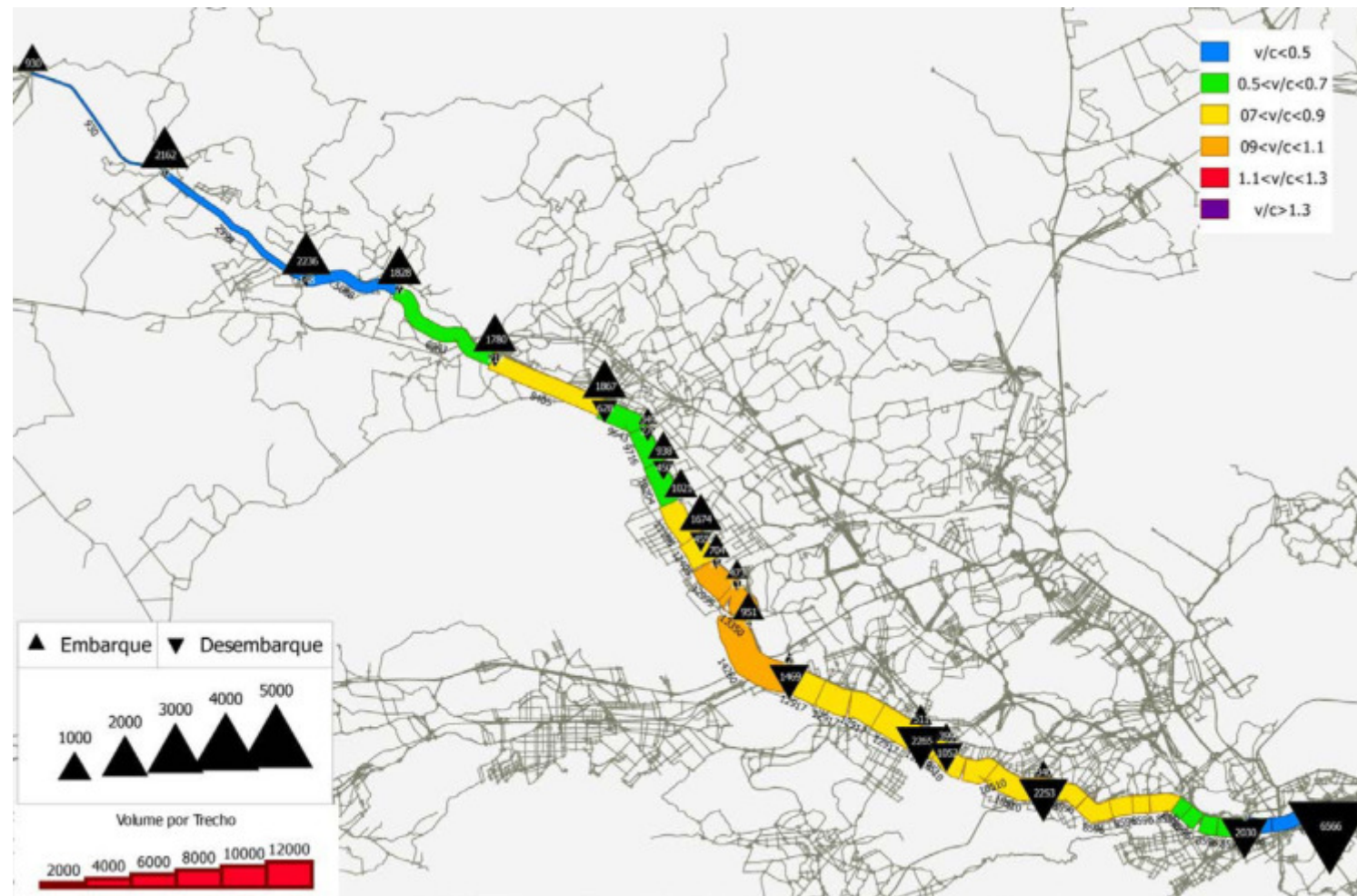


Figura J12 – Perfil do Trem: Japeri x Central – Pico da manhã

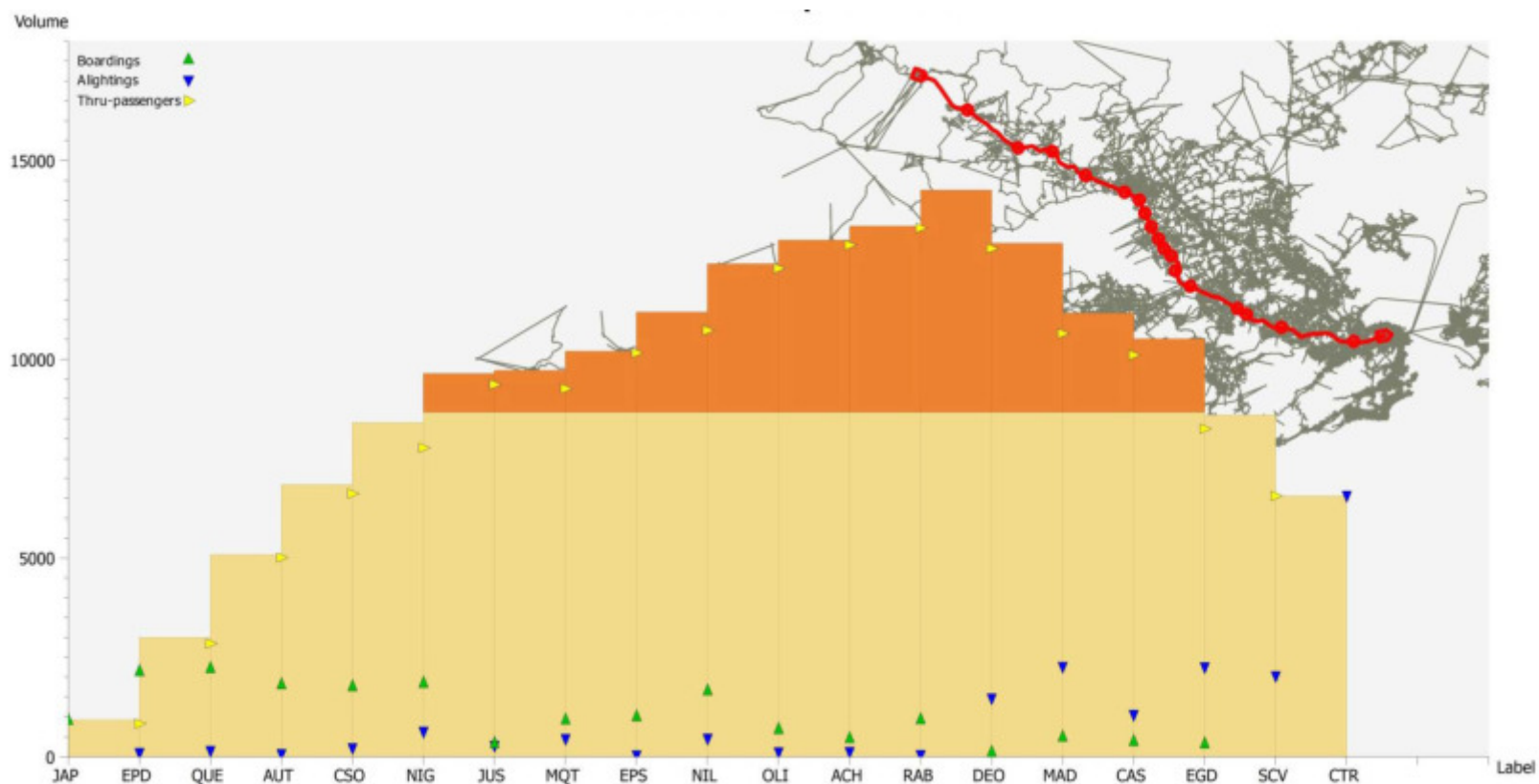


Figura J13 – Carregamento do Trem: Saracuruna x Central – Pico da manhã

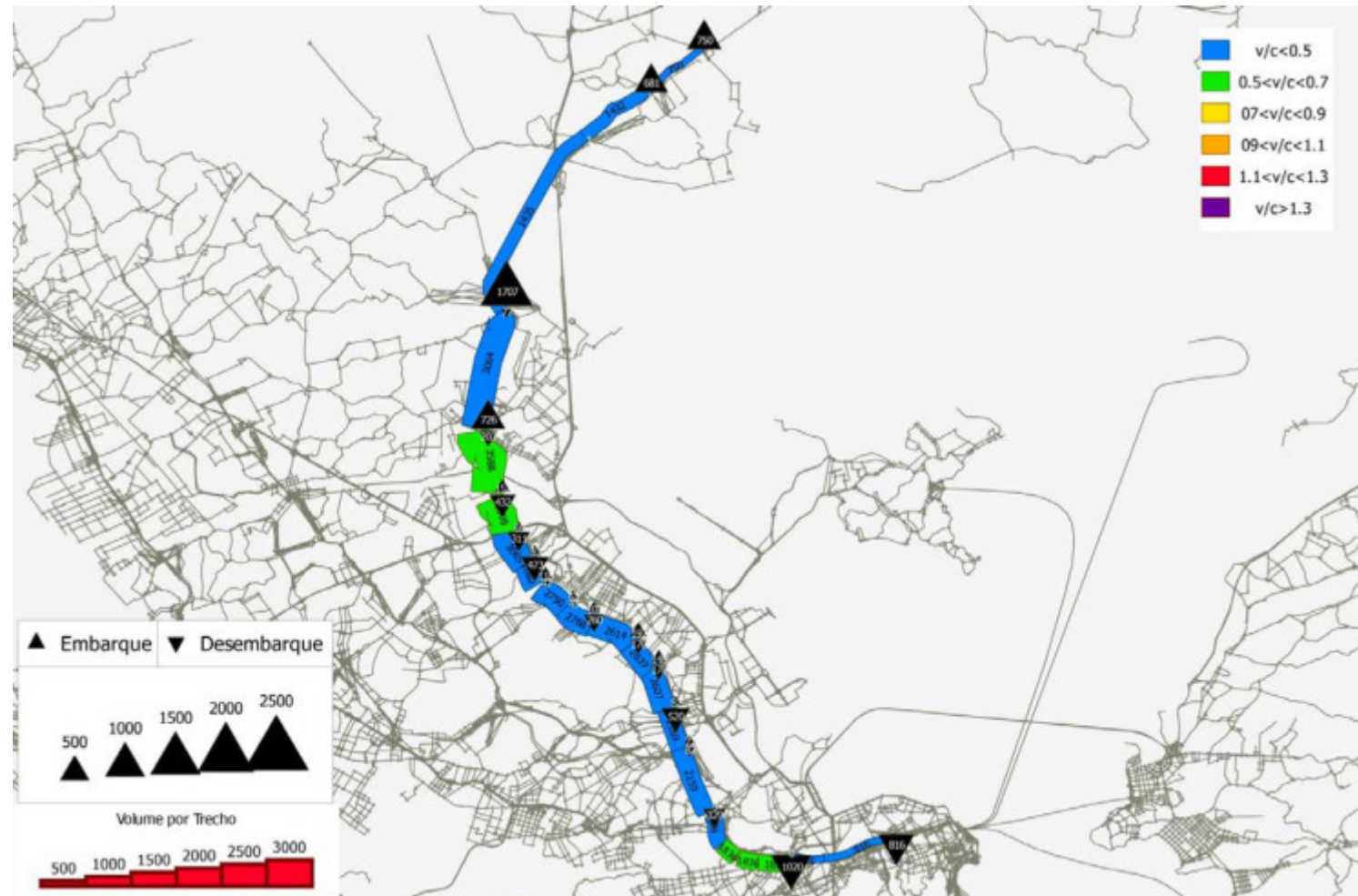


Figura J14 – Perfil do Trem: Saracuruna x Central – Pico da manhã

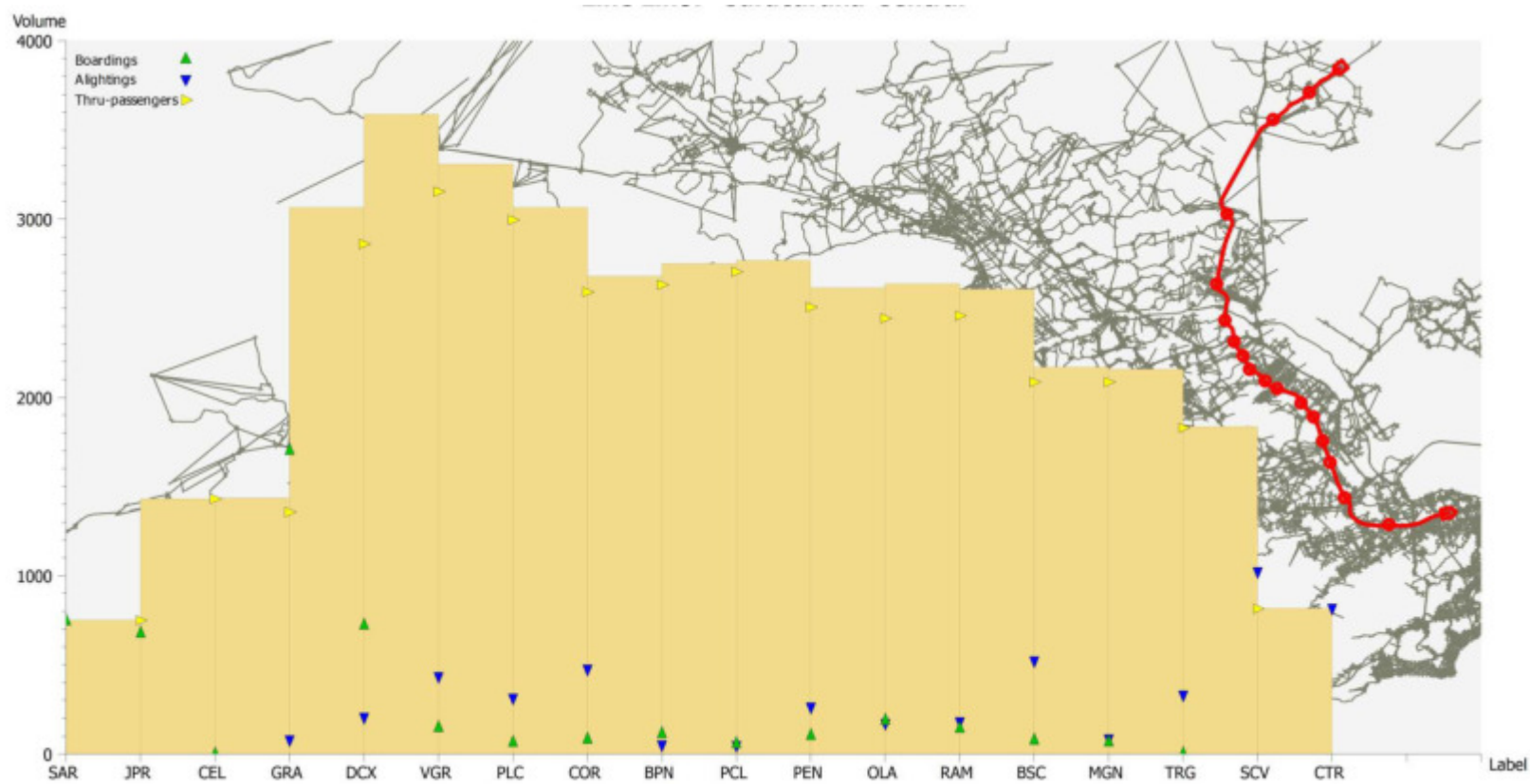


Figura J15 – Carregamento do Trem: Santa Cruz x Central – Pico da manhã

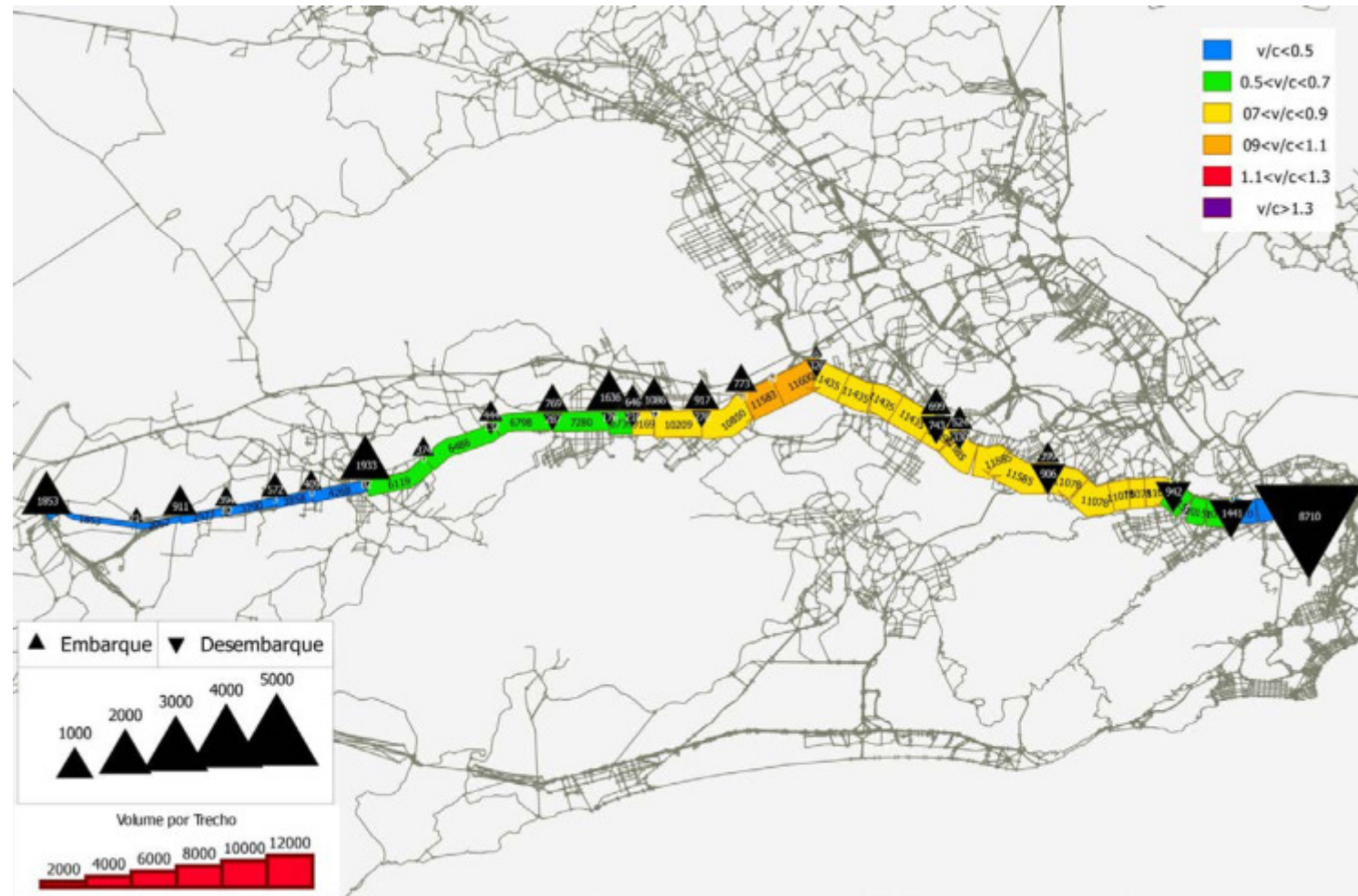


Figura J16 – Perfil do Trem: Santa Cruz x Central – Pico da manhã

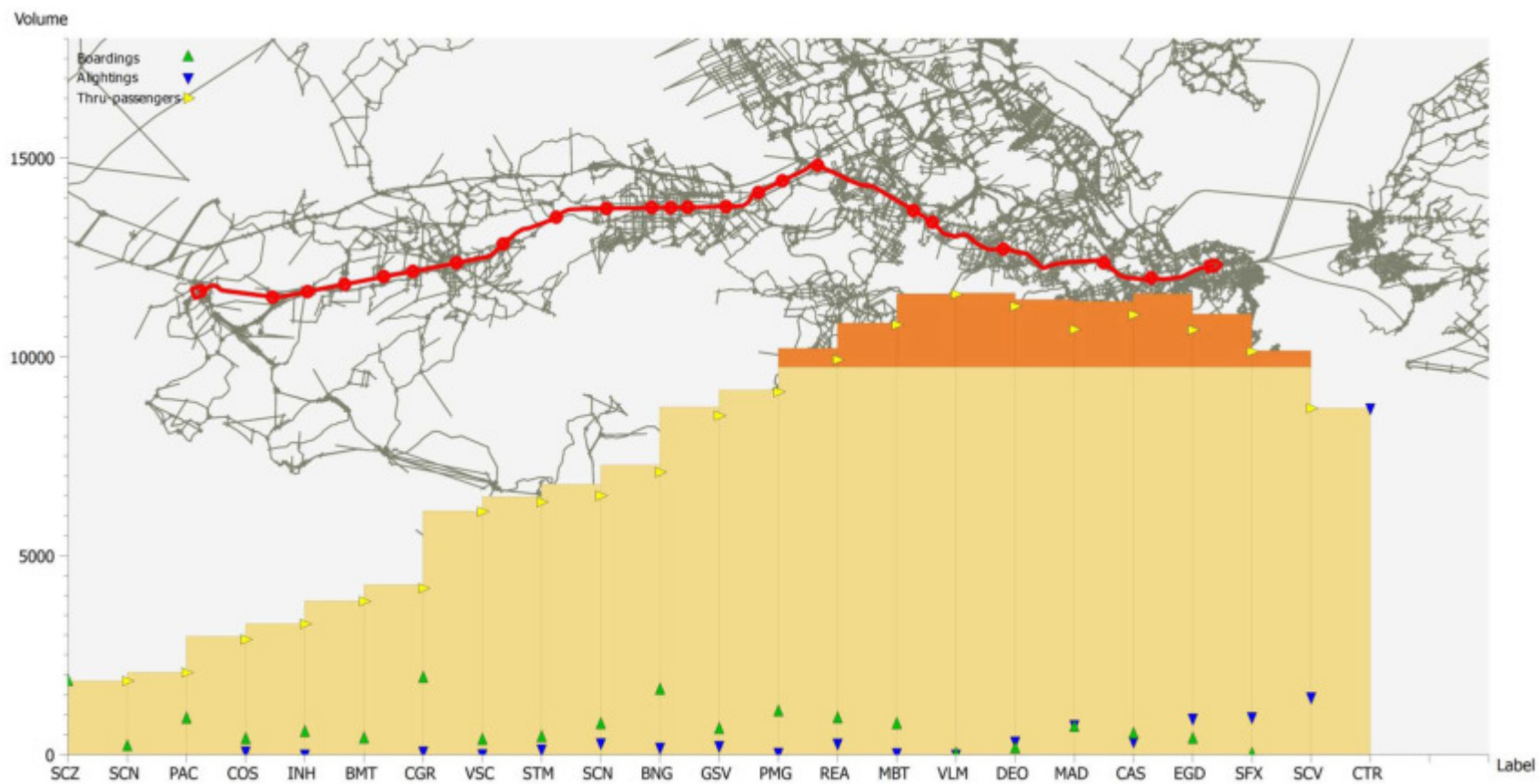




Tabela J2 – Resultados das Linhas Ferroviárias – Rede 2012 – Pico da manhã

Linha	Descrição	Modo	Veículo	Frota (definida pela frequência)	Frequência	Distância	Tempo de Ciclo	Passageiros Transportados	Pax/Km	Pax/Hora	V/C médio	V/C máximo	Carregamento médio	Carregamento máximo
Lin1	Deodoro-Central	t	502	3	18	21,91	50,86	2892	34784,4	1363	0,37	0,52	1587,6	2259,9
Lin10	Queimados-Central	t	501	2	45	48,16	88,24	1130	14596,4	465	0,09	0,21	303,1	723,8
Lin11	Campo Grande-Central	t	502	3	36	41,53	77,84	3052	52791,2	1676,6	0,59	0,84	1271,2	1830,1
Lin11R	Central-Campo Grande	t	502	3	30	41,53	77,84	1098	11892,9	365	0,11	0,18	286,4	467,4
Lin12	V. Inhom-Saracuruna	t	501	1	60	15,24	51,72	398	2472,5	138,5	0,06	0,08	162,2	211,7
Lin12R	Saracuruna-V. Inhom	t	501	1	60	15,24	51,72	128	893,1	49,4	0,02	0,05	58,6	123,4
Lin13R	Saracuruna-Guapimi	t	501	2	60	40,48	89,96	475	5648,3	227,9	0,05	0,16	139,5	409,2
Lin1R	Central-Deodoro	t	502	3	20	21,91	50,86	778	5211,9	198,7	0,06	0,09	237,9	342,2
Lin2	Santa Cruz-Central	t	501	6	16	54,66	87,59	14749	441032,7	11678,9	0,83	1,19	8068,7	11599,8
Lin2R	Central-Santa Cruz	t	501	6	16	54,66	87,59	1760	27577,8	747,9	0,05	0,08	504,5	791,1
Lin3	Bangu-Central	t	502	3	30	30,91	70,36	2082	26936,8	1042,1	0,34	0,57	871,5	1479,8
Lin3R	Central-Bangu	t	502	3	30	30,91	70,36	730	5483,8	204,6	0,07	0,1	177,4	260,1
Lin4	Japeri-Central	t	501	6	18	61,44	91,73	18290	489391,7	12584,1	0,92	1,65	7965,4	14259,6
Lin4R	Central-Japeri	t	501	7	15	61,44	91,73	3352	58482,5	1486,3	0,09	0,14	951,9	1466,6
Lin5	Nova Iguaçu-Central	t	501	2	45	35,35	66,03	715	8818,1	285,9	0,07	0,18	249,5	641,2
Lin5R	Central-Nova Iguaçu	t	501	3	30	35,35	66,03	307	2488,1	82,2	0,01	0,04	70,4	210,5
Lin6	Belford Roxo-Central	t	502	4	18	32,99	66,49	5159	75091,2	2561,2	0,53	0,73	2276,2	3176,5
Lin6R	Central-Belford Roxo	t	502	4	22	32,99	66,49	825	8854,2	303,3	0,08	0,15	268,4	526,3
Lin7	Gramacho-Central	t	501	3	25	25,34	52,01	4234	54248,6	1895,3	0,34	0,45	2140,8	2821,4
Lin7R	Central-Gramacho	t	501	2	45	25,34	52,01	310	2999,3	104,7	0,03	0,05	118,4	182,7
Lin8	Saracuruna-Central	t	501	3	30	36,12	71,18	4963	76137,6	2564,7	0,41	0,69	2107,9	3587,6
Lin8R	Central-Saracuruna	t	501	3	30	36,12	71,18	762	9567,8	313,8	0,05	0,08	264,9	439,2
Lin9	Paracambi-Japeri	t	502	1	60	8,39	15,59	430	3401,1	104,7	0,31	0,33	405,4	429,8
Lin9R	Japeri-Paracambi	t	502	1	60	8,39	15,59	273	2048,2	62,7	0,19	0,21	244,1	273,2

Figura J17 – Carregamento das Barcas: Sistema – Pico da manhã

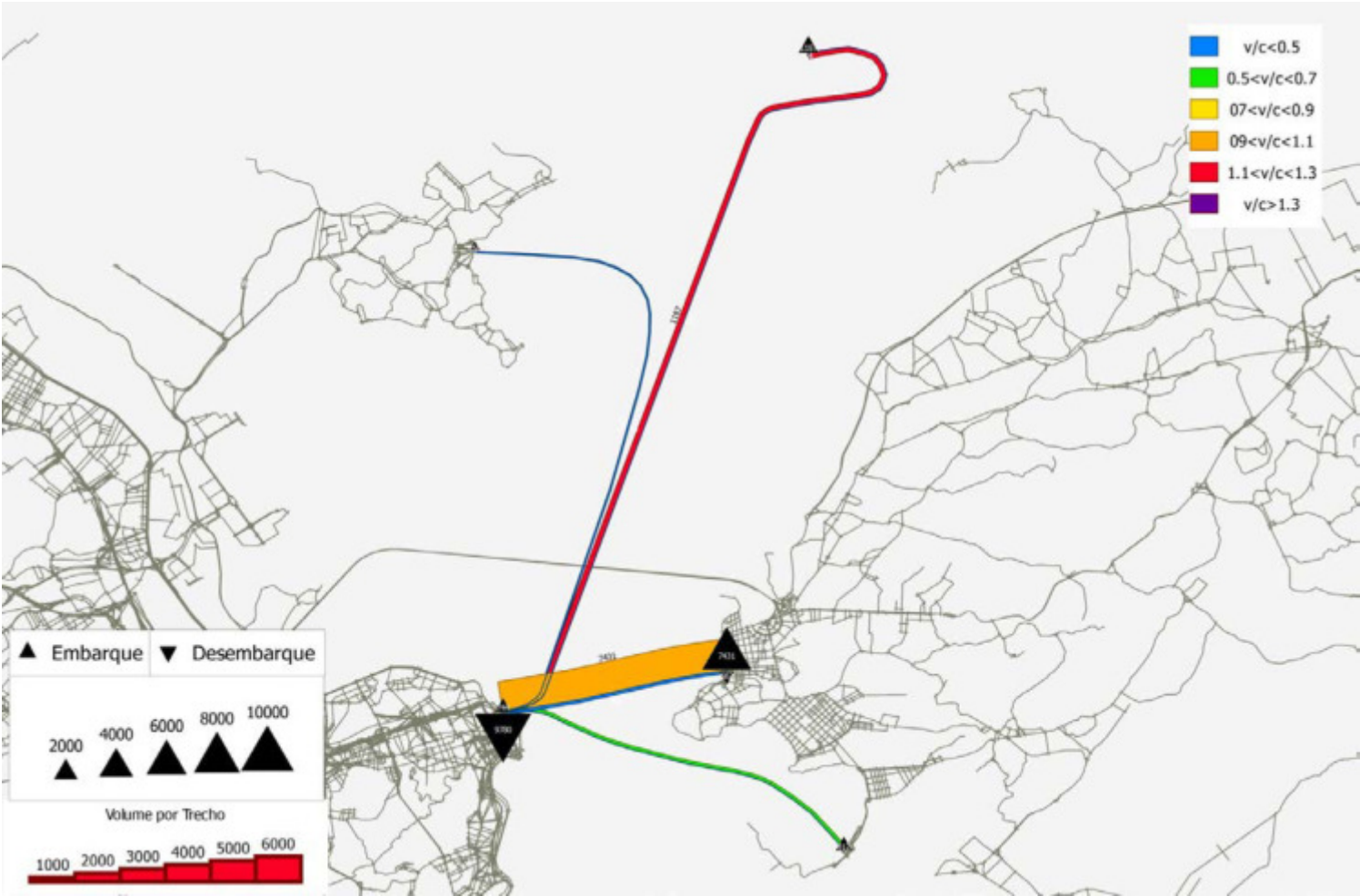


Tabela J3 – Resultados das Linhas de Barcas – Rede 2012 – Pico da manhã

Linha	Descrição	Modo	Veículo		Frequência	Distância	Tempo	Passageiros	Pax/Km	Pax/Hora			Carregamento	Carregamento
-------	-----------	------	---------	--	------------	-----------	-------	-------------	--------	----------	--	--	--------------	--------------



				Frota (definida pela frequência)			de Ciclo	Transportados			V/C médio	V/C máximo	médio	máximo
Fer1	Praça- Niteroi	f	601	3	10	4,99	21	682	3403,2	238,7	0,09	0,09	682	682
Fer1R	Niteroi- Praça	f	601	3	10	4,99	21	7431	37081,4	2600,9	0,95	0,95	7431,1	7431,1
Fer2	Praca- Paqueta	f	602	2	60	20,65	71	54	1106,2	63,4	0,05	0,05	53,6	53,6
Fer2R	Paqueta- Praca	f	602	2	60	20,65	71	1187	24510,5	1404,6	1,19	1,19	1187	1187
Fer3	PracaXV- Cocota	f	602	1	60	14,83	55,99	2	22,4	1,4	0	0	1,5	1,5
Fer3R	Cocota- Praca	f	602	1	60	14,83	55,99	350	5194,2	326,9	0,35	0,35	350,2	350,2
Fer4	Praca- Charitas	f	603	2	13	8,42	21	7	57	2,4	0	0	6,8	6,8
Fer4R	Charitas- Praca	f	603	2	13	8,42	20,77	812	6836,9	281	0,5	0,5	812	812

Figura J18 – Carregamento do BRT TransOeste – Pico da manhã

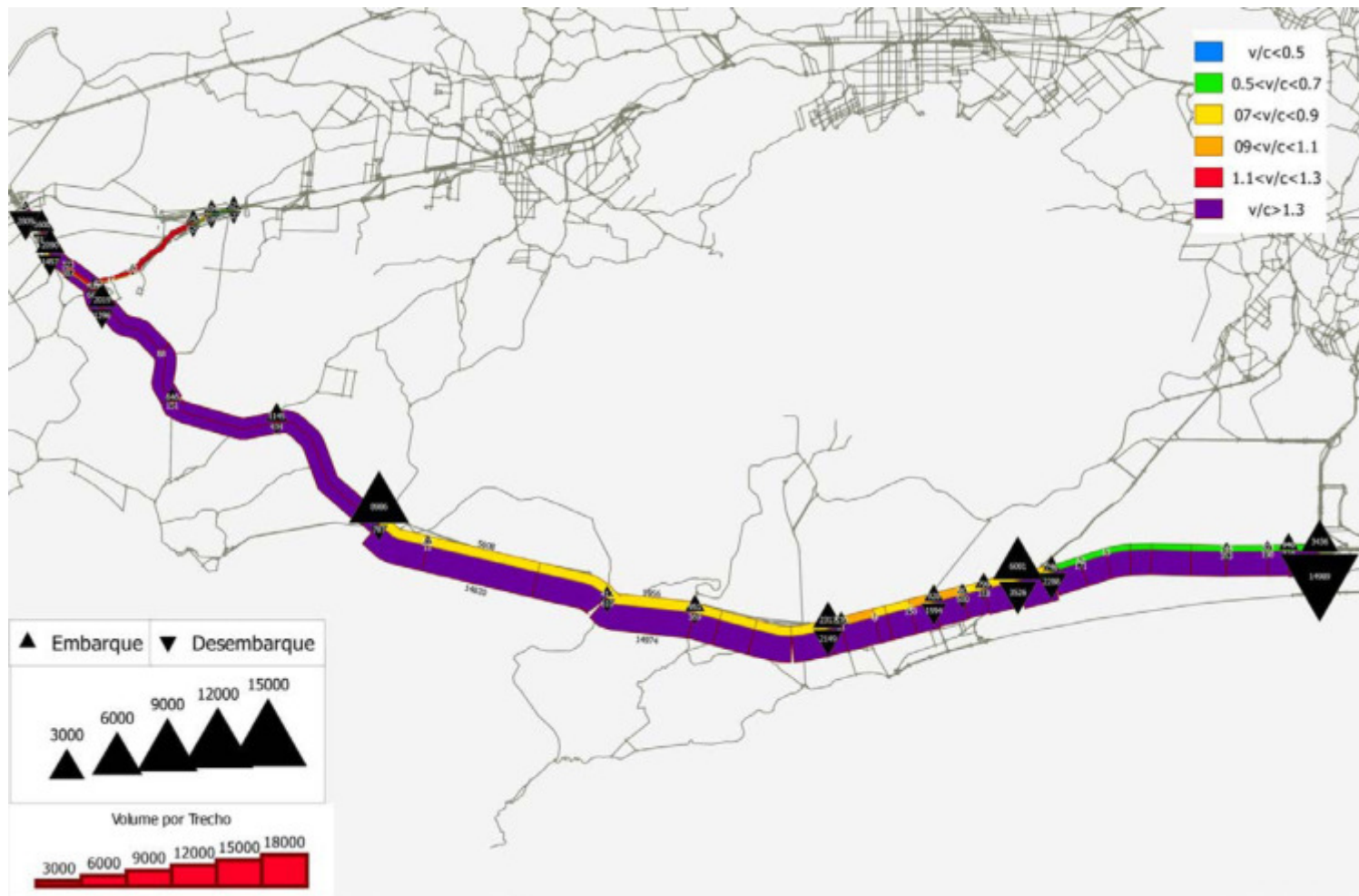


Tabela J4 – Resultados do BRT TransOeste – Rede 2012 – Pico da manhã

Linha	Descrição	Modo	Veículo	Frota (definida)	Frequência	Distância	Tempo de Ciclo	Passageiros Transportados	Pax/Km	Pax/Hora	V/C médio	V/C máximo	Carregamento médio	Carregamento máximo
-------	-----------	------	---------	------------------	------------	-----------	----------------	---------------------------	--------	----------	-----------	------------	--------------------	---------------------



				pela frequência)										
BRT1	Alvorada - Recreo	r	701	4	10	12,7	30,7	2519	3336,4	125,1	0,24	1,2	262,7	1295,4
BRT1R	Recreio - Alvorada	r	701	4	10	12,7	30,7	1322	1897,3	74,1	0,14	0,43	149,4	468,1
BRT2	Alvorada - Mato Alto	r	701	6	10	27,35	53,35	2712	5231,1	166,9	0,18	1,2	191,3	1295,4
BRT2R	Mato Alto - Alvorada	r	701	6	10	27,35	53,35	1448	2120,5	80,1	0,07	0,43	77,5	468,1
BRT3	Santa Cruz - Alvorada	r	701	6	10	41,12	56,12	9313	268740,4	5791,3	6,05	7,59	6535,5	8196,4
BRT3R	Alvorada - Santa Cruz	r	701	6	10	41,12	56,12	5359	147924,4	3372,1	3,33	3,91	3597,4	4227,4
BRT4	Pingo D'água - Alvorada	r	701	5	10	34,24	42,24	4399	92017,6	1874	2,49	3,37	2687,4	3641
BRT4R	Alvorada - Pingo D'água	r	701	5	10	34,24	42,24	761	16453	338,4	0,44	0,6	480,5	648,8
BRT5	Mato Alto - Alvorada	r	701	4	10	27,35	33,35	3941	78317,4	1593,1	2,65	2,96	2863,5	3198,7
BRT5R	Alvorada - Mato Alto	r	701	4	10	27,35	33,35	556	9949	204,5	0,34	0,43	363,8	462
BRT6	Paciencia - Recreio	r	701	5	10	31,54	48,54	1851	30246,5	800,6	0,89	1,27	959	1375,8
BRT6R	Recreio-Paciencia	r	701	5	10	31,54	48,54	1638	19739,7	565,4	0,58	1,11	625,9	1202,3
BRT7	Santa Cruz-Recreio	r	701	5	10	28,42	40,42	499	5494,5	131	0,18	0,28	193,3	306,4
BRT7R	Recreio-Santa Cruz	r	701	5	10	28,42	40,42	1587	19076	492	0,62	1,21	671,2	1307,6
BRT9	Mato Alto - Recreio	r	701	2	10	14,65	17,65	107	1313,8	26,2	0,08	0,09	89,7	101,2
BRT9R	Alto Mato - Recreio	r	701	2	10	14,65	17,65	27	294,2	5,9	0,02	0,03	20,1	27,3

ANEXO K – FATORES P/A-O/D

Figura K1 – Mapa do Sistema de Zoneamento do PDTU

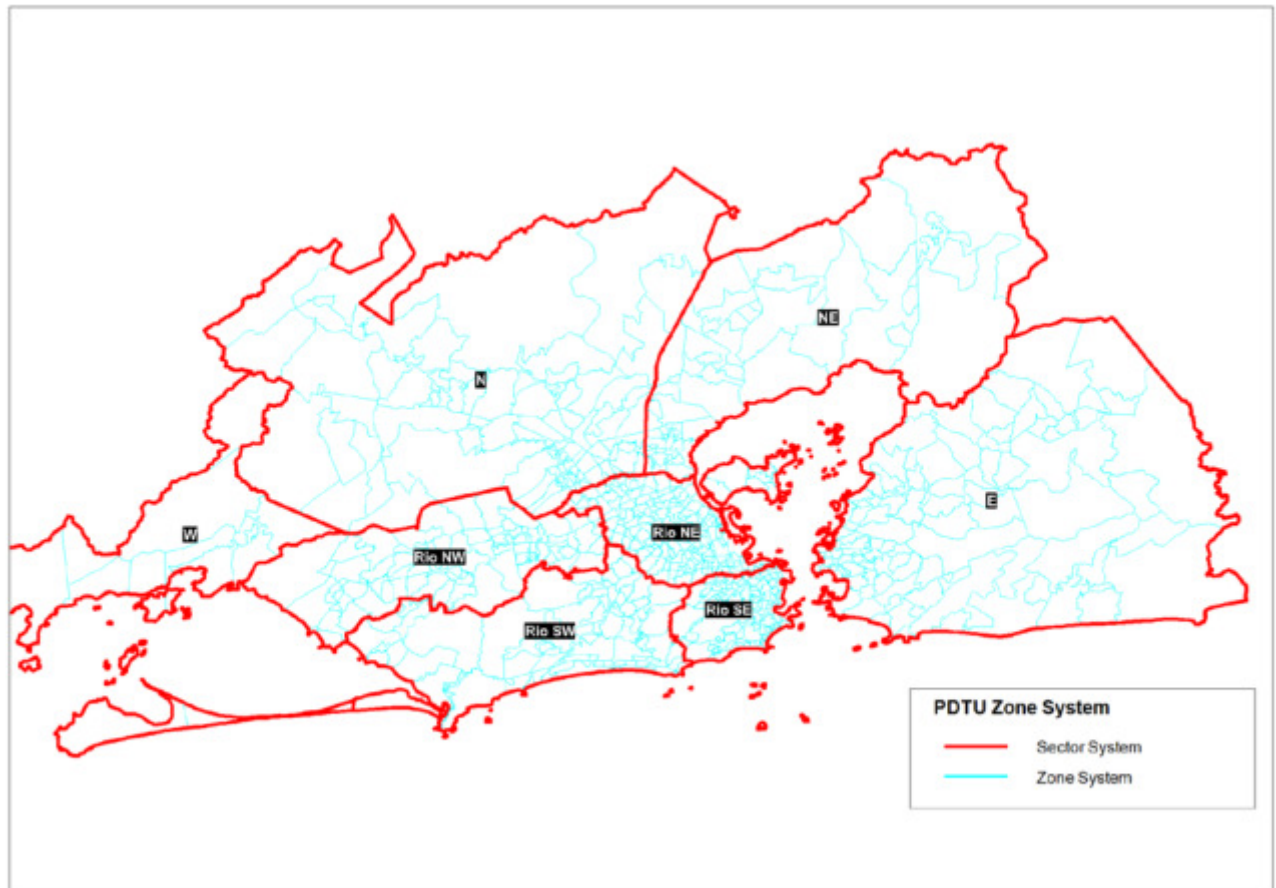


Figura K1 – Fatores P/A -- O/D – Transporte Individual – Pico da Manhã

AM

HBW1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,061	0,046	0,054	0,032	0,024	0,038	0,058	0,039
2	0,071	0,061	0,124	0,026	0,033	0,042	0,018	0,042
3	0,091	0,070	0,050	0,053	0,020	0,078	0,022	0,068
4	0,122	0,088	0,123	0,113	0,028	0,149	0,050	0,100
5	0,032	0,022	0,009	0,015	0,074	0,021	0,015	0,015
6	0,075	0,106	0,053	0,059	0,107	0,101	0,073	0,072
7	0,074	0,143	0,082	0,119	0,052	0,082	0,048	0,075
8	0,036	0,140	0,044	0,027	0,036	0,036	0,079	0,036

HBW2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,002	0,004	0,007	0,005	0,003	0,051	0,010	0,005
2	0,002	0,007	0,001	0,019	0,004	0,005	0,004	0,005
3	0,002	0,010	0,003	0,004	0,004	0,015	0,001	0,005
4	0,005	0,004	0,005	0,002	0,004	0,005	0,002	0,005
5	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,033	0,005
6	0,004	0,005	0,005	0,042	0,005	0,005	0,005	0,005
7	0,005	0,004	0,005	0,005	0,004	0,005	0,006	0,005
8	0,005	0,005	0,005	0,041	0,004	0,005	0,005	0,005

AM

HBE1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,071	0,012	0,027	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
2	0,026	0,109	0,245	0,089	0,058	0,058	0,058	0,058
3	0,133	0,050	0,096	0,018	0,198	0,348	0,056	0,112
4	0,015	0,015	0,023	0,095	0,015	0,015	0,015	0,015
5	0,036	0,007	0,007	0,007	0,130	0,046	0,007	0,007
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,070	0,432	0,033	0,070	0,070	0,070	0,098	0,070
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

HBE2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,025	0,010	0,010	0,010	0,005	0,010	0,117	0,010
2	0,010	0,010	0,010	0,130	0,005	0,010	0,010	0,010
3	0,010	0,050	0,018	0,010	0,005	0,010	0,010	0,010
4	0,010	0,010	0,010	0,010	0,005	0,010	0,010	0,010
5	0,331	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
6	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
7	0,010	0,010	0,010	0,010	0,005	0,010	0,010	0,010
8	0,010	0,010	0,010	0,010	0,005	0,010	0,010	0,010

AM

HBO1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,059	0,020	0,067	0,304	0,076	0,098	0,062	0,076
2	0,089	0,074	0,115	0,058	0,030	0,046	0,046	0,046
3	0,085	0,044	0,044	0,037	0,006	0,009	0,099	0,041
4	0,072	0,041	0,054	0,047	0,098	0,047	0,066	0,047
5	0,007	0,035	0,012	0,012	0,037	0,162	0,028	0,012
6	0,056	0,056	0,045	0,313	0,056	0,088	0,056	0,056
7	0,145	0,223	0,037	0,078	0,112	0,091	0,101	0,098
8	0,080	0,094	0,080	0,080	0,080	0,080	0,269	0,274

HBO2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,025	0,001	0,010	0,009	0,045	0,009	0,041	0,009
2	0,009	0,008	0,005	0,009	0,003	0,009	0,009	0,009
3	0,009	0,007	0,014	0,018	0,017	0,009	0,009	0,009
4	0,009	0,016	0,008	0,008	0,003	0,009	0,009	0,009
5	0,024	0,009	0,009	0,009	0,021	0,009	0,009	0,009
6	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
7	0,008	0,009	0,004	0,009	0,026	0,009	0,008	0,009
8	0,009	0,009	0,009	0,113	0,003	0,009	0,009	0,009

AM

NHBO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,043	0,026	0,030	0,047	0,031	0,138	0,106	0,047
2	0,046	0,014	0,024	0,118	0,051	0,032	0,032	0,032
3	0,005	0,036	0,017	0,034	0,088	0,101	0,029	0,034
4	0,006	0,015	0,015	0,036	0,076	0,015	0,015	0,015
5	0,004	0,014	0,003	0,003	0,038	0,018	0,003	0,003
6	0,021	0,021	0,021	0,021	0,084	0,081	0,021	0,021
7	0,054	0,163	0,054	0,232	0,054	0,054	0,035	0,054
8	0,060	0,398	0,060	0,085	0,060	0,060	0,060	0,060

Figura K2 – Fatores P/A – O/D – Transporte Individual – Pico da Tarde

PM

HBW1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,011	0,007	0,004	0,006	0,028	0,006	0,006	0,006
2	0,015	0,011	0,006	0,019	0,006	0,006	0,006	0,006
3	0,015	0,021	0,020	0,011	0,009	0,009	0,008	0,009
4	0,020	0,015	0,012	0,006	0,007	0,007	0,007	0,007
5	0,003	0,003	0,001	0,002	0,019	0,037	0,004	0,004
6	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,022	0,003	0,003
7	0,031	0,009	0,035	0,022	0,074	0,022	0,006	0,021
8	0,151	0,016	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021

PM

HBEd1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,034	0,041	0,080	0,041	0,041	0,041	0,218	0,041
2	0,047	0,043	0,056	0,034	0,022	0,022	0,022	0,022
3	0,157	0,001	0,048	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
4	0,026	0,026	0,061	0,148	0,026	0,026	0,026	0,026
5	0,037	0,006	0,006	0,006	0,053	0,031	0,008	0,008
6	0,013	0,013	0,104	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
7	0,024	0,024	0,106	0,024	0,024	0,024	0,089	0,024
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

PM

HBO1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,026	0,035	0,027	0,028	0,006	0,017	0,016	0,017
2	0,018	0,034	0,031	0,014	0,029	0,102	0,032	0,029
3	0,040	0,031	0,041	0,017	0,029	0,062	0,032	0,032
4	0,033	0,072	0,029	0,042	0,027	0,027	0,014	0,028
5	0,005	0,013	0,006	0,005	0,028	0,030	0,019	0,007
6	0,013	0,044	0,070	0,028	0,028	0,023	0,071	0,028
7	0,055	0,027	0,051	0,041	0,078	0,140	0,056	0,056
8	0,078	0,070	0,034	0,121	0,034	0,034	0,034	0,034

PM

NHBO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,126	0,045	0,157	0,037	0,260	0,050	0,044	0,090
2	0,081	0,130	0,117	0,019	0,053	0,083	0,261	0,083
3	0,128	0,124	0,114	0,083	0,122	0,028	0,037	0,080
4	0,047	0,123	0,141	0,104	0,085	0,154	0,110	0,085
5	0,003	0,002	0,015	0,009	0,080	0,218	0,018	0,013
6	0,027	0,017	0,022	0,017	0,078	0,010	0,017	0,017
7	0,054	0,097	0,049	0,010	0,253	0,077	0,156	0,077
8	0,150	0,042	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024

HBW2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,067	0,126	0,073	0,126	0,028	0,141	0,109	0,180
2	0,063	0,057	0,086	0,161	0,016	0,072	0,189	0,128
3	0,049	0,041	0,083	0,097	0,044	0,037	0,122	0,134
4	0,035	0,079	0,043	0,072	0,001	0,064	0,210	0,187
5	0,038	0,023	0,063	0,070	0,059	0,129	0,042	0,177
6	0,052	0,018	0,019	0,074	0,044	0,005	0,034	0,074
7	0,021	0,017	0,043	0,027	0,013	0,023	0,075	0,074
8	0,123	0,074	0,271	0,072	0,036	0,074	0,074	0,015

HBEd2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,002	0,087	0,031	0,032	0,031	0,032	0,032	0,032
2	0,032	0,045	0,070	0,032	0,012	0,032	0,032	0,032
3	0,034	0,064	0,025	0,032	0,012	0,032	0,032	0,032
4	0,032	0,032	0,032	0,021	0,012	0,032	0,302	0,032
5	0,069	0,312	0,116	0,032	0,035	0,174	0,032	0,032
6	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,289	0,032	0,032
7	0,032	0,032	0,032	0,032	0,012	0,285	0,009	0,032
8	0,032	0,032	0,032	0,032	0,012	0,032	0,032	0,032

HBO2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,018	0,027	0,042	0,036	0,018	0,038	0,055	0,038
2	0,036	0,017	0,023	0,046	0,013	0,083	0,038	0,242
3	0,015	0,043	0,023	0,031	0,005	0,038	0,061	0,050
4	0,039	0,023	0,020	0,030	0,018	0,038	0,031	0,038
5	0,035	0,038	0,096	0,038	0,031	0,038	0,021	0,038
6	0,038	0,062	0,016	0,038	0,019	0,024	0,141	0,789
7	0,038	0,038	0,007	0,038	0,007	0,041	0,021	0,038
8	0,038	0,038	0,038	0,024	0,013	0,038	0,038	0,038

Figura K3 – Fatores P/A – O/D – Transporte Coletivo – Pico da Manhã

AM

HBW1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,118	0,068	0,059	0,029	0,057	0,029	0,030	0,049
2	0,067	0,185	0,144	0,090	0,036	0,033	0,004	0,070
3	0,221	0,230	0,156	0,105	0,113	0,223	0,072	0,140
4	0,178	0,047	0,152	0,097	0,411	0,104	0,080	0,885
5	0,061	0,086	0,059	0,110	0,137	0,140	0,024	0,048
6	0,056	0,089	0,115	0,366	0,107	0,061	0,168	0,107
7	0,163	0,312	0,240	0,203	0,046	0,144	0,201	0,164
8	0,100	0,100	0,471	0,293	0,040	0,100	0,100	0,100

HBW2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,001	0,008	0,004	0,005	0,002	0,019	0,022	0,006
2	0,001	0,005	0,019	0,030	0,018	0,006	0,016	0,006
3	0,004	0,001	0,014	0,002	0,007	0,017	0,045	0,006
4	0,006	0,002	0,001	0,017	0,005	0,007	0,002	0,006
5	0,006	0,070	0,018	0,006	0,001	0,006	0,006	0,006
6	0,006	0,006	0,004	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006
7	0,006	0,002	0,001	0,006	0,005	0,006	0,012	0,006
8	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,006

AM

HBEd1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,112	0,062	0,061	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
2	0,170	0,163	0,241	0,335	0,175	0,175	0,492	0,175
3	0,175	0,152	0,235	0,034	0,287	0,445	0,166	0,166
4	0,026	0,026	0,067	0,112	0,026	0,026	0,026	0,026
5	0,021	0,021	0,165	0,021	0,019	0,062	0,021	0,021
6	0,759	0,107	0,097	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107
7	0,860	0,860	0,123	0,261	0,261	0,184	0,058	0,261
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

HBEd2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,002	0,003	0,004	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
2	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
3	0,003	0,003	0,006	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
4	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
5	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
6	0,003	0,003	0,068	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
7	0,003	0,003	0,057	0,030	0,002	0,003	0,003	0,003
8	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003

AM

HBO1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,013	0,002	0,033	0,007	0,006	0,007	0,001	0,007
2	0,022	0,025	0,018	0,017	0,010	0,010	0,010	0,010
3	0,029	0,017	0,040	0,054	0,195	0,066	0,019	0,052
4	0,063	0,014	0,067	0,053	0,025	0,025	0,025	0,025
5	0,005	0,005	0,031	0,005	0,018	0,016	0,005	0,005
6	0,010	0,009	0,026	0,009	0,009	0,034	0,009	0,009
7	0,030	0,054	0,028	0,328	0,065	0,011	0,072	0,065
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

HBO2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,015	0,002	0,024	0,005	0,003	0,005	0,017	0,005
2	0,005	0,007	0,008	0,007	0,003	0,005	0,005	0,005
3	0,005	0,005	0,006	0,041	0,003	0,058	0,027	0,005
4	0,005	0,003	0,005	0,001	0,003	0,005	0,005	0,005
5	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,005	0,005	0,005
6	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,025	0,013	0,005
7	0,005	0,005	0,008	0,005	0,003	0,033	0,015	0,005
8	0,005	0,005	0,005	0,023	0,003	0,005	0,005	0,005

AM

NHBO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,002	0,001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
2	0,007	0,010	0,115	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
3	0,016	0,042	0,010	0,019	0,028	0,028	0,134	0,028
4	0,001	0,001	0,001	0,010	0,001	0,001	0,001	0,001
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,027	0,003	0,003
7	0,046	0,046	0,046	0,107	0,259	0,046	0,046	0,046
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Figura K4 – Fatores P/A -- O/D – Transporte Coletivo – Pico da Tarde

PM

HBW1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,003	0,008	0,002	0,008	0,016	0,001	0,016	0,103
2	0,010	0,010	0,001	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
3	0,007	0,009	0,007	0,003	0,005	0,056	0,001	0,414
4	0,010	0,008	0,012	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005
5	0,020	0,011	0,013	0,011	0,028	0,020	0,042	0,011
6	0,007	0,008	0,001	0,006	0,018	0,002	0,010	0,006
7	0,009	0,028	0,012	0,009	0,017	0,006	0,002	0,009
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

HBW2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,060	0,103	0,093	0,104	0,049	0,134	0,145	0,071
2	0,022	0,055	0,084	0,101	0,219	0,242	0,168	0,071
3	0,021	0,045	0,067	0,111	0,116	0,070	0,077	0,071
4	0,002	0,022	0,066	0,083	0,096	0,071	0,067	0,071
5	0,019	0,016	0,097	0,041	0,059	0,022	0,173	0,071
6	0,012	0,071	0,043	0,085	0,058	0,042	0,055	0,865
7	0,071	0,027	0,018	0,015	0,049	0,031	0,043	0,009
8	0,071	0,071	0,023	0,071	0,066	0,071	0,223	0,073

PM

HBEd1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,030	0,004	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
2	0,129	0,074	0,030	0,038	0,030	0,030	0,030	0,030
3	0,109	0,005	0,031	0,039	0,025	0,025	0,015	0,025
4	0,418	0,065	0,076	0,011	0,065	0,065	0,012	0,065
5	0,005	0,005	0,005	0,005	0,069	0,009	0,005	0,005
6	0,014	0,014	0,018	0,014	0,014	0,094	0,014	0,014
7	0,019	0,038	0,046	0,098	0,038	0,139	0,005	0,038
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

HBEd2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,044	0,032	0,076	0,028	0,386	0,031	0,077	0,031
2	0,031	0,014	0,010	0,010	0,033	0,057	0,031	0,031
3	0,031	0,079	0,040	0,045	0,033	0,031	0,031	0,031
4	0,031	0,008	0,038	0,015	0,033	0,031	0,136	0,031
5	0,031	0,031	0,031	0,031	0,101	0,031	0,031	0,031
6	0,031	0,031	0,014	0,031	0,031	0,027	0,031	0,031
7	0,031	0,031	0,031	0,031	0,033	0,031	0,091	0,031
8	0,031	0,031	0,031	0,031	0,033	0,031	0,371	0,313

PM

HBO1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,042	0,004	0,009	0,080	0,004	0,003	0,011	0,019
2	0,017	0,016	0,019	0,006	0,010	0,014	0,009	0,010
3	0,064	0,025	0,023	0,026	0,019	0,015	0,032	0,025
4	0,005	0,003	0,003	0,051	0,011	0,027	0,011	0,011
5	0,019	0,024	0,037	0,075	0,066	0,044	0,026	0,024
6	0,012	0,012	0,040	0,012	0,012	0,034	0,023	0,012
7	0,120	0,051	0,030	0,006	0,037	0,058	0,028	0,037
8	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,039

HBO2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,017	0,049	0,043	0,033	0,002	0,026	0,068	0,283
2	0,009	0,022	0,032	0,025	0,160	0,017	0,082	0,033
3	0,026	0,030	0,025	0,023	0,012	0,017	0,012	0,033
4	0,033	0,023	0,017	0,021	0,173	0,033	0,002	0,033
5	0,005	0,081	0,042	0,033	0,026	0,033	0,066	0,033
6	0,007	0,013	0,032	0,033	0,033	0,005	0,049	0,033
7	0,011	0,110	0,015	0,033	0,034	0,012	0,016	0,033
8	0,033	0,033	0,033	0,033	0,327	0,033	0,033	0,037

PM

NHBO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,047	0,113	0,136	0,172	0,014	0,013	0,072	0,071
2	0,079	0,030	0,128	0,054	0,047	0,082	0,047	0,047
3	0,115	0,061	0,093	0,033	0,090	0,115	0,026	0,067
4	0,183	0,022	0,022	0,054	0,102	0,102	0,102	0,534
5	0,051	0,051	0,339	0,051	0,125	0,092	0,051	0,051
6	0,038	0,038	0,211	0,038	0,038	0,015	0,078	0,038
7	0,082	0,150	0,048	0,052	0,075	0,052	0,065	0,052
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

ANEXO L – VALIDAÇÃO DE MACROS

Este Anexo tem como objetivo fornecer os passos necessários para operação das macros desenvolvidas juntamente com o modelo de referência, tanto para transporte individual como coletivo. Partes integrantes deste documento são os arquivos digitais listados abaixo, disponibilizados no laboratório do PDTU:

- Flow_Validation_AM_final.xlsm
- Flow_Validation_PM_final.xlsm
- get_boarders.mac
- get_hw_flows.mac
- get_PAX.mac
- PT_Validation_Final_all_AM_Final.xlsm
- PT_Validation_Final_all_PM_Final.xlsm
- save_penalties.mac

1. Alocação de Transporte Individual (Automóveis Privados)

Os resultados da validação do transporte individual são extraídos do Emme utilizando-se as seguintes macros:

get_hw_flows.mac

Dependendo do período de tempo e do cenário relevante, a macro deve ser definida conforme instruções a seguir.

Para o período de pico da manhã - AM:

~<get_hw_flows.mac **Output_file_AM.txt** @flc01 @flc02 @flc03 @ce01 @trk01 @te01 @bf01

Onde:

Output_file_AM.txt Nome do arquivo gerado (output) – (será necessário para a macro do Excel em etapas futuras do processo)

@xxxxx Conforme discutido no relatório de calibração.

Uma vez que os arquivos output tenham sido produzidos, a tabela (**Flow_Validation_AM_final.xlsm**) será executada como segue:

- a. Na aba de controle, modifique o caminho para indicar o diretório aonde se encontra o arquivo acima (célula C3);
- b. Na célula C8 digite o nome do arquivo que foi criado anteriormente;
- c. Clique em Importar Fluxos.



Na tabela **AM-Screenlines** todos os números e estatísticas relevantes estão atualizados.

Para o período de pico da tarde - PM:

Em um cenário relevante, execute a macro da maneira que segue:

```
~<get_hw_flows.mac   Output_file_PM.txt  @flc07 @flc08 @flc09 @ce03 @trk03 @te03 @bf0
```

Deverá ser realizado o mesmo processo do período da manhã (AM), mas a validação deverá ser transmitida utilizando **Flow_Validation_PM_final.xlsm**

2. Alocação de Transporte Coletivo

Com o intuito de extrair os resultados para transporte coletivo, as seguintes macros devem ser executadas:

Para o período de pico da manhã - AM:

```
~<get_PAX.mac       AM_PT_Flows.txt    @flp11 @flp12 @flp13
```

```
~<save_penalties.mac AM_PT_Penalties.txt
```

```
~<get_boarders.mac  AM_PT__Boarders.txt
```

Onde:

AM_PT_Flows.txt	Nome do arquivo output para volume de passageiros (será necessário para a macro do Excel em etapas futuras do processo)
AM_PT_Penalties.txt	Nome do arquivo output para os nós de penalidade (será necessário para a macro do Excel em etapas futuras do processo)
AM_PT__Boarders.txt	Nome do arquivo output para os embarques (será necessário para a macro do Excel em etapas futuras do processo)
@xxxxx	Conforme discutido no relatório de calibração.

Uma vez que o arquivo output tenha sido produzido, a tabela **(PT_Validation_Final_all_AM_Final.xlsm)** deve ser executada como segue:

- Na aba de controle, modifique o caminho para indicar o diretório aonde se encontra o arquivo acima (célula C3);
- Digite os nomes dos arquivos que foram criados anteriormente nas células C8, C9 e C10 para volumes, embarques e penalidades, respectivamente;
- Clique em Importar Fluxos.

Na tabela nomeada **Tables** todos os números e estatísticas relevantes estão atualizados.

Para o período de pico da Tarde - PM:

Em um cenário relevante, execute a macro da maneira que segue:

~<get_PAX.mac AM_PT_Flows.txt @flp17 @flp18 @flp19

~<save_penalties.mac PM_PT_Penalties.txt

~<get_boarders.mac PM_PT_Boarders.txt

Deverá ser realizado o mesmo processo do período da manhã (AM), mas a validação deverá ser transmitida utilizando **PT_Validation_Final_all_PM_Final.xlsm**.

ANEXO M – VOT – VALOR DO TEMPO

Valor do Tempo - VOT⁹⁴

Considerando-se os deslocamentos como uma atividade meio, em economia de transportes o valor do tempo corresponde ao custo dispendido por um usuário em sua jornada, equivalente à oportunidade de deslocamento. Seria o montante monetário que um usuário estaria disposto a pagar, a fim de economizar tempo na realização de um deslocamento. O VoT também corresponde ao montante que o mesmo usuário aceitaria receber em troca do tempo perdido em um deslocamento, outrossim empregado em uma atividade fim.

Os valores do tempo adotados para o Modelo do PDTU foram determinados pelo Consórcio com base nas melhores práticas, em estudos locais realizados na RMRJ, bem como em *benchmarking*.

Para isso foram levantados dados de estudos da ANTT, de consultores independentes, inclusive a Sinergia, e ainda do Departamento de Transportes do Governo Norte Americano. Dentre os estudos elaborados pela Sinergia destaca-se o trecho de rodovia federal na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Por razões de confidencialidade não foi possível nominar os demais consultores.

A tabela M.1 apresenta o levantamento de valores do tempo de automóveis e caminhões obtidos para a realidade brasileira, enquanto a figura M.1 apresenta uma referência internacional de valores de tempo, de acordo com motivo de viagem e modal, segundo o governo dos Estados Unidos.

Tabela M.1 – *Benchmarking* de Valores do Tempo – Brasil

Fonte	Referência	VOT Automóveis	VOT Caminhões
ANTT	BR-262 ES/MG	R\$ 18,60	R\$ 62,40
	BR-101 BA	R\$ 15,00	R\$ 72,00
	BR-040 MG/DF	R\$ 21,25	R\$ 73,67
Estudos independentes	BR-262 ES/MG	R\$ 21,00	R\$ 71,00
	BR-101 BA	R\$ 17,00	R\$ 81,00
	Rodoanel SP	R\$ 30,00	-
Estudos Sinergia	Ponte Rio-Niterói	R\$ 27,50 a 29,50	-
	Metrô de Salvador	R\$ 19,00	-

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

⁹⁴ VOT – *Value of Time*. Em tradução livre, Valor do Tempo

Tabela M.1– Benchmarking de Valores do Tempo – Estados Unidos

Plausible Ranges for Hourly Values of Travel Time Savings (2009 U.S. \$ per person-hour)				
Category	Surface Modes* (except High-Speed Rail)		Air and High-Speed Rail Travel	
	Low	High	Low	High
Local Travel-				
Personal	\$8.40	\$14.30	--	--
Business	\$18.30	\$27.50	--	--
All Purposes **	\$8.90	\$14.90	--	--
Intercity Travel -				
Personal	\$14.30	\$21.50	\$27.40	\$41.00
Business	\$18.30	\$27.50	\$45.80	\$68.60
All Purposes **	\$15.20	\$22.80	\$34.80	\$52.20

Fonte: Departmental Guidance for Conducting Economic Evaluations Revision 2. U.S. Department of Transportation. Office of the Secretary of Transportation. September 28, 2011.

A partir dos dados mencionados foram definidos os valores adotados para o Modelo do PDTU, a partir de uma análise comparativa que visou compatibilizar tais valores à realidade socioeconômica e tarifária modeladas para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Verifica-se que, para os automóveis, os valores adotados são bastante semelhantes ou até mesmo menores que os levantados pelos estudos independentes realizados para rodovias na área de influência de regiões metropolitanas.

A tabela M.2 mostra os valores do tempo adotados para o Modelo do PDTU. HBW possui o maior valor, pois esse motivo de viagem também inclui viagens de ônibus na base domiciliar – casa/trabalho e viagens de negócios que não foram computadas pelas pesquisas domiciliares.

Tabela M.2 - Valores do Tempo 2012 – R\$/hora⁹⁵

Motivo da Viagem	VOT (Transporte Individual)	VOT (Transporte Coletivo)
Base Domiciliar - Casa/Trabalho (HBW)	R\$ 20,00	R\$ 15,00
Base Domiciliar - Casa/Estudo (HBEd)	R\$ 15,00	R\$ 11,25
Base Domiciliar - Casa/Outros (HBO)	R\$ 17,50	R\$ 13,13
Base Não Domiciliar (NHBO)	R\$ 17,50	R\$ 13,13

Fonte: Consórcio Halcrow-Sinergia-Setepla

Por terem os mesmos valores, o HBO e o NHBO serão agrupados em uma mesma matriz e serão alocados ao mesmo tempo visando reduzir a quantidade de cálculos e o tempo de execução do modelo. Cabe lembrar que essa agregação não altera os resultados. Assim, caso esses motivos de viagem sejam alocados separadamente, os resultados obtidos serão os mesmos.

⁹⁵ Obs.: A conversão entre duração de viagens e os valores monetários foi determinada pelo Consórcio, tendo como base as melhores práticas e conhecimento local.

ANEXO N – BANCO DE DADOS - ÍNDICE

Estrutura de pastas de relatórios e banco de dados implementada no Laboratório do PDTU

-  PDTU2013 (K:)
 -  1 - Apresentacao
 -  2 - Relatorios Tecnicos
 -  Relatório 1 - Revisao das Informacoes Disponiveis
 -  Relatório 2 - Zoneamento e Plano Amostral
 -  Relatório 3 - Atualizacao da Base de Dados do PDTU
 -  Relatório 4 - Planejamento e Execucao das Pesquisas
 -  Relatório 5 - Análise da Evolução e Tendências Futuras do Uso do Solo
 -  Relatório 6 - Calibracao do Modelo da Rede Atual
 -  Relatório 7 - Planejamento de Transporte e Plano de Acoes para Viabilizar a Alternativa Minima
 -  Relatório 8 - Oferta e Instalação de Hardware, Software e Sistema de Ar Condicionado
 -  Relatório 9 - Avalizacao do Plano
 -  Relatório 10 - Treinamento
 -  Relatório 11 - Projeto Básico de Terminais
 -  Relatório 12 - Transporte de Cargas
 -  Relatório 13 - Síntese do PDTU
 -  3 - Banco de Dados
 -  Relatório 2 - Zoneamento e Plano Amostral
 -  Relatório 3 - Atualizacao da Base de Dados do PDTU
 -  Relatório 4 - Planejamento e Execucao das Pesquisas
 -  Relatório 5 - Análise da Evolução e Tendências Futuras do Uso do Solo
 -  Relatório 6 - Calibracao do Modelo da Rede Atual
 -  Relatório 7 - Planejamento de Transporte e Plano de Acoes para Viabilizar a Alternativa Minima
 -  Relatório 12 - Transporte de Cargas
 -  4 - Projeto Basico de Terminais
 -  Relatórios complementares
 -  Volume I - Introdução
 -  Volume II - Estação Madureira
 -  Volume III - Estação Olaria
 -  Volume IV - Estação Vicente de Carvalho
 -  Volume IX - Estação Nova Iguaçu
 -  Volume V - Estação Engenho de Dentro
 -  Volume VI - Estação Deodoro
 -  Volume VII - Estação Campo Grande
 -  Volume VIII - Estação Santa Cruz
 -  Volume X - Estação Pavuna