



PLAMUS

PLANO DE MOBILIDADE
URBANA SUSTENTÁVEL
DA GRANDE FLORIANÓPOLIS

Produto 3.3 Calibração dos Modelos de Demanda

Florianópolis

Janeiro/2015



CONSORCIO:



SUMÁRIO

1	Apresentação.....	11
2	Modelos de Geração de Viagens	12
2.1	Modelo de Produção de Viagens	12
2.1.1	CHAID- Método de detecção automática das interações	13
2.1.2	Definições e Antecedentes.....	13
2.1.3	Descrição dos critérios de CHAID	16
2.1.4	Prova de hipótese de independência	16
2.1.5	Ajuste do valor de P_{xk}	18
2.1.6	Modelos de Produção de viagens obtidos pela utilização do CHAID	20
2.1.7	Base de Dados	20
2.1.8	Árvore de segmentação para a amostra	21
2.1.9	Estimativa dos vetores de viagens produzidas.....	23
2.1.10	Análise dos resultados obtidos.....	32
2.2	Modelo de Atração de Viagens	33
2.2.1	Insumos Básicos.....	36
2.2.2	População	36
2.2.3	Empregos.....	38
2.2.4	Matrículas Escolares.....	39
2.2.5	Unidades espaciais de análise	41
2.2.6	Modelos de atração para a área de estudo.....	49
2.2.7	Atração base domiciliar por motivo de trabalho.....	50
2.2.8	Atração base domiciliar por motivo de estudo	51
2.2.9	Atração base domiciliar por outros motivos	53
2.2.10	Atração base não domiciliar	56
2.2.11	Estimativa do vetor de atração de viagens	58
2.2.12	Resumos de resultados obtidos	65
2.2.13	Modelo de produção com base não Domiciliar	66
2.3	Modelo de Escolha Discreta e Posse de Automóvel	68
2.3.1	Conjunto de Atributos Avaliados na Decisão	68
2.3.2	Modelo de Posse de Automóvel.....	69
2.3.3	Modelo de Posse de Automóvel: Domicílios Renda A	70
2.3.4	Modelo de Posse de Automóvel: Domicílios Renda B.....	72

2.3.5	Modelo de Posse de Automóvel: Domicílios Renda C.....	73
2.3.6	Análise de Resultados dos Modelos de Posse de Automóvel	74
3	Modelo de Distribuição de Viagens.....	75
3.1	Conversão dos vetores de produção e atração de viagens diárias para os vetores de viagens origem/destino por período.....	76
3.1.1	Resultados obtidos	80
3.1.2	Aplicação dos fatores	81
3.2	Modelo Gravitacional.....	81
3.2.1	Distribuição de distância de viagens	84
3.2.2	Ajuste do total de origens e destinos.....	84
3.2.3	Calibração da função de impedância	85
3.3	Resultados e Validação.....	86
4	Escolha Modal.....	92
4.1	Base de dados para modelagem	92
4.2	Conjunto de Atributos Avaliados na Decisão	92
4.3	Modelo de Escolha Modal.....	94
4.3.1	Modelo para Viagens com Base Domiciliar por Trabalho (BDT)	95
4.3.2	Modelo para Viagens com Base Domiciliar por Estudo (BDE).....	96
4.3.3	Modelo para Viagens com Base Domiciliar por Motivos Outros e com Base Não Domiciliar (BDO-BND).....	97
4.4	Análise de Resultados dos Modelos de Escolha Modal	97
5	Modelo de Alocação de Viagens.....	100
5.1	Metodologia	100
5.1.1	Alocação por Equilíbrio do Usuário (UE)	101
5.1.2	Alocação por Equilíbrio Estocástico do Usuário (SUE)	102
5.2	Síntese do modelo de Oferta	102
5.2.1	Zoneamento	102
5.2.2	Rede viária	104
5.2.3	Oferta Operacional: rotas de transporte público.....	110
5.2.3.1	Empresas Operadoras e Linhas de Serviço.....	110
5.2.3.2	Itinerário das Linhas de ônibus.....	111
5.2.3.3	Localização das Paradas de Ônibus	122
5.2.3.4	Frequência de Serviço	123

5.2.3.5	Frota	123
5.3	Preparação e calibração de variáveis para o Modelo de Alocação	124
5.3.1	Capacidade da rede viária	124
5.3.2	Controle de tráfego	126
5.3.3	Velocidades de fluxo livre.....	130
5.3.4	Valores-base das funções de fluxo de demora.....	134
5.3.5	Cálculo de Demora	137
5.3.6	Demora nos Links	137
5.3.7	Demora nas Intersecções	138
5.3.8	Tempos de Demora de Ônibus nas Paradas.....	141
5.3.9	Relação Velocidade de Automóveis x Velocidade de Ônibus	143
5.4	Processo de Alocação	143
5.4.1	Descrição do processo de alocação do modo privado	143
5.4.2	Criação do arquivo da rede (“network”)	145
5.4.3	Calibração do modelo de alocação.....	145
5.4.4	Descrição do processo de alocação do modo público	157
5.4.5	Calibração do modelo de alocação de transporte público.....	161
ANEXO I – Dicionário de Dados da Rede de Simulação.....		169
ANEXO II – Dicionário de Dados das Rotas.....		172

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1-1 – DESCRIÇÃO DE VARIÁVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DE DOMICÍLIOS	20
TABELA 2-2 - TAXAS DIÁRIAS DE PRODUÇÃO DE VIAGENS	23
TABELA 1-6 - RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO DE PRODUÇÃO APRESENTADOS POR MUNICÍPIO (VIAGENS DIÁRIAS REALIZADAS POR MODOS MOTORIZADOS INTERNOS À ÁREA DE ESTUDO) ...	24
TABELA 1-7 – RESULTADOS AGREGADOS DO MODELO DE PRODUÇÃO (VIAGENS DIÁRIAS INTERNAS À ÁREA DE ESTUDO E REALIZADAS POR MODOS MOTORIZADOS)	32
TABELA 1-8– POPULAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO EM 2014.....	36
TABELA 1-9 – EMPREGOS NA ÁREA DE ESTUDO EM 2014.....	38
TABELA 1-10 – MATRÍCULAS NA ÁREA DE ESTUDO EM 2014.....	40
TABELA 1-11 - VARIÁVEIS DE BASE DE DADOS- MODELO ATRAÇÃO	49
TABELA 1-12 – RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVO DE TRABALHO E CLASSE DE RENDA A.....	50
TABELA 1-13 – RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVO DE TRABALHO E CLASSE DE RENDA B.....	50
TABELA 1-14 – RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVO DE TRABALHO E CLASSE DE RENDA C.....	50
TABELA 1-15 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVO DE ESTUDO E CLASSE DE RENDA A	51
TABELA 1-16 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVO DE ESTUDO E CLASSE DE RENDA B	52
TABELA 1-17 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVO DE ESTUDO E CLASSE DE RENDA C	52
TABELA 1-18 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVOS OUTROS E CLASSE DE RENDA A.....	53
TABELA 1-19 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVOS OUTROS E CLASSE DE RENDA B	54
TABELA 1-20 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE DOMICILIAR, POR MOTIVOS OUTROS E CLASSE DE RENDA C	55
TABELA 1-21 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA A.....	56
TABELA 1-22 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA B.....	57
TABELA 1-23 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA C.....	57
TABELA 1-24 - NÚMERO DE VIAGENS ATRAÍDAS RESULTANTE DA APLICAÇÃO DO MODELO DE ATRAÇÃO DE VIAGENS.	59
TABELA 1-25 – RESUMO DOS MODELOS DE ATRAÇÃO ELABORADOS.....	65
TABELA 1-26 – RESULTADOS AGREGADOS DO MODELO DE ATRAÇÃO (VIAGENS MOTORIZADAS REALIZADAS NA ÁREA DE ESTUDO POR DIA)	65
TABELA 1-27 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA A.....	66

TABELA 1-28 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA B.....	67
TABELA 1-29 - RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA OS DESLOCAMENTOS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA C.....	67
TABELA 1-30 - ILUSTRAÇÃO DA CODIFICAÇÃO <i>DUMMY</i> VERSUS CODIFICAÇÃO DE EFEITO.....	69
TABELA 1-31– LISTA DE VARIÁVEIS EMPREGADA NA MODELAGEM.	69
TABELA 1-32- FAIXAS DE RENDA UTILIZADAS	70
TABELA 1-33 - ESTATÍSTICAS DO MODELO DE ESCOLHA MODAL PARA A CLASSE DE RENDA A.....	71
TABELA 1-34 – ESTIMATIVA DO MODELO DE POSSE DE AUTOMÓVEL PARA A CLASSE DE RENDA A.....	71
TABELA 1-35 - ESTATÍSTICAS DO MODELO DE ESCOLHA MODAL PARA A CLASSE E RENDA B.	72
TABELA 1-36 – ESTIMATIVA DO MODELO DE POSSE DE AUTOMÓVEL PARA A CLASSE DE RENDA B.....	72
TABELA 1-37 - ESTATÍSTICAS DO MODELO DE ESCOLHA MODAL PARA A CLASSE DE RENDA C.	73
TABELA 1-38– ESTIMATIVA DO MODELO DE POSSE DE AUTOMÓVEL PARA A CLASSE DE RENDA C.....	73
TABELA 2-1- PARÂMETROS DA FUNÇÃO DE IMPEDÂNCIA DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO.....	85
TABELA 2-2 - CÓDIGO DE MEGAZONAS	91
TABELA 3-1– LISTA DE VARIÁVEIS EMPREGADA NA MODELAGEM.	93
TABELA 3-2- ESTATÍSTICAS DO MODELO BDT DE ESCOLHA MODAL.	95
TABELA 3-3- ESTIMATIVA DO MODELO BDT DE ESCOLHA MODAL.....	95
TABELA 3-4 - ESTATÍSTICAS DO MODELO BDE DE ESCOLHA MODAL.....	96
TABELA 3-5 – ESTIMATIVA DO MODELO BDE DE ESCOLHA MODAL.....	96
TABELA 3-6 - ESTATÍSTICAS DO MODELO BDO-BND DE ESCOLHA MODAL.....	97
TABELA 3-7- ESTIMATIVA DO MODELO BDO-BND DE ESCOLHA MODAL.	97
TABELA 3-12- MEDIDAS DE DESEMPENHO DE MODELOS MULTINOMIAL LOGIT PARA ESCOLHA DO MODO DE TRANSPORTE.	98
TABELA 4-1 TIPOLOGIAS OPERACIONAIS DA REDE VIÁRIA	106
TABELA 4-2- EXTENSÃO TOTAL DE VIAS POR HIERARQUIA.....	107
TABELA 4-3 NÚMERO DE LINHAS POR EMPRESA OPERADORA	110
TABELA 4-4 CÓDIGOS DE IDENTIFICAÇÃO DAS LINHAS DE ÔNIBUS.....	111
TABELA 4-5 - EXEMPLO DE DADOS DE FREQUÊNCIA POR LINHA DE ÔNIBUS.....	123
TABELA 4-6 FROTA DE VEÍCULOS POR EMPRESA	123
TABELA 4-7 - CAPACIDADE POR TIPOLOGIA.....	125
TABELA 4-8 - RESUMO DA RELAÇÃO DE TEMPO DE VERDE <i>VERSUS</i> TEMPO DE CICLO NAS INTERSEÇÕES ESTUDADAS	126
TABELA 4-9 - VELOCIDADES OBSERVADAS PARA AS HIERARQUIAS BÁSICAS	130
TABELA 4-10 - VELOCIDADES OBSERVADAS PARA AS HIERARQUIAS BÁSICAS	133
TABELA 4-11–VELOCIDADES DE FLUXO LIVRE POR TIPOLOGIA	133
TABELA 4-12- COMPONENTES DA FUNÇÃO FLUXO-DEMORA NOS LINKS	134
TABELA 4-13 - EXEMPLO DE PARÂMETROS DE UMA FUNÇÃO DE FLUXO-DEMORA	135
TABELA 4-14- RESULTADOS DO TEMPO DE ESPERA ESTIMADO	142
TABELA 4-15 – ATRIBUTOS DA TABELA DE MODO.....	142
TABELA 4-16 - ATRIBUTOS DA REDE MULTIMODAL DE VEÍCULOS LEVES/CAMINHÕES LEVES.....	145
TABELA 4-17 – VALORES <i>DEFAULT</i> DOS PARÂMETROS DA FUNÇÃO DE DEMORA	147
TABELA 4-18 - VALORES FINAIS DOS PARÂMETROS DA FUNÇÃO DE DEMORA	147

TABELA 4-19 - PARÂMETROS ALFA E BETA AJUSTADOS	148
TABELA 4-20 – MODO DAS ROTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	157

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - EXEMPLO DE ÁRVORE DE SEGMENTAÇÃO GERADA ATRAVÉS DE CHAID.....	15
FIGURA 1.2 – TOTAL DE VIAGENS PRODUZIDAS. EM VALORES DIÁRIOS, POR MUNICÍPIO DA ÁREA DE ESTUDO.	25
FIGURA 1.3 – TOTAL DE VIAGENS PRODUZIDAS POR MOTIVO, EM VALORES DIÁRIOS, POR MUNICÍPIO DA ÁREA DE ESTUDO.	26
FIGURA 1.4 – DENSIDADE DE VIAGENS PRODUZIDAS POR ZONA.	27
FIGURA 1.5 – DENSIDADE DE VIAGENS PRODUZIDAS COM BASE DOMICILIAR E POR MOTIVO DE TRABALHO (HBW, EM NÍVEL DE ZONAS).	28
FIGURA 1.6 – DENSIDADE DE VIAGENS PRODUZIDAS COM BASE DOMICILIAR E POR MOTIVO DE ESTUDO (HBS, EM NÍVEL DE ZONAS).	29
FIGURA 1.7 – DENSIDADE DE VIAGENS PRODUZIDAS COM BASE DOMICILIAR E POR MOTIVOS OUTROS (HBO, EM NÍVEL DE ZONAS).	30
FIGURA 1.8 – DENSIDADE DE VIAGENS PRODUZIDAS COM BASE NÃO DOMICILIAR (NHB, EM NÍVEL DE ZONAS).	31
FIGURA 1.9– POPULAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM 2014 EM NÍVEL DE MACROZONA.	37
FIGURA 1.10 – DENSIDADE POPULACIONAL EM 2014 NA ÁREA DE ESTUDO EM NÍVEL DE MACROZONA.37	
FIGURA 1.11 – EMPREGOS EM 2014 NA ÁREA DE ESTUDO EM NÍVEL DE MACROZONA.	39
FIGURA 1.12 - DENSIDADE DE EMPREGOS EM 2014 NA ÁREA DE ESTUDO EM NÍVEL DE MACROZONA.39	
FIGURA 1.13 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS MATRÍCULAS NA ÁREA DE ESTUDO NO ANO DE 2014.41	
FIGURA 1.14 - DENSIDADE DE MATRÍCULAS EM 2014 NA ÁREA DE ESTUDO EM NÍVEL DE MACROZONA.41	
FIGURA 1.15 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVO DE TRABALHO E CLASSE DE RENDA A POR UNIDADE DE ANÁLISE.	43
FIGURA 1.16 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVO DE TRABALHO E CLASSE DE RENDA B POR UNIDADE DE ANÁLISE.	43
FIGURA 1.17 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVO DE TRABALHO E CLASSE DE RENDA C POR UNIDADE DE ANÁLISE.	44
FIGURA 1.18 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVO DE ESTUDO E CLASSE DE RENDA A POR UNIDADE DE ANÁLISE.....	44
FIGURA 1.19 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVO DE ESTUDO E CLASSE DE RENDA B POR UNIDADE DE ANÁLISE.....	45
FIGURA 1.20 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVO DE ESTUDO E CLASSE DE RENDA C POR UNIDADE DE ANÁLISE.....	45
FIGURA 1.21 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVOS OUTROS E CLASSE DE RENDA A POR UNIDADE DE ANÁLISE.	46
FIGURA 1.22 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVOS OUTROS E CLASSE DE RENDA B POR UNIDADE DE ANÁLISE.	46
FIGURA 1.23 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS POR MOTIVOS OUTROS E CLASSE DE RENDA C POR UNIDADE DE ANÁLISE.	47
FIGURA 1.24 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA A POR UNIDADE DE ANÁLISE.	47

FIGURA 1.25 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA A POR UNIDADE DE ANÁLISE.	48
FIGURA 1.26 - MAPA TEMÁTICO DO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES DE ATRAÇÃO DE VIAGENS COM BASE NÃO DOMICILIAR E CLASSE DE RENDA A POR UNIDADE DE ANÁLISE.	48
FIGURA 1.27 - TOTAL DE VIAGENS PRODUZIDAS, EM VALORES DIÁRIOS, POR MUNICÍPIO DA ÁREA DE ESTUDO.	58
FIGURA 1.28 - TOTAL DE VIAGENS PRODUZIDAS POR MOTIVO, EM VALORES DIÁRIOS, POR MUNICÍPIO DA ÁREA DE ESTUDO.	59
FIGURA 1.29 – DENSIDADE DE VIAGENS ATRAÍDAS COM BASE DOMICILIAR E POR MOTIVO DE TRABALHO.	61
FIGURA 1.30 – DENSIDADE DE VIAGENS ATRAÍDAS COM BASE DOMICILIAR E POR MOTIVO DE ESTUDO.	62
FIGURA 1.31 – DENSIDADE DE VIAGENS ATRAÍDAS COM BASE DOMICILIAR E POR MOTIVOS OUTROS.	63
FIGURA 1.32 – DENSIDADE DE VIAGENS ATRAÍDAS COM BASE NÃO DOMICILIAR.	64
FIGURA 2.1 - DIAGRAMA DE CORRESPONDÊNCIA DE PRODUÇÃO E ATRAÇÃO PARA ORIGEM E DESTINO DE VIAGENS	76
FIGURA 2.2 - ESQUEMA ILUSTRATIVO DAS VIAGENS CONSIDERADAS PARA UM PERÍODO	77
FIGURA 2.3 - HISTOGRAMA DAS MACROZONAS SEGUNDO FATOR	80
FIGURA 2.4 - DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS DE UMA ZONA PARA OUTRAS	82
FIGURA 2.5 – TLD OBSERVADA - HORA DO PICO DA MANHÃ.....	86
FIGURA 2.7 – TLD OBSERVADA - HORA DO PICO DA TARDE	87
FIGURA 2.8 – TLD MODELADA – HORA DO PICO DA TARDE	87
FIGURA 2.9 – MEGAZONAS	88
FIGURA 2.10 - COMPARAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO - PERÍODO DE PICO DA MANHÃ	89
FIGURA 2.12 - LINHAS DE DESEJO HORA DE PICO DA MANHÃ (HPM) - TODOS OS MOTIVOS.....	90
FIGURA 2.13 - LINHAS DE DESEJO HORA DE PICO DA TARDE (HPT) - TODOS OS MOTIVOS	91
FIGURA 4.2- ZONAS DE TRÁFEGO NA ÁREA CENTRAL DE FLORIANÓPOLIS	103
FIGURA 4.3 - CONJUNTO DE ZONAS COM CENTROIDES E CONECTORES.....	103
FIGURA 4.4 - REDE VIÁRIA E ÁREA DE ESTUDO POR MUNICÍPIO	104
FIGURA 4.5 - HIERARQUIA VIÁRIA NA GRANDE FLORIANÓPOLIS	108
FIGURA 4.6 - HIERARQUIA VIÁRIA NO CENTRO DE FLORIANÓPOLIS	109
FIGURA 4.7 REDE VIÁRIA DE SUPORTE DA REDE DE TRANSPORTE COLETIVO	112
FIGURA 4.8 ITINERÁRIO DE LINHA INTERMUNICIPAL	113
FIGURA 4.9 ITINERÁRIO DE LINHA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS.....	113
FIGURA 4.10 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA INSULAR	114
FIGURA 4.11 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA EMFLOTUR	115
FIGURA 4.12 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA TRANSOL	116
FIGURA 4.13 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA CANASVIEIRAS.....	117
FIGURA 4.14 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA BIGUAÇU	118
FIGURA 4.15 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA JOTUR.....	119
FIGURA 4.16 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA IMPERATRIZ	120
FIGURA 4.17 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA SANTA TERESINHA	121
FIGURA 4.18 ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMPRESA JOTUR EM PALHOÇA	122

FIGURA 4.19 - RELAÇÃO DO TEMPO DE VERDE <i>VERSUS</i> O TEMPO DE CICLO NAS INTERSEÇÕES ESTUDADAS	127
FIGURA 4.20 - CAPACIDADE POR TIPOLOGIA	128
FIGURA 4.21- MAPA DA CAPACIDADE VIÁRIA NA REGIÃO DE ESTUDO	129
FIGURA 4.22 - MAPA DE VELOCIDADES OBSERVADAS NO PERÍODO DA MANHÃ	132
FIGURA 4.23 - GRÁFICO EXEMPLO FUNÇÃO FLUXO-DEMORA	135
FIGURA 4.24- FUNÇÃO VFD E DADOS OBSERVADOS DA RELAÇÃO VOLUME CAPACIDADE E VELOCIDADE PARA COLETORA TIPOLOGIA 30	136
FIGURA 4.26 - DURAÇÃO DE EMBARQUE X PASSAGEIROS EMBARCADOS (SOBE + DESCE)	141
FIGURA 5.26 – ETAPAS DA ALOCAÇÃO	144
FIGURA 4.28 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE CONTAGENS VEICULARES	146
FIGURA 4.29 - LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE CONTAGENS VEICULARES - CENTRO	146
FIGURA 4.30 - VOLUME OBSERVADO X MODELADO - VEÍCULOS LEVES – HORA DO PICO DA MANHÃ	149
FIGURA 4.31 - VOLUME OBSERVADO X MODELADO - VEÍCULOS LEVES – HORA DO PICO DA TARDE .	149
FIGURA 4.33 - ALOCAÇÃO DE VEÍCULOS LEVES – HORA DE PICO DA MANHÃ - CENTRO	151
FIGURA 4.34 - ALOCAÇÃO DE VEÍCULOS LEVES – HORA DE PICO DA TARDE - CENTRO.....	152
FIGURA 4.35 - VELOCIDADE MÉDIA NA HORA DO PICO DA MANHÃ.....	154
FIGURA 4.36 – VELOCIDADE NA HORA DO PICO DA MANHÃ - CENTRO	155
FIGURA 4.37 – VELOCIDADE NA HORA DO PICO DA TARDE - CENTRO	156
FIGURA 4.38 – EXEMPLO DA TELA “WEIGHTS” E “OTHERS” DO SOFTWARE TRANSCAD	160
FIGURA 4.39 – EXEMPLO DA TELA COM RESULTADOS DO PROCESSO DE ALOCAÇÃO DO SOFTWARE TRANSCAD	161
FIGURA 4.40 - LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS FOV	162
FIGURA 4.41 - LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS FOV – CENTRO	162
FIGURA 4.42 - ÍNDICE DE CORRELAÇÃO PASSAGEIROS OBSERVADOS X MODELADOS - HPM.....	163
FIGURA 4.43 - ÍNDICE DE CORRELAÇÃO PASSAGEIROS OBSERVADOS X MODELADOS - HPT	164
FIGURA 4.44 - ALOCAÇÃO DE DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO-HPM.....	165
FIGURA 4.45 - ALOCAÇÃO DE DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO-HPM - CENTRO	166
FIGURA 4.46 - ALOCAÇÃO DE DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO – HPT - CENTRO	167

1 APRESENTAÇÃO

O Plano de Mobilidade da Região Metropolitana da Grande Florianópolis - PLAMUS tem como um de seus instrumentos de análise de alternativas de intervenção na oferta e na demanda de transporte um modelo de simulação do sistema de transporte.

O presente relatório consiste na descrição das atividades de ajuste final da calibração do modelo de transportes, relatando as ações desenvolvidas relacionadas aos modelos de geração de viagens (produção e atração), de distribuição de viagens, de escolha discreta (escolha modal e posse de automóvel) e de alocação de viagens.

2 MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS

A análise da geração da demanda ou de viagens é de importância fundamental na análise e planejamento de transportes, uma vez que nesta etapa da modelagem é definida a demanda global a ser atendida nos diversos anos-horizonte de estudo. O objetivo da aplicação de modelos de geração de demanda é permitir a estimativa, para cada ano-horizonte considerado em dado período de tempo, das demandas totais produzidas e atraídas por cada zona de tráfego da área de estudo e seu entorno (total de extremos de viagens de cada zona de tráfego no período).

Os modelos de geração de demanda buscam determinar o potencial da zona como unidade produtora (modelos de produção) e consumidora/atratora (modelos de atração) de viagens, a partir das variáveis características de população, atividade econômica ou padrão de uso e ocupação do solo que descrevem cada zona.

Por ser a demanda por transportes derivada da demanda por outras atividades, os modelos de geração de viagens devem ser desenvolvidos independentemente para cada tipo de fluxo. Para o transporte de passageiros, tal procedimento procura levar em consideração o fato de que diferentes funções de demanda estão associadas às diferentes categorias socioeconômicas e à participação em atividades distintas (identificadas por motivos de viagem diferentes). Para o transporte de cargas, procura-se caracterizar a demanda específica de cada produto (ou grupo de produtos relativamente homogêneos). A capacidade de análise e a disponibilidade de dados impõem limitações práticas a tal tipo de desagregação.

Este capítulo descreve o desenvolvimento dos modelos de geração de demanda para a área de estudo.

2.1 MODELO DE PRODUÇÃO DE VIAGENS

O enfoque adotado para a análise de produção de viagens é o desagregado, no qual a unidade família é considerada como unidade de observação. A técnica de análise desagregada de categorias (*category analysis*) surgiu na Inglaterra e é a mais utilizada para a formulação de modelos. Esta técnica é também conhecida por análise de classificação cruzada ou *cross-classification*.

Este método é baseado na estimativa de taxas de viagens a partir de informações sobre deslocamentos e atributos capazes de caracterizar as famílias. A hipótese básica desta abordagem é a de que as taxas de produção de viagens permanecem constantes no tempo para categorias homogêneas de famílias. As famílias são categorizadas com base nos valores que assumem certas variáveis, tais como seu tamanho, a posse de automóvel, renda domiciliar, etc. Para cada tipo de família a taxa média de geração de viagens é determinada facilmente a partir de dados de pesquisas, desde que estes estejam disponíveis de forma bastante desagregada.

A determinação das taxas de produção de viagens é feita alocando-se as famílias, cujos dados estão disponíveis para a calibração, às células de classificação adotada e totalizando as viagens produzidas

pelos elementos de cada célula. A taxa de viagens é obtida, então, dividindo-se o total de viagens observadas (em geral por motivo) pelo número total de unidades de observação da célula.

A “arte” desta técnica consiste em escolher categorias de tal forma que os desvios-padrão das taxas de viagens sejam minimizados (Ortúzar e Willumsen, 1994), ou seja, de modo que o comportamento das famílias pertencentes a uma determinada célula apresente o máximo possível de homogeneidade. Entretanto, não existe um procedimento sistemático para a escolha das variáveis a serem utilizadas para a categorização que é feita, em alguns casos, através de uma análise exaustiva de múltiplas combinações, sugeridas por conhecimentos empíricos ou teóricos. Para a abordagem desta questão, utiliza-se neste trabalho o CHAID, um procedimento para modelagem de segmentação que será discutido a seguir.

Um sério problema da análise de categorias, quando utilizada para projeções, é a dificuldade de projetar o número de famílias por categoria, no ano-horizonte de projeto. Assim, embora uma categorização detalhada seja desejável para efeito de entendimento dos comportamentos, bem como para a avaliação de impactos que mudanças na composição socioeconômica da população exercem sobre o comportamento em relação às viagens, esta deve ser feita de modo a permitir que a etapa de projeção possa ser executada a contento.

2.1.1 CHAID- MÉTODO DE DETECÇÃO AUTOMÁTICA DAS INTERAÇÕES

2.1.2 DEFINIÇÕES E ANTECEDENTES

O CHAID (Magidson, 1993) é um procedimento para a execução de modelagem de segmentação baseado em critérios. Nesta metodologia de modelagem, definem-se segmentos a partir de combinações de variáveis independentes e homogêneas com relação a uma variável-critério de segmentação (a variável dependente). Estes modelos são considerados, na literatura consultada, adequados para previsões da variável dependente.

O CHAID (*Chi-squared Automatic Interaction Detection*), formulada por Kass (1980), constitui uma evolução do AID. As segmentações obtidas através deste método, em suas várias etapas, não são necessariamente dicotômicas. Além disso, as seguintes características distinguem esta técnica de sua antecessora: a utilização do multiplicador de Bonferroni para ajustes devido à inferência simultânea e a consideração apenas das variáveis estatisticamente significativas como candidatas para segmentação. Os resultados de uma análise através do CHAID são apresentados em forma de árvores de segmentação.

O nome dado à técnica sugere que a função do CHAID é a detecção de interações entre as variáveis. Esta, entretanto, é apenas uma de suas possíveis utilizações. Sua aplicação é particularmente indicada para os casos em que o método de análise consista em produzir e analisar (caso seja possível) todas as classificações cruzadas de variáveis e suas categorias. O CHAID permite a automatização de grande parte desse processo, rejeitando as classificações não significativas, permitindo focalizar a análise nas subdivisões potencialmente úteis.

Através da utilização do CHAID, as categorias (também chamadas de valores ou níveis) das variáveis independentes que são homogêneas com relação ao critério de segmentação (a variável dependente) são agregadas, enquanto que as categorias heterogêneas são mantidas separadas. Categorias de uma variável independente são consideradas homogêneas quando a distribuição de frequências de distribuição da variável dependente para cada uma delas não é significativamente distinta. O tipo de variável independente determina quais os agrupamentos permitidos de categorias.

Uma análise através do CHAID inicia-se com a divisão da população que está sendo considerada em dois ou mais grupos distintos, com base nas categorias da variável independente mais representativa (selecionada com base em critérios descritos no item 2.1.3). A seguir, estes grupos são analisados e, eventualmente, subdivididos em subgrupos menores. A apresentação dos resultados obtidos é feita em forma de árvores, cujos ramos (nós) correspondem aos grupos gerados. A Figura 2.1 apresenta um exemplo de árvore de segmentação gerada pelo CHAID, utilizando uma amostra para a estimativa e uma amostra de igual tamanho para um teste, em que a variável dependente é o total diário de viagens familiares com base domiciliar e motivo educação, sendo as variáveis independentes o número de estudantes, a renda e o número de automóveis das famílias. Em cada caixa estão contidas as seguintes informações: o número do nó, a taxa média de viagens por motivo educação, o desvio-padrão desta taxa, o número absoluto e a participação destas famílias na amostra e a taxa de viagens prevista pelo modelo para a amostra de teste. Abaixo de cada caixa que não representa um nó final, estão indicados valores relativos aos testes de hipóteses utilizados para a segmentação subsequente e o nome da variável selecionada para prosseguir a segmentação.

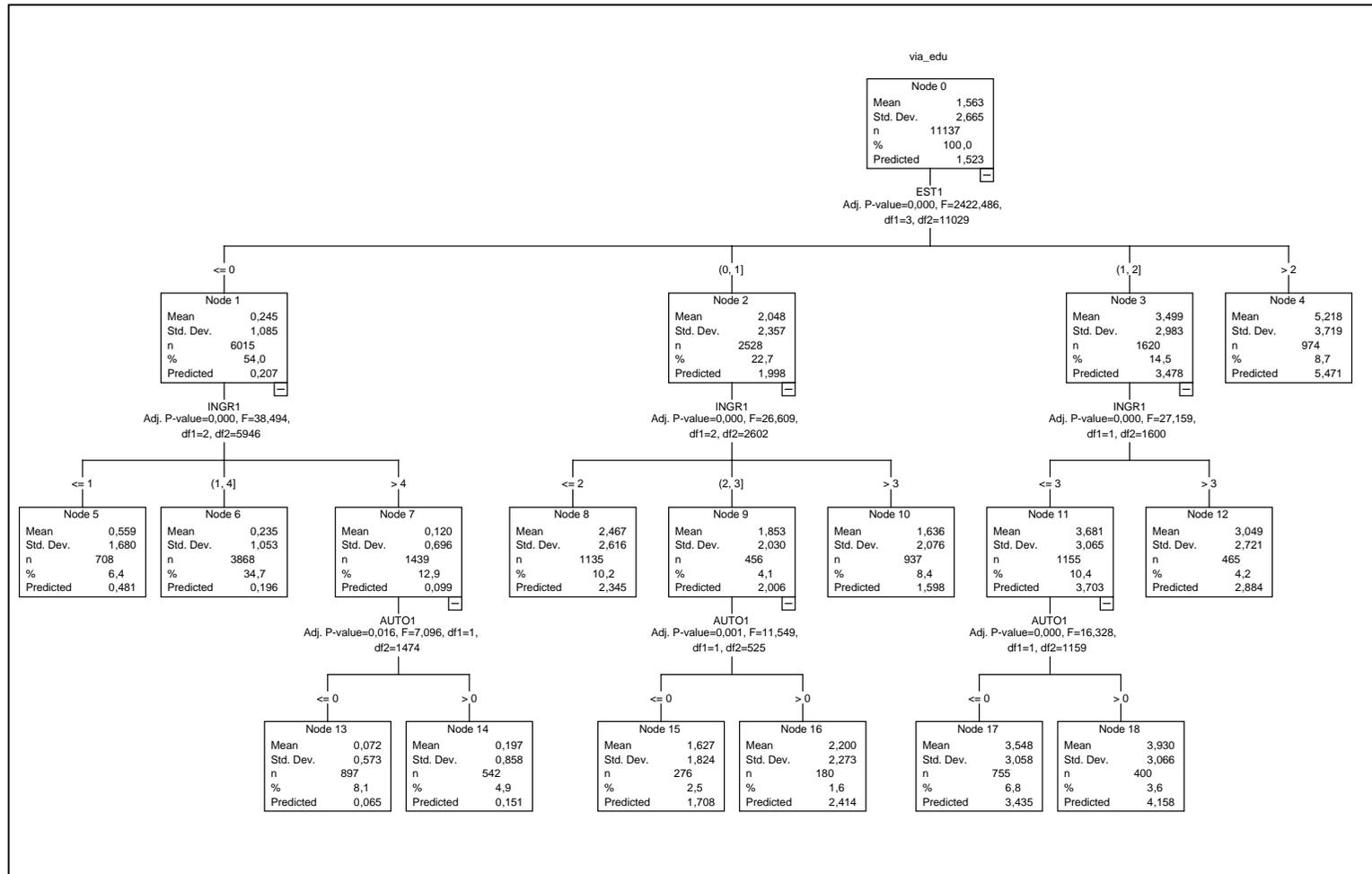


Figura 2.1 - Exemplo de árvore de segmentação gerada através de CHAID

2.1.3 DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE CHAID

O algoritmo utilizado pelo CHAID para a definição dos subgrupos constitui-se de 2 estágios, executados repetidamente:

- **Agregação:** Para cada variável independente X_k são testadas possíveis agregações, verificando-se as distribuições das frequências de observação da variável dependente Y através da utilização de testes de χ^2 simples, ou seja, avaliando se o conjunto não possui comportamento significativamente distinto para homogeneidade; dentre os pares verificados, são agregados os mais similares, isto é, aqueles com o menor valor da estatística χ^2 , criando-se novas categorias resultantes da união destes pares. Cada vez que três ou mais categorias originais são agrupadas, verifica-se a possibilidade de novas divisões e, então, testes χ^2 simples, para homogeneidade, são novamente aplicados para comparar cada categoria isolada com as demais agrupadas. Visando evitar que situações precedentes sejam recompostas, o critério para separação de categorias agregadas é mais severo que o adotado para a etapa de agregação. Estes procedimentos são repetidos até que só restem categorias significativamente distintas. Para a tabela final de classificação cruzada com categorias agregadas obtidas para a variável X_k é determinado o valor da probabilidade de erro na rejeição da hipótese de independência (ver item adiante), isto é, da probabilidade P de estabelecer uma relação inexistente entre a variável dependente e a variável independente considerada;
- **Segmentação:** Dentre as variáveis significativas, isto é, variáveis a que estão associadas probabilidade P de erro na rejeição da hipótese de independência menores que o nível de significância α adotado para a análise, é escolhida, em cada etapa de utilização do algoritmo, aquela a que está associada a menor probabilidade P para segmentar os grupos (segundo as categorias agregadas desta variável).

Estes passos são repetidos até que todos os subgrupos possíveis tenham sido analisados ou tenha sido atingido algum critério de parada (o menor número permitido de observações por grupo ou um valor máximo para as probabilidades P serem aceitas). Segundo Kass (1980), o algoritmo não garante que a segmentação ótima seja encontrada, porém apresenta bons resultados na prática. Os componentes básicos do procedimento estatístico são descritos a seguir.

2.1.4 PROVA DE HIPÓTESE DE INDEPENDÊNCIA

A verificação do erro ao estabelecer uma relação de associação entre uma variável independente X_k (com I categorias agrupadas) e uma variável dependente Y (com J categorias), dada a sua classificação cruzada com f_{ij} observações por célula, é executada no CHAID a partir de um teste χ^2 sobre a hipótese de

independência. A frequência F_{ij} esperada de observações em cada célula da classificação cruzada é estimada admitindo a hipótese de independência no seguinte modelo log-linear saturado:¹

$$H_1: \ln(F_{ij}) = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_{ij}^{XY}$$

Onde:

λ = parâmetro de modelo representando os efeitos de ambas variáveis sobre $\ln(f_{ij})$

λ_i^X, λ_j^Y = efeitos principais

λ_{ij}^{XY} = efeitos de interação.

Portanto, a hipótese de independência pode ser formulada como:

$$H_0: \lambda_{ij}^{XY} = 0, \text{ é dizer, } \ln(\hat{F}_{ij}) = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y$$

Onde:

\hat{F}_{ij} é a frequência de observação esperada, dada a hipótese de independência.

A estatística chi-quadrado para provar a hipótese de independência entre as variáveis X_k e Y pode ser calculada como:

$$\chi^2 = 2 \sum_{ij} f_{ij} \ln \left(\frac{f_{ij}}{\hat{F}_{ij}} \right) \quad (\text{Estatística } X^2 \text{ de máxima verossimilhança})$$

Ou, alternativamente;

$$\chi^2 = \sum_{ij} \frac{(f_{ij} - \hat{F}_{ij})^2}{\hat{F}_{ij}} \quad (\text{Estatística } X^2 \text{ de person})$$

Onde:

f_{ij} = Frequência observada

A probabilidade P_{X_k} de rejeição da hipótese H_0 é então obtida pela distribuição χ^2 com $(I-1)(J-1)$ graus de liberdade.

¹Modelos log-lineares constituem uma classe especial de técnicas estatísticas, formuladas para a análise de dados categóricos. São modelos úteis para descobrir as relações potencialmente complexas em tabelas de classificação cruzada multidimensionais (Norusis, 1994).

2.1.5 AJUSTE DO VALOR DE P_{X_k}

Conforme citado anteriormente, o CHAID ajusta as probabilidades calculadas devido aos efeitos causados pela inferência simultânea. Para melhor compreensão dos problemas originados por estes efeitos, admita-se um exemplo simples, em que duas variáveis, X_1 , com 2 categorias, e X_2 , uma variável livre com 5 categorias, sejam candidatas a variáveis de segmentação numa determinada etapa da utilização do algoritmo. Supõe-se que entre X_1 e a variável dependente Y exista uma relação significativa com nível de significância $\alpha = 0.05$. No caso de X_2 , existem 15 modos distintos de agrupar as 5 categorias da variável em dois grupos. Ainda que X_2 seja estatisticamente independente de Y , há uma probabilidade de que algum destes 15 modos de dicotomizar esta variável apresente uma relação mais significativa com Y que aquela observada entre Y e X_1 . Nesse caso, não seria correto concluir que X_2 é a variável mais “adequada” (estatisticamente mais significativa) para a subdivisão do subgrupo que está sendo analisado. Torna-se necessário, assim, verificar a probabilidade de se observar uma relação inexistente, entre Y e X_1 ou X_2 , para a determinação de qual variável (X_1 ou X_2) deve ser escolhida.

Por não ter sido desenvolvida uma teoria exata para a análise de significância de uma associação entre variáveis após o agrupamento de categorias, um ajuste faz-se necessário quando variáveis politômicas, isto é, com mais de duas categorias iniciais, forem agrupadas. Kass (1980)² sugere para esses casos uma aproximação baseada na aplicação do multiplicador de Bonferroni.

Generalizando, seja X_k uma variável politômica candidata a variável de segmentação, cujas c categorias iniciais foram agrupadas em r categorias, e n o número de possíveis formas distintas de agrupar as c categorias iniciais da variável X_k em r categorias finais. A cada uma destas possíveis classificações está associado um valor individual de probabilidade $P_{X_k}^l$ ($l=1,2,\dots,n$) distinto. Se fossem executados todos os testes de independência, a probabilidade P de estabelecer uma relação inexistente entre a variável dependente e a variável independente considerada (probabilidade de ocorrência de erro tipo I) poderia ser calculada.

Adotando a hipótese de que os resultados dos diversos testes são independentes, por exemplo, esta probabilidade seria igual a 1 menos a probabilidade de não-ocorrência de erro tipo I em todos os testes individuais, isto é:

$$P \cong 1 - \prod_{l=1}^n (1 - P_{X_k}^l) \cong \sum_{l=1}^n P_{X_k}^l, \text{ quando } P_{X_k}^l \text{ é pequeno,}$$

² KASS, G.V. An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. Applied statistics v.29, n.2, p.119-27, 1980.

indicando que o valor de \mathbf{P} é substancialmente maior que $\mathbf{P}_{X_k}^I$, normalmente tanto maior quanto maior n .

Como apenas uma das classificações é analisada, Kass (1980) propõe a utilização do multiplicador de Bonferroni, \mathbf{B} , para ampliar a probabilidade \mathbf{P}_{X_k} considerando as possíveis formas em que as c categorias iniciais podem ser agrupadas em r categorias finais. Desse modo, a probabilidade ajustada é calculada como segue e utilizada como estimativa de \mathbf{P} . Cabe salientar que, como os testes não são independentes, esta conduta é conservadora.

$$P_{X_k}(\text{aj}) = \mathbf{B} \times P_{X_k}$$

O valor do multiplicador de Bonferroni, \mathbf{B} , depende, em cada um dos testes, do tipo da variável independente que está sendo considerada. Assim sendo, temos, para cada um dos tipos de variáveis admitidas pelo CHAID (para c categorias iniciais e r categorias finais):

- Variáveis monotônicas:

$$B_{\text{mon}} = \binom{c-1}{r-1}$$

- Variáveis livres:

$$B_{\text{liv}} = \sum_{i=0}^{r-1} (-1)^i \frac{(r-i)^c}{i!(r-i)!}$$

- Variáveis com categoria flutuante (*float*):

$$B_{\text{flut}} = \binom{c-2}{r-2} + r \binom{c-2}{r-1} = \frac{r-1+r(c-r)}{c-1} B_{\text{mon}}$$

Voltando ao exemplo da variável \mathbf{X}_2 com 5 categorias agrupadas em 2 categorias finais, foi observado que, caso ela seja livre, há 15 possíveis formas de segmentá-la em 2 grupos finais, isto é, o multiplicador de Bonferroni tem valor igual a 15. Caso esta variável fosse monotônica ou com uma categoria flutuante, este valor seria, de acordo com as expressões acima (com $c=5$ e $r=2$), igual a 4 e 7 respectivamente.

No exemplo, o CHAID compararia, nesse estágio da aplicação do algoritmo, a probabilidade associada ao teste para independência da variável \mathbf{X}_1 com a probabilidade ajustada pelo multiplicador de Bonferroni para \mathbf{X}_2 , escolhendo a variável que estiver associada à menor probabilidade para segmentar o grupo em análise.

2.1.6 MODELOS DE PRODUÇÃO DE VIAGENS OBTIDOS PELA UTILIZAÇÃO DO CHAID

2.1.7 BASE DE DADOS

A base de dados utilizada para o desenvolvimento das análises descritas a seguir foi gerada a partir das informações da Pesquisa Origem - Destino que levantou os hábitos relacionados ao transporte dos habitantes da Grande Florianópolis.

As viagens coletadas na pesquisa foram classificadas de acordo com os seguintes motivos:

- Viagens com Base Domiciliar e por Motivo de Trabalho (*Homebased Work – HBW*, em inglês): origem na residência e destino no local de trabalho ou vice-versa;
- Viagens com Base Domiciliar e por Motivo de Educação (*Homebased Study – HBS*, em inglês): origem na residência e destino na escola ou vice-versa;
- Viagens com Base Domiciliar e por Motivos Outros (*Homebased Other – HBO*, em inglês): origem na residência e destino diferente de locais de trabalho ou educação - como lazer e saúde, por exemplo -, ou vice-versa;
- Viagens com Base Não-Domiciliar (*Non Homebased – NHB*, em inglês): viagens que não tenham origem ou destino na residência da pessoa que realiza a viagem.

As variáveis consideradas para a classificação das famílias estão apresentadas na Tabela 2-1. A consideração destas variáveis teve por objetivo verificar a consistência estatística das informações coletadas e a análise inicial dos comportamentos observados em relação às viagens diárias.

Tabela 2-1 – Descrição de variáveis de classificação de domicílios

Classe de Renda	Descrição
Classe A	Abaixo de R\$ 1.448,00
Classe B	De R\$ 1.448,00 a R\$ 3.620,00
Classe C	Acima de R\$ 3.620,00
Tamanho do domicílio	Descrição
1	Domicílios com 1 morador
2	Domicílios com 2 morador
3	Domicílios com 3 morador
4 +	Domicílios com 4 moradores ou mais

2.1.8 ÁRVORE DE SEGMENTAÇÃO PARA A AMOSTRA

Adotando-se como variáveis independentes os totais diários de viagens por família, foram geradas árvores de segmentação com auxílio do CHAID. Para isso, foram elaboradas, para os modos motorizados, categorias para cada motivo de viagem a partir de dados observados em uma subamostra - cerca de 50% - das famílias da amostra da pesquisa, que abrangeu um total de 5.414 domicílios. Estas análises foram efetuadas, inicialmente, no modo automático do CHAID, tendo sido utilizados os seguintes parâmetros e opções:

- **Limite de profundidade da análise (o número máximo de níveis hierárquicos de segmentação ou altura da árvore):**
 - Escolhido caso a caso como um valor igual ao número de variáveis independentes considerado na análise, de forma a não restringir a utilização de todo o conjunto de variáveis;
- **Tamanhos mínimos dos subgrupos (válidos para cada uma das etapas da análise):**
 - Antes da segmentação: 100 unidades de observação;
 - Depois da segmentação: 50 unidades de observação;
- **Níveis de significância:**
 - Nível para agrupamento de categorias das variáveis independentes: 0,05;
 - Nível para elegibilidade para segmentação: 0,05;
- **Parâmetros técnicos:**
 - Estatística χ^2 de máxima verossimilhança;
 - Ajuste de Bonferroni.

Para a geração das árvores iniciais, foram utilizadas as variáveis de classificação das famílias descritas na Tabela 2-1. O objetivo da realização desta primeira série de segmentações é mostrar o potencial da ferramenta utilizada, de forma a melhor compreender e analisar a importância das variáveis (e interações entre as mesmas) consideradas para a determinação do comportamento em relação às viagens familiares observadas.

São apresentadas, a seguir, as árvores de segmentação obtidas a partir da análise no CHAID. Como supracitado, as árvores de segmentação desta etapa foram geradas utilizando-se uma subamostra contendo cerca de 50% das observações (famílias) da Pesquisa Origem - Destino, escolhidas aleatoriamente. A amostra não utilizada para a geração dos modelos (chamada de amostra de teste) foi selecionada para aplicação e validação dos resultados (apresentadas no item 2.1.10).

A estimativa final das taxas de produção diária das categorias consideradas foi realizada a partir dos valores de expansão das viagens oriundos da Pesquisa Origem - Destino.

Há diversas variáveis disponíveis na pesquisa que podem aumentar o poder explicativo do modelo com árvores de segmentação mais complexas. Porém, um modelo, além de poder explicativo estatístico, também deve ser aplicável a todo o universo, ou seja, aos dados disponíveis da população total da área de estudo. Nesse caso, o universo é representado por dados presentes no zoneamento, o qual busca

representar as zonas de análise de tráfego utilizadas pelo PLAMUS. As árvores de segmentação apresentadas a seguir são o produto das variáveis que permitem a sua aplicação para o universo de análise.

A árvore completa gerada pelo CHAID para viagens com **base domiciliar e por motivo de trabalho** contém cinco segmentos finais, resultantes da combinação de valores das variáveis selecionadas para a segmentação da amostra. As taxas de viagem médias variam no intervalo de 1,028 a 3,444 viagens diárias entre os diferentes segmentos.

A árvore completa gerada pelo CHAID para viagens com **base domiciliar e por motivo de educação** contém cinco segmentos finais, resultantes da combinação de valores das variáveis selecionadas para a segmentação da amostra. As taxas de viagem médias variam no intervalo de 0,125 a 1,312 viagens diárias entre os diferentes segmentos.

A árvore gerada pelo CHAID para viagens com **base domiciliar e por motivos outros** não apresentou segmentação da amostra a partir das combinações de valores das variáveis avaliadas. Isto ocorre devido à baixa homogeneidade de amostras.

Como é do interesse analítico e da modelagem a subdivisão das amostras em categorias representativas, buscou-se, em uma análise complementar, a melhor subdivisão para as amostras das viagens com base domiciliar e por motivo outros. Para isso, foram testados diversos agrupamentos e, então, selecionado aquele com melhor desempenho. O resultado desta análise é a divisão da amostra em dois segmentos: um segmento para os domicílios com 1 ou 2 moradores e outro para os domicílios com 3 ou 4 ou mais moradores. As taxas de viagem médias variam no intervalo de 0,692 a 0,679 viagens diárias entre os diferentes segmentos.

A árvore completa gerada pelo CHAID para viagens com **base não domiciliar** contém apenas dois segmentos finais, resultantes da combinação de valores das variáveis selecionadas para a segmentação da amostra. As taxas de viagem médias variam no intervalo de 0,082 a 0,152 viagens diárias entre os diferentes segmentos.

Na Tabela 2-2 apresentam-se as taxas diárias de produção de viagens por categoria, resultantes do modelo de produção de viagens, para as com base domiciliar.

Tabela 2-2 - Taxas diárias de produção de viagens

Tamanho do Domicílio	Classe de Renda	Taxa diária de Produção de Viagens			
		Base domiciliar Motivo trabalho (Homebased Work - HBW)	Base domiciliar Motivo educação (Homebased Study - HBS)	Base domiciliar Motivos outros (Homebased Other - HBO)	Base não domiciliar (Non-Homebased - NHB)
1	A	1,028	0,125	0,692	0,082
	B	1,028	0,125	0,692	0,082
	C	1,028	0,125	0,692	0,082
2	A	2,013	0,395	0,692	0,082
	B	2,255	0,208	0,692	0,082
	C	2,255	0,208	0,692	0,082
3	A	3,086	0,763	0,679	0,152
	B	3,086	0,763	0,679	0,152
	C	3,086	0,763	0,679	0,152
4+	A	3,444	1,312	0,679	0,152
	B	3,444	1,312	0,679	0,152
	C	3,444	1,312	0,679	0,152

2.1.9 ESTIMATIVA DOS VETORES DE VIAGENS PRODUZIDAS

Visando a aplicação dos resultados das árvores de segmentação dos modelos de produção, projetou-se para o ano-base as informações de população e número de domicílios, caracterizando-os de forma a possibilitar a aplicação dos vetores de produção: tamanho do domicílio (quatro categorias) e classe de renda (três categorias). A partir dessas variáveis, gerou-se um total de 12 possíveis categorias para classificação dos domicílios.

O universo de domicílios estimados para cada uma das categorias foi cruzado, em nível de zona, com a taxa de geração de viagens diárias correspondente definida pelo CHAID. O cálculo do vetor de viagens produzidas consiste na aplicação dessas taxas para o número total de domicílios em cada categoria, para cada área, como descritos a seguir.

$$TotViagens_{m_i} = \sum TotViagens_{m_{ij}}$$

Onde:

TotViagens_{m_i} = total de viagens com motivo *m* produzidas na zona de análise *i*;

TotViagens_{m_{ij}} = total de viagens com motivo *m* produzidas na zona de análise *i* a partir de domicílios de categoria *j*.

$$TotViagens_{m_{ij}} = TaxaViagens_{m_j} \times TotDom_{ij}$$

Onde:

TotViagens_{m_{ij}} = total de viagens com motivo *m* produzidas na zona de análise *i* a partir de domicílios de categoria *j*;

TaxaViagens_{m_j} = taxa de produção de viagens diárias com motivo *m* em domicílios da categoria *j*.

TotDom_{ij} = Total de domicílios da categoria *j* inseridos na zona de análise *i*.

Os principais resultados da aplicação do modelo de produção de viagem para a estimativa de vetores de viagens produzidas são apresentados, em nível de município, na Tabela 2-3. Dessa análise, observa-se que Florianópolis é o principal gerador de viagens, seguido de São José e Palhoça.

A Figura 2.2 ilustra graficamente a distribuição espacial de viagens diárias por município. Complementarmente, a Figura 2.3 revela a distribuição das viagens diárias ressaltando o motivo. Já a Figura 2.4 mostra a densidade de viagens produzidas diariamente em cada município (viagens por quilômetro quadrado). A partir dessa análise de saturação, observa-se o aumento da produção de acordo com a proximidade da zona do centro da cidade e das principais vias de transporte.

Complementarmente, avaliou-se o comportamento das viagens de acordo com o seu motivo, como ilustrado nas Figura 2.5 a Figura 2.8.

Tabela 2-3 - Resultados da aplicação do modelo de produção apresentados por município (viagens diárias realizadas por modos motorizados internos à área de estudo)

Município	Viagens por motivo de trabalho e base domiciliar (HBW)	Viagens por motivo de educação e base domiciliar (HBS)	Viagens por motivos outros e base domiciliar (HBO)	Viagens com base não domiciliar (NHB)
Águas Mornas	5.154	1.546	1.258	239
Angelina	4.470	1.314	1.112	207
Anitápolis	2.910	829	749	137
Antônio Carlos	6.994	2.095	1.679	321
Biguaçu	54.581	15.905	13.473	2.532
Florianópolis	416.389	109.872	110.956	19.489
Governador Celso Ramos	12.269	3.557	3.006	567
Palhoça	132.508	38.271	32.860	6.149
Rancho Queimado	2.537	709	662	119
Santo Amaro da Imperatriz	18.795	5.539	4.593	868
São Bonifácio	2.629	757	668	122
São José	202.848	55.897	52.020	9.436
São Pedro de Alcântara	3.468	966	911	164

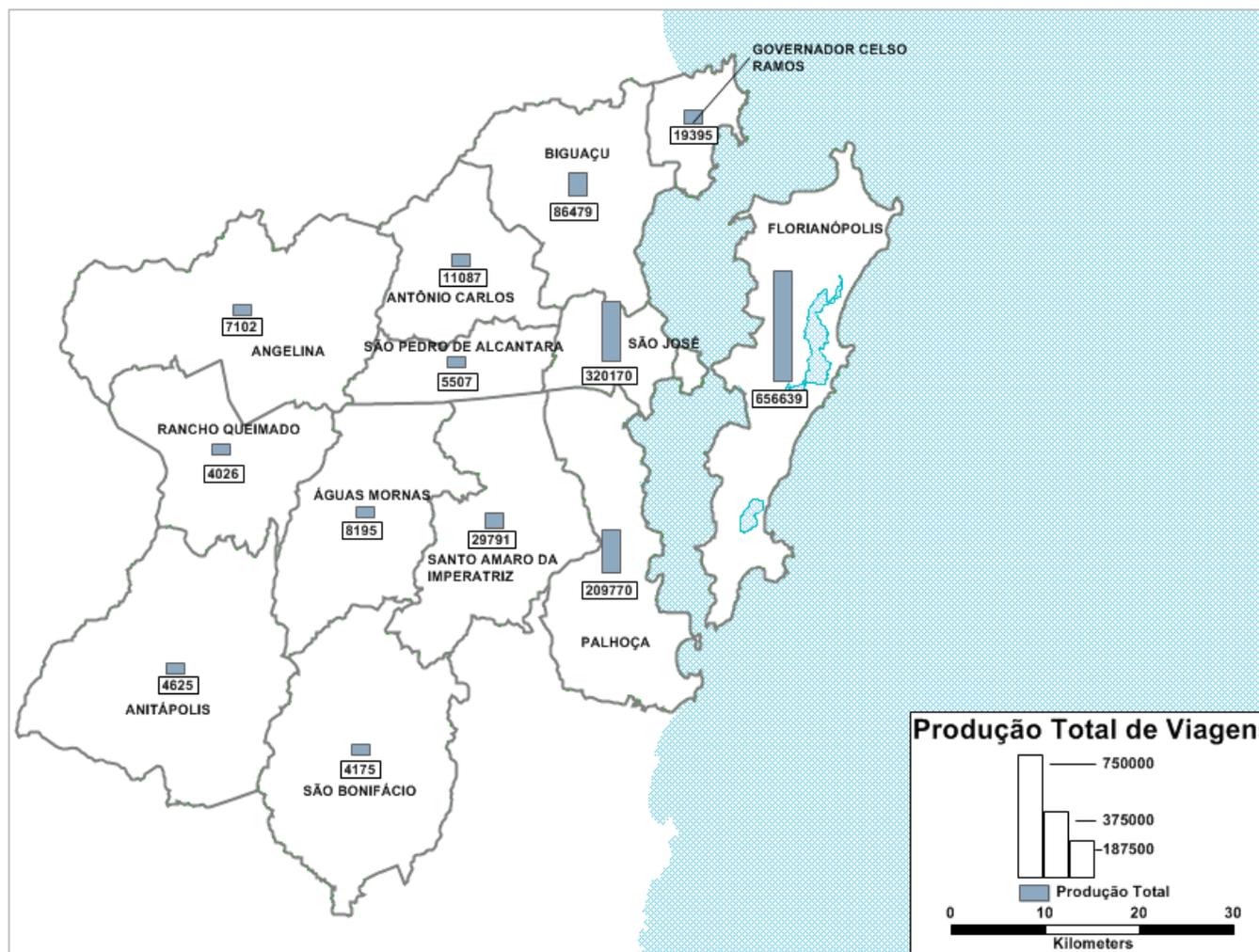


Figura 2.2 – Total de viagens produzidas em valores diários, por município da área de estudo.

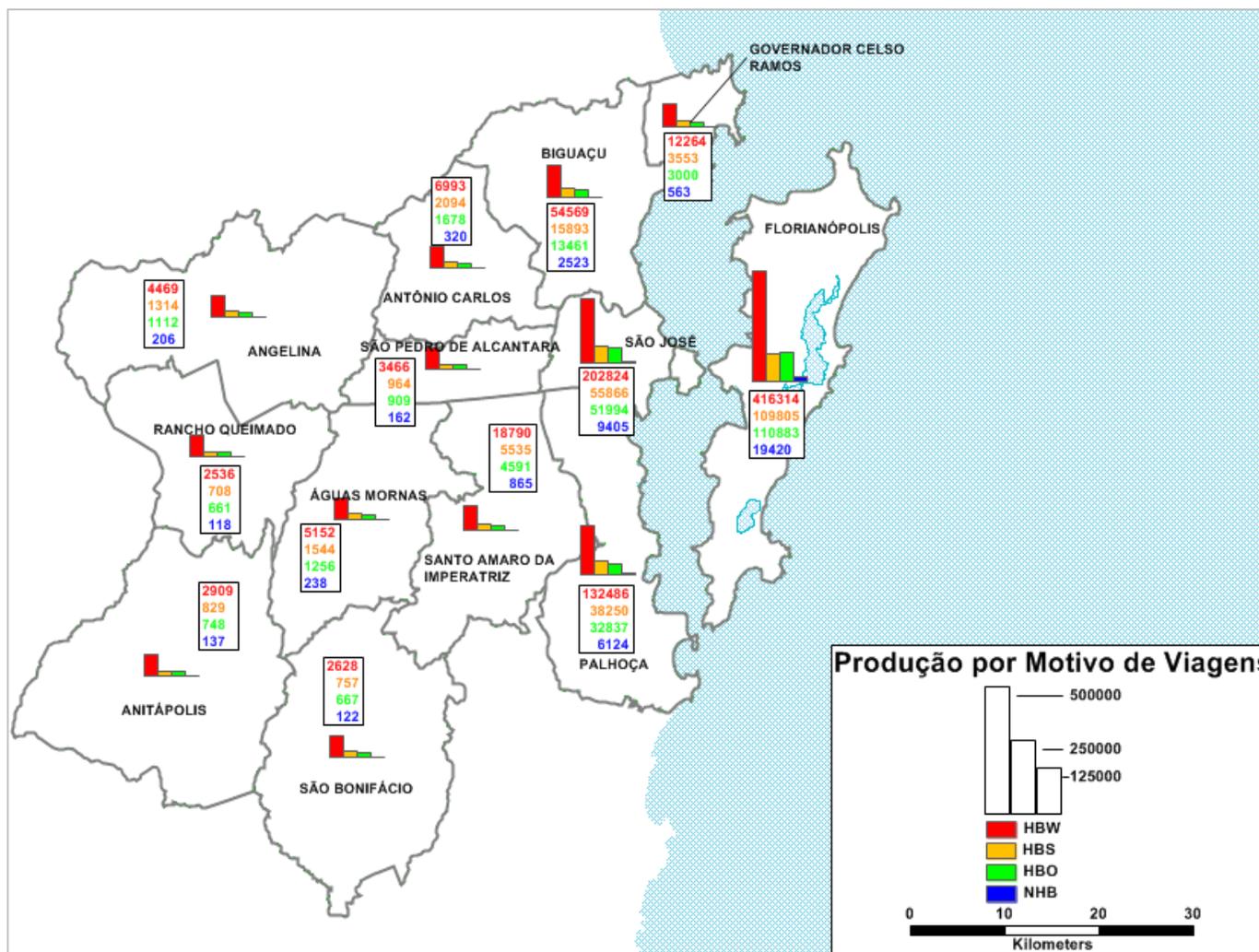


Figura 2.3 – Total de viagens produzidas por motivo, em valores diários, por município da área de estudo.

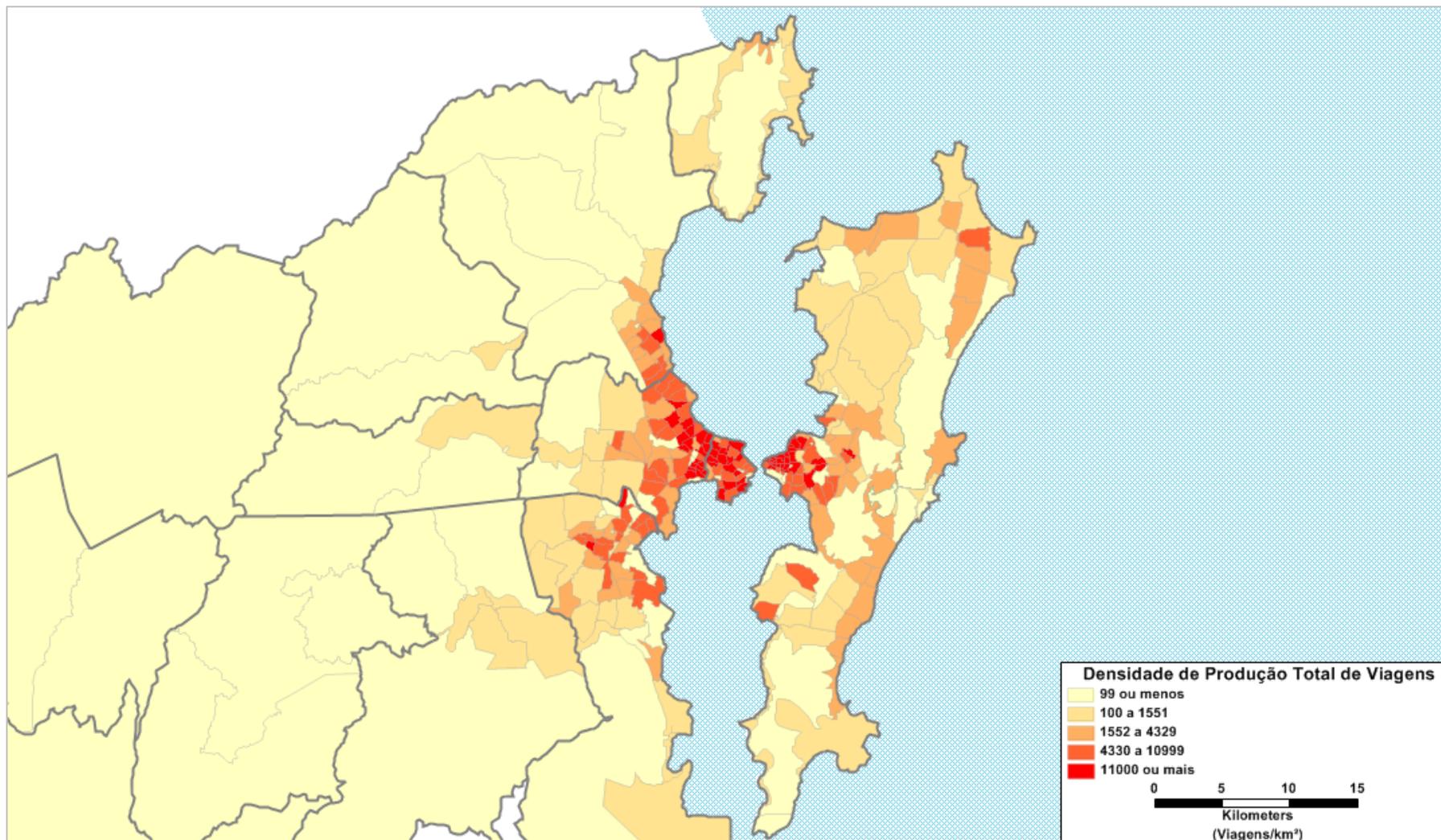


Figura 2.4 – Densidade de viagens produzidas por zona.

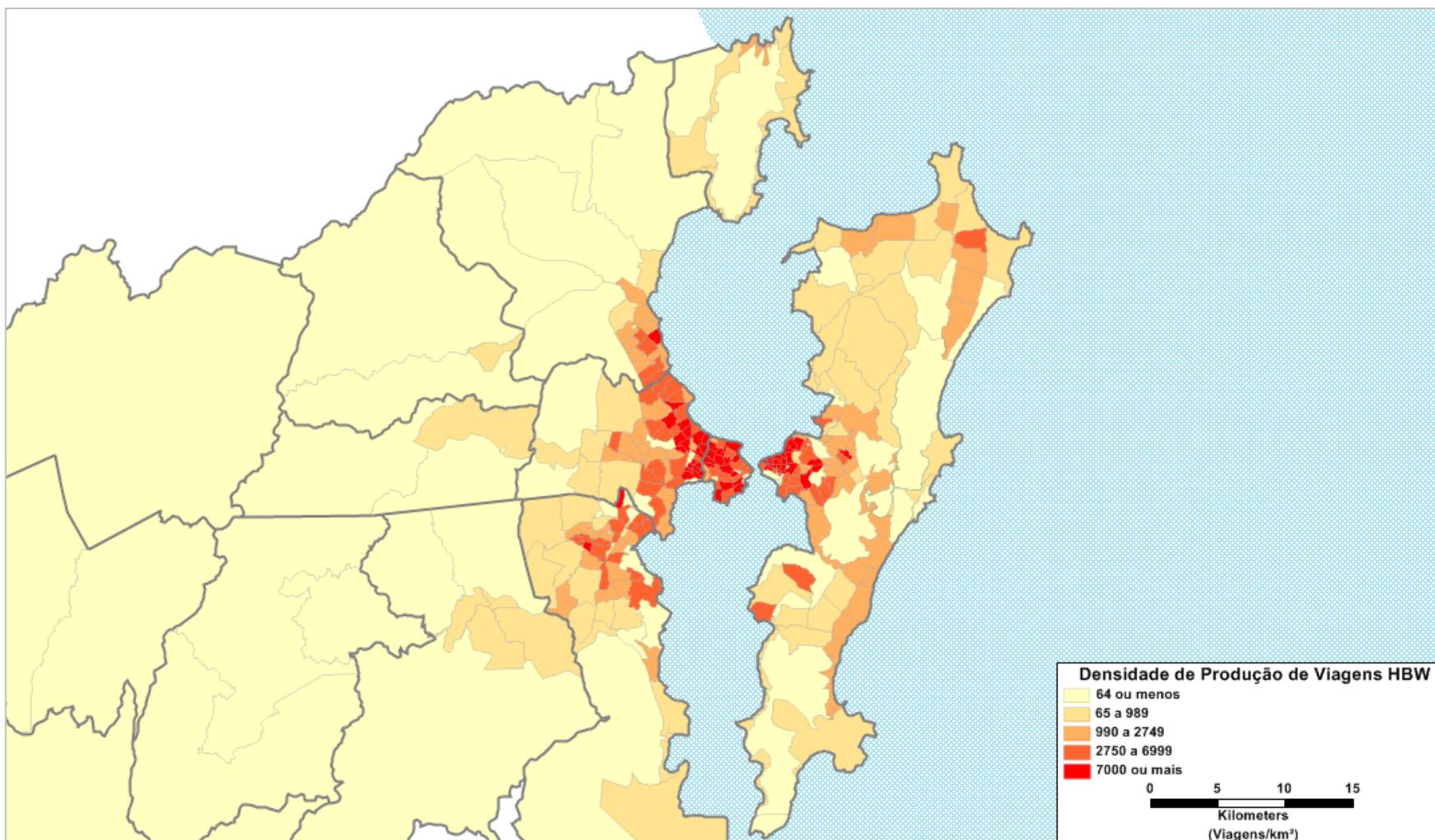


Figura 2.5 – Densidade de viagens produzidas com base domiciliar e por motivo de trabalho (HBW, em nível de zonas).

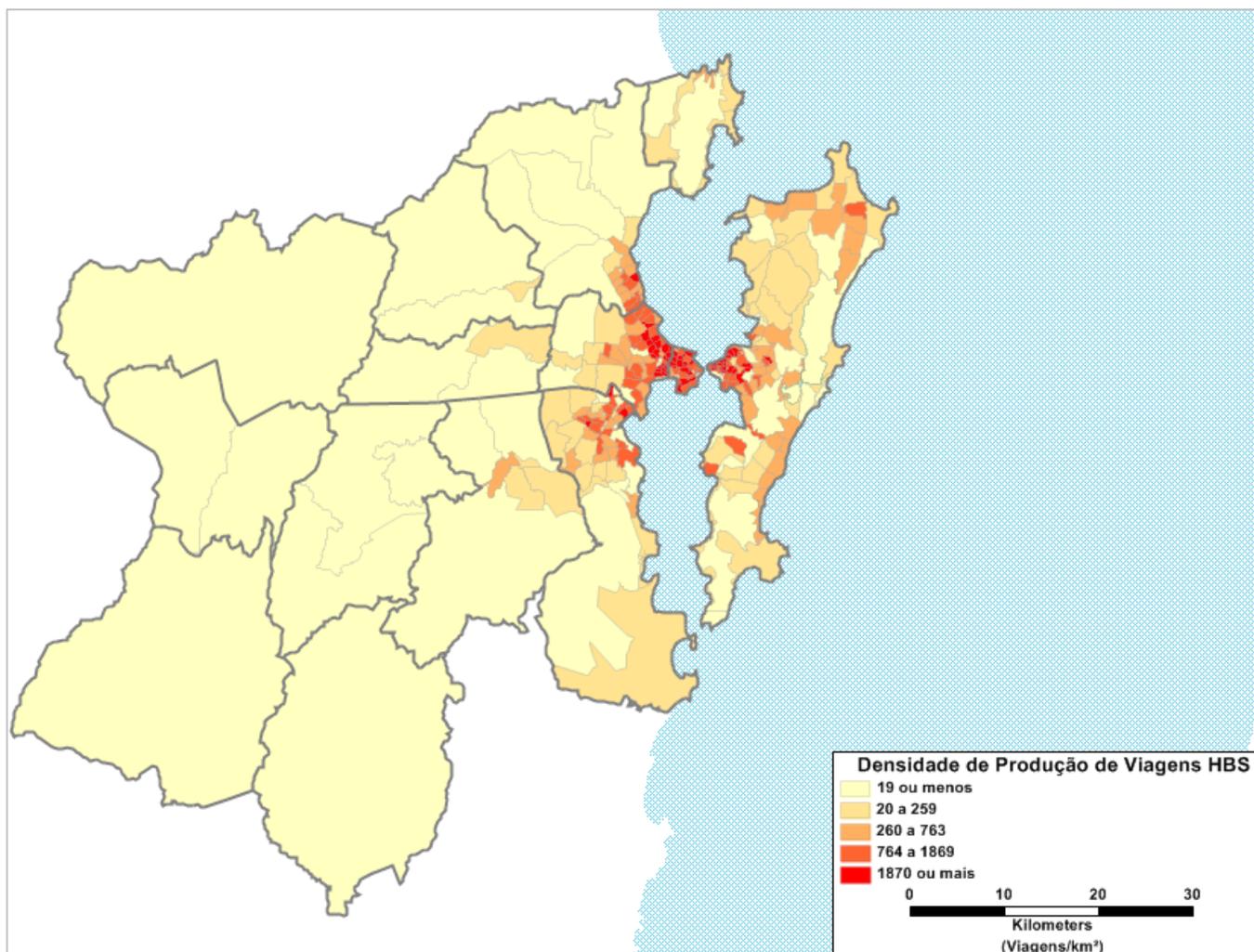


Figura 2.6 – Densidade de viagens produzidas com base domiciliar e por motivo de estudo (HBS, em nível de zonas).

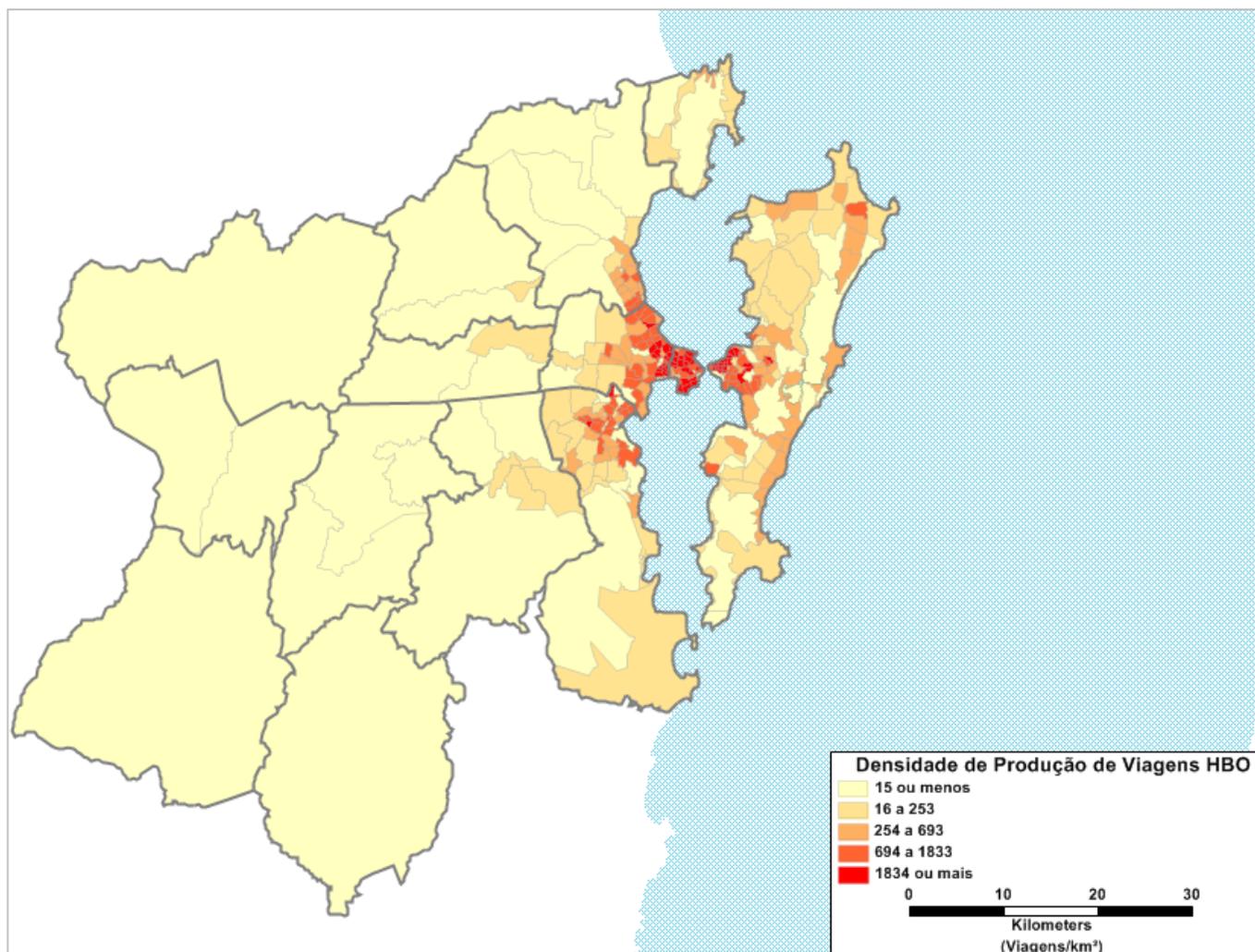


Figura 2.7 – Densidade de viagens produzidas com base domiciliar e por motivos outros (HBO, em nível de zonas).

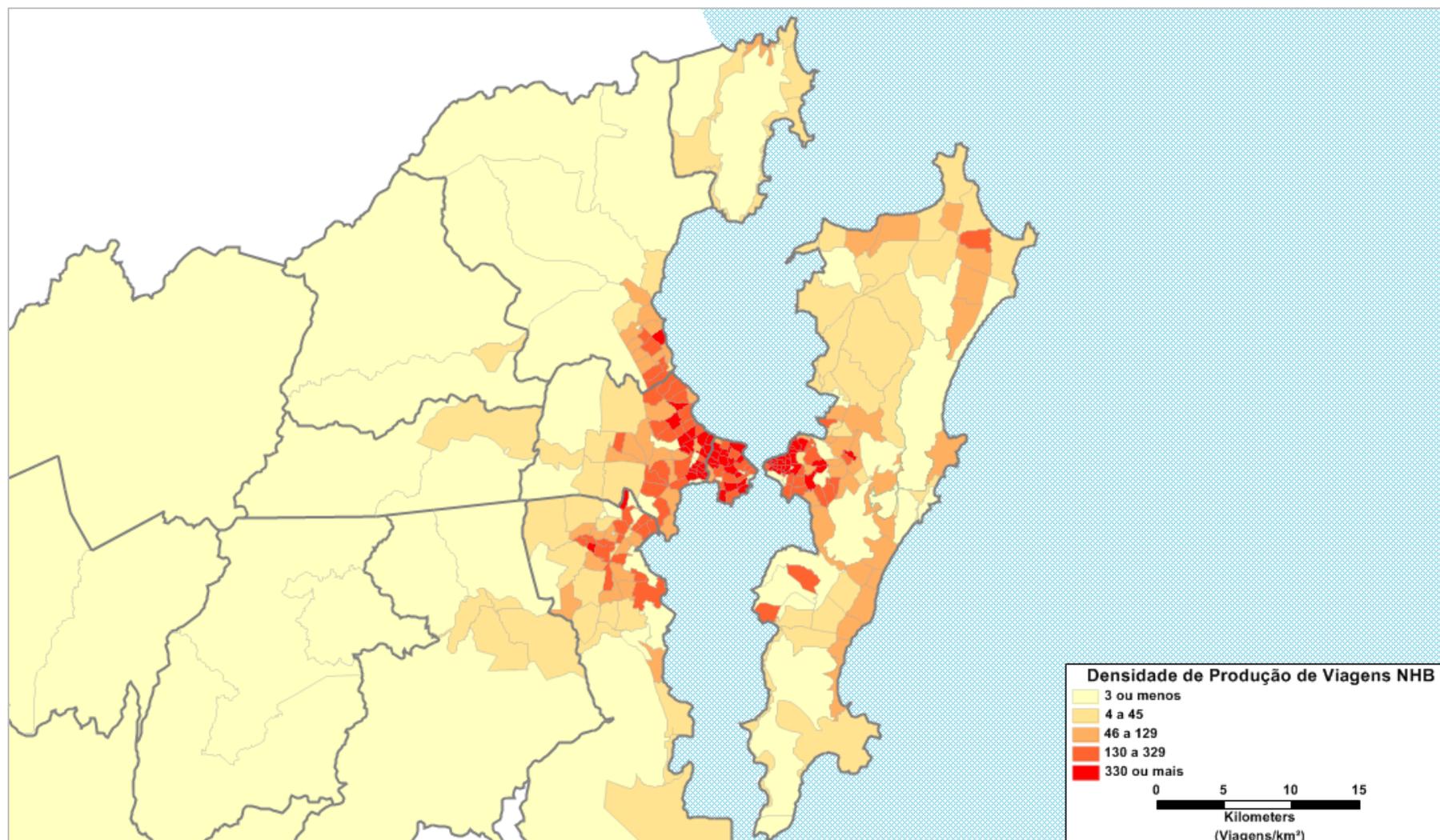


Figura 2.8 – Densidade de viagens produzidas com base não domiciliar (NHB, em nível de zonas).

2.1.10 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Para a avaliação dos resultados obtidos através da modelagem, as taxas de viagem para os segmentos homogêneos foram aplicadas, obtendo-se a produção de demanda modelada por motivo, como apresentado na seção anterior. Estes resultados foram, então, comparados com os valores obtidos a partir da Pesquisa Origem - Destino. A opção para a obtenção de estimativas agregadas é uma forma comum de apresentação e análise dos resultados de modelos de produção de transporte urbano.

Os resultados obtidos para o total de viagens diárias motorizadas produzidas na área de estudo são apresentados na Tabela 7. O total de viagens motorizadas modeladas, produzidas por dia na área de estudo é 1.367.104, 2,2% acima das viagens diárias observadas a partir da Pesquisa OD, destacando-se desta apenas os modos motorizados (1.336.959 viagens). Ao se comparar as viagens totais modeladas para cada motivo de viagem (a partir da aplicação dos modelos desenvolvidos) com as viagens observadas (a partir da Pesquisa OD), foram observados intervalos de variação entre 0,1% e 8,9%, como apresentado na Tabela 2-4.

Tabela 2-4 – Resultados agregados do modelo de produção (viagens diárias internas à área de estudo e realizadas por modos motorizados)

Motivo da viagem	Viagens Observadas	Viagens Modeladas	Diferença
Base Domiciliar - Trabalho (HBW)	864.476	865.550	0,1%
Base Domiciliar - Estudo (HBS)	221.279	237.257	6,7%
Base Domiciliar - Outros (HBO)	214.432	223.947	4,2%
Base Não Domiciliar (NHB)	36.772	40.349	8,9%
Total	1.336.959	1.367.104	2,2%

Avaliando-se metodologicamente o comportamento da produção de viagens e os modelos até aqui elaborados, observa-se que a utilização de variáveis independentes referentes à característica de um domicílio torna um modelo menos explicativo para a estimativa de viagens produzidas com base não domiciliar. Por outro lado, nota-se um comportamento oposto quando a comparação é feita para os outros motivos de viagem com origem domiciliar.

Ao analisar a lógica com a qual ocorrem as viagens sem base domiciliar dentro de um comportamento típico de viagens diárias de uma pessoa, observa-se que estes ocorrem em um segundo momento do dia, ou seja, o ponto de origem será sempre o destino da primeira viagem.

Para melhor compreender, tomemos como exemplo uma pessoa que executa três viagens em um dia. Inicialmente ela parte de sua casa para o trabalho (primeira viagem). Posteriormente, com origem em seu local de trabalho, dirige-se a um centro comercial (segunda viagem). Por fim, a partir do centro comercial, ela retorna à sua residência, concluindo seu ciclo de viagens diárias. A primeira viagem, correspondente ao motivo 'trabalho' com base domiciliar, pode ser estimada a partir da metodologia descrita neste capítulo, por se tratar de um polo produtor de viagens. O destino da primeira viagem pode ser estimado

utilizando-se a metodologia de estimativa do vetor de atração de viagens apresentada no capítulo seguinte. No entanto, a ocorrência da segunda viagem (base não domiciliar) tem uma relação direta com o potencial de atração da área de destino (área na qual o centro comercial está inserido) e não com o potencial de produção de viagens da área de origem.

Isso pode, não só explicar a baixa correlação dos resultados para viagens com motivo não domiciliar, como também permitir sugerir uma metodologia alternativa para estimar este grupo de viagens, como a partir da transposição do vetor de atração de viagens apresentados no capítulo a seguir.

Pelas razões expostas, definiu-se que a metodologia para modelagem das viagens produzidas sem origem ou destino domiciliar ocorrerá de forma similar ao processo de modelagem de atração de viagens, como apresentado a seguir. Vale ressaltar que as viagens de base não domiciliar representam apenas cerca de 3% das viagens observadas na Pesquisa Origem - Destino.

2.2 MODELO DE ATRAÇÃO DE VIAGENS

Neste capítulo são descritos os principais critérios que compõem a base de metodologia para o desenvolvimento do modelo de atração de viagens. São apresentados na sequência os insumos demográficos e socioeconômicos, bem como o zoneamento agregado (macro áreas) para aplicação do modelo.

De modo geral, a atração de viagens representa o número de viagens atraídas por uma zona, em unidade de tempo. Em sua estimativa, no caso de viagens com base domiciliar, são consideradas as origens e os destinos que não correspondem à residência. Já para o caso de viagens sem base domiciliar, apenas os destinos são relevados. Estes destinos são considerados como pontos extremos ou pontos de extremos - atração. Vale ressaltar que a atração existe nas origens ou destinos de viagens realizadas por pessoas que possuem residência fora da área considerada de atração, ou seja, no caso das viagens interzonais.

A base de dados utilizada para o desenvolvimento da análise descrita abaixo foi obtida a partir de informação da Pesquisa Origem - Destino.

Como já descrito, as viagens foram classificadas em quatro motivos:

- Motivo 1: Viagens com Base Domiciliar e por Motivo de Trabalho (*Homebased Work* – HBW, em inglês);
- Motivo 2: Viagens com Base Domiciliar e por Motivo de Educação (*Homebased Study* – HBS, em inglês);
- Motivo 3: Viagens com Base Domiciliar e por Motivos Outros (*Homebased Other* – HBO, em inglês); DBD_Outros
- Motivo 4: Viagens com Base Não-Domiciliar (*Non Homebased* – NHB, em inglês).

Com o objetivo de elaborar um modelo matemático para a geração de viagens diárias, utilizou-se como técnica estatística a análise de regressão linear múltipla. A análise de regressão linear múltipla é uma técnica que permite correlacionar, em nível agregado, uma variável dependente que represente o número

de viagens produzidas ou atraídas com n variáveis independentes (x_1, x_2, \dots, x_n), que, nesse caso, podem se referir a características socioeconômicas da região avaliada. O resultado do modelo é expresso em viagens durante um dia normal. No caso deste estudo, utilizou-se a divisão da área de estudo em 21 macrozonas, como será descrito na seção 2.2.5.

O modelo de regressão linear múltipla, com a equação passando pela origem, é representada da seguinte forma:

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

Os coeficientes $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ representam constantes ou coeficientes de regressão (coeficiente angular) que podem ser determinados, entre outras formas, pelo método dos mínimos quadrados.

O objetivo principal da análise é a estimação de quatro equações de regressão, sendo três para viagens de base domiciliar, distinguindo-se os motivos entre trabalho, estudo e outros, e uma para a base não domiciliar.

Em casos específicos, será usado para a seleção de variáveis explicativas do modelo o método "*backward*". Este método consiste em avaliar, a partir de testes estatísticos, a importância da participação das variáveis explicativas no modelo. Em cada etapa, as variáveis não significativas foram excluídas até a obtenção de um modelo que incorpore as variáveis estatisticamente significativas.

Para a escolha entre um ou outro conjunto de variáveis, avaliou-se, por exemplo, a consistência dos parâmetros ou constantes que multiplicam cada uma das variáveis e o coeficiente de regressão (R^2). No caso de regressão múltipla, utiliza-se o coeficiente de regressão ajustado que pondera R^2 de acordo com o número de variáveis independentes do modelo e do número de observações utilizadas. A seguir, serão brevemente introduzidas as principais análises estatísticas utilizadas no processo de modelagem.

Correlação estatística:

A correlação indica a força, a direção de uma relação linear e a proporcionalidade entre duas variáveis estatísticas. Considera-se que duas variáveis quantitativas estão correlacionadas quando os valores de uma variam sistematicamente respeitando os valores homônimos da outra, o que não implica, por si só, nenhuma relação de causalidade.

As variáveis são analisadas mediante o coeficiente de correlação de Pearson. No caso de duas variáveis aleatórias x e y em uma população estatística, o coeficiente de correlação de Pearson é simbolizado pela letra $\rho_{x,y}$ e expresso como descrito a seguir.

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Onde:

σ_{XY} é a covariância de (X, Y)

σ_X é o desvio típico da variável X

σ_Y é o desvio típico da variável Y

De forma análoga, podemos calcular este coeficiente sobre uma amostra estatística denotado como r_{xy} , como mostrado a seguir.

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{n S_x S_y} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

O valor do índice de correlação varia no intervalo [-1,1]:

- Se $r = 1$, existe uma correlação positiva perfeita. O índice indica a total dependência entre as duas variáveis, chamada de relação direta: quando o valor de uma aumenta, o da outra também o faz em proporção constante.
- Se $0 < r < 1$, existe uma correlação positiva.
- Se $r = 0$, não existe relação linear, mas isso não significa necessariamente que as variáveis são independentes. Podem existir, todavia, relações não lineares entre as variáveis.
- Se $-1 < r < 0$, existe uma relação negativa.
- Se $r = -1$, existe uma correlação negativa perfeita. O índice indica a dependência total entre duas variáveis, chamada relação inversa: quando o valor de uma aumenta, o da outra diminui a uma proporção constante.

Prova F do modelo:

É denominada prova F qualquer prova estatística que siga uma distribuição F se a hipótese nula não pode ser rejeitada.

Sendo:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$ (hipótese Nula)

H_1 : algum β é diferente de zero.

$\alpha = 0.05$ (nível de significância)

Se os valores de significância são inferiores a α (0,05), rejeita-se a hipótese nula H_0 ao nível de 5% e conclui-se que pelo menos um beta é diferente de zero, isto é, considera-se que há uma relação linear entre Y e pelo menos um valor de X.

Prova β (coeficiente Angular)

β_i indica a variação que ocorre na resposta média E (Y) por unidade de variação (com incremento unitário) da variável independente x_i , quando as outras variáveis se mantêm constantes.

Para provar se a cada variável explicativa, separadamente, é significativa para o modelo, utiliza-se a prova t.

Exemplo: β_1 é o coeficiente da variável "número de estudantes" e b_1 é a estimativa de β_1 expressa em número de matrículas.

Prova t para β_1

$H_0: \beta_1 = 0$

$H_0: \beta_1 \neq 0$

$\alpha = 0,05$

Se o valor da significância é menor que α , a hipótese nula H_0 é rejeitada ao nível de 5% de significância, ou seja, podemos concluir que $\beta_1 \neq 0$.

2.2.1 INSUMOS BÁSICOS

Os insumos básicos necessários para o modelo de atração são: informações socioeconômicas, rede rodoviária, zoneamento agregado e viagens observadas na área de estudo a partir da Pesquisa Origem - Destino. Os principais resultados dos dados de base utilizados são descritos a seguir.

2.2.2 POPULAÇÃO

Informações sobre população e habitação constituem os insumos básicos mais importantes para os modelos de produção e atração de viagens devendo, portanto, ser avaliadas no nível mais amplo de desagregação possível. A Tabela 2-5 a seguir apresenta a população dos municípios que compõem a Área de Estudo estimados para 2014.

Tabela 2-5– População na área de estudo em 2014.

Município	População 2014
Águas Mornas	6.045
Angelina	5.250
Anitápolis	3.275
Antônio Carlos	8.061
Biguaçu	63.632
Florianópolis	462.354
Governador Celso Ramos	13.881
Palhoça	153.635
Rancho Queimado	2.854
Santo Amaro da Imperatriz	21.646
São Bonifácio	3.008
São José	229.275
São Pedro de Alcântara	3.884
Total	976.800

A Figura 2.9 ilustra a distribuição espacial, em nível de macrozona, da informação de população em 2014. Complementarmente, a Figura 2.10 apresenta a densidade demográfica, em pessoas/km², também em nível de macrozona e para o ano-base.

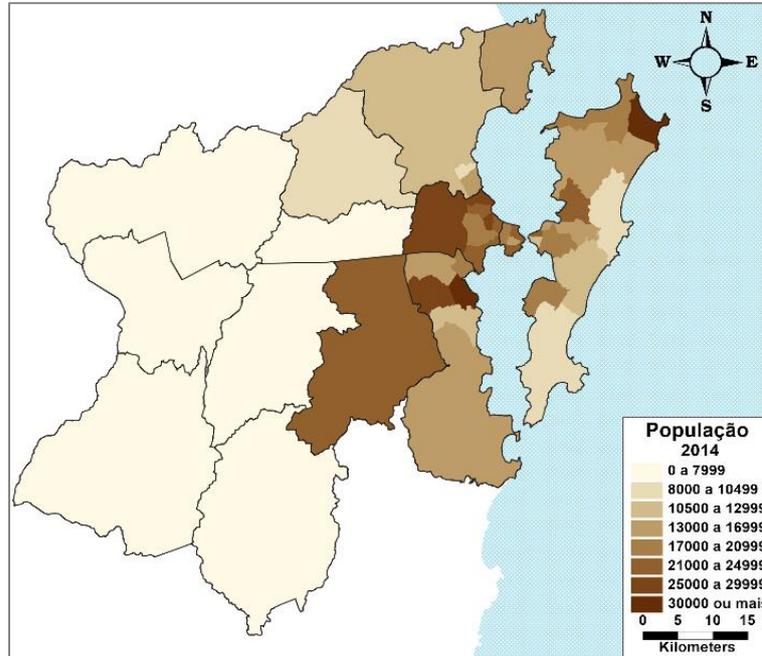


Figura 2.9– População da área de estudo em 2014 em nível de macrozona.

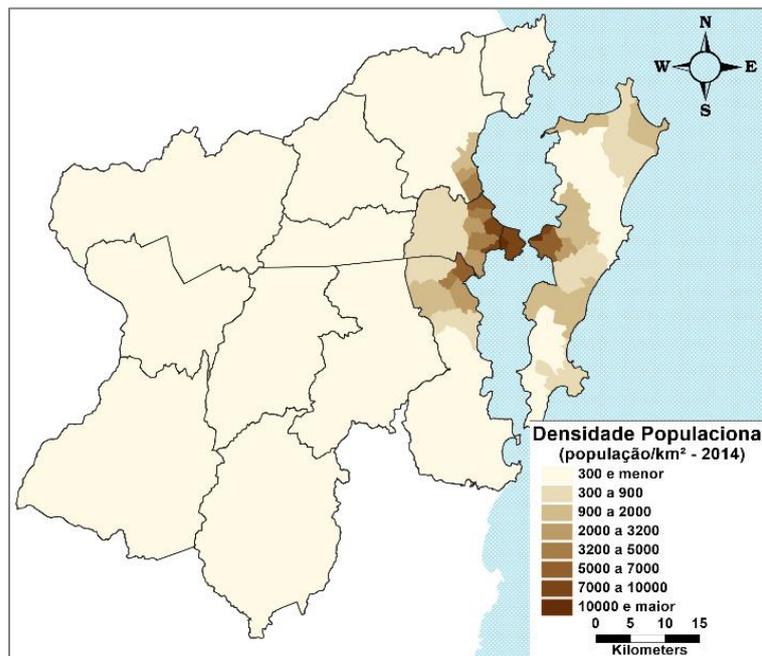


Figura 2.10 – Densidade populacional em 2014 na área de estudo em nível de macrozona.

2.2.3 EMPREGOS

O trabalho é o motivo de viagem mais relevante da mobilidade urbana. A variável mais explicativa da taxa de atração de viagens por motivo de trabalho é o número de empregos. Assim, avaliou-se a presença de empregos na área de estudo. A tabela a seguir apresenta a informação de emprego estimado para 2014 nos municípios que compõem a Área de Estudo.

Tabela 2-6 – Empregos na área de estudo em 2014.

Município	Empregos 2014
Águas Mornas	3.203
Angelina	3.004
Anitápolis	1.954
Antônio Carlos	4.099
Biguaçu	23.034
Florianópolis	366.077
Governador Celso Ramos	4.719
Palhoça	61.025
Rancho Queimado	1.862
Santo Amaro da Imperatriz	8.991
São Bonifácio	1.946
São José	143.862
São Pedro de Alcântara	1.704
Total	625.480

A Figura 2.11 e a Figura 2.12 ilustram a distribuição espacial dos empregos na área de estudo para o ano de 2014.

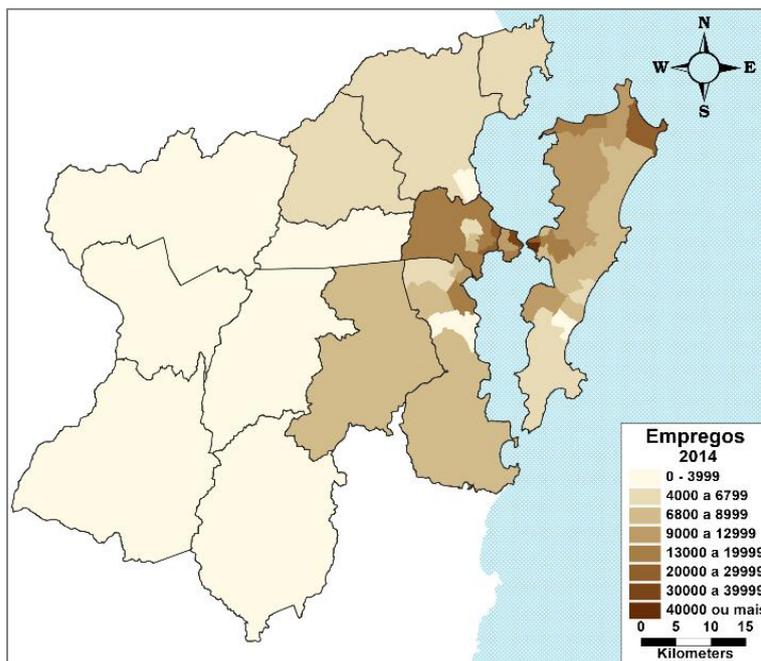


Figura 2.11 – Empregos em 2014 na Área de Estudo em nível de macrozona.

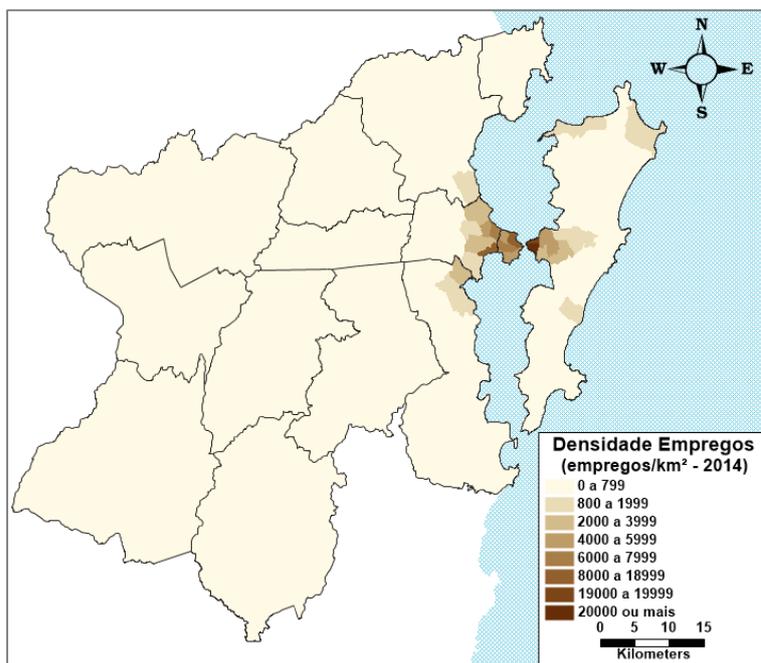


Figura 2.12 - Densidade de empregos em 2014 na área de estudo em nível de macrozona.

2.2.4 MATRÍCULAS ESCOLARES

Depois das viagens por motivo de trabalho, o segundo motivo de viagem tipicamente mais relevante na mobilidade urbana é por estudo. A variável mais explicativa da taxa de atração de viagens em razão de

estudo é o número de matrículas em estabelecimentos escolares. Para isto, foram coletados os dados das instituições de ensino segundo o nível de ensino (Infantil, Fundamental, Médio, Superior), como apresentado na Tabela 2-7. A Figura 2.13 e a Figura 2.14 ilustram a distribuição geográfica e a densidade do número de matrículas inseridas na área de estudo, refletindo os principais pontos de atração de viagens por motivo de estudo.

Tabela 2-7 – Matrículas na área de estudo em 2014.

Município	Matrículas				
	Infantil	Fundamental	Médio	Superior	Total
Águas Mornas	227	720	229	0	1.176
Angelina	195	649	220	0	1.064
Anitápolis	130	340	147	0	617
Antônio Carlos	427	1.132	514	0	2.073
Biguaçu	2.123	8.181	2.373	1.591	14.268
Florianópolis	19.172	46.205	21.626	53.634	140.637
Governador Celso Ramos	331	647	251	0	1.229
Palhoça	5.560	19.376	5.768	7.060	37.764
Rancho Queimado	117	348	104	0	569
Santo Amaro da Imperatriz	945	2.591	1.094	40	4.670
São Bonifácio	100	313	89	0	502
São José	6.685	24.495	11.631	12.152	54.963
São Pedro de Alcântara	175	471	177	0	823
Total	36.187	105.468	44.223	74.477	260.355

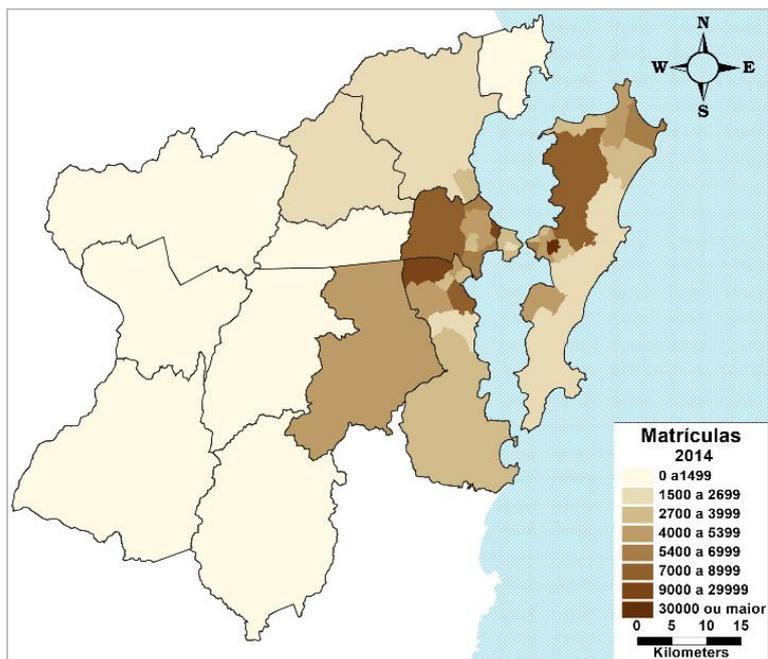


Figura 2.13 – Distribuição geográfica das matrículas na área de estudo no ano de 2014.

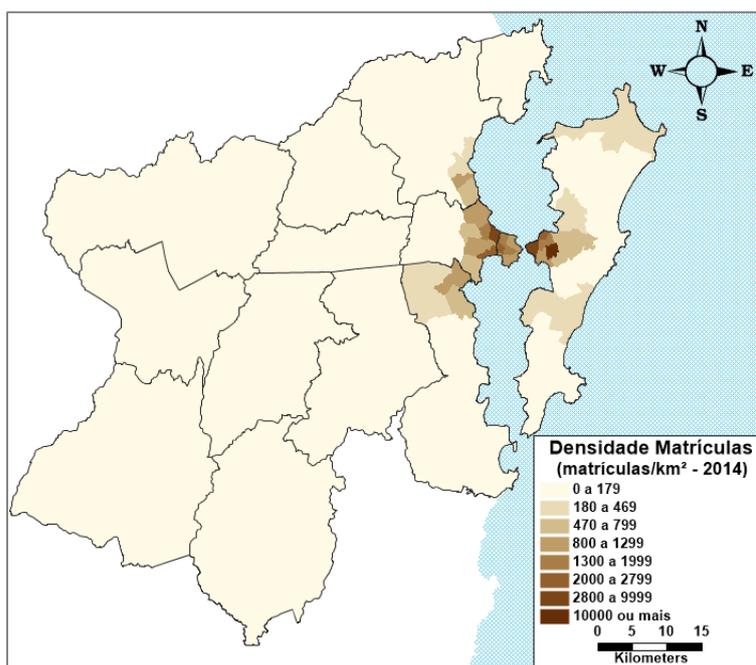


Figura 2.14 - Densidade de matrículas em 2014 na área de estudo em nível de macrozona.

2.2.5 UNIDADES ESPACIAIS DE ANÁLISE

O modelo de atração por regressão linear consiste em encontrar a relação matemática entre as variáveis explicativas (variáveis independentes) e o total de viagens atraídas de cada zona (variável dependente).

Tratando-se de um modelo agregado, requer uma representatividade amostral mínima para ser considerado estatisticamente válido. As variáveis independentes, como o emprego e as matrículas são naturalmente censitárias, ou seja, incluem a totalidade dos dados da Área de Estudo e, portanto, representam de forma completa o universo considerado. Já a variável dependente do total de viagens atraídas por área é resultado da expansão derivada de uma pesquisa domiciliar, no caso a Pesquisa Origem - Destino, que é de caráter amostral e, portanto, requer um número mínimo de observações para cada unidade de análise. A literatura recomenda uma amostra mínima de cerca de 30 observações para que seja considerada estatisticamente representativa, isto é, as unidades espaciais de análise (zoneamento agregado) devem conter essa quantidade de viagens atraídas para cada um dos três motivos de viagem a serem modelados (trabalho, estudo e outros), subdivididos, por sua vez, em três classes de renda (A, B e C).

As unidades de análise (UA) são geradas a partir da agregação de uma certa quantidade de zonas de análises de tráfego, buscando-se alcançar a representatividade amostral de, no mínimo, 30 observações para cada uma das doze categorias (4 motivos de viagem subdivididos em 3 classes de renda). Os casos que não alcançarem o valor amostral mínimo sugerido, mesmo após a agregação das zonas, serão considerados como valores atípicos na regressão. O objetivo desta etapa é formar as unidades de análise minimizando o número de *outliers* e, conseqüentemente, buscando um modelo com melhor representatividade.

A partir da Pesquisa Origem - Destino, obteve-se o número total de viagens atraídas em cada zona, que foram classificadas por categoria de motivo e classe de renda, como proposto na metodologia. Posteriormente, realizou-se uma varredura da área de estudo gerando grupos de zonas que, em conjunto, alcançassem a amostra mínima para cada motivo. Desta análise, chegou-se a 21 unidades espaciais de análise (denominada de UA21). As figuras a seguir ilustram, para cada categoria de modelagem, o número de amostras presentes nas unidades espaciais de análise elaboradas nesta etapa.

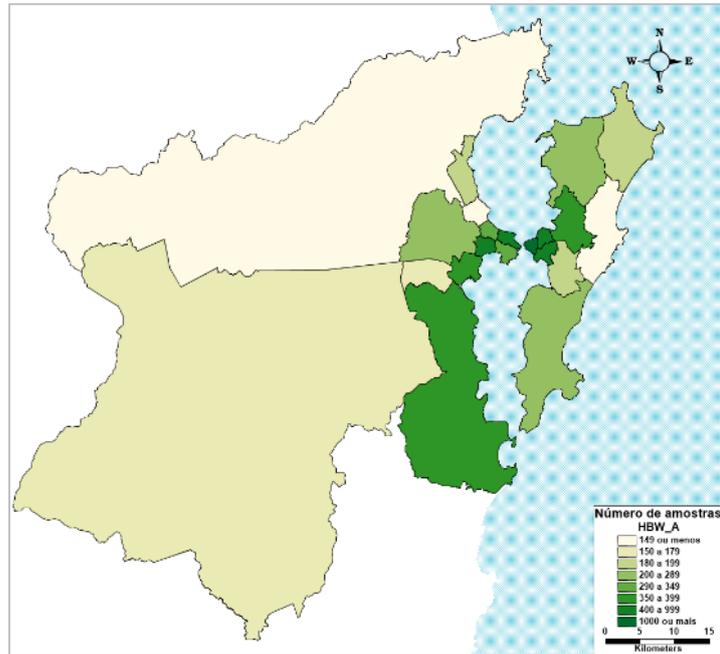


Figura 2.15 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivo de trabalho e classe de renda A por unidade de análise.

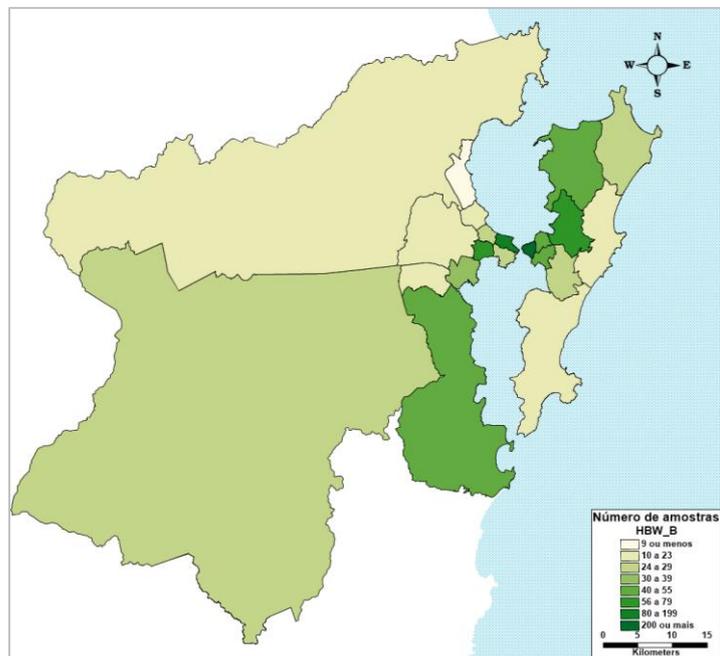


Figura 2.16 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivo de trabalho e classe de renda B por unidade de análise.

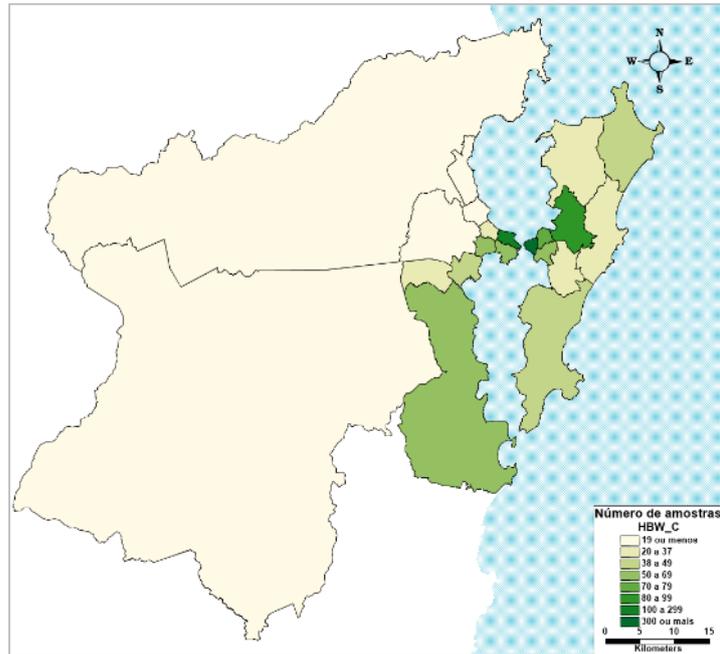


Figura 2.17 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivo de trabalho e classe de renda C por unidade de análise.

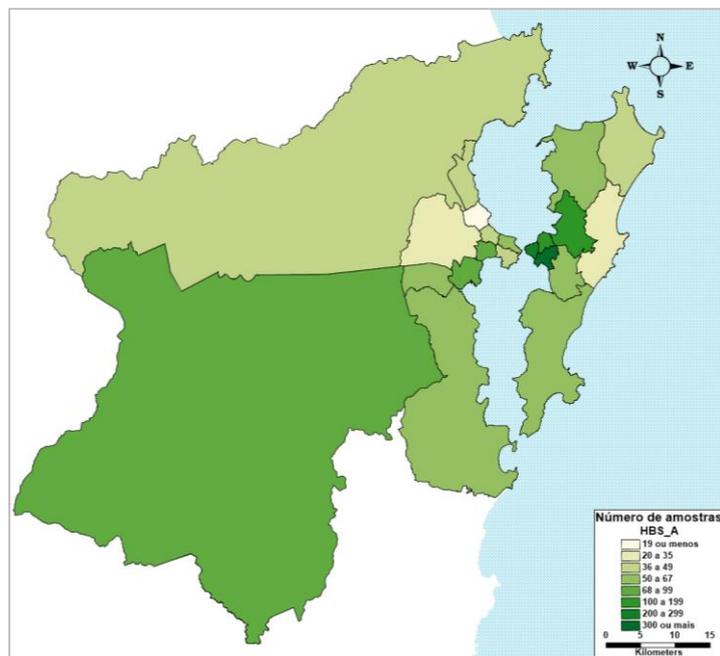


Figura 2.18 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivo de estudo e classe de renda A por unidade de análise.

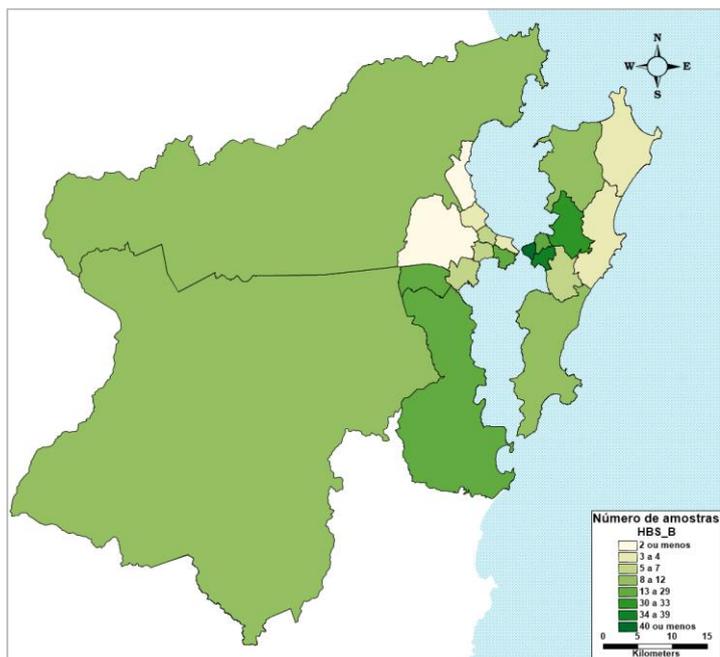


Figura 2.19 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivo de estudo e classe de renda B por unidade de análise.

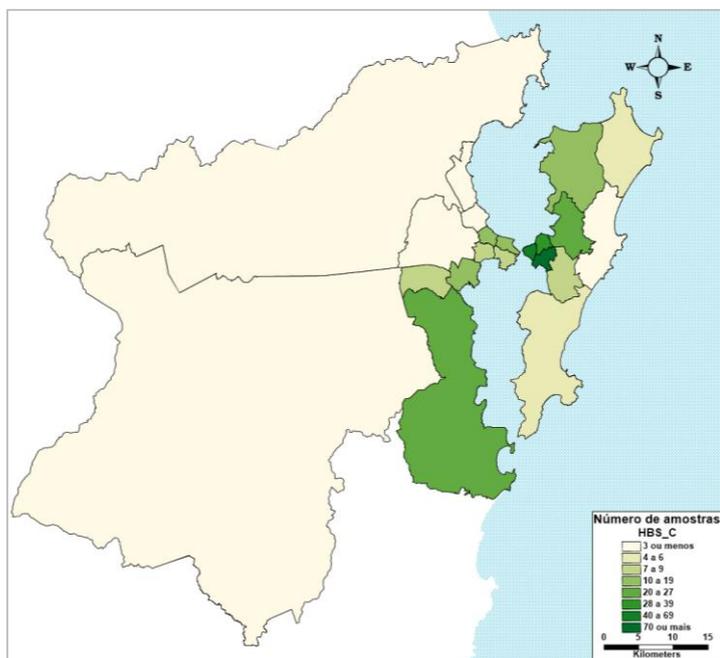


Figura 2.20 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivo de estudo e classe de renda C por unidade de análise.

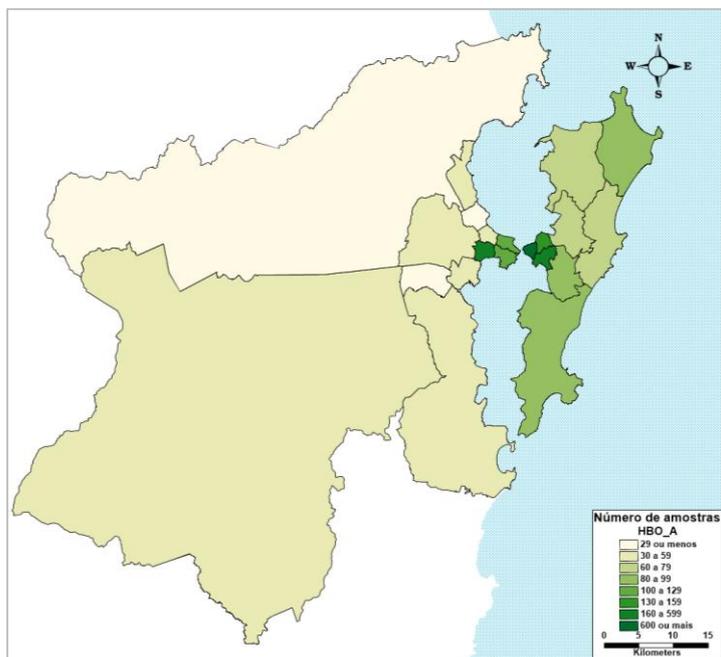


Figura 2.21 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivos outros e classe de renda A por unidade de análise.

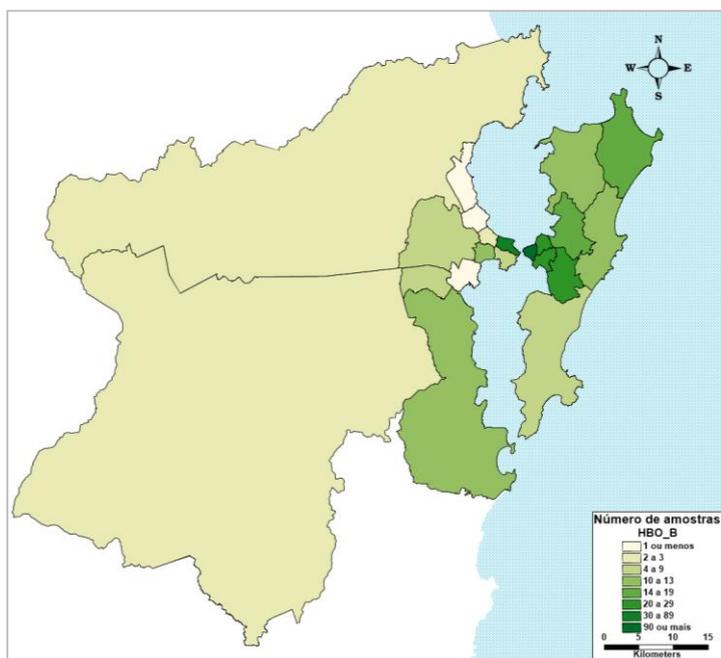


Figura 2.22 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivos outros e classe de renda B por unidade de análise.

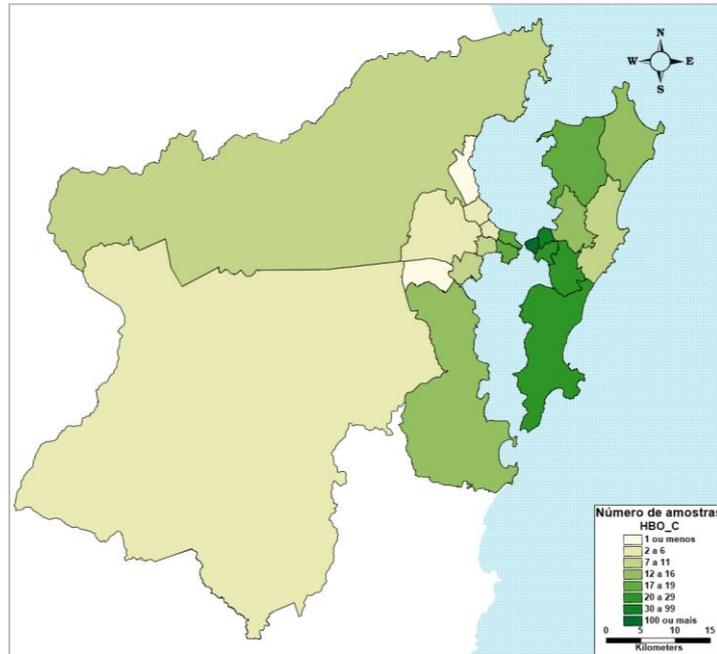


Figura 2.23 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens por motivos outros e classe de renda C por unidade de análise.

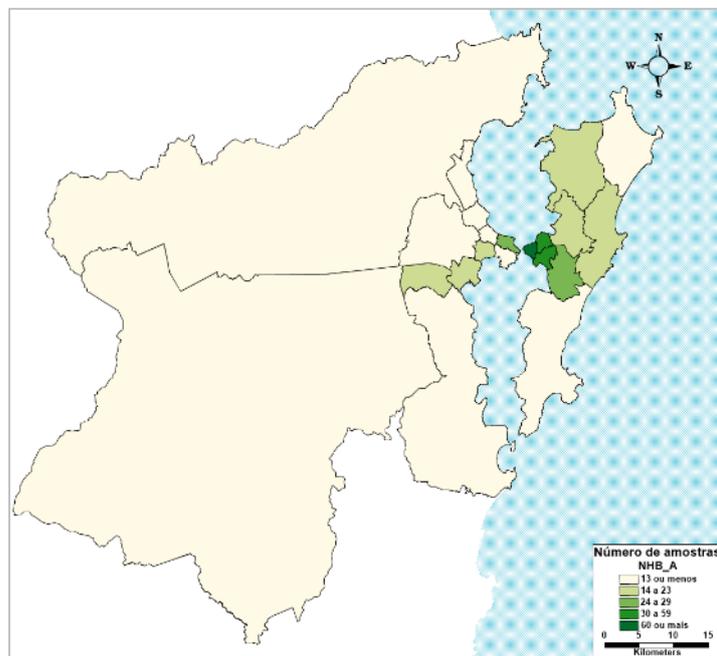


Figura 2.24 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens com base não domiciliar e classe de renda A por unidade de análise.

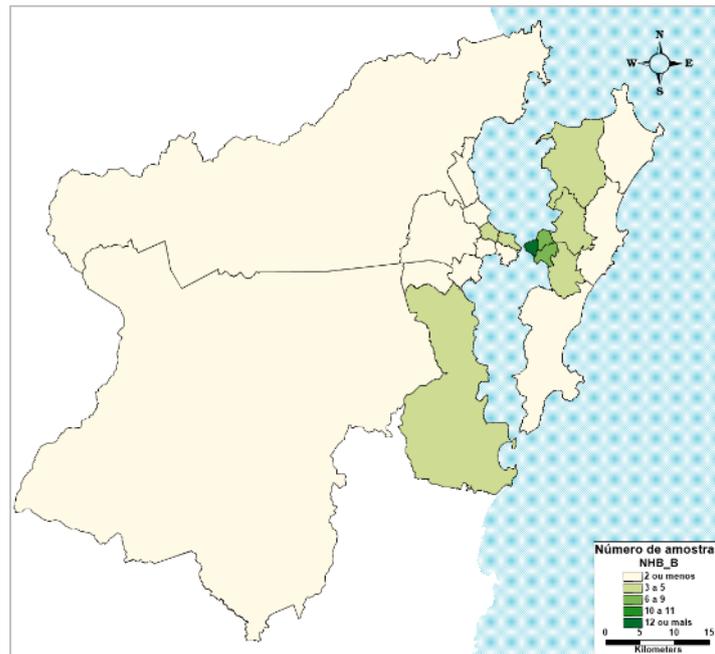


Figura 2.25 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens com base não domiciliar e classe de renda A por unidade de análise.

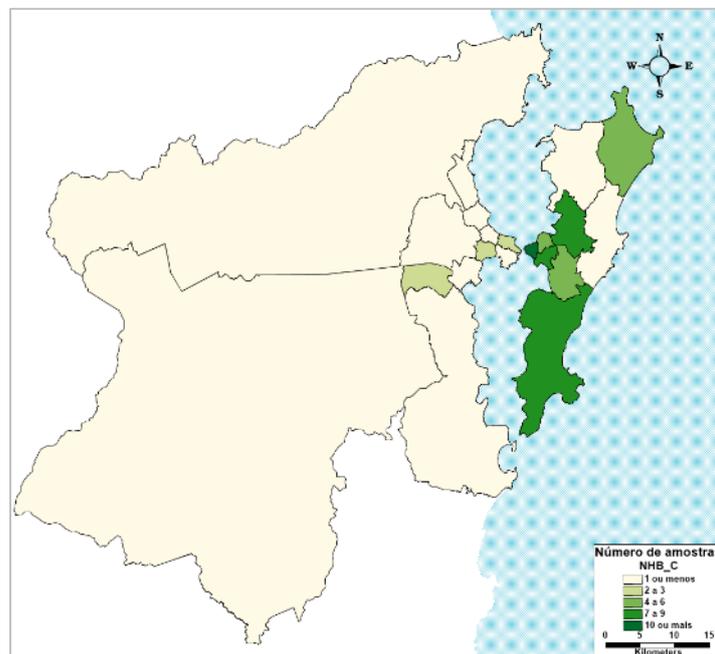


Figura 2.26 - Mapa temático do número de observações de atração de viagens com base não domiciliar e classe de renda A por unidade de análise.

2.2.6 MODELOS DE ATRAÇÃO PARA A ÁREA DE ESTUDO

Nesta sessão são apresentados os resultados da análise estatística da regressão múltipla, como descrito na metodologia, visando definir o modelo de atração. Os resultados se subdividem de acordo com as categorias de classificação das viagens: quatro categorias de motivo de viagem subdivididas em três classes de renda. O processo inicial consiste na preparação da base de dados composta por informações que caracterizam as atividades da região de análise e, conseqüentemente, sua atratividade de viagens. Os campos da base de dados são apresentados na Tabela 2-8 a seguir.

Tabela 2-8 - variáveis de base de dados- Modelo Atração

Variáveis	Descrições
UA21	Código das unidades de análise
HBW_A	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivo de trabalho e classe de renda A
HBW_B	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivo de trabalho e classe de renda B
HBW_C	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivo de trabalho e classe de renda C
HBS_A	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivo de estudo e classe de renda A
HBS_B	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivo de estudo e classe de renda B
HBS_C	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivo de estudo e classe de renda C
HBO_A	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivos outros e classe de renda A
HBO_B	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivos outros e classe de renda B
HBO_C	Total de viagens diárias com base domiciliar, por motivos outros e classe de renda C
NHB_A	Total de viagens diárias sem base domiciliar e classe de renda A
NHB_B	Total de viagens diárias sem base domiciliar e classe de renda B
NHB_C	Total de viagens diárias sem base domiciliar e classe de renda C
Empregos	Número de empregos em 2014
Matric_infantil	Matriculas do nível de ensino infantil em 2014
Matric_fundamental	Matriculas do nível de ensino fundamental em 2014
Matric_médio	Matriculas do nível de ensino médio em 2014
Matric_superior	Matriculas do nível de ensino superior em 2014
Matriculas	Total de matrículas em 2014
População_2014	População em 2014
Domicílios	Número de domicílios em 2014
Extensão Estratégica	Extensão das vias arteriais e coletoras (km)

2.2.7 ATRAÇÃO BASE DOMICILIAR POR MOTIVO DE TRABALHO

Como era esperado, as variáveis típicas que explicam o trabalho correspondem principalmente à informação de empregos. Adicionalmente se prova o comportamento diante da inserção de um coeficiente constante.

Para combinações específicas de variáveis, utiliza-se o método “backward” de análise de regressão. Segundo esse método, inicialmente todas as variáveis independentes do conjunto são tomadas como hipóteses e são introduzidas no modelo. Verifica-se, através de provas estatísticas, a significância de participação dessas variáveis no modelo. Em cada etapa, as variáveis não significativas são eliminadas automaticamente para obter-se um modelo que incorpore as variáveis estatisticamente significativas.

A partir das análises, concluiu-se que o modelo de ID 2 apresenta os melhores resultados, conforme pode ser observado na Tabela 2-9, Tabela 2-10 e Tabela 2-11 a seguir.

Tabela 2-9 – Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivo de trabalho e classe de renda A

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variável Excluída
1	Coefficiente constante	-29506.729	0.810	0.656	-2.613	0.0171	X
	Empregos	2.093			6.020	8.597E-06	
2	Empregos	1.260	0.873	0.762	8.001	1.164E-07	

Tabela 2-10 – Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivo de trabalho e classe de renda B

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variável Excluída
1	Coefficiente constante	-3452.908	0.827	0.684	-2.847	0.0103	X
	Empregos	0.240			6.420	3.720E-06	
2	Empregos	0.142	0.878	0.771	8.211	7.785E-08	

Tabela 2-11 – Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivo de trabalho e classe de renda C

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variável Excluída
1	Coefficiente constante	-5832.722	0.832	0.688	-3.448	0.00269	X
	Empregos	0.337			6.479	3.297E-06	
2	Empregos	0.173	0.832	0.696	1.622E-06	1.622E-06	

2.2.8 ATRAÇÃO BASE DOMICILIAR POR MOTIVO DE ESTUDO

As variáveis que explicam as viagens por motivo de estudo correspondem principalmente a matrículas. As seguintes tabelas (Tabela 2-12, Tabela 2-13 e Tabela 2-14) apresentam os conjuntos de variáveis analisados. Para esse modelo, foram avaliados 4 conjuntos de variáveis. O modelo 3 apresentou os melhores indicadores.

Tabela 2-12 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivo de estudo e classe de renda A

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variável Excluída
1	População_2014	0.224	0.910	0.828	1.049	0.309	
	Matric_Inf+ Matric_Fund	-2.127			-1.908	0.0734	X
	Matric_Médio	4.298			1.313	0.207	
	Matric_Super	0.790			5.649	2.884E-05	
2	População_2014	0.366	0.904	0.817	2.164	0.0441	
	Matric_Inf+ Matric_Fund	-2.016			-1.809	0.0871	X
	Matric_Médio+ Matric_Superior	0.786			5.596	2.606E-05	
3	Matric_Inf+Matric_Fund	0.366	0.877	0.769	1.907	0.0717	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.849			5.658	1.869E-05	
4	Matrículas	0.672	0.860	0.739	6.0419	8.215E-06	
	Extensão Estratégica	-5.399			-0.375	0.712	X

Tabela 2-13 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivo de estudo e classe de renda B

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variável Excluída
1	População_2014	0.041	0.798	0.637	1.100	0.286	
	Matric_Inf+Matric_Fund	-0.193			-1.00160	0.330	X
	Matric_Médio	0.056			0.0987	0.922	
	Matric_Super	0.061			2.527	0.021	
2	População_2014	0.040	0.798	0.637	1.432	0.169	
	Matric_Inf+Matric_Fund	-0.193			-1.0359	0.313	X
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.061			2.602	0.0180	
3	Matric_Inf+Matric_Fund	0.070	0.772	0.595	2.334	0.0307	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.068			2.887	0.00945	
4	Matriculas	0.059	0.785	0.616	3.694	0.00153	
	Extensão Estratégica	2.101			1.0152	0.322	

Tabela 2-14 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivo de estudo e classe de renda C

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variável Excluída
1	População_2014	0.039	0.868	0.753	0.851	0.406	
	Matric_Inf+Matric_Fund	-0.176			-0.742	0.468	X
	Matric_Médio	0.031			0.0456	0.964	
	Matric_Super	0.154			5.202	7.200E-05	
2	População_2014	0.033	0.867	0.753	0.968	0.346	
	Matric_Inf+Matric_Fund	-0.179			-0.784	0.443	X
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.154			5.356	4.328E-05	
3	Matric_Inf+Matric_Fund	0.040	0.860	0.740	1.0959	0.287	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.161			5.691	1.739E-05	
4	Matriculas	0.125	0.835	0.698	5.876	1.169E-05	
	Extensão Extratégica	-3.171			-1.153	0.263	X

2.2.9 ATRAÇÃO BASE DOMICILIAR POR OUTROS MOTIVOS

Visando determinar as variáveis que melhor explicam as viagens domiciliares por motivo outros, foram testadas todas as disponíveis: emprego, matrícula escolar e oferta física. Dessa análise resultaram 6 conjuntos de combinações.

As seguintes tabelas (Tabela 2-15, Tabela 2-16 e Tabela 2-17) apresentam os conjuntos de variáveis analisados com o método “backward”. A partir desses dados, concluiu-se que o modelo de ID 6 apresenta os melhores resultados.

Tabela 2-15 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivos outros e classe de renda A

ID	Variáveis	Coeficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Domicílios	-1.086	0.948	0.898	-5.992	1.144E-05	X
	Empregos	0.759			10.0581	8.167E-09	
	Matrículas	0.188			1.525	0.144	
2	Domicílios	-0.968	0.946	0.896	-6.272	6.482E-06	X
	Empregos	0.744			9.724	1.370E-08	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.165			1.339	0.197	
3	Domicílios	-0.950	0.946	0.896	-5.0887	9.104E-05	X
	Empregos	0.742			9.316	4.330E-08	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.163			1.275	0.219	
	Extensão Estratégica	-2.523			-0.184	0.856	X
4	Empregos	0.406	0.859	0.738	5.897	1.392E-05	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.023			0.123	0.904	
	Extensão Estratégica	-39.264			-2.184	0.0424	X
5	Empregos	0.318	0.818	0.669	5.213	4.955E-05	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.023			0.108	0.915	X
6	Empregos	0.321	0.818	0.669	6.359	3.317E-06	

Tabela 2-16 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivos outros e classe de renda B

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Domicílios	-0.177	0.910	0.829	-5.0703	7.975E-05	X
	Empregos	0.115			7.882	3.0266E-07	
	Matrículas	0.031			1.312	0.206043292	
2	Domicílios	-0.157	0.908	0.825	-5.283	5.0531E-05	X
	Empregos	0.112			7.607	4.984E-07	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.026			1.090	0.289	
3	Domicílios	-0.165	0.909	0.826	-4.598	0.000256	X
	Empregos	0.113			7.400	1.03653E-06	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.027			1.103	0.285	
	Extensão Estratégica	1.064			0.404	0.690	
4	Empregos	0.055	0.782	0.611	4.404	0.000342	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.003			0.0833	0.934	
	Extensão Estratégica	-5.304			-1.631	0.120	X
5	Empregos	0.043	0.744	0.553	4.0872	0.000627	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.003			0.0770	0.939	
6	Empregos	0.043	0.744	0.554	4.982	7.158E-05	

Tabela 2-17 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base domiciliar, por motivos outros e classe de renda C

ID	Variáveis	Coeficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Domicílios	-0.253	0.898	0.806	-4.683	0.000184	X
	Empregos	0.170			7.544	5.592E-07	
	Matrículas	0.021			0.583	0.567	
2	Domicílios	-0.238	0.897	0.803	-5.218	5.808E-05	X
	Empregos	0.168			7.432	6.876E-07	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.013			0.362	0.721	
3	Domicílios	-0.259	0.899	0.809	-4.754	0.000183	X
	Empregos	0.171			7.355	1.125E-06	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.016			0.435	0.668	
	Extensão Estratégica	2.882			0.719	0.481	
4	Empregos	0.079	0.746	0.557	4.112	0.000654	
	Matric_Médio+Matric_Superior	-0.021			-0.403	0.692	X
	Extensão Estratégica	-7.150			-1.416	0.174	X
5	Empregos	0.063	0.712	0.507	3.953	0.000852	
	Matric_Médio+Matric_Superior	-0.022			-0.395	0.697	X
6	Empregos	0.060	0.710	0.504	4.503	0.000217	

2.2.10 ATRAÇÃO BASE NÃO DOMICILIAR

As viagens com base não domiciliar tendem a ter comportamento disperso devido à sua irregularidade. Para determinar as variáveis que melhor explicam as viagens domiciliares por outros motivos, testou-se aquelas disponíveis: empregos, matrículas escolares e oferta, resultando em três conjuntos de combinações.

As Tabela 2-18, Tabela 2-19 e Tabela 2-20, a seguir, apresentam os conjuntos de variáveis analisados. Os modelos de ID 2 apresentaram os melhores resultados. Estes incluem as variáveis agregadas de matrículas para o nível médio e superior e informações de empregos.

Tabela 2-18 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base não domiciliar e classe de renda A

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Empregos	0.035	0.811	0.658	3.0124	0.00716	
	Matrículas	0.027			1.0658	0.299	
2	Matric_Médio+Matric_Superior	0.065	0.849	0.721	2.386	0.0276	
	Empregos	0.034			4.352	0.000343	
3	Empregos	0.045	0.877	0.769	4.898	0.000116	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.065			2.555	0.0199	
	Extensão Estratégica	-4.579			-1.931	0.0694	X

Tabela 2-19 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base não domiciliar e classe de renda B

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Empregos	0.006	0.766	0.586	3.016	0.00709	
	Matrículas	0.002			0.403	0.692	
2	Matric_Médio+Matric_Superior	0.008	0.791	0.625	1.463	0.159	
	Empregos	0.006			3.849	0.00108	
3	Empregos	0.007	0.801	0.642	3.639	0.00187	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.008			1.459	0.162	
	Extensão Estratégica	-0.460			-0.920	0.369	X

Tabela 2-20 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base não domiciliar e classe de renda C

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Empregos	0.006	0.765	0.586	3.0164	0.00709	
	Matrículas	0.002			0.403	0.692	
2	Matric_Médio+Matric_Superior	0.011	0.803	0.644	1.895	0.0735	
	Empregos	0.006			3.720	0.00145	
3	Empregos	0.008	0.821	0.674	3.811	0.00128	
	Matric_Médio+Matric_Superior	0.011			1.929	0.0697	
	Extensão Estratégica	-0.683			-1.281	0.216	X

2.2.11 ESTIMATIVA DO VETOR DE ATRAÇÃO DE VIAGENS

A aplicação dos modelos de atração de viagens ocorreu para cada zona de análise de tráfego (ZAT), isto é, cada um dos modelos elaborados para os quatro motivos de viagem estudados e as três classes de renda foi calculado a partir das informações socioeconômicas de cada ZAT, resultando, assim, no vetor de atração de viagens por zona.

Os principais resultados da aplicação do modelo de atração de viagens são apresentados a seguir. A Tabela 2-21 apresenta o total de viagens atraídas estimadas a partir da aplicação dos modelos de atração. Similarmente, a Figura 2.27 e a Figura 2.28 ilustram graficamente a distribuição espacial dessas viagens.

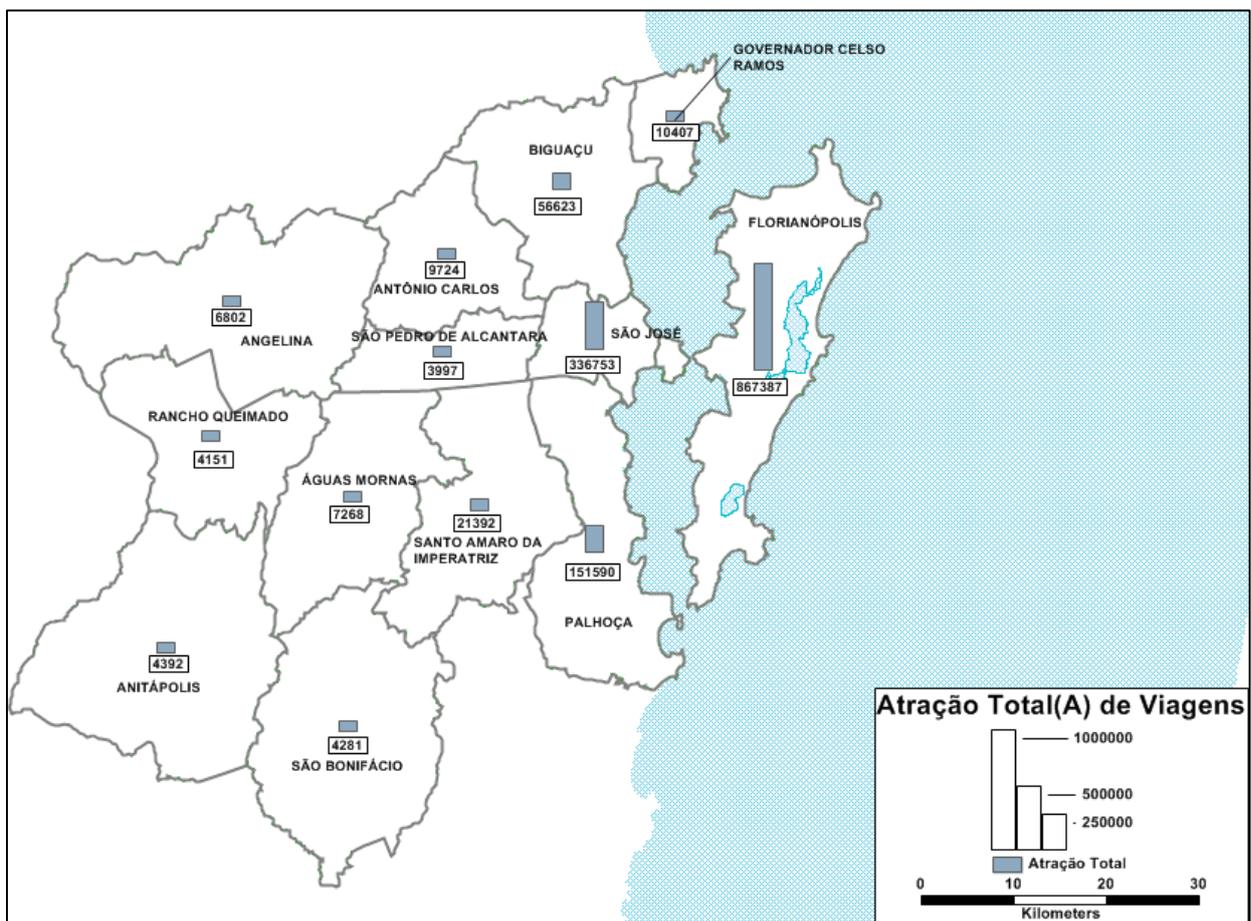


Figura 2.27 - Total de viagens produzidas, em valores diários, por município da área de estudo.

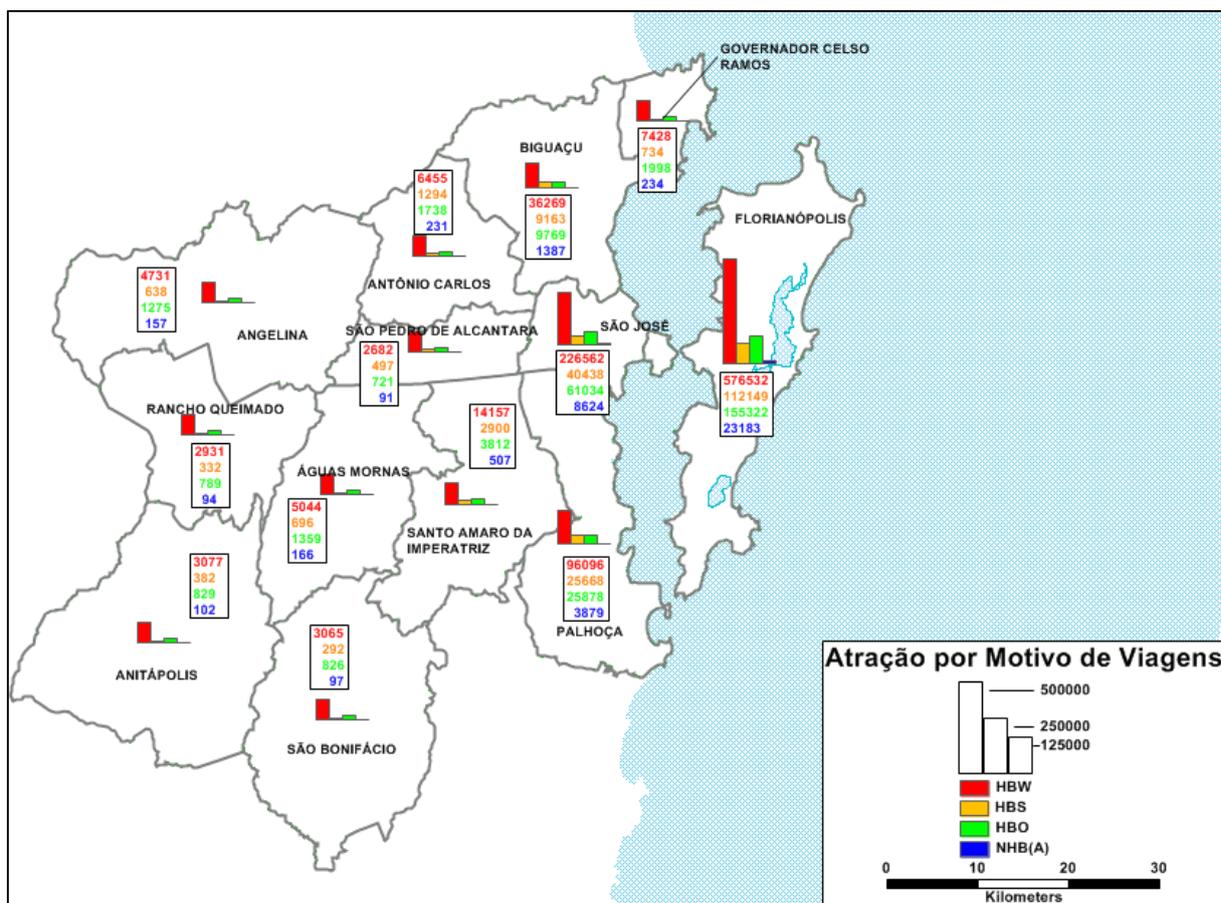


Figura 2.28 - Total de viagens produzidas por motivo, em valores diários, por município da área de estudo.

Tabela 2-21 - Número de viagens atraídas resultante da aplicação do modelo de atração de viagens.

Município	HBW	HBS	HBO	NHB	Total
Águas Mornas	5.045	697	1.359	168	7.269
Angelina	4.731	639	1.275	158	6.803
Anitápolis	3.078	382	829	103	4.392
Antônio Carlos	6.456	1.296	1.740	232	9.724
Biguaçu	36.281	9.175	9.778	1.399	56.633
Florianópolis	576.603	112.220	155.391	23.253	867.467
Governador Celso Ramos	7.432	736	2.002	239	10.409
Palhoça	96.120	25.691	25.904	3.900	151.615
Rancho Queimado	2.933	333	791	95	4.152
Santo Amaro da Imperatriz	14.161	2.905	3.817	512	21.395
São Bonifácio	3.065	293	826	97	4.281
São José	226.595	40.469	61.066	8.655	336.785
São Pedro de Alcântara	2.683	498	723	94	3.998
Total	985.186	195.333	265.501	38.903	1.484.923

As figuras a seguir (Figura 2.29 a Figura 2.32) ilustram a densidade de viagens atraídas diariamente, por quilômetro quadrado, para cada macrozona.

Essa análise identifica uma saturação da atração distribuída na área de estudo, porém com maior intensidade quanto maior seja sua proximidade com a área do centro da cidade e das principais rotas de transporte.

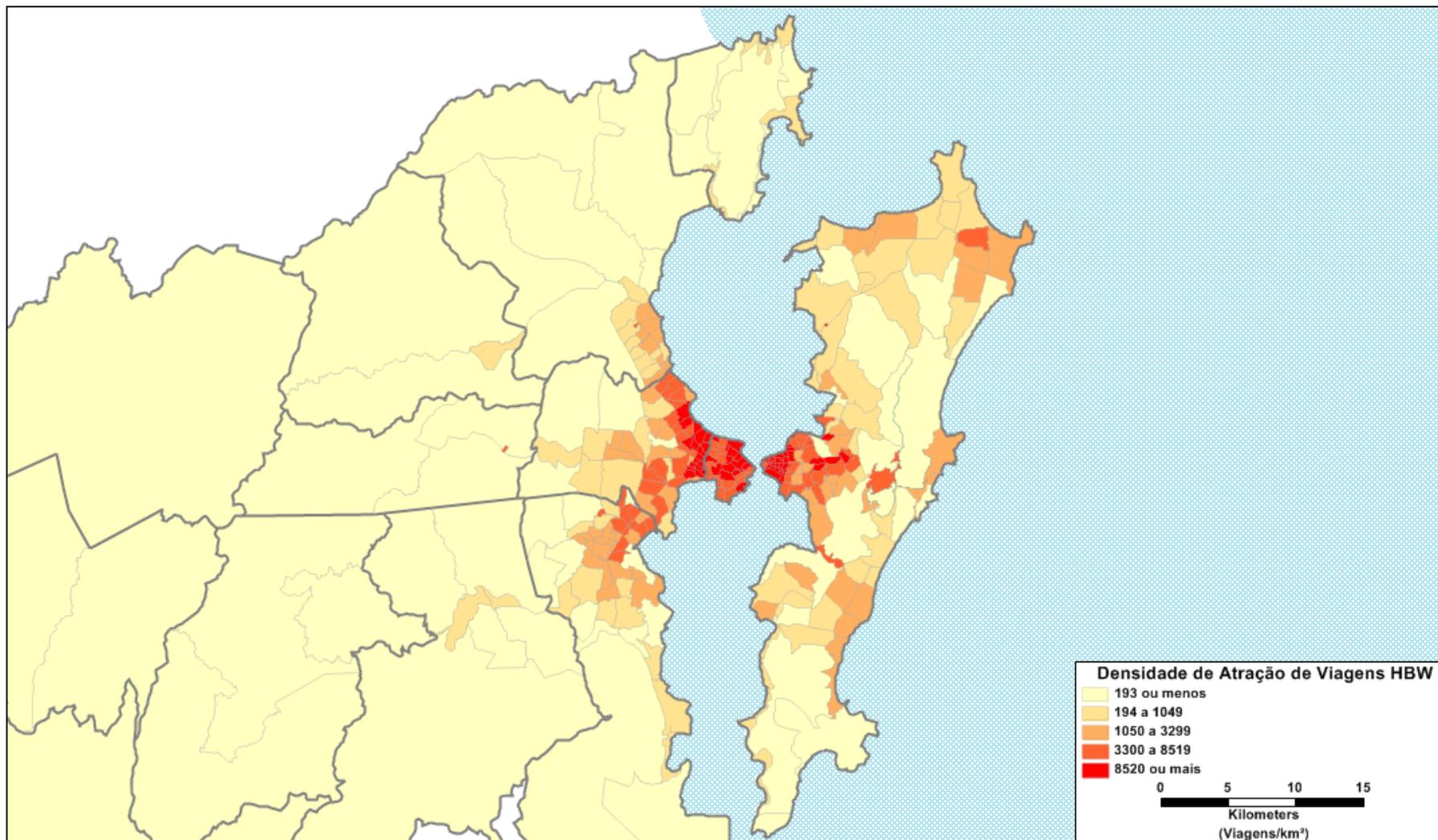


Figura 2.29 – Densidade de viagens atraídas com base domiciliar e por motivo de trabalho.

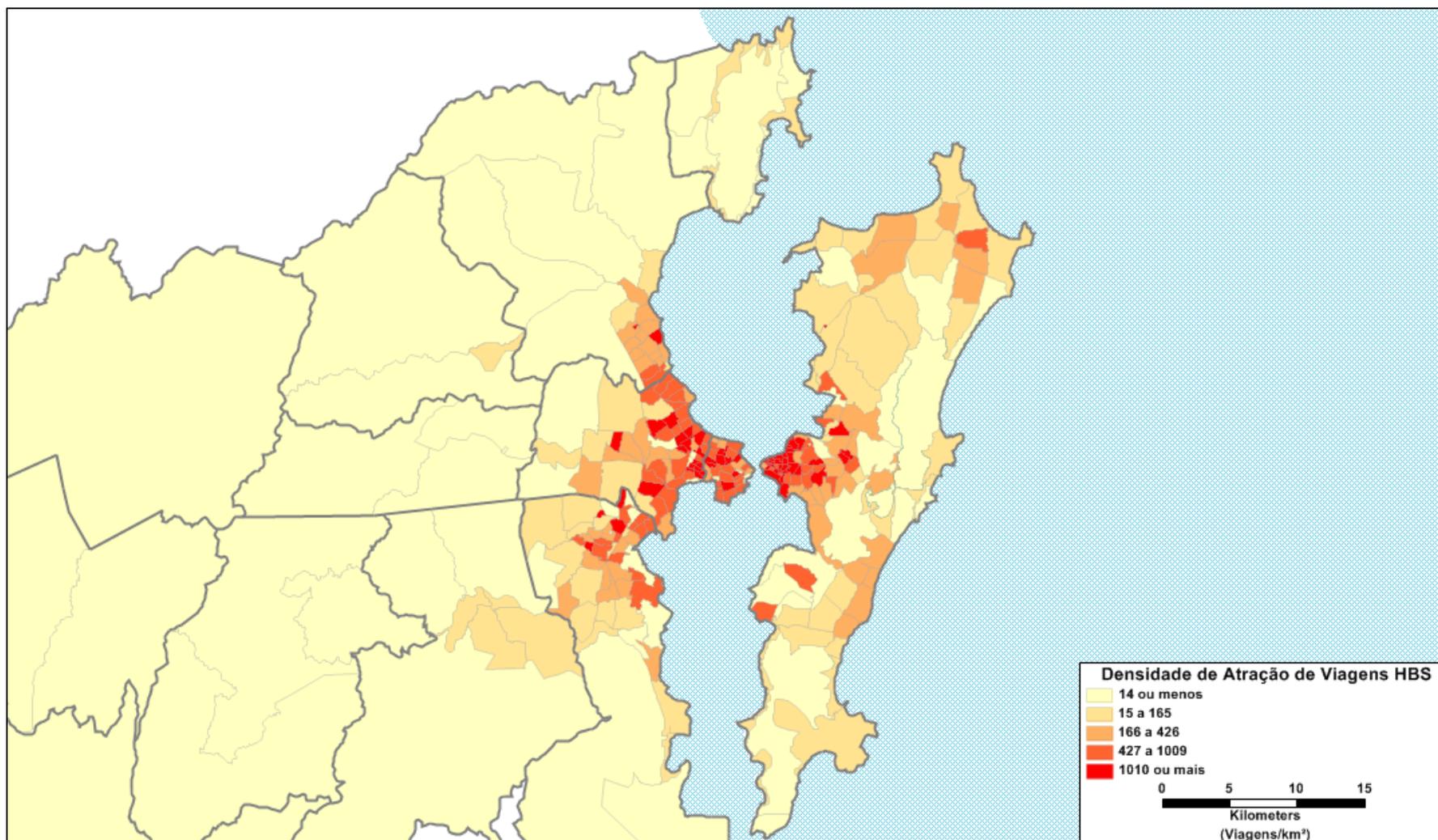


Figura 2.30 – Densidade de viagens atraídas com base domiciliar e por motivo de estudo.

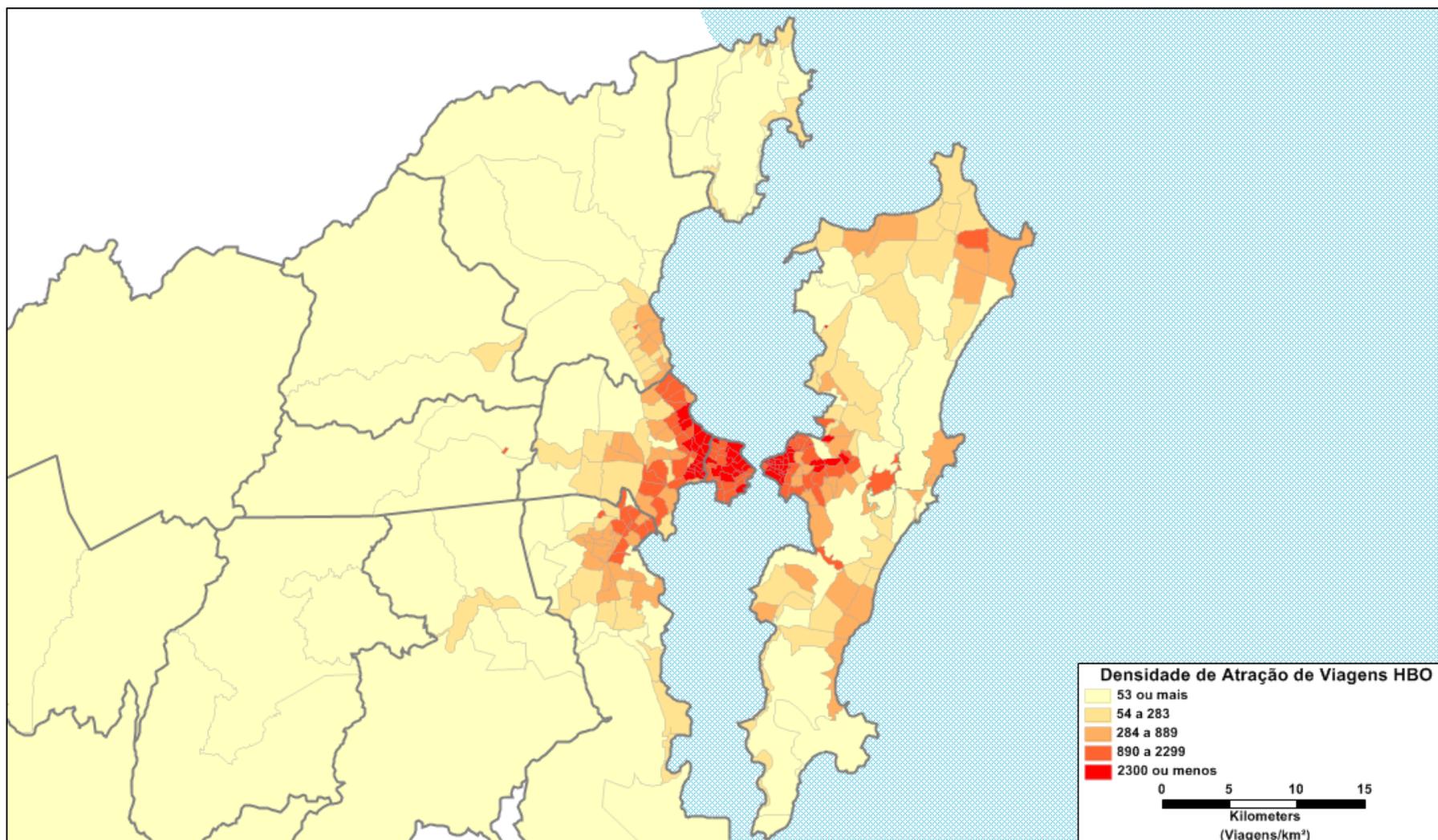


Figura 2.31 – Densidade de viagens atraídas com base domiciliar e por motivos outros.

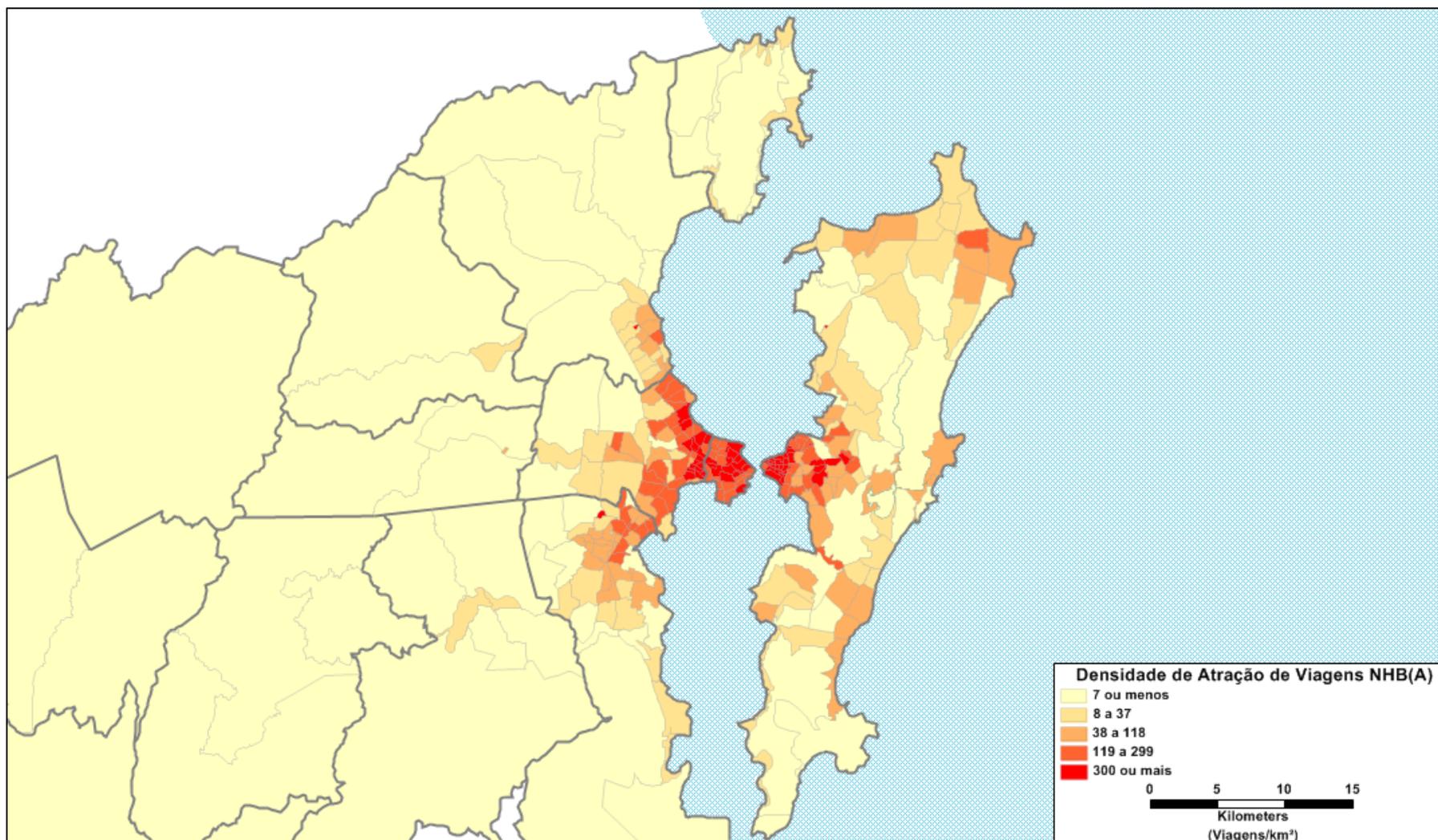


Figura 2.32 – Densidade de viagens atraídas com base não domiciliar.

2.2.12 RESUMOS DE RESULTADOS OBTIDOS

Os modelos de atração elaborados a partir da metodologia descrita nesta sessão são resumidos na Tabela 2-22 a seguir.

Tabela 2-22 – Resumo dos modelos de atração elaborados

Motivo da viagem	Faixa de Renda	Modelo
HBW	A	$1.260 * (\text{Empregos})$
HBW	B	$0.142 * (\text{Empregos})$
HBW	C	$0.173 * (\text{Empregos})$
HBS	A	$0.366 * (\text{Matric_Inf} + \text{Matric_Fund}) + 0.849 * (\text{Matric_Médio} + \text{Matric_Super})$
HBS	B	$0.070 * (\text{Matric_Inf} + \text{Matric_Fund}) + 0.068 * (\text{Matric_Médio} + \text{Matric_Super})$
HBS	C	$0.040 * (\text{Matric_Inf} + \text{Matric_Fund}) + 0.161 * (\text{Matric_Médio} + \text{Matric_Super})$
HBO	A	$0.321 * (\text{Empregos})$
HBO	B	$0.043 * (\text{Empregos})$
HBO	C	$0.060 * (\text{Empregos})$
NHB	A	$0.065 * (\text{Matric_Médio} + \text{Matric_Super}) + 0.034 * (\text{Empregos})$
NHB	B	$0.008 * (\text{Matric_Médio} + \text{Matric_Super}) + 0.006 * (\text{Empregos})$
NHB	C	$0.011 * (\text{Matric_Médio} + \text{Matric_Super}) + 0.006 * (\text{Empregos})$

Os resultados obtidos para o total de viagens motorizadas atraídas dentro da área de estudo, em volume diário, estão apresentados na Tabela 2-23. Observa-se que o total de viagens modeladas atraídas por dia na área de estudo é de 1.484.924. Ao comparar-se o total de viagens modeladas (a partir da aplicação dos modelos desenvolvidos) com o de viagens estimadas a partir da expansão da Pesquisa Origem - Destino, observa-se uma defasagem de aproximadamente 12%. Isto ocorre devido à intensidade de correlação entre as variáveis modeladas e os valores obtidos na pesquisa, o que representa a certeza e precisão dos modelos. Vale ainda ressaltar que nessa etapa do processo os vetores de atração e produção ainda não estão equilibrados, o que acontecerá posteriormente.

Tabela 2-23 – Resultados agregados do modelo de atração (viagens motorizadas realizadas na área de estudo por dia)

Viagens Atraídas	Viagens observadas	Viagens modeladas	Diferença
	1.312.829	1.484.924	-12%

2.2.13 MODELO DE PRODUÇÃO COM BASE NÃO DOMICILIAR

A produção de viagens sem base domiciliar está associada à existência de polos atratores de viagens. Assim, elaborar um modelo de produção para esse tipo de deslocamento a partir de variáveis independentes que caracterizem famílias ou domicílios pode não ser eficaz.

Por essa razão, buscou-se, alternativamente, avaliar o comportamento da produção de viagens sem base domiciliar a partir de variáveis características da região, como população, emprego, matrículas escolares e extensão viária estratégica.

Nesse caso, as variáveis que apresentaram melhor correlação foram matrículas (ensino médio e superior) e empregos, como mostra o ID 2, nas tabelas a seguir (Tabela 2-24, Tabela 2-25 e Tabela 2-26).

Tabela 2-24 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base não domiciliar e classe de renda A

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Empregos	0.034	0.827	0.684	2.8486	0.0103	
	Matrículas	0.040			1.514	0.146	
2	Matríc_Médio+Matríc_Superior	0.087	0.880	0.775	3.299	0.00376	
	Empregos	0.035			4.543	0.000222	
3	Empregos	0.045	0.903	0.816	5.128	7.041E-05	
	Matríc_Médio+Matríc_Superior	0.087			3.554	0.00226	
	Extensão Estratégica	-4.568			-1.999	0.0608	

Tabela 2-25 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base não domiciliar e classe de renda B

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Empregos	0.008	0.778	0.605	3.573	0.00203	
	Matrículas	-0.001			-0.139	0.891	X
2	Matríc_Médio+Matríc_Superior	0.004	0.784	0.615	0.703	0.491	
	Empregos	0.007			4.273	0.000411	
3	Empregos	0.008	0.798	0.636	4.063	0.00073	
	Matríc_Médio+Matríc_Superior	0.004			0.706	0.489	
	Extensão Estratégica	-0.525			-1.028	0.317	X

Tabela 2-26 - Resultados da regressão para os deslocamentos com base não domiciliar e classe de renda C

ID	Variáveis	Coefficiente	R	R ²	Estatística t	Valor p	Variáveis Excluídas
1	Empregos	0.011	0.755	0.569	3.751	0.00135	
	Matrículas	-0.005			-0.738	0.469	X
2	Matríc_Médio+Matríc_Superior	0.002	0.747	0.559	0.259	0.798	
	Empregos	0.009			4.026	0.000722	
3	Empregos	0.012	0.783	0.614	4.327	0.000406	
	Matríc_Médio+Matríc_Superior	0.002			0.273	0.788	
	Extensão Estratégica	-1.137			-1.601	0.126	X

A partir do processo de regressão para cada classe de renda, obteve-se os seguintes modelos para estimativa da produção de viagens com base não domiciliar.

Classe de renda A:

$$0.087 * (\text{Matríc_Médio}_i + \text{Matríc_Superior}_i) + 0.035 * (\text{Empregos}_i)$$

Classe de renda B:

$$0.004 * (\text{Matric_Médio}_i + \text{Matric_Superior}_i) + 0.007 * (\text{Empregos}_i)$$

Classe de renda C:

$$0.002 * (\text{Matric_Médio}_i + \text{Matric_Superior}_i) + 0.009 * (\text{Empregos}_i)$$

A partir desse resultado, comprova-se a hipótese sobre a maior capacidade explicativa desse modelo para o caso específico de viagens com base não domiciliar e, conseqüentemente, opta-se pelo uso desse método para o cálculo do vetor de viagens produzidas unicamente por este motivo de viagem.

De posse dos vetores resultantes dos modelos de geração, a próxima etapa consiste na aplicação do modelo de posse de automóvel e escolha de meio de transporte, como apresentado na próxima seção.

2.3 MODELO DE ESCOLHA DISCRETA E POSSE DE AUTOMÓVEL

Esta seção descreve os modelos obtidos para estimar as probabilidades individuais de posse de automóvel nos domicílios da Região Metropolitana de Florianópolis. Para estimativa dos modelos, foram consideradas as informações sobre as características socioeconômicas dos usuários entrevistados na Pesquisa Origem-Destino.

2.3.1 CONJUNTO DE ATRIBUTOS AVALIADOS NA DECISÃO

As variáveis independentes, ou variáveis preditoras, escolhidas para explicar o comportamento da posse de automóvel são relacionadas às características socioeconômicas dos indivíduos e dos domicílios.

Para codificação das variáveis categóricas, utilizou-se a codificação de efeito (*effect coding*) em alternativa à codificação *dummy*. Na codificação *dummy*, um atributo com L categorias é transformado em L-1 variáveis *dummy*, em que cada *dummy* assume o valor de 1, quando a categoria é presente e 0, se está ausente. A categoria L_a é excluída para evitar a perfeita colinearidade.

Entretanto, em modelos, a aplicação da codificação *dummy* para as variáveis categóricas implica que o efeito da categoria L_a é correlacionado com a constante do modelo, ou seja, o efeito da categoria L_a é intrinsecamente capturado pela constante da alternativa da função de especificação do modelo.

Vários autores³ sugerem a utilização da codificação de efeito em modelos, para evitar que o efeito da variável possa ser separado da constante do modelo.

A codificação de efeito é semelhante à codificação *dummy*, sendo atribuído o valor -1 à categoria dominante⁴. Na codificação de efeito, um atributo com L categorias é transformado em L-1 variáveis de

³Adamowicz et al, (1994), Beck e Gyrd-Hansen (2005), Hensher et al, (2005), Louviere et al, (2000), Mark e Swait (2004)

⁴ Em geral, a categoria dominante é considerada a que possui o maior número de observações na variável.

efeito, onde assume-se o valor 1 quando a categoria é presente, -1 quando o efeito dominante está presente e 0 em qualquer outra situação. Para ilustração, na Tabela 2-27 é apresentado um exemplo da codificação *dummy versus* a codificação de efeito.

Portanto, entende-se que, para uma melhor análise da influência das variáveis no comportamento domiciliar relacionado à posse de automóvel, deve ser utilizada a codificação de efeito. A lista de variáveis utilizadas na modelagem, a nomenclatura para modelagem e a codificação empregada são apresentadas na Tabela 2-28. Uma variável complementar foi inserida para análise: a ZONA_AUTO. Esta consiste em uma análise de agrupamento por *cluster (loglikelihood)*, a partir da média de densidade, para classificar as zonas segundo a densidade de automóveis no domicílio.

Tabela 2-27 - Ilustração da codificação *dummy versus* codificação de efeito.

Número de Categorias	Categorias	Codificação <i>Dummy</i> 1	Codificação <i>Dummy</i> 1	Codificação de Efeito 1	Codificação de Efeito 2
2	1	0		-1	
	2	1		+1	
3	1	0	0	-1	-1
	2	1	0	+1	0
	3	0	1	0	+1

Tabela 2-28– Lista de variáveis empregada na modelagem.

Característica	Variável	Valor
Tamanho do Domicílio	TAM_DOM	Contínua (em quantidade de pessoas)
Análise de Agrupamento por cluster	ZONA_AUTO	1 = Sim, 0 = Não
Posse de automóveis no domicílio	AUTO	Contínua (em quantidade de automóveis)

2.3.2 MODELO DE POSSE DE AUTOMÓVEL

Nessa seção são discutidos os resultados dos três modelos obtidos para posse de automóvel nos domicílios na Região Metropolitana de Florianópolis. Para estimativa do modelo, foram consideradas as informações sobre as características socioeconômicas dos domicílios da Pesquisa de Preferência Revelada.

Os modelos obtidos foram avaliados através de medidas de desempenho, sendo cada hipótese auxiliar submetida a um teste de verificação por meio da estatística de significância dos parâmetros estimados. A coerência das relações encontradas entre as variáveis dependentes e independentes foi também analisada.

É proposta a modelagem de posse de automóvel nos domicílios com a decisão representada pela variável dependente categorizada da seguinte forma: (0) sem posse de automóvel no domicílio; (1) um automóvel no domicílio; (2) dois automóveis no domicílio; (3) três ou mais automóveis no domicílio. Todas as alternativas foram consideradas disponíveis para todos os domicílios. A hipótese de interferência testada no modelo foi: A posse de automóvel no domicílio é influenciada pelas características do domicílio.

Para verificação desta hipótese, cada variável independente incluída no modelo foi submetida a um teste de significância, de forma a verificar se o parâmetro da variável é diferente de zero. Assim, a hipótese nula verificada pelo modelo foi:

$$H0: \beta = 0$$

$$H1: \beta \neq 0$$

em que β é o parâmetro da variável independente.

Nessa etapa de modelagem, foram estimados três modelos segregados em função da faixa de renda: Renda A, Renda B e Renda C. Para estimativa, foi considerada como referência (utilidade igual a zero) a situação em que não havia posse de automóvel no domicílio. A função utilidade é apresentada a seguir.

$$U_{\text{posse automóvel } i} = \beta_{ni} \cdot X_{ni} + ASC$$

As classes de faixa de renda utilizadas são as mesmas já descritas nos relatórios anteriores, e mostradas a seguir.

Tabela 2-29- Faixas de renda utilizadas

Faixa de Renda	Renda
Classe A	Até R\$ 1,448.00
Classe B	De R\$ 1.448,00 a R\$ 3.620,00
Classe C	Acima de R\$ 3.620,00

2.3.3 MODELO DE POSSE DE AUTOMÓVEL: DOMICÍLIOS RENDA A

Na Tabela 2-30 são apresentadas as medidas de desempenho do modelo LOGIT multinomial, estimado para o cálculo das probabilidades de posse de automóvel nos domicílios dentro da faixa de Renda A. Já na Tabela 2-31, são apresentados os valores dos parâmetros das funções de utilidade e suas estatísticas de significância.

Tabela 2-30 - Estatísticas do modelo de escolha modal para a classe de renda A.

Estatística do Modelo	Valor
$LL(\beta' = 0)$	-1179.74
$LL(\beta' = \hat{\beta})$	-859.758
ρ	0.271

Tabela 2-31 – Estimativa do Modelo de Posse de Automóvel para a classe de renda A.

Parâmetros da Função Utilidade	Valores	t-test
• Constante		
Posse de Automóvel = 0	0	-
Posse de Automóvel = 1	-0.496	-2.68
Posse de Automóvel = 2	-1.71	-6.8
Posse de Automóvel = 3+	-4.95	-9.22
• Tamanho do Domicílio		
Posse de Automóvel = 1	0.306	4.45
Posse de Automóvel = 2	0.415	4.55
Posse de Automóvel = 3+	1.01	7.2
• Zona de Tráfego		
Posse de Automóvel = 1	0.55	4.71
Posse de Automóvel = 2	0.843	5.93
Posse de Automóvel = 3+	1.58	6.23

2.3.4 MODELO DE POSSE DE AUTOMÓVEL: DOMICÍLIOS RENDA B

Na Tabela 2-32 são apresentadas as medidas de desempenho do modelo LOGIT multinomial, estimado para o cálculo das probabilidades de posse de automóvel nos domicílios dentro da faixa de Renda B. Já na Tabela 2-33 são apresentados os valores dos parâmetros das funções de utilidade e suas estatísticas de significância.

Tabela 2-32 - Estatísticas do modelo de escolha modal para a classe e renda B.

Estatística do Modelo	Valor
$LL(\beta' = 0)$	-5061.361
$LL(\beta' = \hat{\beta})$	-4124.388
ρ	0.185

Tabela 2-33 – Estimativa do Modelo de Posse de Automóvel para a classe de renda B.

Parâmetros da Função Utilidade	Valores	t-test
• Constante		
Posse de Automóvel = 0	0	-
Posse de Automóvel = 1	0.209	1.74
Posse de Automóvel = 2	-1.03	-7.54
Posse de Automóvel = 3+	-3.38	-16.35
• Tamanho do Domicílio		
Posse de Automóvel = 1	0.403	8.12
Posse de Automóvel = 2	0.73	13.43
Posse de Automóvel = 3+	1.08	15.43
• Zona de Tráfego		
Posse de Automóvel = 1	0.27	3.91
Posse de Automóvel = 2	0.641	8.9
Posse de Automóvel = 3+	0.89	9.39

2.3.5 MODELO DE POSSE DE AUTOMÓVEL: DOMICÍLIOS RENDA C

Na Tabela 2-34 são apresentadas as medidas de desempenho do modelo LOGIT multinomial, estimado para o cálculo das probabilidades de posse de automóvel nos domicílios dentro da faixa de Renda C. Já na Tabela 2-35, são apresentados os valores dos parâmetros das funções de utilidade e suas estatísticas de significância.

Tabela 2-34 - Estatísticas do modelo de escolha modal para a classe de renda C.

Estatística do Modelo	Valor
$LL(\beta' = 0)$	-1264.3
$LL(\beta' = \hat{\beta})$	-966.63
ρ	0.235

Tabela 2-35– Estimativa do Modelo de Posse de Automóvel para a classe de renda C.

Parâmetros da Função Utilidade	Valores	t-test
• Constante		
Posse de Automóvel = 0	0	-
Posse de Automóvel = 1	0.829	2.06
Posse de Automóvel = 2	-0.597	-1.43
Posse de Automóvel = 3+	-3.34	-6.62
• Tamanho do Domicílio		
Posse de Automóvel = 1	0.637	3.22
Posse de Automóvel = 2	1.34	6.64
Posse de Automóvel = 3+	1.97	8.95
• Zona de Tráfego		
Posse de Automóvel = 1	0.383	1.7
Posse de Automóvel = 2	0.74	3.28
Posse de Automóvel = 3+	1.09	4.52

2.3.6 ANÁLISE DE RESULTADOS DOS MODELOS DE POSSE DE AUTOMÓVEL

Com relação ao modelo, foram estimados parâmetros associados às variáveis independentes e às constantes específicas (ASC). Todos os coeficientes estimados são em sinal esperado e a grande maioria significativos para o nível de 5%. A baixa significância de algumas variáveis pode ser creditada a um problema de amostragem.

Quando um modelo não captura os efeitos das variáveis independentes no processo de escolha, um dos principais efeitos esperados na previsão é que o modelo reproduza as proporções das escolhas reveladas do banco de dados. Esse efeito é causado pela influência do valor da ASC nas funções de utilidade. Um teste para análise deste aspecto do modelo é considerar os valores dos parâmetros das variáveis independentes como zero, e então analisar os resultados da previsão.

Dessa forma, pode-se afirmar que as especificações das funções de utilidade capturam os efeitos das diferenças entre a posse de automóveis nos domicílios na Região Metropolitana de Florianópolis, concluindo-se que não há elementos para refutar o uso do modelo para simular o comportamento individual em relação às escolhas dos modos de transportes.

Analisando o efeito das variáveis no comportamento em relação à posse de automóvel, o parâmetro referente ao tamanho da família é positivo para todas as funções-utilidades (comportamento esperado), aumentando a propensão para um número maior de automóveis do domicílio à medida que aumenta o tamanho da família.

Como tentativa de introduzir uma variável *proxy* para representar uma maior propensão para a posse de automóvel em algumas áreas na Região Metropolitana de Florianópolis, foi introduzida no modelo a variável 'zona de tráfego', assumindo como premissa que estas zonas possuem correlação positiva com a posse de automóvel. Os resultados dos modelos sugerem que a premissa é verdadeira.

Os valores das estatísticas apresentadas acima indicam que os modelos podem ser utilizados para representar a posse de automóvel nos domicílios da Região Metropolitana de Florianópolis.

3 MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

A distribuição da demanda ou distribuição de viagens é o segundo estágio do processo de projeção de demanda a partir do modelo de 4 etapas. Seu objetivo é estimar os intercâmbios de viagens entre as zonas de tráfego na área de estudo e no seu entorno.

Os modelos adotados nesta etapa utilizam as estimativas de produção e atração por zona de tráfego e informações sobre a estrutura da distribuição de demanda. O resultado da aplicação de um modelo de distribuição é uma matriz de demanda, onde cada célula contém uma medida da intensidade do intercâmbio entre um dado par de zonas.

A ideia base dos procedimentos incorporados nesses modelos é a de que a demanda produzida em cada zona seja "distribuída" entre as zonas atratoras de viagens. Esta etapa pode ser associada à escolha do destino, realizada em função do potencial atrator de cada possível zona de destino.

O potencial atrator de cada zona depende de dois fatores: a estimativa de atração de demanda, associada à zona e à competição com as demais zonas da área de estudo. Esta competição, por sua vez, está relacionada com a capacidade de atração de cada uma e com a informação sobre a estrutura da interação entre as zonas.

Existem duas classes mais utilizadas de modelos de distribuição, diferenciadas em função do tipo de informação sobre a estrutura da interação entre as zonas: modelos de fator de crescimento e modelos gravitacionais. A escolha do tipo de modelo a ser utilizado está relacionada às características da demanda por cada tipo de fluxo.

Assim como os modelos de geração de demanda, os modelos de distribuição também devem ser aplicados para cada tipo de fluxo. O objetivo é, como antes, procurar representar as diferentes funções de demanda associadas a cada categoria socioeconômica, motivo de viagem ou produto.

Como supracitado, a etapa posterior à geração de viagens é a distribuição. Os insumos que essa recebe daquela são os vetores de atração e produção. Estes vetores guardam, para cada zona, a quantidade de viagens que ali são produzidas e a quantidade que ela atrai.

Esse processo se faz aqui em duas etapas. Na primeira etapa, transformam-se os vetores de atração e produção diários por motivo, em vetores de origem e destino por período, mantendo-se o motivo. A segunda etapa consiste na distribuição propriamente dita. Seu objetivo é associar estas origens e destinos para que se obtenha uma matriz origem - destino. Idealmente, cada zona dessa matriz teria quantidade de origens e destinos idêntica à dos vetores. Prefere-se, porém, em alguns casos, restrições menos rígidas, como, por exemplo, fixar somente as origens ou os destinos. Os métodos descritos neste documento utilizam, salvo quando explicitamente mencionado, restrição tanto na origem quanto no destino.

Observe que, embora seja possível aplicar esta segunda etapa diretamente sobre atrações e produções, deve-se, posteriormente, converter estas em origens e destinos. Como a amostra é muito mais abundante por zona (o que se aplica a vetores) do que por par de zonas (como se aplicaria às matrizes), opta-se por realizar a primeira e a segunda etapa nesta ordem.

3.1 CONVERSÃO DOS VETORES DE PRODUÇÃO E ATRAÇÃO DE VIAGENS DIÁRIAS PARA OS VETORES DE VIAGENS ORIGEM/DESTINO POR PERÍODO

Até esse ponto, foram obtidos os vetores de produção e atração de viagens por zona, para cada um dos motivos de viagem e faixas de renda. Na sequência do processo de modelagem, essas viagens totais produzidas e atraídas por zona devem ser convertidas em totais de viagens com origem e destino em cada zona.

Como já explicado anteriormente, os comportamentos tradicionalmente pendulares das viagens urbanas cotidianas permitem identificar uma clara diferença entre o comportamento matutino e vespertino destas equivalências.

A Figura 3.1 representa a forma em que diferentes pontos de produção e atração de viagens se convertem em origem e destino de viagens. Usando o exemplo desta figura, enquanto durante o período de pico da manhã, as viagens têm sua origem nos pontos onde estão sendo produzidas (domicílios) e o destino é o ponto de atração da viagem (trabalho), na viagem de volta as correspondências se invertem, transformando-se o anterior ponto de produção (domicílio) no destino ou ponto de atração, com o trabalho passando a ser a origem.

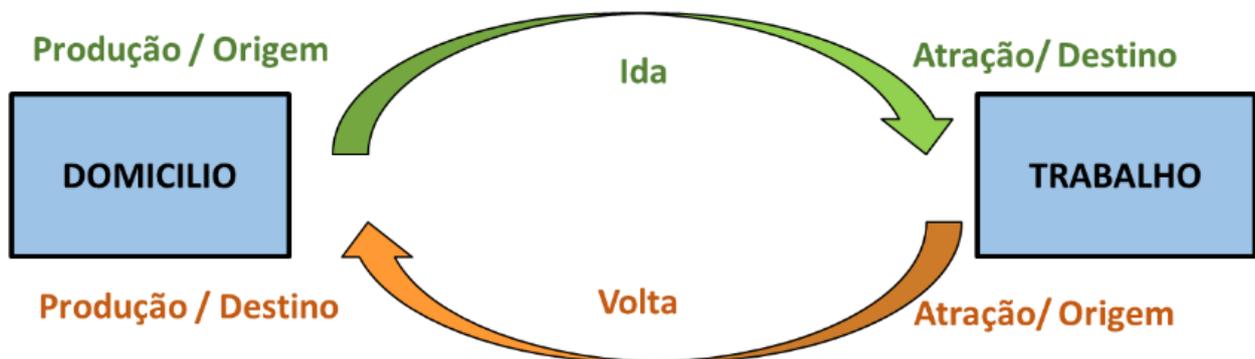


Figura 3.1 - Diagrama de correspondência de produção e atração para origem e destino de viagens

Nesse contexto, foram calculados fatores de conversão Produção/Atração (PA) para Origem/Destino (OD) de cada período de análise. A principal fonte de informação são as viagens expandidas por hora do dia, modo e motivo do banco de dados da Pesquisa Origem - Destino domiciliar.

O processamento da informação, como descrito no capítulo anterior, considera 4 motivos de viagens:

- Motivo 1: Viagens com Base Domiciliar e por Motivo de Trabalho (*Homebased Work* – HBW, em inglês);
- Motivo 2: Viagens com Base Domiciliar e por Motivo de Educação (*Homebased Study* – HBS, em inglês);
- Motivo 3: Viagens com Base Domiciliar e por Motivos Outros (*Homebased Other* – HBO, em inglês); DBD_Outros

- Motivo 4: Viagens com Base Não-Domiciliar (*Non Homebased* – NHB, em inglês).

Ao se converter os vetores PA para OD, são considerados tanto a correspondência PA-OD (produção como origem ou destino e atração como origem ou destino), como sua participação dentro dos períodos do dia. Os fatores horários se calculam com a proporção das viagens ocorridas em um determinado período, estratificados por modo e período em relação ao total de viagens.

A obtenção das viagens por período é feita a partir da base da Pesquisa Origem - Destino domiciliar, que contém as características das viagens, incluindo as horas e os minutos em que as viagens são iniciadas e terminadas.

Nos períodos de pico da manhã e da tarde, a análise se realiza somando, para cada período, os fatores de expansão das viagens que cumpram as seguintes condições, ilustradas na Figura 3.2.

- Viagens que se iniciam e terminam dentro do período (A)
- Viagens que se iniciam dentro do período e terminam depois do mesmo (B)
- Viagens que se iniciam antes do período, mas terminam dentro do mesmo (C)
- Viagens que se iniciam antes do período e terminam depois (D)

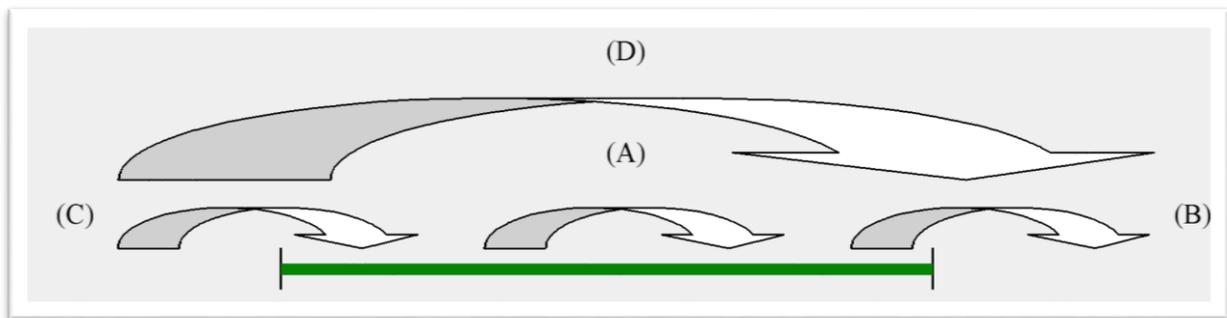


Figura 3.2 - Esquema ilustrativo das viagens consideradas para um período

Para os casos B e C não se consideram as viagens completas. Nesses casos, são aplicados no fator de expansão um coeficiente correspondente à fração da hora ocupada pela viagem. Por exemplo: se existem 100 viagens entre um par origem/destino realizadas entre 6h e 6h40, estas viagens somente “ocuparão” a hora (considerando que esta seja das 6h30 às 7h30) por 10 minutos; logo, calcula-se o fator proporcional (10/60), pelo qual se multiplicará o total de viagens deste par, resultando em 16,66 viagens nesta hora.

A área de estudo foi dividida em macrozonas, para as quais somou-se o fator de expansão de cada viagem, por motivo e por período, para cada uma das relações possíveis (P->O, P->D, A->O e A->D, onde P representa Produção; A, Atração; O, Origem e D, destino). Calculou-se, então, a proporção, para cada macrozona, de Produções que viraram Origem ou Destino, bem como a proporção das Atrações. A seguir, apresentam-se as formulas para o cálculo dessas proporções.

$FatExp(Ob_i)$ = Fator de expansão da observação i;

$FatPer_j(Ob_i)$ = Proporção da observação i que ocorre no período j ;

$P(Ob_i)$ = Macrozona de produção da observação i ;

$A(Ob_i)$ = Macrozona de atração da observação i ;

$O(Ob_i)$ = Macrozona de origem da observação i ;

$D(Ob_i)$ = Macrozona de destino da observação i ;

$Mot(Ob_i)$ = Motivo da observação i ;

$$X_{hip,mot,j} = \sum_{\substack{P(Ob_i)=O(Ob_i)=hip \\ Mot(Ob_i)=mot}} FatExp(Ob_i) * FatPer_j(Ob_i)$$

$$Y_{hip,mot,j} = \sum_{\substack{P(Ob_i)=D(Ob_i)=hip \\ Mot(Ob_i)=mot}} FatExp(Ob_i) * FatPer_j(Ob_i)$$

$$Prop_{hip,mot,j}^{P \rightarrow O} = \frac{X_{hip,mot,j}}{\sum_j (X_{hip,mot,j} + Y_{hip,mot,j})}$$

$$Prop_{hip,mot,j}^{P \rightarrow D} = \frac{Y_{hip,mot,j}}{\sum_j (X_{hip,mot,j} + Y_{hip,mot,j})}$$

Onde $Prop_{hip,mot,j}^{P \rightarrow O}$ é a proporção de viagens cuja macrozona de produção e de origem é a macrozona hip , para o motivo mot e período j . Analogamente, $Prop_{hip,mot,j}^{P \rightarrow D}$ é a proporção de viagens cuja macrozona de produção e de destino é a macrozona hip , para o motivo mot e período j . Os períodos j são os descritos acima.

$$Z_{hip,mot,j} = \sum_{\substack{A(Ob_i)=O(Ob_i)=hip \\ Mot(Ob_i)=mot}} FatExp(Ob_i) * FatPer_j(Ob_i)$$

$$W_{hip,mot,j} = \sum_{\substack{A(Ob_i)=D(Ob_i)=hip \\ Mot(Ob_i)=mot}} FatExp(Ob_i) * FatPer_j(Ob_i)$$

$$Prop_{hip,mot,j}^{A \rightarrow O} = \frac{Z_{hip,mot,j}}{\sum_j (Z_{hip,mot,j} + W_{hip,mot,j})}$$

$$Prop_{hip,mot,j}^{A \rightarrow D} = \frac{Y_{hip,mot,j}}{\sum_j (Z_{hip,mot,j} + W_{hip,mot,j})}$$

Onde:

$Prop_{hip,mot,j}^{A \rightarrow O}$ é a proporção de viagens cuja macrozona de atração e de origem é a macrozona hip , para o motivo mot e período j .

$Prop_{hip,mot,j}^{A \rightarrow D}$ é a proporção de viagens cuja macrozona de atração e de destino é a macrozona hip , para o motivo mot e período j . Os períodos j são os descritos acima.

Cabe aqui observar que, para o motivo NHB, esses fatores são apenas de passagem para período, pois nesses casos origem é sempre produção e destino é sempre atração. Desta maneira, os fatores de produção, para destino, e de atração, para origem, são sempre iguais a zero.

3.1.1 RESULTADOS OBTIDOS

O histograma na Figura 3.3 mostra o resultado da aplicação do método anteriormente descrito.

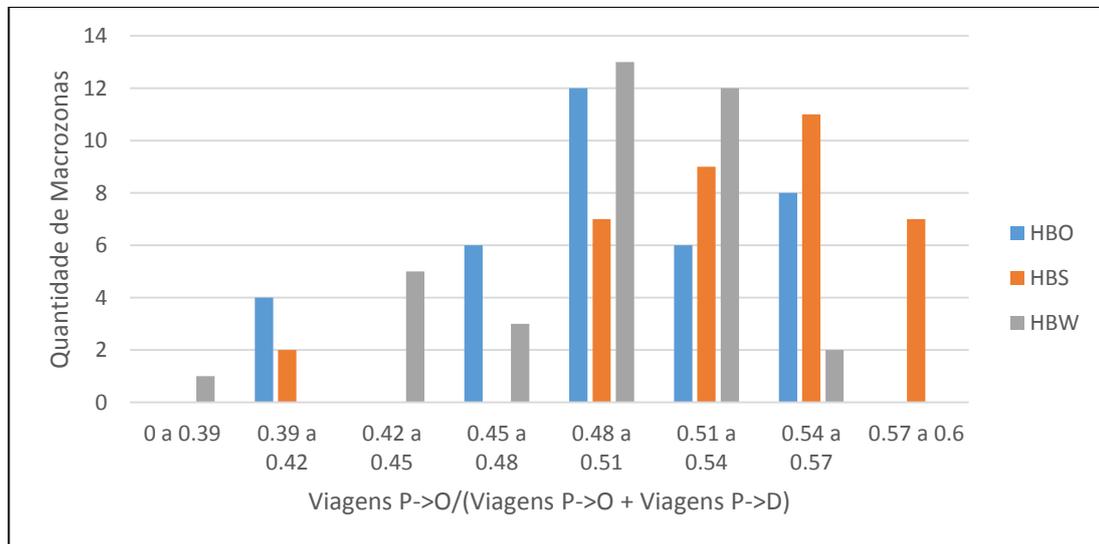


Figura 3.3 - Histograma das macrozonas segundo fator

Observa-se que a proporção é muito próxima a 50 % para todos os motivos de viagem com base domiciliar. Isso ocorre porque as pessoas, geralmente, saem e voltam para casa, completando um ciclo. Logo, metade das viagens tornam-se origem, a outra metade destino. Ainda assim, a proporção não é exatamente 50 %, pois se o ciclo contiver diversas etapas (Casa>Trabalho>Estudo>Casa, por exemplo) os motivos de cada etapa com base domiciliar serão diferentes, isto é, para um mesmo motivo, a proporção deve variar um pouco. Para as viagens cuja base não seja domiciliar, a proporção de produções que se transformam em origem é 100 %, visto que essa é a regra de conversão para este caso não sendo, portanto, apresentadas no gráfico.

3.1.2 APLICAÇÃO DOS FATORES

De posse dos fatores calculados, como descrito no item anterior, a transformação dos vetores de Produção e Atração para Origem e Destino ocorre a partir da aplicação desses fatores da seguinte maneira:

$$Orig_{zona,mot,j} = Prod_{zona,mot} * Prop_{hip,mot,j}^{P \rightarrow O} + Atra_{zona,mot} * Prop_{hip,mot,j}^{A \rightarrow O}$$

$$Dest_{zona,mot,j} = Prod_{zona,mot} * Prop_{hip,mot,j}^{P \rightarrow D} + Atra_{zona,mot} * Prop_{hip,mot,j}^{A \rightarrow D}$$

Onde:

$Prod_{zona,mot}$ = Número de viagens produzidas na zona $zona$, para o motivo mot .

$Atra_{zona,mot}$ = Número de viagens atraídas pela zona $zona$, para o motivo mot .

$Orig_{zona,mot,j}$ = Número de viagens originadas na zona $zona$, para o motivo mot no período j .

$Dest_{zona,mot,j}$ = Número de viagens destinadas à zona $zona$, para o motivo mot no período j .

Vale lembrar que cada zona pertence unicamente a uma hiperzona e que, para cada zona, a proporção utilizada é referente à hiperzona correspondente.

Da maneira como os fatores são calculados, é desnecessário apresentar os resultados, pois, pela própria formulação, eles garantem que estes serão idênticos se aplicados aos próprios dados usados para calibrá-los. Assim, os vetores por macrozonas seriam iguais e, portanto, não há análise a ser feita nesse nível de desagregação. Já a nível de zona, a amostragem não permite análise.

3.2 MODELO GRAVITACIONAL

O propósito da etapa de análise de distribuição de viagens é desenvolver um procedimento que sintetize as ligações entre zonas de tráfego.

Após ser estimado o modelo de geração de viagens, o número de viagens produzidas e atraídas em/por cada uma das zonas de tráfego é convertido em viagens de origem e destino. O modelo de distribuição visa identificar os pares Origem-Destino para as viagens produzidas e atraídas em/por cada uma das zonas de tráfego. As viagens são distribuídas com base no potencial de produção/atração de cada uma das zonas. Como exemplo, a Figura 3.4 ilustra a distribuição de viagens de uma zona qualquer (zona 1) em direção às demais zonas da rede hipotética. Para efeito de ilustração, assumiu-se que são geradas 4.500 viagens na zona 1 com destino distribuído entre as zonas 10, 15, 17, 35, e 27.

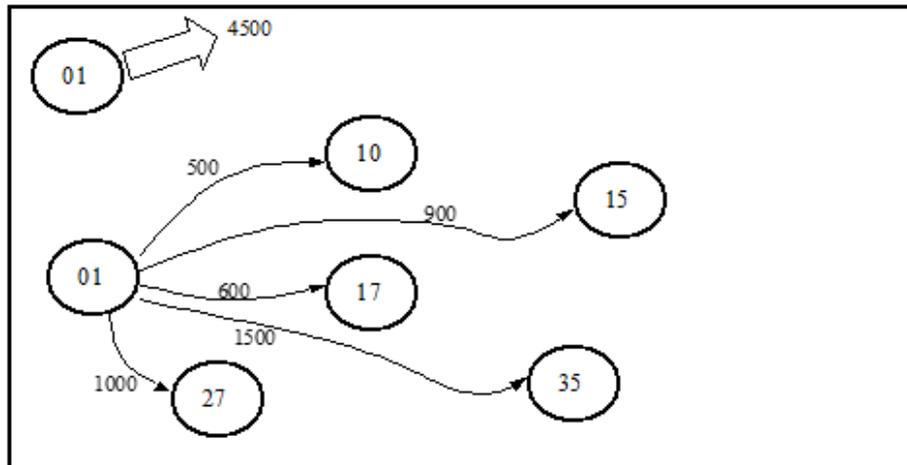


Figura 3.4 - Distribuição de viagens de uma zona para outras

No transporte urbano, duas características prevalecem: as matrizes são densas e difusas, com produções e atrações espalhadas em praticamente todas as zonas, e a escolha de destino é mais sensível aos custos e tempos associados aos deslocamentos. Tal tipo de situação é melhor representado por modelos gravitacionais.

Os modelos de fator de crescimento usam uma matriz atual (ou de um período anterior) como base para realizar a projeção da distribuição da demanda. Esta matriz é majorada e sucessivamente corrigida utilizando-se fatores de crescimento baseados na evolução estimada das produções e atrações, em cada zona, da situação-base para o ano-horizonte. Nesses casos, a estrutura da matriz-base influencia decisivamente na solução final.

A principal vantagem desses métodos é sua relativa simplicidade computacional, além da quantidade reduzida de informações. Sua maior desvantagem refere-se ao fato de serem insensíveis a alterações na oferta de transporte. Pares de zonas que apresentem um nível reduzido de intercâmbio na matriz-base terão esta situação replicada no futuro, mesmo que venham a ter condições de acessibilidade melhoradas.

Os modelos gravitacionais, por sua vez, baseiam a estrutura da matriz de distribuição de demanda projetada em informações sobre a oferta de transportes prevista. Essa é descrita, em geral, em termos dos tempos ou custos associados ao deslocamento entre cada par de zonas. É comum se adotar uma combinação desses fatores, denominada genericamente de impedância ou custo generalizado.

Uma das principais vantagens dos modelos gravitacionais para distribuição de demanda é sua estrutura flexível e sua sensibilidade a alterações localizadas do sistema de transportes. Mudanças que afetem a acessibilidade relativa de uma zona face às demais alteram o potencial atrator dessa zona, beneficiando-a na competição com o restante da área de estudo.

A maior desvantagem desse tipo de modelo é a necessidade de um procedimento de calibração, além de exigir informações que descrevam a oferta de transportes, tanto para seu desenvolvimento quanto para sua aplicação.

Diversos métodos para a sintetização de matrizes de distribuição de viagens têm sido utilizados em estudos de planejamento de transporte urbano. Uma das abordagens mais utilizadas na análise de distribuição de viagens é o modelo gravitacional.

O modelo gravitacional é um método de distribuição sintético, pois dispensa uma matriz origem-destino observada como insumo.

Observe-se que, para calibrarmos parâmetros do modelo, é necessária uma matriz OD observada. Calibrados os parâmetros, supõe-se que seus resultados sejam constantes no tempo, não sendo mais utilizada uma matriz para aplicá-lo.

A premissa básica do modelo gravitacional utilizado em estudos de transporte urbano é que a magnitude do intercâmbio de viagens entre duas zonas i e j é diretamente proporcional ao número de viagens produzidas na zona i e ao número de viagens atraídas pela zona j , enquanto comportam-se como inversamente proporcionais a alguma grandeza de separação espacial entre as duas zonas.

Sendo T_{ij} o número de viagens da zona i à zona j , O_i a quantidade de viagens originadas na zona i , D_j a quantidade de viagens destinadas à zona j , c_{ij} o custo (generalizado) da viagem entre as zonas, f uma função decrescente que indica a aversão dos transeuntes a realizar uma viagem de determinado custo e denominada função de impedância α como sendo um fator de proporcionalidade, tem-se a equação do modelo gravitacional apresentada a seguir.

$$T_{ij} = \alpha O_i D_j f(c_{ij})$$

Pode-se, desde já, observar que O_i e D_j são justamente os vetores de origens e destinos resultantes da primeira etapa do modelo de distribuição. Resta, assim, obter para aplicação deste modelo os valores de α , f e c_{ij} .

Ocorre que, quaisquer que sejam os fatores α , f e c_{ij} , não se garantirá que o total de viagens e, tampouco a quantidade de origens ou destinos por zonas, se iguale ao previsto pelos vetores. É particularmente notável que o total de viagens assim geradas cresça quadraticamente com o total de viagens dos vetores.

A constante (ou fator) de proporcionalidade não deve então ser vista como um número, mas como uma função cujo domínio depende da variedade de modelo gravitacional escolhido. Para esse estudo, fez-se a opção, dalhures frequente, mostrada a seguir:

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j f(c_{ij})$$

Os fatores A_i e B_j não fazem parte da calibração do modelo, pois, se assim fosse, dependeriam da zona e esse não seria um modelo sintético. São, pois, calculados na etapa da aplicação.

Uma segunda observação é que a calibração de f e c_{ij} é intimamente ligada. De maneira geral, impomos somente a que seja uma representação do tempo de viagem, incluídos todos os componentes de transporte coletivo: acesso, espera, viagem, transferência e chegada no destino. Igualmente, para transporte privado inclui-se o tempo de viagem em condições de congestionamento.

3.2.1 DISTRIBUIÇÃO DE DISTÂNCIA DE VIAGENS

A distribuição de tempos de viagens é, no nosso caso, um histograma desses tempos, representando a proporção das viagens com determinada duração. Ela permite identificar o padrão geral das viagens, mostrando quantas viagens são curtas, médias ou longas.

Os intervalos do histograma são cuidadosamente escolhidos de acordo com as necessidades da calibração do modelo, conforme descrito na calibração da função de impedância.

Essa curva é frequentemente chamada, pela abreviação de seu nome em inglês, de TLD (*Trip Length Distribution*). Estas curvas dependem de quais viagens são consideradas (motivo e período).

O modelo de distribuição, de maneira simplificada, transforma vetores origem-destino em uma matriz origem-destino, esses vetores e matrizes podendo representar todas as viagens ou uma estratificação qualquer delas. Assim, pode-se, em particular, estratificar por motivo de viagem e por período. Deve-se tomar cuidado, no entanto, para que os totais de origens e destinos sejam idênticos. Assim, ao se separar por período, não se pode acrescentar a origem de uma viagem a um período e seu destino a outro.

Naturalmente, essa estratificação só pode ser feita se os insumos (vetores) forem assim estratificados, podendo isso ocorrer tanto na calibração quanto somente na aplicação. Nesse segundo caso, calibra-se um único modelo aplicando-o a dois ou mais estratos diferentes, obtendo-se, assim, matrizes estratificadas que podem ser passadas ao modelo de seleção modal. É também importante ressaltar que não é possível estratificar pelo modo, justamente porque a distribuição é anterior à seleção modal.

A estratificação por motivo é bastante importante, pois os viajantes estão dispostos a fazer viagens mais ou menos longas de acordo com o motivo da viagem. Em particular, quando há grande especialização possível para o motivo da viagem, aceita-se uma viagem mais longa para se ter um destino que seja mais apropriado. Em compensação, caso o motivo não apresente muita especialização, as pessoas tenderão a simplesmente escolher o destino mais próximo. Assim, a distribuição por educação leva a viagens mais curtas, pois ela é, em grande parte, influenciada pela educação fundamental e média, com muitos estudando na escola próxima de sua casa, por serem as escolas aproximadamente equivalentes. Já para outros motivos, ainda se falando de base domiciliar, que considera viagens de compras, saúde e lazer, por exemplo, há grande variedade quanto aos destinos, o que leva a viagens mais longas.

3.2.2 AJUSTE DO TOTAL DE ORIGENS E DESTINOS

Como visto antes, os fatores A_i e B_j estão presentes para assegurar o total de origens e destinos por zona. Para tanto, pode-se calcular primeiramente:

$$T_{ij} = O_i D_j f(c_{ij})$$

A seguir, aplica-se um método bi-proporcional, conhecido por Furness ou Fratar, para se acertar os totais. Observe que, dessa maneira, a matriz resultante respeita a fórmula original, sem que se computem explicitamente os fatores A_i e B_j .

Este procedimento é realizado automaticamente pelo TransCAD, não sendo necessário, em nenhum momento, qualquer calibração relativa a esses fatores, nem durante a calibração, nem para seu cálculo explícito. Eles também não aparecem nas saídas do TransCAD, embora possam ser calculados facilmente a partir das fórmulas aqui apresentadas.

3.2.3 CALIBRAÇÃO DA FUNÇÃO DE IMPEDÂNCIA

A função de impedância precisa ser calibrada, de acordo com os tempos de viagens para cada par de zonas.

Diversos formatos são possíveis para esta função. No caso do modelo de demanda de Florianópolis, utilizou-se a função Gamma, a partir da formulação apresentada a seguir:

$$f(d_{ij}) = d_{ij}^{-c} \cdot e^{-b \cdot (d_{ij})}$$

Onde:

“ d_{ij} ”: medida de impedância entre o par de zonas ij , correspondente ao tempo generalizado de viagem;

b , c : parâmetros de calibração.

Estas funções são calibradas de maneira a fazer com que as TLDs, ao ser aplicado o modelo para os dados da calibração, sejam as mais próximas possíveis da observada. Para tal calibração, necessita-se de uma TLD e do custo generalizado entre cada par de zonas, o que será tratado neste documento na seção ‘Matriz de impedância’. Os valores calibrados são apresentados a seguir.

As distribuições de impedância de viagens observadas e modeladas indicam um bom nível de representação das condições observadas, conforme se ilustra a seguir.

Tabela 3-1- Parâmetros da função de impedância do modelo de distribuição

Período	Motivo	b	c
PM	HBW	1.086839	0.010223
	HBS	-4.089332	0.149879
	HBO	-4.998577	0.153587
	NHB	-2.602877	0.156157
PT	HBW	1.900912	0.000000
	HBS	-9.993508	0.266424
	HBO	-3.741510	0.113570
	NHB	-5.544597	0.182702

3.3 RESULTADOS E VALIDAÇÃO

A aplicação é feita separadamente por motivo e período, sendo, posteriormente, passada separadamente para a escolha modal. Os procedimentos do modelo gravitacional descritos foram todos implementados, tendo os resultados se mostrado satisfatórios.

As distribuições de impedância de viagens (TLD) observadas e modeladas indicam um bom nível de representação das condições observadas, como mostram as figuras a seguir:

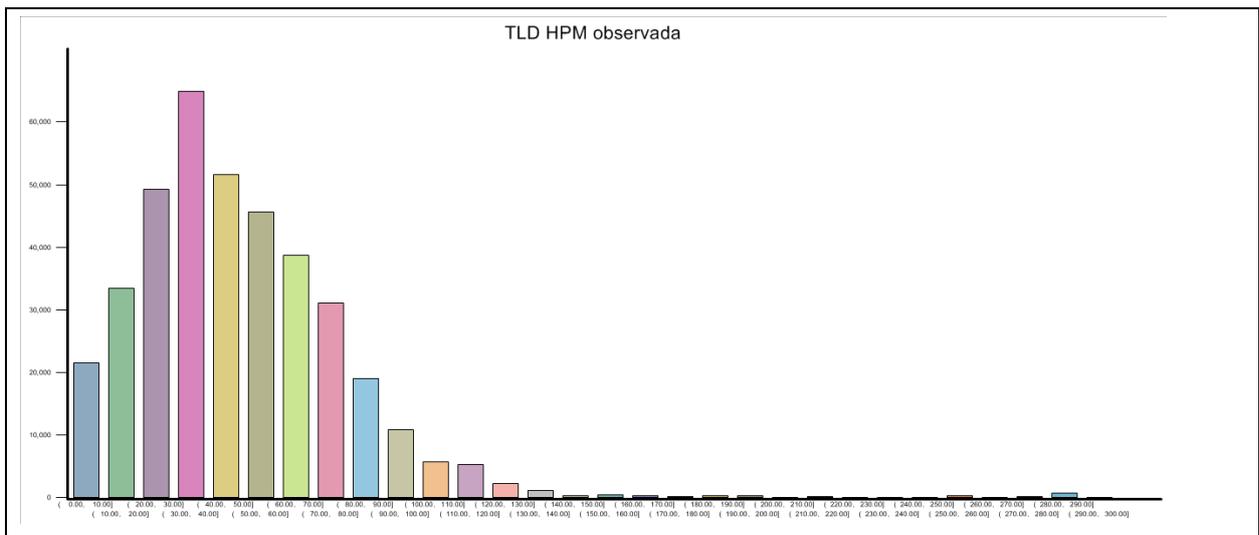


Figura 3.5 – TLD observada - hora do pico da manhã

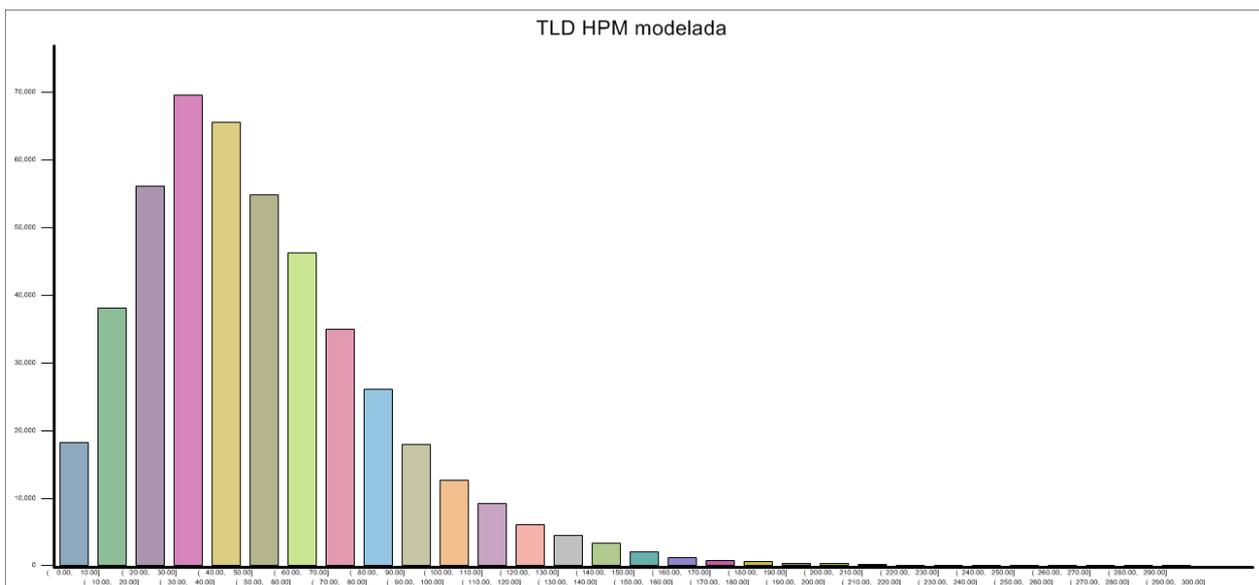


Figura 3.6 – TLD modelada – hora do pico da manhã

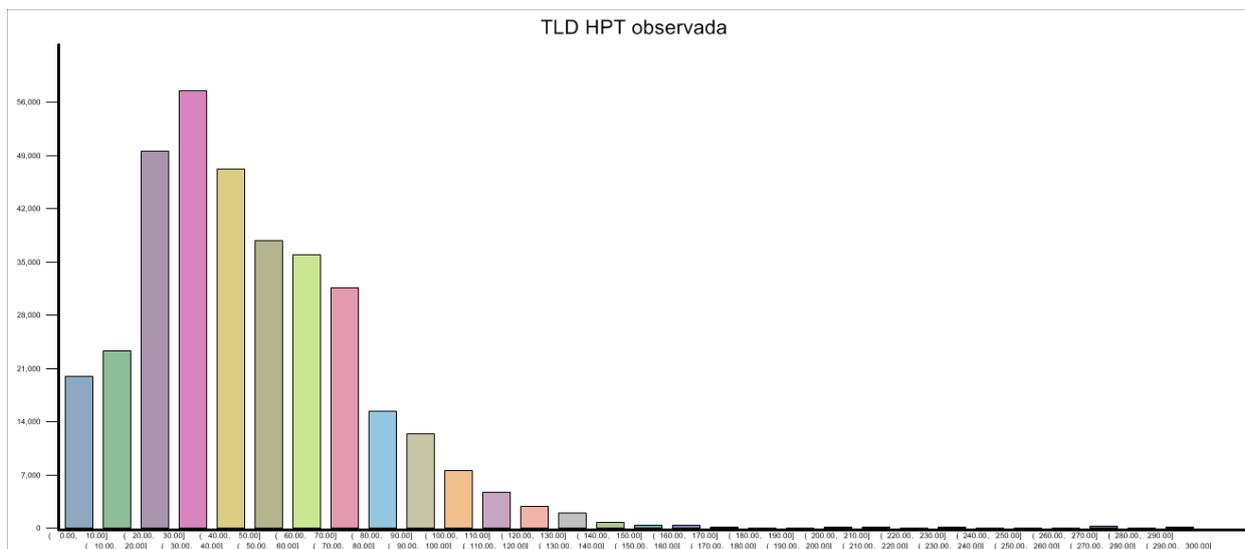


Figura 3.7 – TLD observada - hora do pico da tarde

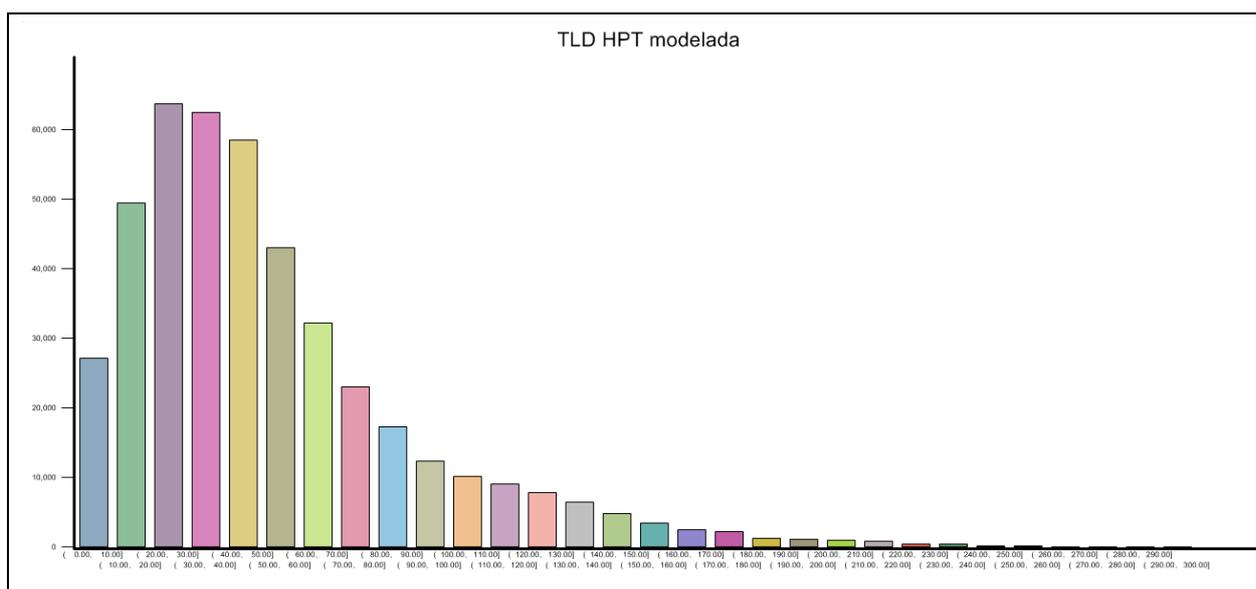


Figura 3.8 – TLD modelada – hora do pico da tarde

Devido à amostragem e à segregação por motivo e período, não é possível comparar as matrizes de origem e destino diretamente. Mesmo ao se agregar por macrozonas, muitas células das matrizes continuam vazias. Naturalmente não há interesse em comparar as origens e destinos por zona (os vetores), pois eles seriam rigorosamente iguais até o limite de precisão. Resta, portanto, somente agregar ainda mais as matrizes. Para isso agregam-se as zonas em 10 (dez) grandes regiões. Embora algumas células continuem vazias, já é possível comparar diretamente célula a célula sem obter erros demasiadamente grandes.

Estas regiões se denominam Megazonas, conforme mostrado na Figura 3.9 a seguir.



Figura 3.9 – Megazonas

Aqui se mostra o resultado do processo ao se calibrar usando as matrizes observadas e ao se aplicar os vetores observados, comparando-se à própria matriz observada.

Os gráficos apresentados a seguir ilustram a comparação entre a matriz observada original (abscissas) e a matriz modelada (ordenadas). A matriz modelada é o resultado da aplicação do modelo de distribuição aos vetores OD dos dados observados. Cada ponto dos gráficos corresponde a uma mesma origem e mesmo destino (isto é, uma mesma célula da matriz), para o nível de Megazonas.

Observa-se que há uma forte relação entre os dados observados e modelados. Comprova-se tal relação com os coeficientes de determinação (R^2) para cada uma das séries analisadas.

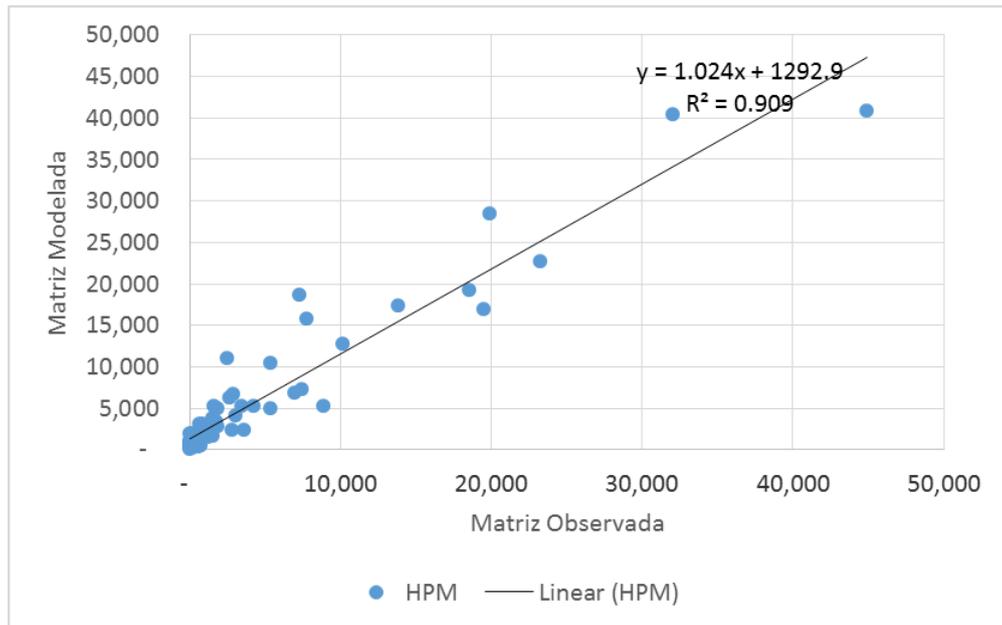


Figura 3.10 - Comparação da distribuição - Período de pico da manhã

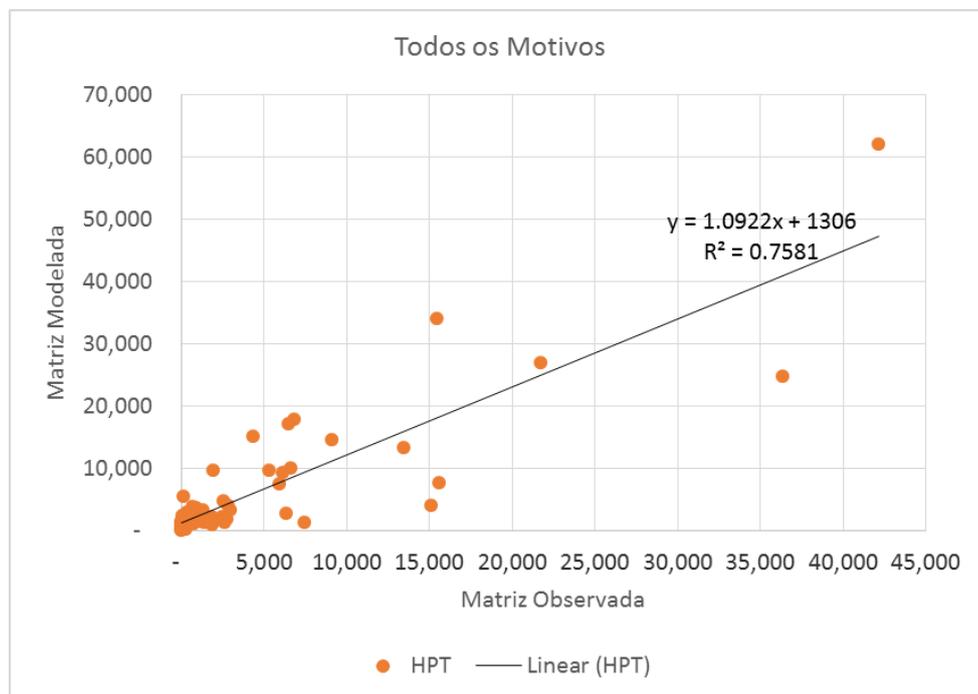


Figura 3.11 - Comparação da distribuição - Período de pico da tarde

A partir das matrizes observadas e modeladas, por Megazona, criaram-se as linhas de desejo para manhã e tarde, considerando todos os motivos. Estas estão apresentadas na Figura 3.12 e na Figura 3.13, respectivamente. A escala das linhas de desejo é a raiz da quantidade de viagens. Isto é, a espessura das

linhas representa a raiz da quantidade de viagens. Essa escala é necessária, pois os fluxos entre alguns pares de zonas são muitíssimo superiores aos fluxos entre outros pares, o que impediria a visualização em uma escala linear.

Para cada par de Megazonas, a quantidade de viagens que vai de A para B é representada do lado direito da ligação entre elas, considerando o sentido de A para B (tráfego em mão francesa). Os sentidos são separados por uma linha preta.

O amarelo representa a quantidade das viagens compartilhada pelas matrizes observada e modelada. O azul representa o excedente de viagens da matriz observada, ou seja, uma quantidade de viagens que aparece na matriz observada, mas não aparece na matriz modelada. Já o vermelho representa o excedente de viagens da matriz modelada, isto é, uma quantidade de viagens que aparece na matriz modelada, mas não aparece na matriz observada.

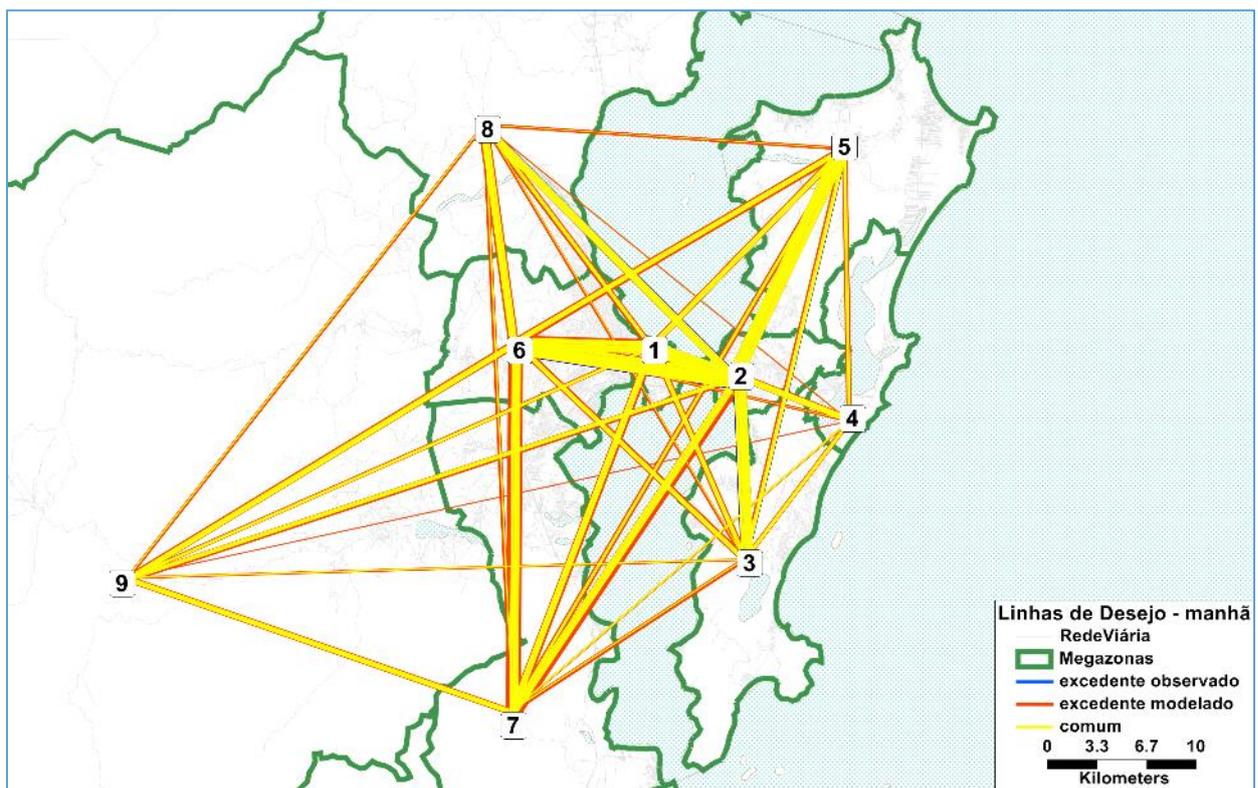


Figura 3.12 - Linhas de desejo hora de pico da manhã (HPM) - Todos os motivos

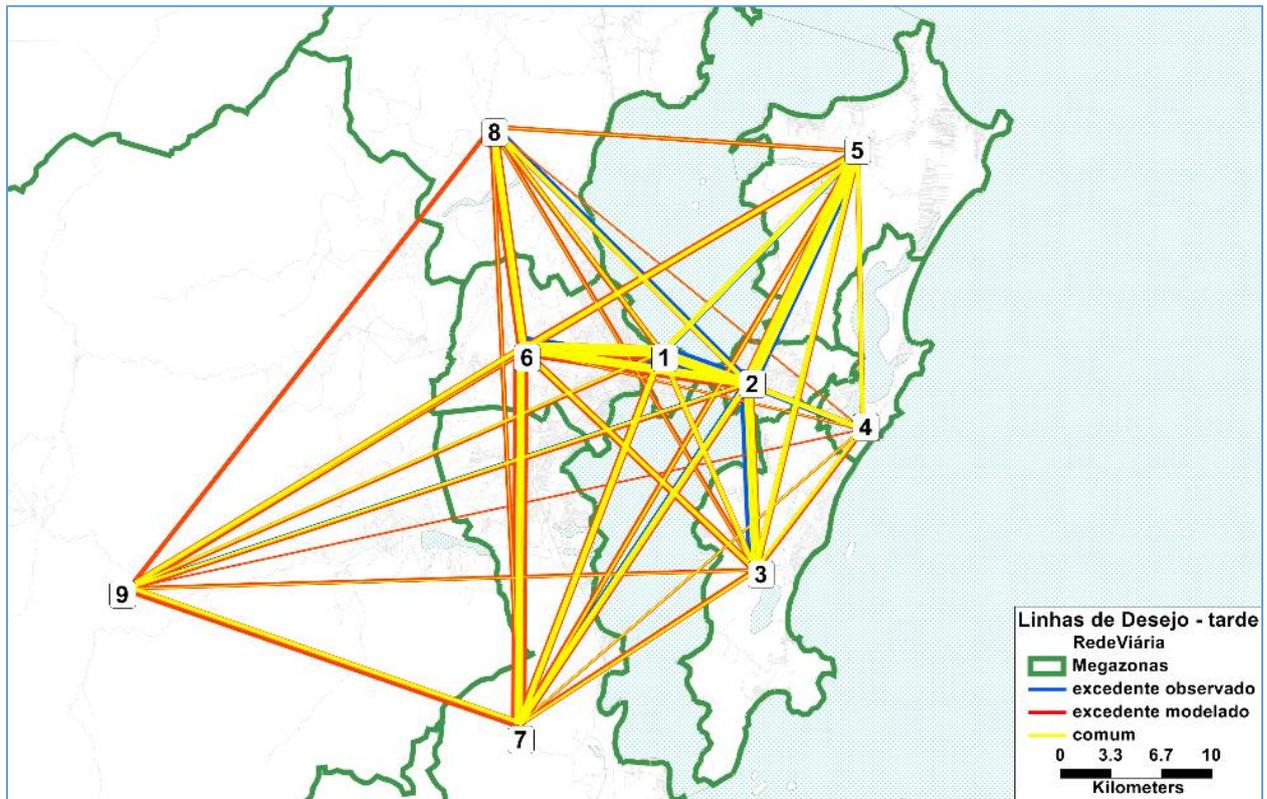


Figura 3.13 - Linhas de desejo hora de pico da tarde (HPT) - Todos os motivos

Tabela 3-2 - Código de megazonas

Megazona ID	Megazona
1	Florianópolis Continente
2	Florianópolis Centro
3	Florianópolis Sul
4	Florianópolis Lagoa
5	Florianópolis Norte
6	São José
7	Palhoça
8	Biguaçu / Gov Celso Ramos
9	Municípios Externos

Pode-se notar que as linhas vermelhas e azuis (excedentes) são pequenas em comparação com as linhas amarelas, ou seja, o modelo de distribuição tem uma boa representação da estrutura das viagens observadas.

Cabe ainda observar que essa análise elimina as viagens internas a cada megazona, o que nos permite estudar a quantidade de viagens que, apesar de menor, tem importância por serem mais longas. Os resultados mostram um bom ajuste, considerando-se a complexidade da cidade e a amostragem.

4 ESCOLHA MODAL

Esta seção descreve os modelos obtidos para estimar as probabilidades individuais nas escolhas dos modos de viagens do sistema de transportes da Região Metropolitana de Florianópolis a partir de modelos de escolha discreta. Para estimativa dos modelos, foram consideradas as informações sobre as características socioeconômicas dos usuários entrevistados nas Pesquisas de Preferência Revelada e Declarada, associadas às características do sistema de transportes, como descrito a seguir.

4.1 BASE DE DADOS PARA MODELAGEM

A Pesquisa de Preferência Revelada contou com 9.797 usuários que produziram 21.525 viagens. Os dados de campo foram submetidos a um tratamento que envolveu a retirada de registros em branco, manipulação dos dados para a construção da base de dados, codificação das informações através de variáveis contínuas e variáveis categóricas e, também, retiradas de dados incoerentes.

A Pesquisa de Preferência Declarada contou com 791 usuários que produziram 6.276 registros de respostas para a pesquisa. Considerando a amostra de 791 usuários, 63,3% são usuários de transporte individual motorizado (motorista) e 36,7% são usuários de transporte coletivo.

Os resultados específicos desses estudos foram detalhados no Produto 8.5 - Resultado das Pesquisas de Campo: Domiciliar de Origem e Destino, Preferência Declarada e Pesquisa de Imagem.

4.2 CONJUNTO DE ATRIBUTOS AVALIADOS NA DECISÃO

As variáveis independentes, ou variáveis preditoras, escolhidas para explicar o comportamento do viajante urbano são relacionadas às características socioeconômicas dos indivíduos e dos domicílios e às características do sistema de transportes.

Entende-se que, como descrito no item 2.3, para uma melhor análise da influência das variáveis no comportamento do usuário relacionado à escolha modal, deve ser utilizada a codificação de efeito. Assim, para codificação das variáveis categóricas, utilizou-se a codificação de efeito (*effect coding*) em alternativa à codificação *dummy*. A lista de variáveis utilizadas na modelagem, a nomenclatura para modelagem e a codificação empregada são apresentadas na Tabela 4-1.

Tabela 4-1– Lista de variáveis empregada na modelagem.

Descrição da variável		Variável	Unidade
Tamanho do Domicílio		TAM_DOM	quantidade de pessoas
Zonas de Tráfego com preferência por viagens com meio individual motorizado		ZONA_AUTO	1 = Sim, 0 = Não
Posse de automóveis no domicílio		AUTO	quantidade de automóveis
Tempo de Viagem	Transporte Coletivo	TIME_TRANSIT	horas
	Individual Motorizado	TIME_PRIVATE	horas
Custo da Viagem	Transporte Coletivo	COST_TRANSIT	reais
	Individual Motorizado	COST_PRIVATE	reais
Confiabilidade	Transporte Coletivo	RELIABILITY1	1 = chego ao meu destino no horário previsto, 0 = chego ao meu destino com atraso de até 15 minutos, -1 =chego ao meu destino com mais de 15 minutos de atraso
	Individual Motorizado	RELIABILITY2	
Proposito da Viagem	Base domiciliar trabalho	BDT	1 Sim, 0 Não, -1 base domiciliar trabalho
	Base domiciliar estudo	BDE	1 Sim, 0 Não, -1 base domiciliar estudo
	Outros	BDO BND	1 Sim, 0 Não, -1 outros motivos

4.3 MODELO DE ESCOLHA MODAL

Para formação dos conjuntos individuais de alternativas foram consideradas duas opções de modos de transporte: (1) coletivo e (2) individual motorizado.

A alternativa “transporte coletivo” foi considerada disponível a todos os usuários, enquanto a “modo individual motorizado” foi considerada indisponível aos indivíduos que declararam não possuir automóvel no domicílio e/ou cuja idade fosse inferior a 18 anos (limite mínimo permitido pela legislação para habilitação como motorista). A hipótese de interferência testada no modelo foi:

- A escolha do modo de viagem é influenciada pelas características individuais, características do domicílio e características do sistema de transportes.

Para essa hipótese, cada variável independente incluída no modelo foi submetida a um teste de significância para verificar se o parâmetro da variável era diferente de zero. Assim, o teste de hipótese adotado pelo modelo foi:

$$H0: \beta = 0$$

$$H1: \beta \neq 0$$

sendo β o parâmetro da variável independente.

A função utilidade dos modos é apresentada na equação abaixo, já que o modelo foi elaborado baseado nos níveis das variáveis.

$$U_{Private} = \beta n_i \cdot TEMPO_PRIVATE + e^{\gamma n_i \cdot COST_PRIVATE} + \alpha \cdot ZONA_AUTO + \theta \cdot AUTO$$

$$U_{Transit} = \beta n_i \cdot TEMPO_TRANSIT + e^{\gamma n_i \cdot COST_TRANSIT} + ASC$$

A proporção de viagens de transporte público é dada pela expressão:

$$PropPubl = \frac{\exp(U_{Pub})}{\exp(U_{Pub}) + \exp(U_{Pri})}$$

Foram estimados, a partir do banco de dados de preferência revelada, três modelos baseados no propósito da viagem: modelo para viagens com base domiciliar e por trabalho, modelo para viagens com base domiciliar e por estudo, modelo para viagens com base domiciliar por outros motivos e modelo para base não domiciliar.

4.3.1 MODELO PARA VIAGENS COM BASE DOMICILIAR POR TRABALHO (BDT)

Na Tabela 4-2 são apresentadas as medidas de desempenho do modelo LOGIT multinomial estimado para o cálculo das probabilidades individuais de escolha modal. Já na Tabela 4-3 são apresentados os valores dos parâmetros das funções de utilidade de cada alternativa de modo de transporte e suas estatísticas de significância.

Tabela 4-2- Estatísticas do modelo BDT de escolha modal.

$LL(\beta' = 0)$	-5.581,221
$LL(\beta' = \hat{\beta})$	-4.139,738
ρ	0,258

Tabela 4-3- Estimativa do modelo BDT de escolha modal.

Variável	Modo	Coeficiente da função utilidade		t-test
Constante	Coletivo	constante	-0,244	-3,18
Tempo de Viagem (horas)	Coletivo	beta	-0,488	-8,60
	Individual	beta	-1,360	-8,67
Custo da Viagem (R\$)	Coletivo	gamma	-0,510	-6,98
	Individual			
Zona Auto	Individual	alpha	0,818	11,66
Posse de Automóvel	Individual	tetha	0,496	12,09

4.3.2 MODELO PARA VIAGENS COM BASE DOMICILIAR POR ESTUDO (BDE)

Na Tabela 4-4 são apresentadas as medidas de desempenho do modelo LOGIT multinomial estimado para o cálculo das probabilidades individuais para escolha modal. Já na Tabela 4-5 são apresentados os valores dos parâmetros das funções de utilidade de cada alternativa de modo de transporte e suas estatísticas de significância.

Tabela 4-4 - Estatísticas do modelo BDE de escolha modal.

$LL(\beta' = 0)$	-1.146,465
$LL(\beta' = \hat{\beta})$	-900,799
ρ	0,214

Tabela 4-5 – Estimativa do modelo BDE de escolha modal.

Variável	Modo	Coeficiente da função utilidade		t-test
Constante	Coletivo	constante	0,694	4,53
Tempo de Viagem (horas)	Coletivo	beta	-0,235	-1,93
	Individual	beta	-0,693	-2,03
Custo da Viagem (R\$)	Coletivo	gamma	-1,25	-2,77
	Individual			
Zona Auto	Individual	alpha	0,364	3,41
Posse de Automóvel	Individual	tetha	0,494	6,68

4.3.3 MODELO PARA VIAGENS COM BASE DOMICILIAR POR MOTIVOS OUTROS E COM BASE NÃO DOMICILIAR (BDO-BND)

Na Tabela 4-6 são apresentadas as medidas de desempenho do modelo LOGIT multinomial estimado para o cálculo das probabilidades individuais de escolha modal. Já na Tabela 4-7 são apresentados os valores dos parâmetros das funções de utilidade de cada alternativa de modo de transporte e suas estatísticas de significância.

Tabela 4-6 - Estatísticas do modelo BDO-BND de escolha modal.

$LL(\beta' = 0)$	-1.466,699
$LL(\beta' = \hat{\beta})$	-1.109,290
ρ	0,244

Tabela 4-7- Estimativa do modelo BDO-BND de escolha modal.

Variável	Modo	Coeficiente da função utilidade		t-test
Constante	Coletivo	constante	-0,568	-3,77
Tempo de Viagem (horas)	Coletivo	beta	-0,140	-1,39
	Individual	beta	-0,293	-1,02
Custo da Viagem (R\$)	Coletivo	gamma	-0,393	-3,79
	Individual			
Zona Auto	Individual	alpha	0,479	3,92
Posse de Automóvel	Individual	tetha	0,448	5,10

4.4 ANÁLISE DE RESULTADOS DOS MODELOS DE ESCOLHA MODAL

Não há limites fixados para se afirmar qual valor de razão da verossimilhança (ρ) é suficiente para determinar o desempenho do modelo de escolha discreta. No entanto, com o propósito de situar o valor obtido, são apresentados, na Tabela 4-8, alguns valores para esse índice reportados na

literatura sobre modelos de escolha de modos de transporte⁵. Ressalte-se que o propósito dessa comparação é apenas o de situar o valor em relação aos reportados na literatura.

Tabela 4-8- Medidas de desempenho de modelos multinomial LOGIT para escolha do modo de transporte.

Estudo	Cidade	Parâmetros estimados	Observações	$LL(\beta' = 0)$	$LL(\beta' = \hat{\beta})$	ρ
McFadden (1977)	São Francisco	22	635	-964,40	-526,40	0,4542
Swait e Ben-Akiva (1987)	São Paulo	29	1,725	-2,480,50	-1,437,00	0,4207
Jara-Díaz (1991)	Santiago	15	398	-731,99	-509,01	0,3046
		15	266	-460,02	-370,80	0,1939
		15	297	-423,12	-288,90	0,3172
		15	317	-377,82	-191,66	0,4922
Schwanen e Mokhtarian (2005)	São Francisco	25	1,165	-806,20	-806,20	0,2590
		25	1,165	-593,20	-585,90	0,2680

Confrontando as medidas de desempenho dos modelos de escolha modal obtidas com os valores da Tabela 4-8, observa-se que todas as medidas de desempenho situam-se na faixa dos valores encontrado na literatura.

Com relação aos modelos elaborados, foram estimados parâmetros associados às variáveis independentes e associados às constantes específicas. Todos os coeficientes estimados possuem sinal esperado, com a grande maioria dos parâmetros significativos e uma minoria de parâmetros insignificantes para o nível de 5%.

Apesar de insignificantes, os parâmetros foram mantidos por sua importância na análise do comportamento referente às escolhas. Acredita-se que a insignificância de parte dos parâmetros foi ocasionada pela variabilidade de algumas características e pela quantidade amostral dessa variável associada à escolha do modo para realização das viagens.

A insignificância de alguns parâmetros não deve ser remetida ao processo de amostragem da pesquisa de campo. Ressalte-se que, a partir da base de dados existente, foi explorado ao

⁵ Considerando aplicação do modelo multinomial LOGIT na escolha do modo em viagens urbanas a partir de pesquisa de preferência revelada.

máximo o número possível de combinações de modelos para replicação do comportamento individual relacionado à escolha do modo para realização de viagem.

Em relação ao emprego das variáveis nos modelos, foram utilizadas as variáveis tempo, custo, posse de automóvel e zona de tráfego, o que implica em uma simplificação, frente às variáveis que poderiam ser utilizadas.

Segundo Hensher e Button (2008), os modelos são simplificações para análises de elementos-chave no comportamento humano, buscando relações de causa e efeito de variáveis no sistema de transportes. O aspecto chave é a análise isolada de fatores relevantes, ao contrário da replicação de toda a estrutura de fatores que influenciam nas decisões acerca do sistema de transportes.

Ainda segundo esses autores, a qualidade de um modelo não está na sua capacidade de reproduzir as proporções das decisões no sistema de transportes (*market shares*), mas na sua sensibilidade de previsão quando são alterados um ou mais níveis das variáveis. Nesse ponto, Hensher e Button (2008) ressaltam que um dos problemas com a avaliação de estimativa de valores futuros com modelos reside na tarefa complexa de estimar os valores futuros das variáveis explicativas.

Quanto à análise do custo percebido na viagem, entre as opções testadas a que apresentou melhor resultado foi o custo da queima do combustível para o modo individual motorizado e a tarifa (levando em consideração gratuidade e descontos) para o modo transporte coletivo.

Várias formas para representação da função custo foram verificadas, sendo as que melhor se adequaram na interação com as demais variáveis a função exponencial para os dados da Pesquisa de Preferência Revelada e função linear para os dados da Pesquisa de Preferência Declarada. Para o custo, enquanto a função exponencial sugere uma sensibilidade a pequenas variações, na função linear há sensibilidade de propensão proporcional às distâncias no custo da viagem.

A decisão de longo prazo de posse de automóvel no domicílio tem impacto positivo na utilidade do modo individual motorizado. É esperado que com o aumento do número de automóveis no domicílio ocorra uma diminuição da propensão para utilização do modo coletivo e aumento da disposição ao uso do modo motorizado individual.

Analisando o comportamento das variáveis de tempo, todos os parâmetros possuem sinal negativo, como esperado, indicando que o aumento do tempo gasto reduz a propensão de utilização de determinado meio de transporte (menor a utilidade do modo).

5 MODELO DE ALOCAÇÃO DE VIAGENS

5.1 METODOLOGIA

A alocação é um elemento fundamental no processo de previsão da demanda de transporte urbano. Seu objetivo principal é a estimativa dos fluxos nos diversos enlaces da rede de transporte, com base nas matrizes de viagens por modo, para cada par Origem/Destino considerado. Isso não é, contudo, o único produto relevante da etapa de alocação, como discutido a seguir.

Os objetivos primários dos métodos de alocação de viagens são:

- Obter fluxos nos links e identificar aqueles muito congestionados;
- Estimar os custos (tempos) de viagens zona a zona, para um dado nível de demanda de viagens.

Quanto aos objetivos secundários dos métodos de alocação de viagens, podemos citar:

- Gerar as estimativas de rendimento da rede usadas na seleção do modo e as etapas de distribuição de viagens de vários modelos;
- Estimar as rotas/caminhos utilizados para cada par Origem/Destino;
- Analisar quais pares O/D utilizam um determinado link ou caminho;
- Estimar variáveis de desempenho operacional do fluxo de tráfego (veic*km, veic*h, grau de saturação médio da rede, etc.);
- Estimar variáveis de desempenho do transporte público (pas*km, IPK-índice de passageiros/km, IR-índice de renovação, etc.).

Existem vários métodos de alocação implementados no TransCAD, desde o método “Tudo-ou-Nada”, que aloca todas as viagens na rota mais curta sem considerar a capacidade das vias, até os métodos de “Equilíbrio”, que levam em consideração o congestionamento gerado nos links.

Os métodos de equilíbrio levam em conta a inter-relação entre volume e tempos de viagem. Os algoritmos de fluxo de equilíbrio utilizam um processo iterativo entre a alocação dos fluxos e o cálculo dos tempos de viagem.

Os supostos comportamentos-chave que subsidiam o método de equilíbrio supõem que cada usuário tem a informação “perfeita” acerca dos atributos das alternativas da rede, o que torna possível a todos os usuários selecionar rotas/caminhos que minimizem seu tempo e custo de viagem, todos os usuários tendo os mesmos valores dos atributos da rede. Pelo princípio de Wardrop, formulado em 1952, a condição de equilíbrio do usuário (UE) se dá quando não existem usuários individuais que podem reduzir unilateralmente seu tempo de viagem, trocando de caminho. Uma consequência deste princípio é que todos os caminhos utilizados para um par OD têm o mesmo custo mínimo.

Um modelo de equilíbrio alternativo foi proposto por Daganzo & Sheffi (1977), conhecido como Equilíbrio Estocástico do Usuário (SUE – *Stochastic User Equilibrium*). Baseia-se na suposição de que os usuários têm informações “imperfeitas” sobre as alternativas da rede e/ou que estas variam com base em suas percepções dos atributos da rede. Em outras palavras, os usuários não creem que possam aumentar sua

utilidade esperada por eleger um caminho diferente. Devido às variações nas percepções dos usuários e também no nível de serviço experimentado, os caminhos utilizados não necessariamente têm os custos generalizados idênticos. Segundo a documentação do TransCAD⁶, o modelo SUE é compatível com o conceito da aplicação de modelos de escolha discreta para a seleção do caminho, desde que com a agregação necessária e solução de equilíbrio.

5.1.1 ALOCAÇÃO POR EQUILÍBRIO DO USUÁRIO (UE)

O Equilíbrio do usuário utiliza um processo iterativo para obter uma solução convergente, em que não haja usuários que possam majorar seus tempos de viagem apenas trocando de caminho, ou seja, os usuários estão utilizando o melhor caminho possível para seus deslocamentos. Em cada iteração são calculados os fluxos, incorporando efeitos de restrição da capacidade e tempos de viagem dependentes do fluxo. A metodologia base do programa matemático usa a formulação de Frank Wolfe (FW).

No caso específico de Florianópolis, para a modelagem dos modos de deslocamento privados (sem rota definida), foi utilizado o método implementado no TransCAD, denominado método de equilíbrio “bi-conjugado” (BFW), proposto originalmente por Daneva & Lindberg (2003). Essa formulação apresenta uma convergência mais rápida quando comparado ao método tradicional (FW). Em testes desenvolvidos com a rede viária, considerando o mesmo critério de convergência, o tempo de processamento é aproximadamente 30% menor.

A formulação implementada no TransCAD para o método UE é a seguinte:

$$\begin{aligned} \min z(x) &= \sum_{ij} \int_0^{x_{ij}} t_{ij}(u) du \\ \text{st: } D(j, s) + \sum_i x_{ij}^s &= \sum_k x_{jk}^s \quad s = 1, \dots, p \\ & \quad j = 1, \dots, n \\ & \quad j \neq s \\ x_{ij}^s &> 0 \quad s = 1, \dots, p \end{aligned}$$

Onde:

- n = número de nós da rede;
- p = número de origens e destinos;
- x = total de fluxo ao longo dos links (i,j)
- x_{ij}^s = fluxo no link (i,j) com destino s
- D(j,s) = fluxo originado no nó j com destino s.

⁶ Manual digital de TransCAD 6.0

5.1.2 ALOCAÇÃO POR EQUILÍBRIO ESTOCÁSTICO DO USUÁRIO (SUE)

Como foi mencionado anteriormente, o método de Equilíbrio Estocástico do Usuário é uma generalização do método de equilíbrio do usuário que assume que este não possui informações precisas sobre os atributos da rede e/ou que percebe os gastos da viagem de diferentes maneiras. Uma das principais características deste método é que ele permite obter uma melhor distribuição dos fluxos na rede ao considerar tanto os caminhos menos atrativos, como os mais atrativos. Caminhos menos atrativos têm uma menor utilização, mas não têm fluxo nulo, como é feito no método UE. O método SUE é calculado utilizando-se médias sucessivas (MSA), sendo considerado um método convergente (Sheffi, 1985).

O modelo de alocação multimodal é elaborado a partir de dois componentes: a oferta (física e operacional) e a demanda por transporte.

A oferta física é a rede viária com todos os parâmetros básicos, enquanto a oferta operacional é constituída pelo sistema de transporte que utiliza a rede viária. A demanda de transporte é representada pelas matrizes Origem/Destino. O processo de montagem da rede viária e as rotas de transporte coletivos foram detalhados no relatório 3.2 – Calibração da Rede de Simulação.

A metodologia de alocação depende do critério básico de seleção de caminhos, onde há dois grandes grupos: os que não têm percurso definido e os que têm um percurso ou itinerário definido.

Entre os modos sem percurso definido estão os automóveis particulares, os táxis e os veículos de carga, enquanto os ônibus estão no grupo com itinerário definido.

5.2 SÍNTESE DO MODELO DE OFERTA

5.2.1 ZONEAMENTO

Para se ter uma delimitação geográfica para acomodação das origens e destinos de viagens, a área de estudo é dividida em zonas de análise de tráfego (ZAT). Assim, os 13 municípios que compõem a área de estudo foram divididos em 327 zonas, as quais foram agrupadas em um conjunto de 60 macrozonas e, posteriormente, em um outro conjunto mais agregado de 36 macrozonas. As zonas agregadas são usadas para facilitar a apresentação de resultados. As zonas externas são consideradas a partir de 5 acessos de entrada e saída de demanda, representando cinco zonas externas.

As zonas são representadas na rede de simulação por pontos denominados centroides. Os centroides são considerados os pontos de origem ou de destino das viagens e devem ser vistos como o centro de gravidade das zonas. Portanto, nos modelos matemáticos de simulação, as zonas não existem como uma área, passando a ser representadas pelos centroides. A Figura 5.1 apresenta um exemplo de zoneamento da rede de simulação.



Figura 5.1- Zonas de tráfego na área central de Florianópolis

Os centroides são elementos da rede de simulação, mas não pertencem ao sistema viário. Para isso, são ligados à rede viária por links denominados conectores. A Figura 5.2 ilustra um conjunto de centroides e conectores na região de estudo.

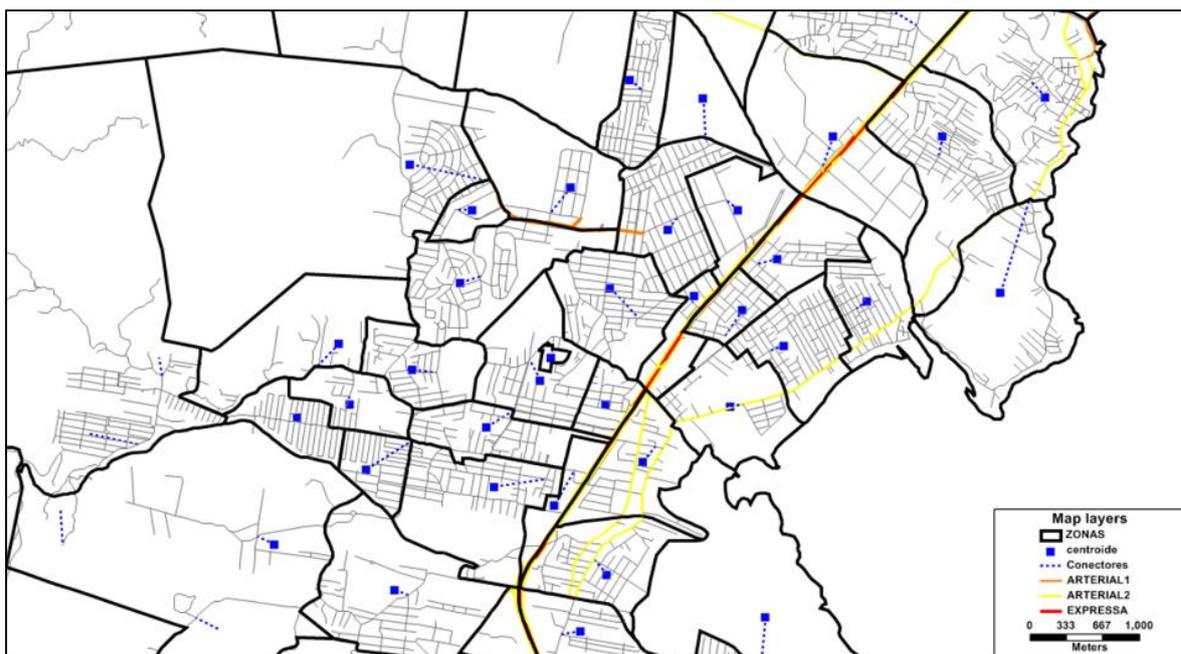


Figura 5.2 - Conjunto de zonas com centroides e conectores

5.2.2 REDE VIÁRIA

A rede utilizada para a simulação da área de estudo é composta por cerca de 31.000 segmentos que representam aproximadamente 5 mil quilômetros da rede viária real. A Figura 5.3 ilustra parte da rede viária considerada.

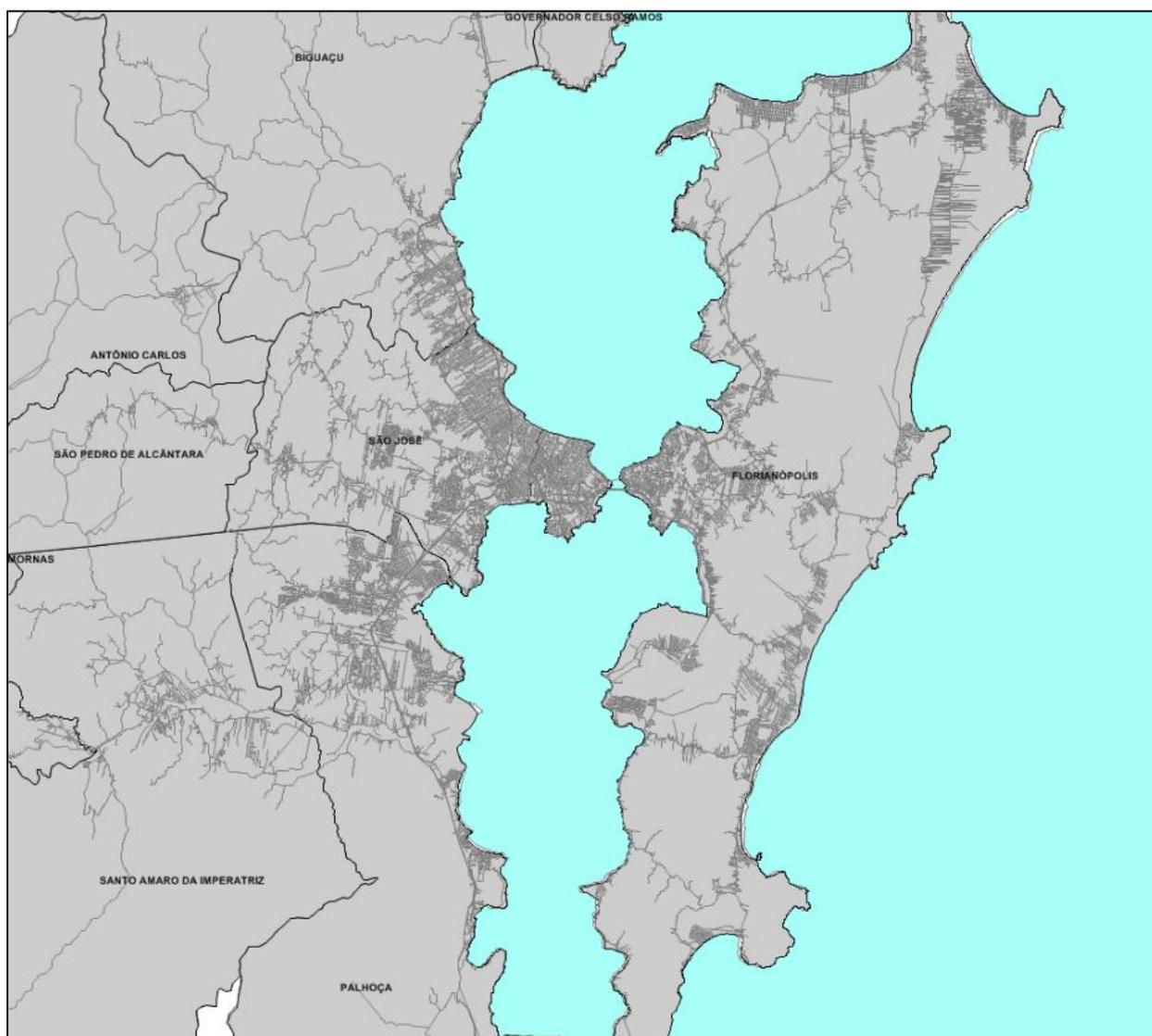


Figura 5.3 - Rede viária e área de estudo por município

Os seguintes atributos são usados para classificar a rede viária e caracterizar a sua operação:

- Tipo de via;
- Número de pistas e faixas (efetivas, estacionamentos e totais);
- Velocidade máxima permitida e velocidade de fluxo livre;

- Tipos de superfícies;
- Gradiente da via;
- Localização com relação ao centro da cidade.

O Anexo I apresenta o dicionário de dados com todos os atributos e respectivas descrições.

O levantamento dessas características para cada ligação gera um espectro de diferentes categorias e hierarquias operacionais da rede rodoviária. Esta hierarquia é usada para definir as funções de capacidade e velocidade dos segmentos.

A hierarquia operacional consiste na definição de grupos de vias (links) com características geométricas e de funcionamento semelhantes ou, pelo menos, comparáveis com padrões similares de comportamento na rede. A tipologia segue a hierarquia de vias da cidade e serve para padronizar a rede.

A definição final da hierarquia, da capacidade e da velocidade dos segmentos faz parte do processo de definição da rede rodoviária de simulação apresentado neste documento.

Em síntese, os conceitos utilizados no refinamento da hierarquização supracitada foram:

- Via expressa: via rápida com função de conectar regiões mais distantes, alta capacidade, interseções em desnível e controle de acesso;
- Arterial: proibição de estacionamento nos trechos de maior volume de tráfego, ligando regiões distintas da área urbana. Classificação separada entre vias semaforizadas e não semaforizadas; vias com dois sentidos de circulação e pistas separadas, e vias com alta declividade e baixa declividade;
- Coletora: vias com função de acesso a vias arteriais ou expressas, ou de ligação entre bairros próximos. Classificação separada entre vias semaforizadas e não semaforizadas; vias com dois sentidos de circulação e pistas separadas;
- Local: via exclusivamente de acesso ao sistema viário principal. As ruas locais devem ter baixa velocidade, privilegiando pedestres e bicicletas.

As tipologias operacionais são mostradas na tabela a seguir.

Tabela 5-1 Tipologias operacionais da rede viária

Tipologia	Hierarquia	Descrição
1	Expressa	Rodovia com fluxos segregados, mínimo de 2 faixas por sentido, controle de acesso sem interrupção de tráfego
2	Expressa	
3	Expressa	Rodovia com mínimo de 2 faixas por sentido, sem controle de acesso (ou controle parcial), pode ter interrupção periódica de tráfego em intersecções sinalizadas distantes entre si mais de 3 km
4	Expressa	
5	Expressa	Rodovia com uma faixa por sentido, sem controle de acesso
6	Expressa	
7	Expressa	Rodovia com uma faixa por sentido, sem controle de acesso (ou controle parcial), e alta declividade
10	Arterial	Rodovia com mínimo de 2 faixas por sentido e com interrupção periódica de tráfego
11	Arterial	
12	Arterial	
13	Arterial	
14	Arterial	
15	Arterial	
16	Arterial	Rodovia com uma faixa por sentido e sem controle de acesso
17	Arterial	
18	Arterial	
19	Arterial	
20	Arterial	Rodovia sem controle de acesso (ou controle parcial) e alta declividade
30	Coletora	Rua com alta densidade de acessos lindeiros, localizada em área urbana
31	Coletora	
32	Coletora	
33	Coletora	Rua com alta densidade de acessos lindeiros, localizada em área urbana e com pavimento de paralelepípedos
34	Coletora	Rua com alta densidade de acessos lindeiros, localizada em área urbana e alta declividade
35	Coletora	
40	Local	Rua local, em área urbana
41	Local	
42	Local	Rua local, em área urbana com alta declividade

A partir desta classificação, verificou-se, para cada hierarquia, a extensão total de vias na área de estudo, como apresentado na Tabela 5-2.

Tabela 5-2- Extensão total de vias por hierarquia

Hierarquia	Extensão total (km)	Porcentagem
Expressa	344	7%
Arterial	555	12%
Coletora	538	12%
Local	3.205	69%
Total	4.642	100%

O mapa da Figura 5.4 ilustra a hierarquização da área de estudo. Já o mapa da Figura 5.5 mostra uma ampliação da área central do município de Florianópolis.

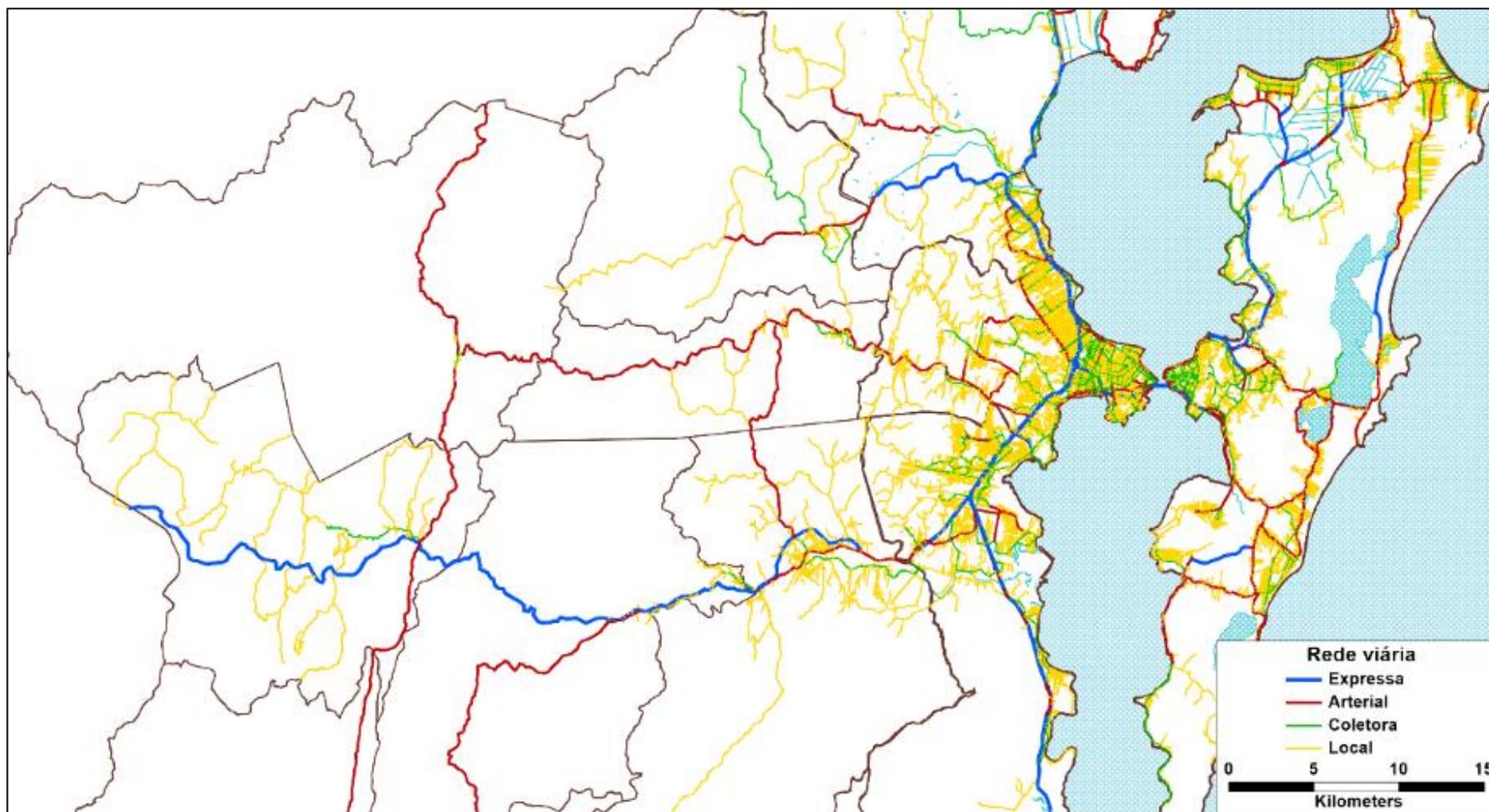


Figura 5.4 - Hierarquia viária na Grande Florianópolis

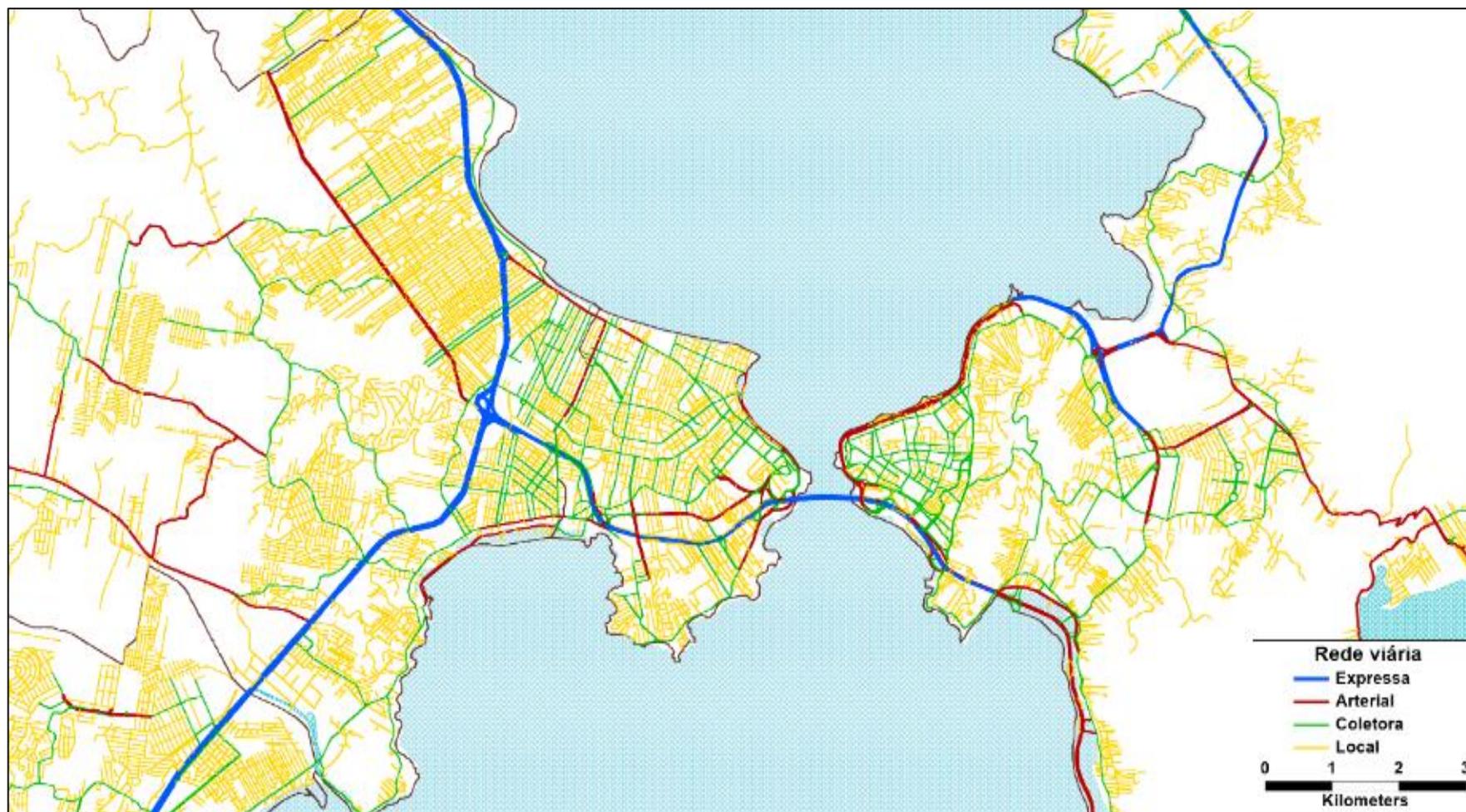


Figura 5.5 - Hierarquia viária no centro de Florianópolis

5.2.3 OFERTA OPERACIONAL: ROTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

5.2.3.1 EMPRESAS OPERADORAS E LINHAS DE SERVIÇO

A rede de transporte coletivo é codificada sobre a base da rede viária. O sistema da área de estudo é servido por 9 empresas e 473 linhas, apresentadas na Tabela 5-3. As empresas Estrela, Imperatriz, Jotur, Biguaçu e Santa Terezinha operam com serviço municipal e intermunicipal.

A maioria das linhas faz parte do serviço municipal de Florianópolis, com 199 linhas. Dos demais municípios, apenas São José, Palhoça e Biguaçu têm serviços de linhas municipais. Palhoça possui 79 linhas, todas operadas pela Jotur, empresa com o maior número de linhas na área de estudo, totalizando 139 entre municipais e intermunicipais.

Tabela 5-3 Número de linhas por empresa operadora

Linhas Municipais	Empresa	Número de linhas
Florianópolis	Canasvieiras	47
	Emflotur	10
	Estrela	19
	Insular	34
	Transol	89
Palhoça	Jotur	79
Biguaçu	Biguaçu	4
São José	Biguaçu	1
	Estrela	5
	Jotur	6
	Santa Terezinha	2
Total Municipais		296
Intermunicipais	Biguaçu	66
	Estrela	24
	Imperatriz	21
	Jotur	54
	Santa Terezinha	12
Total Intermunicipais		177

Além dessas linhas, foram identificadas linhas especiais com fins específicos:

- 2 linhas para transporte de pessoal da prefeitura de Florianópolis;
- 13 linhas escolares.

5.2.3.2 ITINERÁRIO DAS LINHAS DE ÔNIBUS

Os itinerários foram obtidos a partir de várias fontes:

- ONG Zapta, a partir de arquivos em formato *shapefile*;
- Consulta aos *websites* das empresas operadoras;
- Consulta direta a empresas operadoras.

O itinerário de cada linha foi desenhado na base de dados geográficos do TransCAD, de forma independente para cada sentido de operação. O sentido 1 foi designado para o trajeto bairro-centro ou terminal e o sentido 2 para o trajeto contrário.

O critério de aceitação da fonte de itinerário foi sempre considerar como a informação mais fidedigna aquela prestada pelas empresas operadoras. Quando o dado da empresa apresentava incoerências, era corrigido por verificação em campo ou por informação de pessoas com conhecimento do itinerário.

As linhas receberam um código de identificação único. Para cada rota foi dado um nome único de 12 caracteres. Os dois primeiros são referentes à empresa que opera a linha. Os oito seguintes se referem ao número da linha, o mesmo utilizado pelas empresas, podendo ser completado com o algarismo zero no início, para cumprimento da extensão. O penúltimo caractere é referente ao tipo da linha (municipal ou intermunicipal). Já o último diz respeito ao sentido da rota (ida, volta, circular ou sentido único).

Assim, o nome dado a cada rota tem a forma EECCCCCCTS, onde EE se refere à empresa que opera a linha, CCCCCC se refere ao código da linha, e T e S denotam tipo e sentido, respectivamente. A Tabela 5-4 mostra os valores possíveis para os caracteres que definem empresa, tipo e sentido, bem como seu significado.

Tabela 5-4 Códigos de identificação das linhas de ônibus

EE - primeiro e segundo caracteres	
Código	Empresa
BI	Biguaçu
CA	Canasvieiras
EM	Emflotur
ES	Estrela
IM	Imperatriz
ES	Insular
JO	Jotur
ST	Santa Teresinha
TR	Transol

T - Penúltimo caractere	
Código	Tipo
M	Municipal
I	Intermunicipal
S - Último Caractere	
Código	Sentido
I	Ida
V	Volta
C	Circular
U	Única

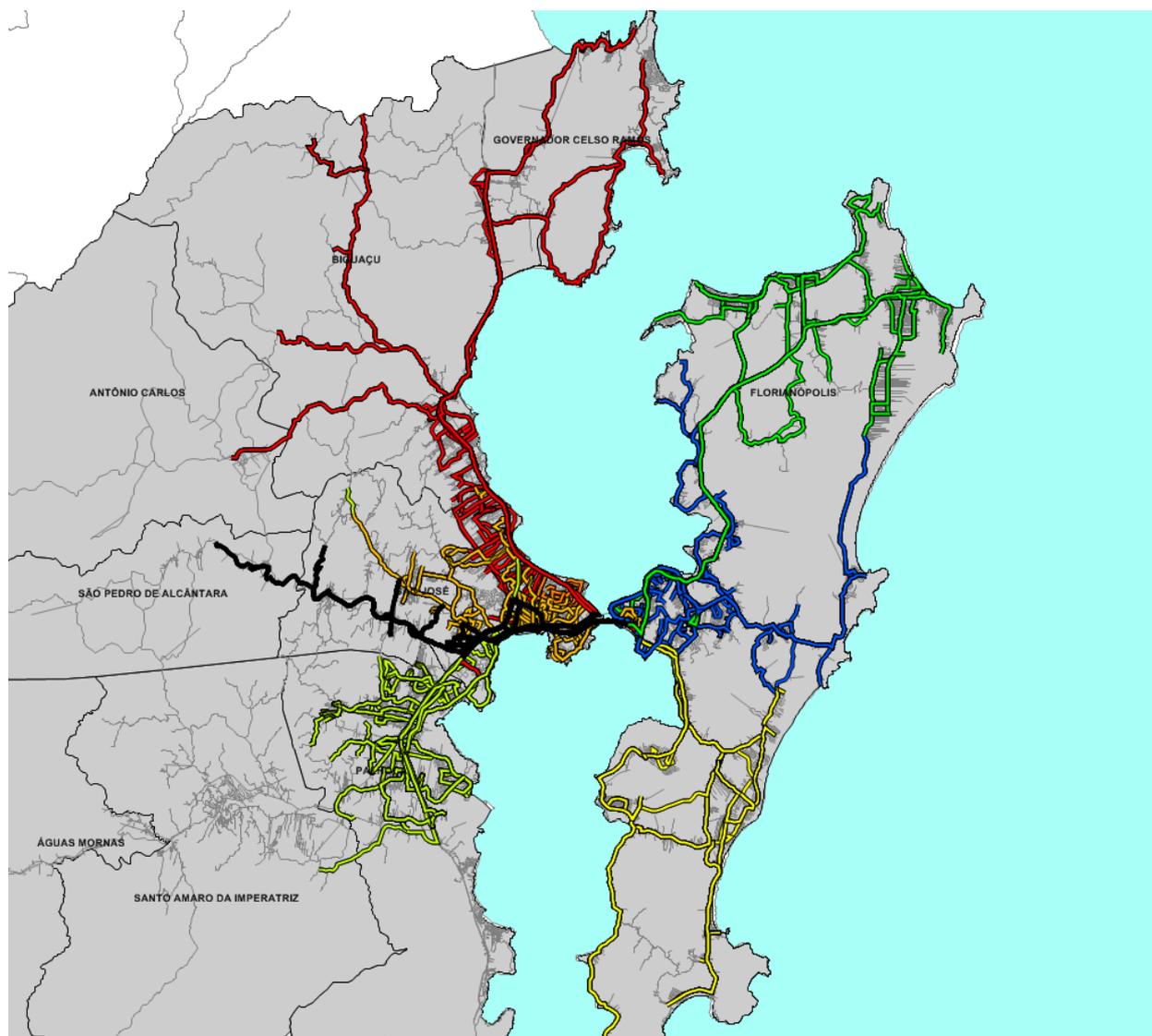


Figura 5.6 Rede Viária de Suporte da Rede de Transporte Coletivo

Todos os itinerários coletados foram inseridos na base de dados do TransCAD. Como exemplo, os itinerários das linhas intermunicipais e municipais seguiram, respectivamente, os formatos apresentados na Figura 5.7 e Figura 5.8.

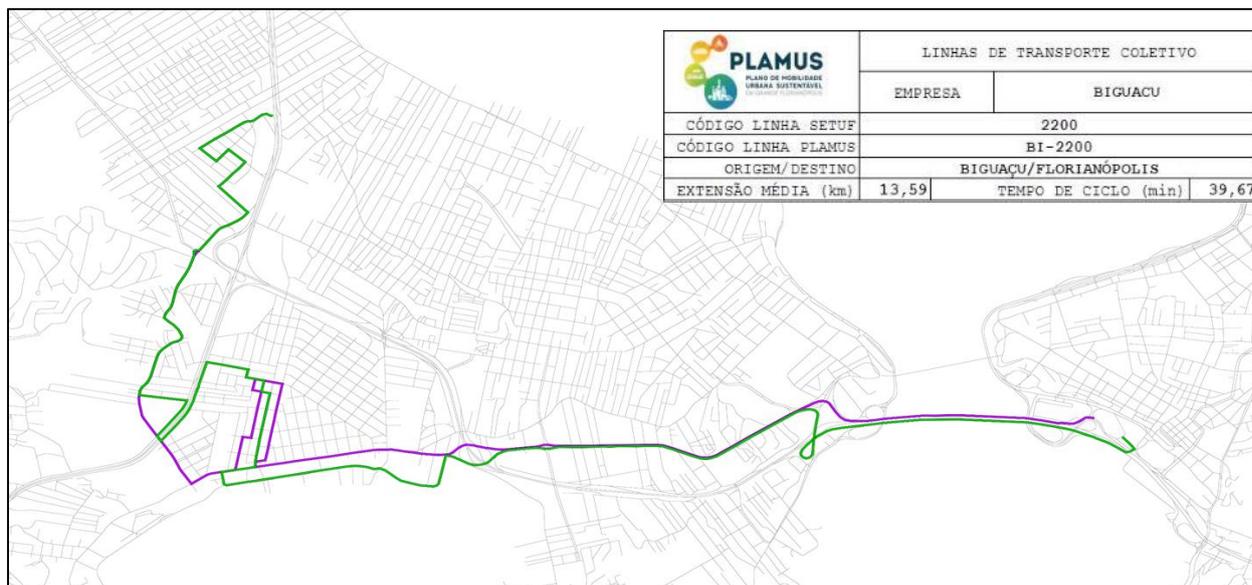


Figura 5.7 Itinerário de Linha Intermunicipal

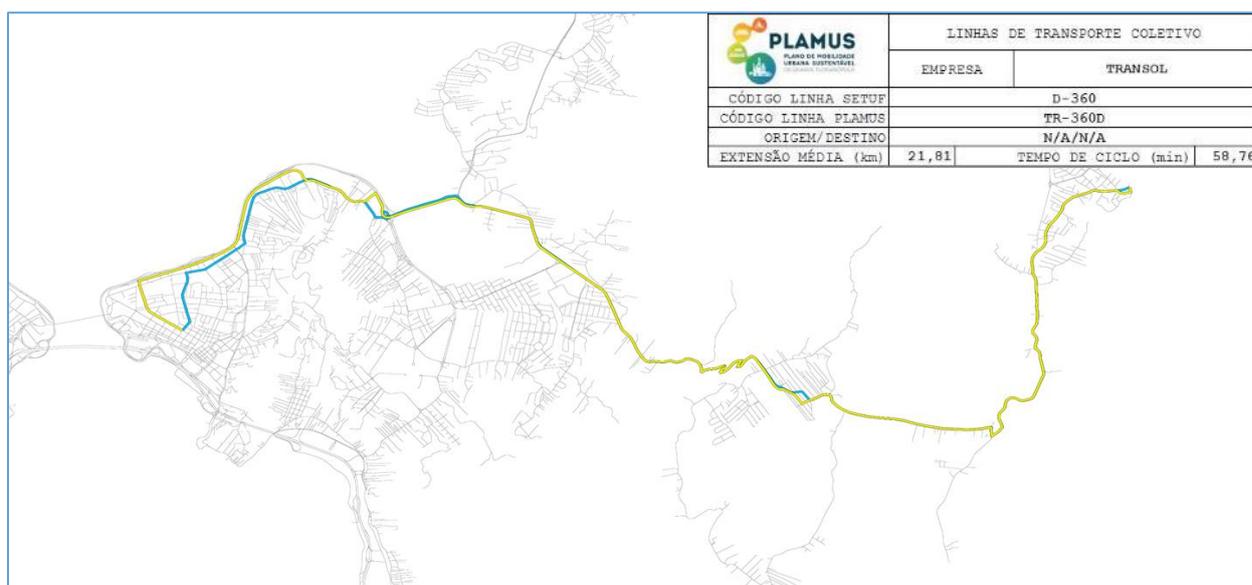


Figura 5.8 Itinerário de Linha Municipal de Florianópolis

O mercado é bem dividido, por regiões, entre as empresas operadoras. As figuras seguintes ilustram as áreas de operação de cada empresa.

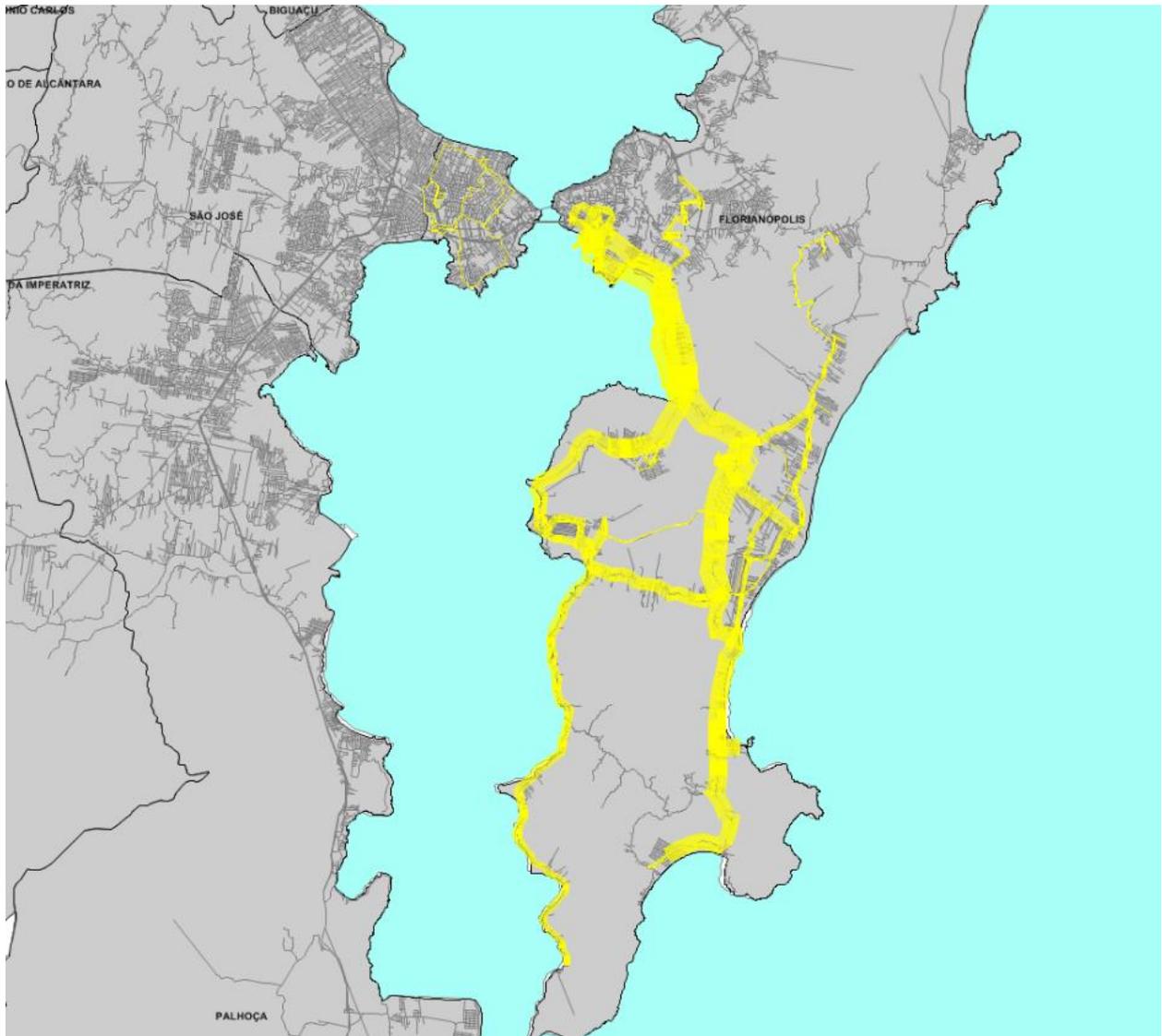


Figura 5.9 Área de Atuação da Empresa Insular

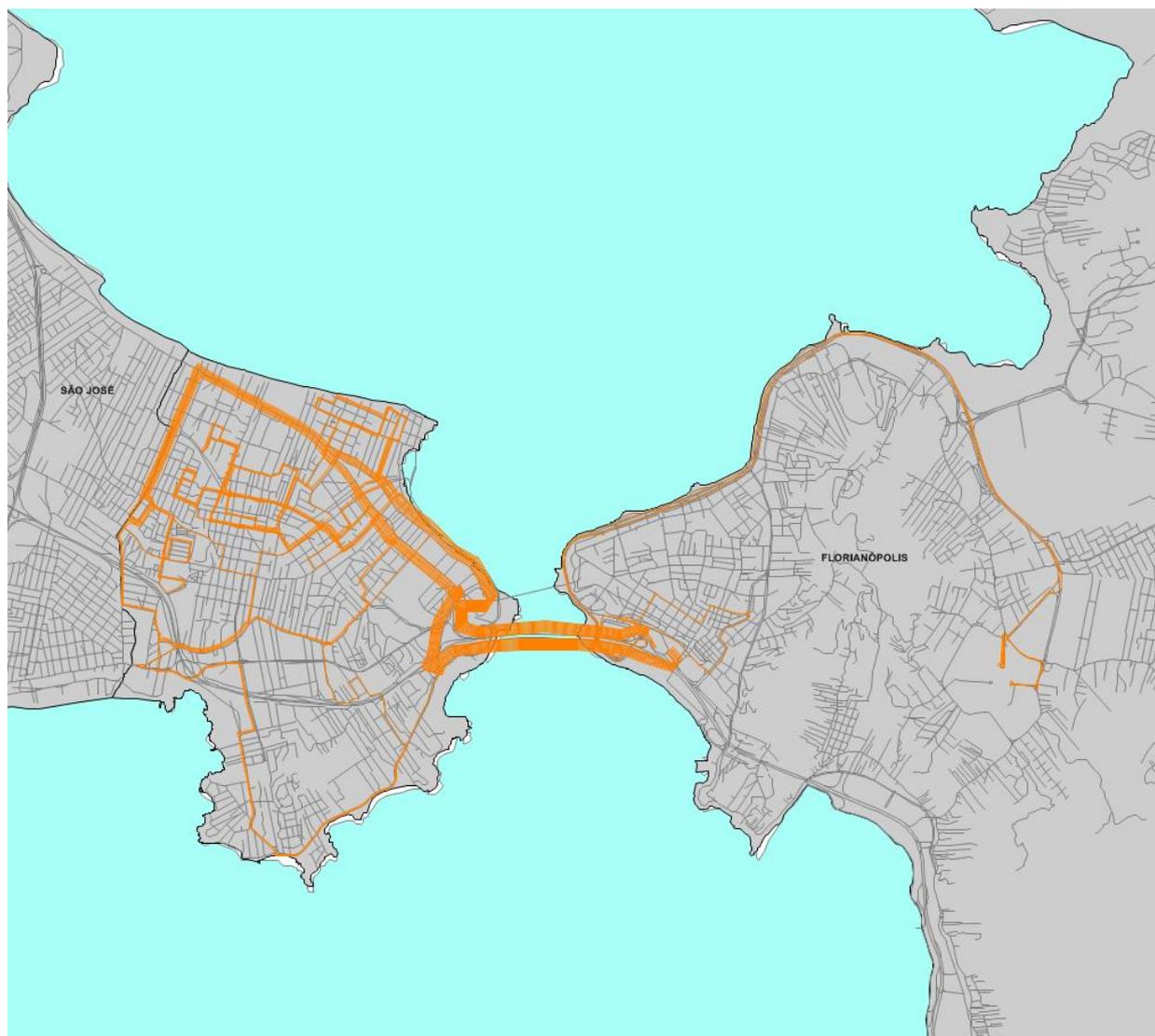


Figura 5.10 Área de Atuação da Empresa Emflotur

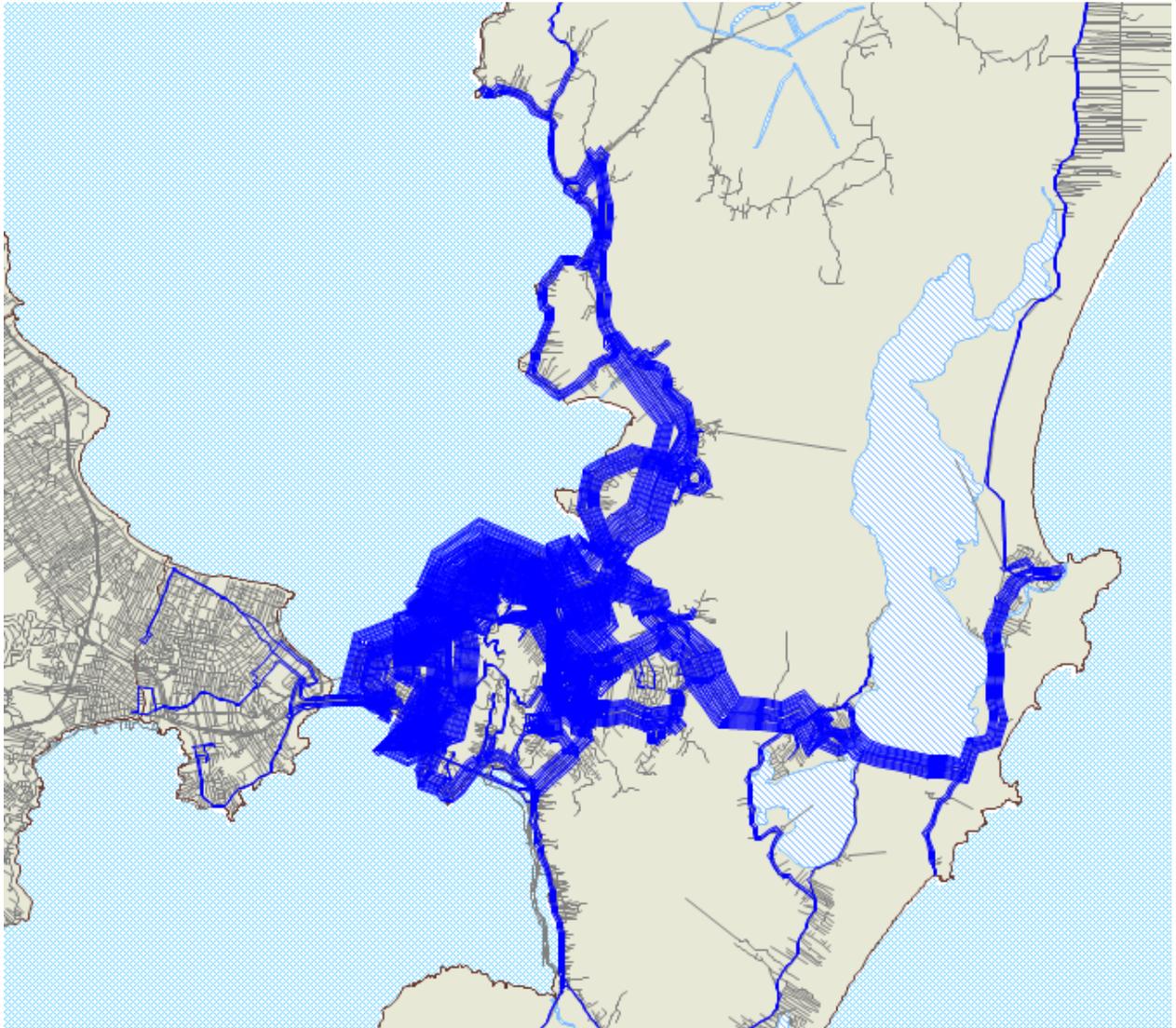


Figura 5.11 Área de Atuação da Empresa Transol

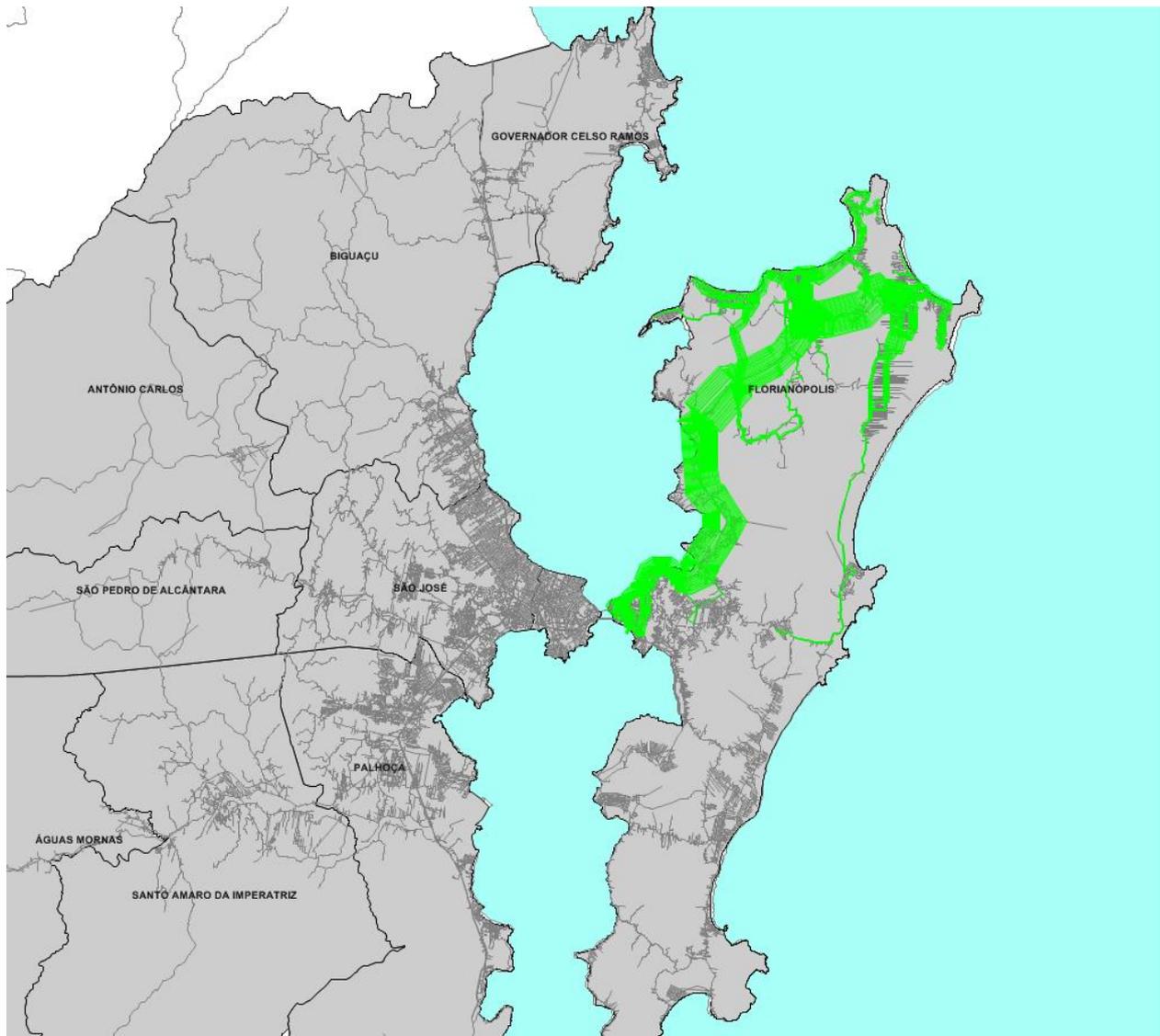


Figura 5.12 Área de Atuação da Empresa Canasvieiras

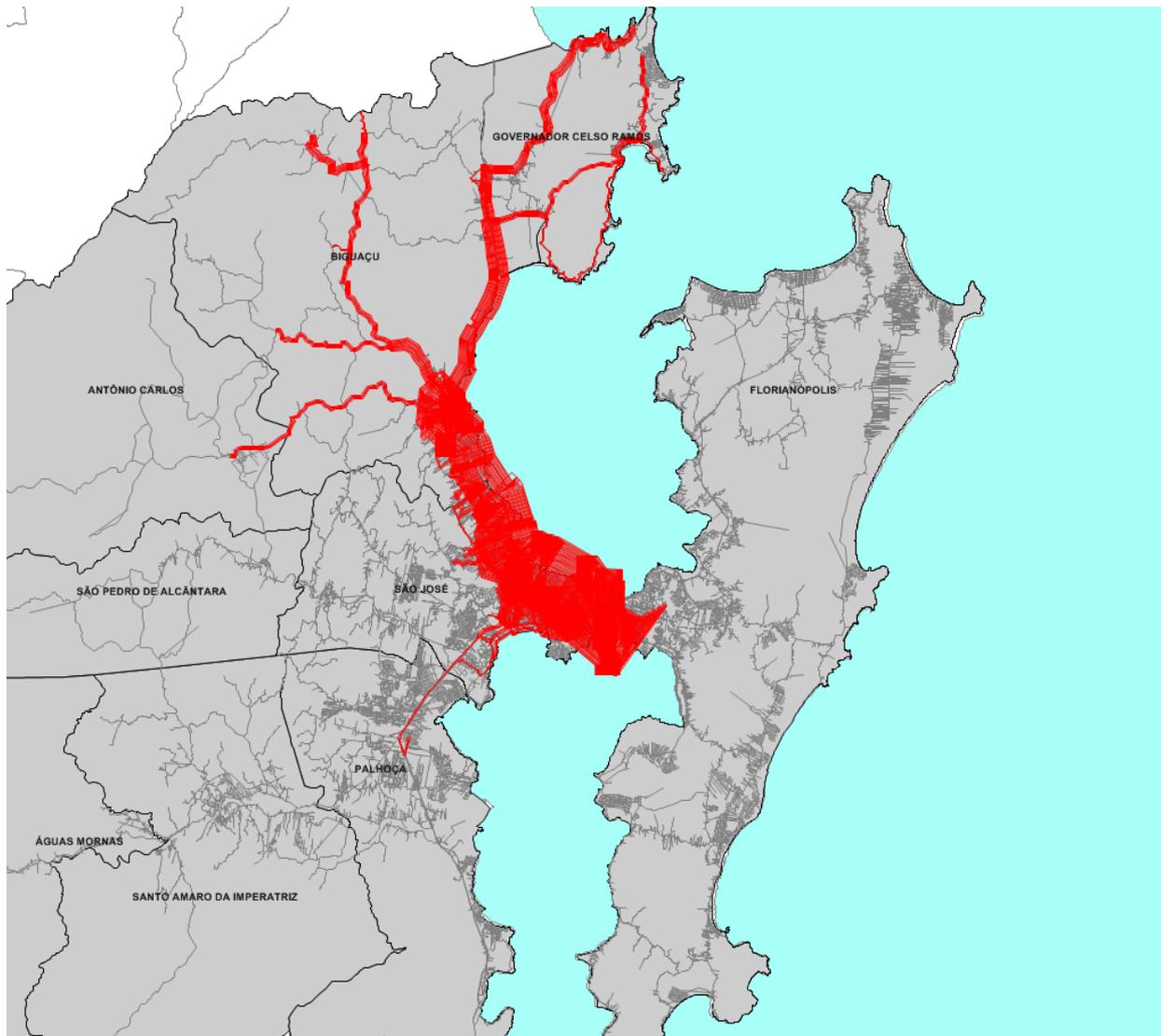


Figura 5.13 Área de Atuação da Empresa Biguaçu

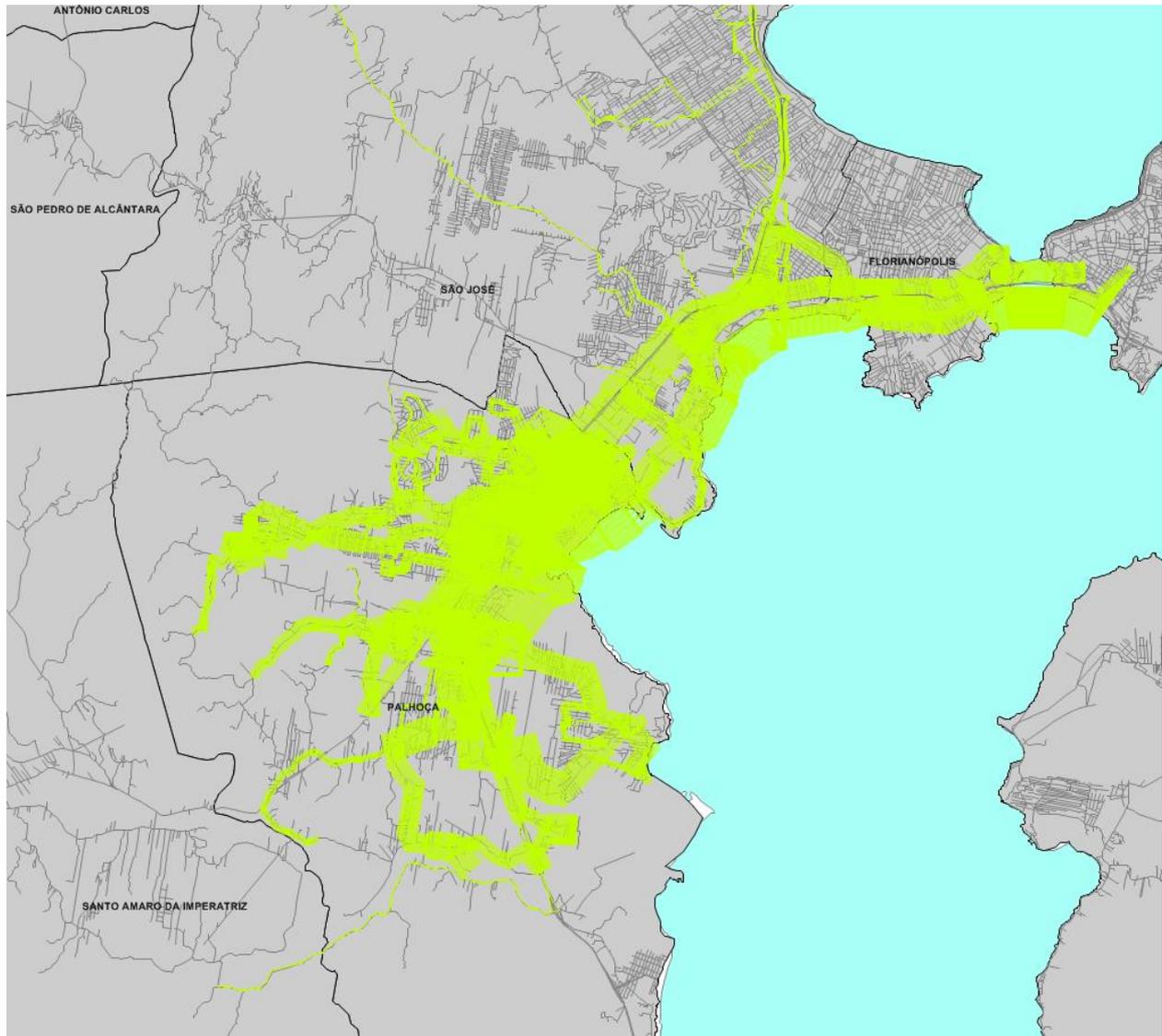


Figura 5.14 Área de Atuação da Empresa JOTUR

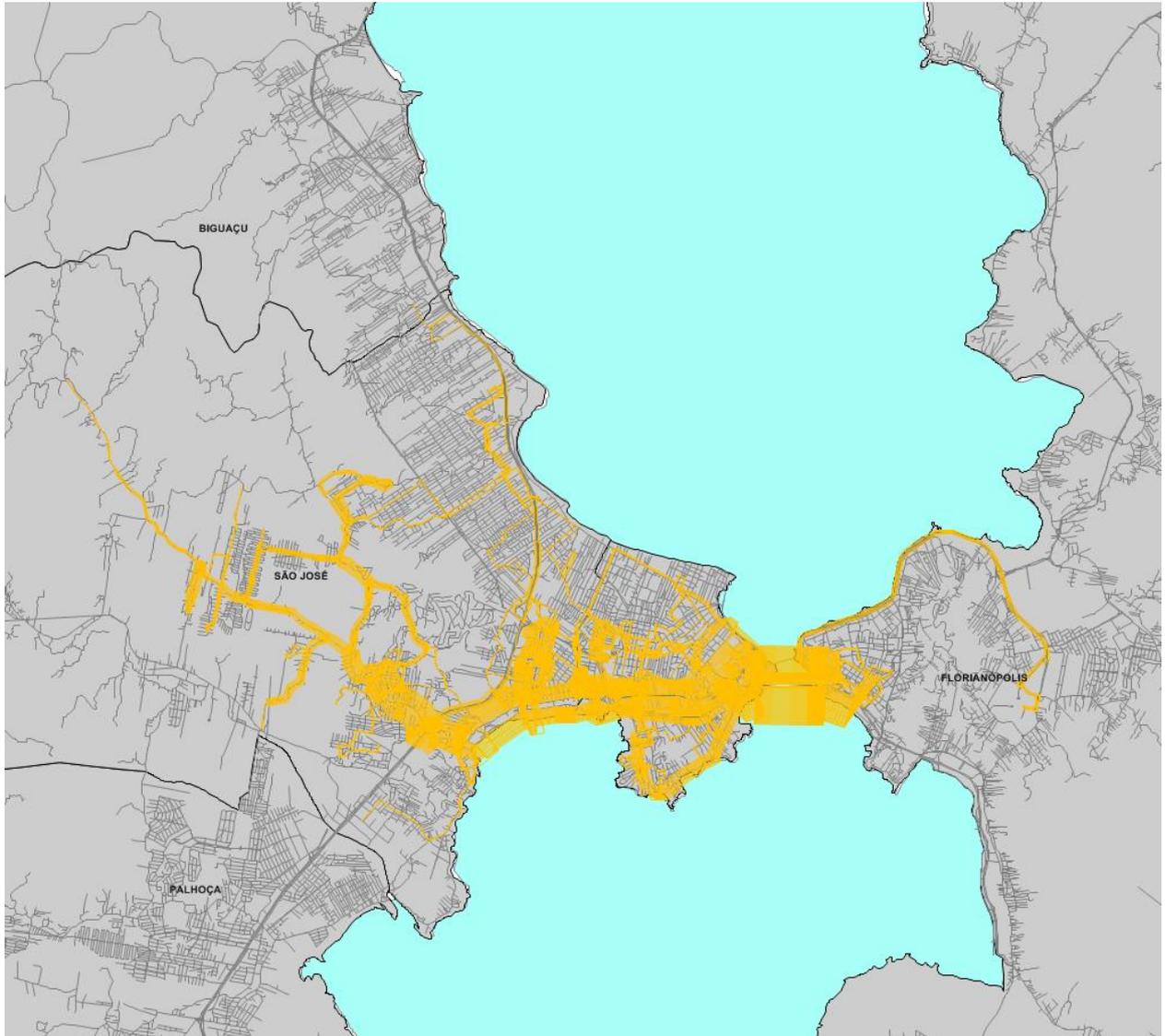


Figura 5.15 Área de Atuação da Empresa Imperatriz



Figura 5.16 Área de Atuação da Empresa Santa Teresinha

5.2.3.3 LOCALIZAÇÃO DAS PARADAS DE ÔNIBUS

Os organismos municipais não têm bases de dados estruturadas de localização dos pontos de ônibus. A Secretaria de Obras de Florianópolis cuida da instalação das paradas, mas não tem uma base de dados digital. Desse modo, os dados foram obtidos a partir de duas fontes:

- A base de dados da Empresa JOTUR, que está se preparando para fazer parte da base de dados do *Google Transit*;
- Base de dados do *Open Street Map*.

A localização dos pontos na base do “*Open Street*” é enviada por pessoas com GPS, não sendo muito precisa. Os dados foram colocados na base do TransCAD e ajustados para coincidir com a localização das vias e em seguida inseridos como nós dos itinerários das linhas de ônibus.

A figura abaixo apresenta a localização das paradas de ônibus na região de Palhoça.

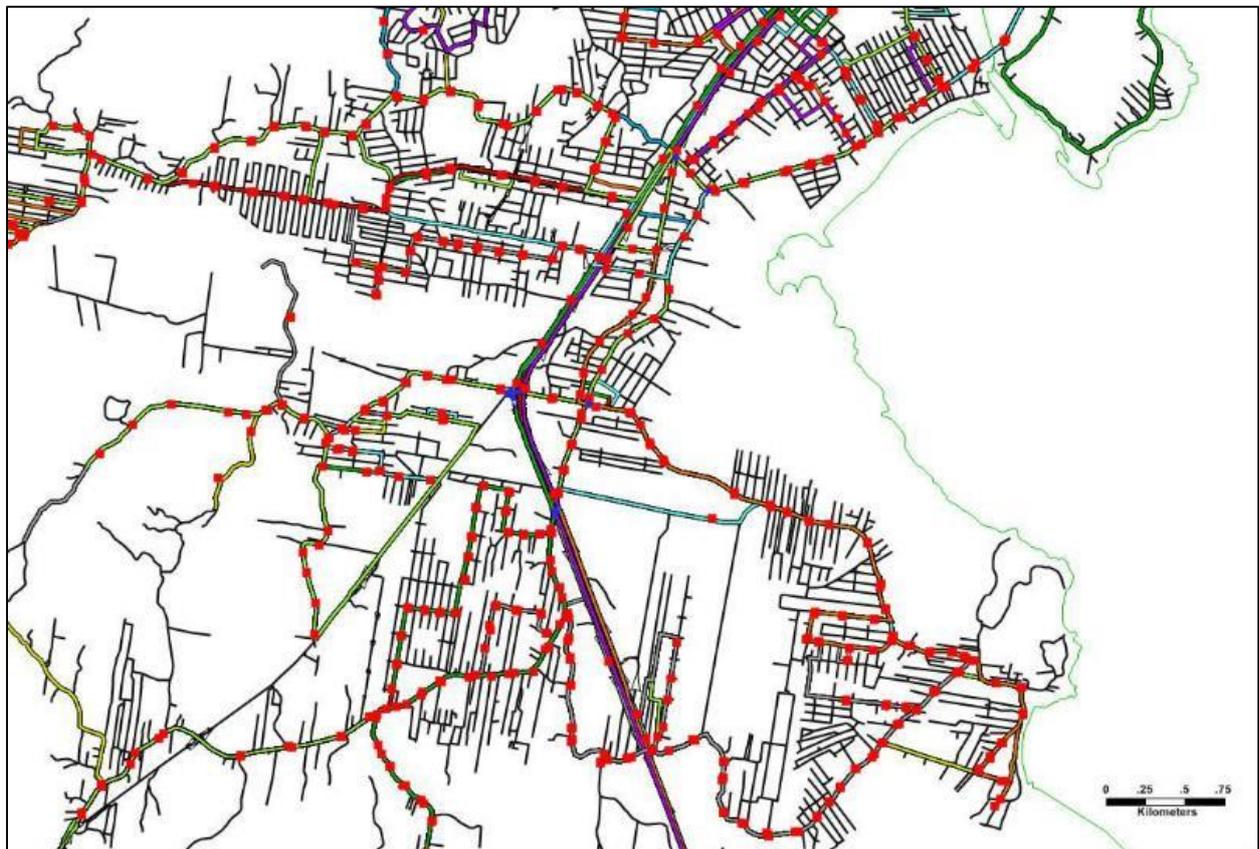


Figura 5.17 Área de Atuação da Empresa Jotur em Palhoça

5.2.3.4 FREQUÊNCIA DE SERVIÇO

A frequência de serviço foi obtida a partir das tabelas de horários das empresas. Essas tabelas são obedecidas com bastante regularidade, servindo como base de comparação com os horários de passagem dos ônibus pelos pontos durante a pesquisa de Frequência e Ocupação Visual.

A Tabela 5-5 ilustra os dados de frequência de serviço da base de dados do TransCAD.

Tabela 5-5 - Exemplo de dados de frequência por linha de ônibus

Tipo de linha	Empresa	Origem - Destino	Número	Frequência	
				PM	PT
MUNICIPAL	TRANSOL	USFC - Semidireto	185	24	23
MUNICIPAL	CANASVIEIRAS	Canasvieiras Mauro Ramos (paradora)	221	34	42
MUNICIPAL	CANASVIEIRAS	INGLESES	264	22	30
INTERMUNICIPAL	ESTRELA	Campinas	317	16	26
MUNICIPAL	INSULAR	TAPERA	461	36	25
MUNICIPAL	EMFLOTUR	CORREDOR CONTIENTE	630	27	22
INTERMUNICIPAL	JOTUR	Estação Palhoça -Terminal TICEN (expresso)	2050	32	37
INTERMUNICIPAL	JOTUR	Estação Palhoça -Terminal TICEN (paradora)	2060	10	9
INTERMUNICIPAL	JOTUR	Estação Palhoça -Terminal TICEN (paradora)	2061	8	5
MUNICIPAL	BIGUAÇU	BIGUAÇU	44300	14	10

5.2.3.5 FROTA

Os dados de frota de veículos foram obtidos a partir dos arquivos de bilhetagem fornecidos pelo SETUF. Para cada empresa, foram computados o número de identificação dos veículos de maneira a se obter o total de veículos por empresa. Em paralelo, foram solicitados dados diretamente às empresas, visando a validação dos dados do SETUF.

Tabela 5-6 Frota de Veículos por Empresa

Empresas Florianópolis	Frota
Emflotur	51
Canasvieiras Transportes Ltda.	138
Insular Transportes Coletivos Ltda.	105
Transol Transportes Coletivos Ltda.	186
Transporte Coletivo Estrela	31
TOTAL	511
Empresas intermunicipais e outros municípios	Frota
Emflotur	-
Jotur Auto ônibus e Turismo Josefense Ltda.	139
Biguaçu Transportes Coletivos	151
Transporte Coletivo Estrela Ltda.	73
Auto Viação Imperatriz	31
TOTAL	394

5.3 PREPARAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE VARIÁVEIS PARA O MODELO DE ALOCAÇÃO

A seguir, são descritas as atividades de estimativa e calibração de variáveis e parâmetros usados no modelo de alocação.

5.3.1 CAPACIDADE DA REDE VIÁRIA

Capacidade viária é definida como o máximo fluxo horário de pessoas ou veículos que passam por um ponto ou seção uniforme, estando predeterminadas condições no período avaliado, como características de controle ou condição de tráfego⁷. O fluxo de saturação, por sua vez, corresponde ao maior fluxo que circula por um determinado ponto sob condições ideais de operação. Nos casos de links com controle semafórico, o fluxo de saturação corresponde a uma situação com semáforo sempre em verde. Nesse caso, a capacidade viária é obtida a partir da multiplicação do fluxo de saturação (veículos/hora) pela proporção de tempo de verde nas interseções (relação entre tempo de verde sobre o tempo de ciclo).

O estudo e a determinação da capacidade viária se baseiam na seleção e análise de segmentos ou pontos viários com características semelhantes. Dessa maneira, a capacidade definida para uma via será uma taxa de fluxo horário que poderá ser alcançada várias vezes durante os períodos de suficiente demanda veicular.

A capacidade pode não ser o máximo fluxo veicular definido para a via. Fatores como características específicas dos condutores e o dia da medição, por exemplo, podem alterar a medida de desempenho da infraestrutura.

Assumindo como estáticas as características viárias, foram selecionadas algumas classificações sugeridas pelo HCM (2010), a serem adotadas como tipologias viárias de referência da rede da área de estudo. A capacidade para cada tipologia é mostrada na Tabela 5-7. Como já explicado anteriormente, o fluxo de saturação foi estimado para fluxo contínuo, ou seja, 100% de tempo verde. O intervalo possível de capacidade, quando considerada a semaforização, também é apresentado na Tabela 5-7 a seguir.

⁷ Highway Capacity Manual, 2010.

Tabela 5-7 - Capacidade por tipologia

Tipologia	Hierarquia	Descrição	Fluxo de saturação (veic/h/faixa)	Capacidade max - min (veic/h/faixa)
1	Expressa	Rodovia com fluxos segregados, mínimo de 2 faixas por sentido, controle de acesso sem interrupção de tráfego	2200	2200
2	Expressa		2100	2100
3	Expressa	Rodovia com mínimo de 2 faixas por sentido, sem controle de acesso (ou controle parcial), pode ter interrupção periódica de tráfego em intersecções sinalizadas distantes entre si mais de 3 km	1900	1900
4	Expressa		1900	1900
5	Expressa	Rodovia com uma faixa por sentido por sentido, sem controle de acesso	1600	1600
6	Expressa		1600	1600
7	Expressa	Rodovia com uma faixa por sentido, sem controle de acesso (ou controle parcial), e alta declividade	1800	1800
10	Arterial	Rodovia com mínimo de 2 faixas por sentido e com interrupção periódica de tráfego	1900	1045-855
11	Arterial		1800	990-810
12	Arterial		1700	935-765
13	Arterial		1500	825-675
14	Arterial		1300-1500	825-585
15	Arterial		1200-1500	825-540
16	Arterial	Rodovia com uma faixa por sentido e sem controle de acesso	1500	825-675
17	Arterial		1300-1500	825-585
18	Arterial		1100-1500	825-495
19	Arterial		1000-1500	675-450
20	Arterial	Rodovia sem controle de acesso (ou controle parcial) e alta declividade	900-1350	607,5-405
30	Coletora	Rua com alta densidade de acessos lindeiros, localizada em área urbana	1200-1500	675-450
31	Coletora		950-1500	675-450
32	Coletora		700-1500	675-450
33	Coletora	Rua com alta densidade de acessos lindeiros, localizada em área urbana e pavimento de paralelepípedos	630-1350	607,5-405
34	Coletora	Rua com alta densidade de acessos lindeiros, localizada em área urbana e alta declividade	490-1050	472,5-315
35	Coletora		490-1050	472,5-315
40	Local	Rua local, localizada em área urbana	500-1300	585-390
41	Local		500-1300	585-390
42	Local	Rua local, localizada em área urbana com alta declividade	350-910	409,5-273

5.3.2 CONTROLE DE TRÁFEGO

Os pontos estudados foram classificados de acordo com o efeito gerado pelas interseções semaforizadas nos fluxos observados. Para os pontos controlados por semáforos, foi necessário conhecer a relação entre o tempo em que o semáforo se mantinha verde (tempo de verde determinado por G) e o tempo de ciclo total do semáforo nessa interseção específica (tempo de ciclo determinado por C). Foram obtidos dados de planos semafóricos dos municípios de Florianópolis e São José. De posse dessa informação, foi analisada a relação de G/C para as vias estudadas. É possível encontrar em pontos com alta prioridade de passagem, como é o caso da Av. Mauro Ramos, interseções com até 65% do tempo de ciclo atribuído ao livre fluxo veicular. Em contrapartida, foram observadas vias sem tanta diferença na prioridade de passagem, como, por exemplo, em interseções Arterial x Arterial, em que a distribuição do tempo de ciclo pode cair para 45%. A Tabela 5-8 e a Figura 5.18 mostram os dados de tempo de semaforização obtidos.

Tabela 5-8 - Resumo da relação de tempo de verde versus tempo de ciclo nas interseções estudadas

Código ponto	G/C
028	0,65
029 Norte	0,55
001	0,49
006 Leste	0,49
006 Oeste	0,49
029 Sul	0,45
031	0,45

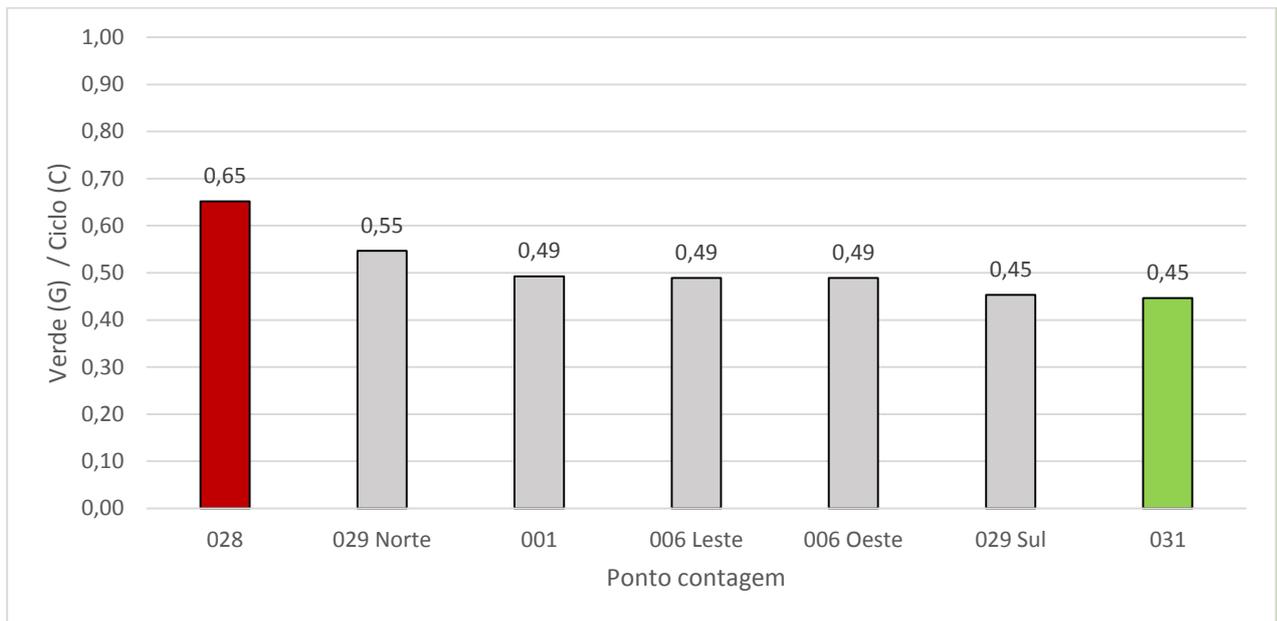


Figura 5.18 - Relação do tempo de verde *versus* o tempo de ciclo nas interseções estudadas

A relação G/C representa a divisão do tempo de ciclo entre as diferentes fases semaforicas que interferem na interseção. Nos casos em que uma fase semaforica obtém mais de 50% do tempo de ciclo, o tempo dedicado para as outras fases será significativamente menor que o dedicado ao fluxo principal. Ademais, na consideração da divisão do tempo de ciclo incluem-se os tempos dos fluxos de pedestres e o tempo de transição entre fases, em que nenhum fluxo tem possibilidade de passagem.

Na Figura 5.19 apresenta-se o resultado da capacidade nominal para cada tipologia viária obtida a partir do referencial do HCM, utilizando a divisão de tempos semaforicos da base de dados para as vias semaforizadas. Nesses casos, foi utilizada uma relação de 65% de G/C para vias arteriais e de 35% para as vias coletoras semaforizadas.

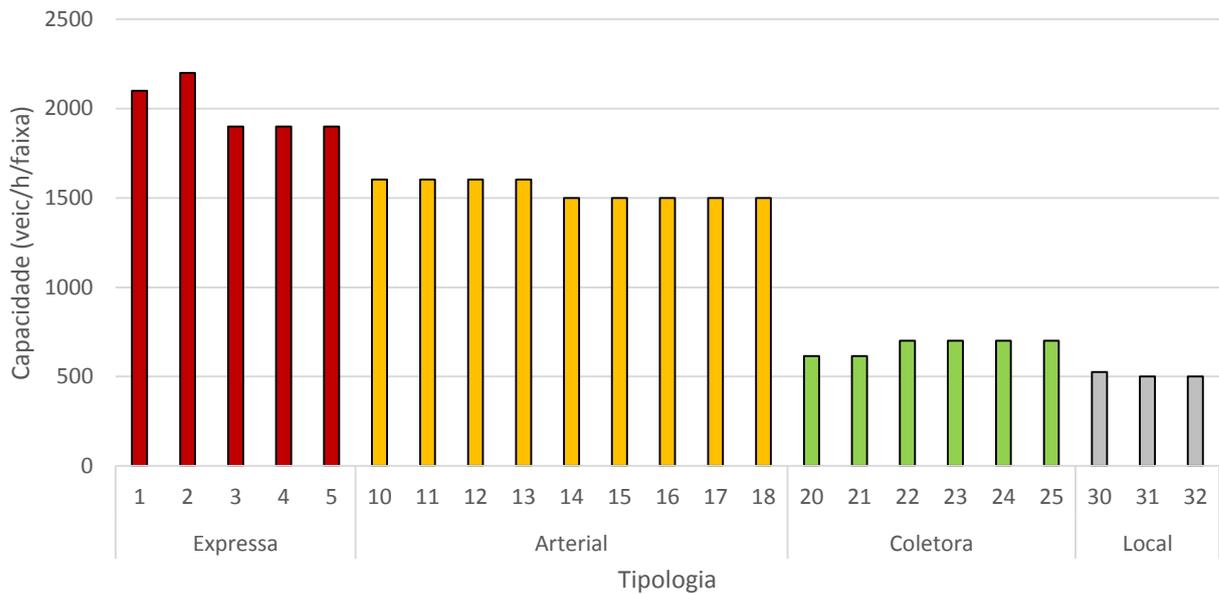


Figura 5.19 - Capacidade por tipologia

Com estas considerações, foram carregados os parâmetros de capacidade descritos anteriormente na rede de simulação, de modo a conhecer-se o comportamento da capacidade viária da rede atual da área de estudo. Para o caso da rede de simulação, foram adotados preliminarmente os valores sugeridos pelo HCM.

A estimativa da capacidade viária foi feita com base no levantamento realizado do número de faixas efetivas e da relação tempo de verde e tempo de ciclo no caso das interseções semaforizadas, como descrito anteriormente.

A Figura 5.20 mostra o mapeamento da capacidade viária da região de estudo.



Figura 5.20- Mapa da capacidade viária na região de estudo

5.3.3 VELOCIDADES DE FLUXO LIVRE

A velocidade é uma das variáveis fundamentais no processo de modelagem. Cada tipologia viária tem características específicas que definem as condições da operação do tráfego, como a velocidade de fluxo livre.

A esse respeito, é de especial interesse saber a relação entre a velocidade permitida em cada trecho e a velocidade medida sob as condições presumíveis de fluxo livre. As vias expressas, por exemplo, têm velocidade máxima permitida em uma faixa entre 80 km/h e 100 km/h. No entanto, a velocidade média de fluxo livre observada tende a ser menor que esta e menor, também, que as velocidades teóricas referenciais contidas no manual de capacidade viária dos Estados Unidos, o HCM. Nos casos em que a velocidade máxima permitida era de 100 km/h, a velocidade observada sob as condições presumíveis de fluxo livre chegou a 70 km/h. Os resultados médios encontrados para as tipologias básicas são apresentados na Tabela 5-9.

A velocidade observada em condições de fluxo livre pode ser até 35% menor que a velocidade máxima permitida. Essa situação reflete as condições viárias atuais da maior parte da malha viária, tais como cruzamento de pedestres e grandes ladeiras.

Tabela 5-9 - Velocidades observadas para as hierarquias básicas

Hierarquia	Velocidade Permitida (km/h)	Velocidade Medida (km/h)	Velocidade Medida / Velocidade Permitida
EXPRESSA	94	68	72%
	100	70	70%
	80	63	78%
	60	51	85%
ARTERIAL1	66	47	71%
	80	57	71%
	60	39	66%
	40	34	85%
ARTERIAL2	51	35	68%
	60	39	66%
	50	35	71%
	40	29	74%
COLETORA	40	26	65%
	40	26	65%

A categoria das Coletoras e as identificadas como Arterial 2 são, em sua maioria, vias de dois sentidos de circulação, sem separação física de fluxo e com apenas uma faixa por sentido de circulação, viário típico da Grande Florianópolis. Essas tipologias apresentam maiores conflitos de trânsito por causa da dinâmica urbana do setor em que estão localizadas. Consequentemente, suas velocidades são relativamente baixas.

A seguir, são mostrados alguns resultados do estudo de velocidade, estudo detalhado no “Produto 8.4 Pesquisas de Velocidade, Embarque e Desembarque”, já entregue. Destaca-se a localização de pontos de redução de velocidade causada por saturação veicular.

A Figura 5.21 apresenta o mapa de velocidades para o período da manhã. Pode-se observar que as menores velocidades são registradas na malha viária circundante à região central da área de estudo, e na malha viária de acesso e saída das pontes. Nota-se que as maiores velocidades são registradas ao longo da BR-101 e da BR-282. Destaca-se também que, para as vias arteriais estudadas, foram observadas algumas velocidades menores que 10 km/h.

A Tabela 5-10 apresenta os valores de velocidade máxima permitida e velocidade medida para cada tipo de via, enquanto as velocidades de fluxo livre adotadas são apresentadas na Tabela 5-11.

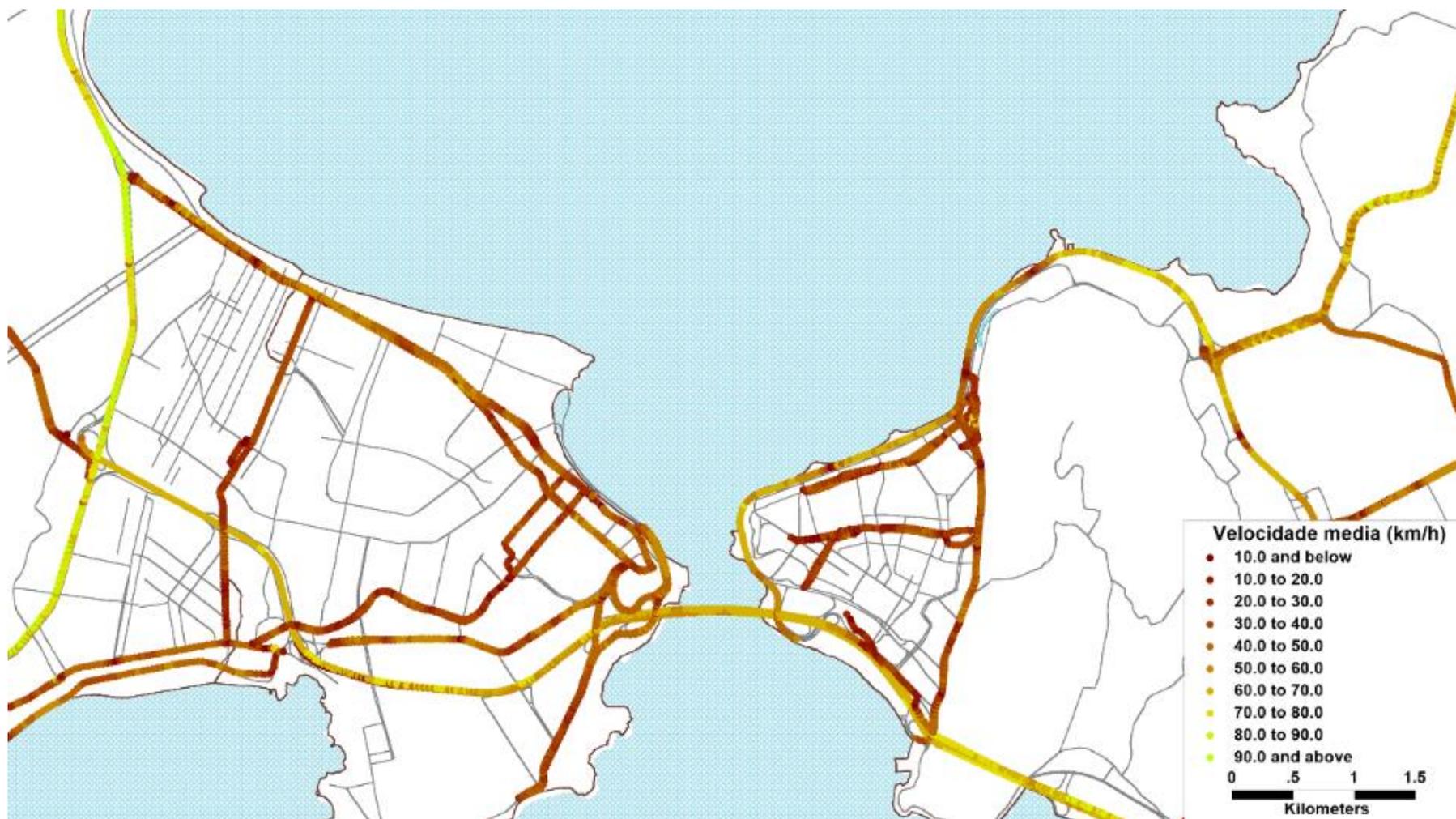


Figura 5.21 - Mapa de velocidades observadas no período da manhã

Tabela 5-10 - Velocidades observadas para as hierarquias básicas

Hierarquia	Velocidade Permitida (km/h)	Velocidade Medida (km/h)	Velocidade Medida / Velocidade Permitida
EXPRESSA	94	68	72%
	100	70	70%
	80	63	78%
	60	51	85%
ARTERIAL1	66	47	71%
	80	57	71%
	60	39	66%
	40	34	85%
ARTERIAL2	51	35	68%
	60	39	66%
	50	35	71%
	40	29	74%
COLETORA	40	26	65%
	40	26	65%

Tabela 5-11–Velocidades de fluxo livre por tipologia

Tipologia	Hierarquia	Velocidade (km/h)	Tipologia	Hierarquia	Velocidade (km/h)	Tipologia	Hierarquia	Velocidade (km/h)
1	Expressa	100	12	Arterial	60	30	Coletora	45
2	Expressa	100	13	Arterial	50	31	Coletora	35
3	Expressa	80	14	Arterial	40	32	Coletora	25
4	Expressa	60	15	Arterial	30	33	Coletora	25
5	Expressa	80	16	Arterial	60	34	Coletora	20
6	Expressa	60	17	Arterial	50	40	Local	15
7	Expressa	80	18	Arterial	40	41	Local	25
10	Arterial	80	19	Arterial	30	42	Local	15
11	Arterial	70	20	Arterial	25			

5.3.4 VALORES-BASE DAS FUNÇÕES DE FLUXO DE DEMORA

Dentro do processo de modelagem de transporte, a estimativa do tempo de viagem é um parâmetro fundamental no critério para seleção dos trajetos. Este tempo depende do tempo de viagem com fluxo livre (sem congestionamento) e das demoras devidas a congestionamentos.

O cálculo da demora considera penalidades nos arcos (*links*). Os *links* têm características geométricas (número de faixas e alinhamentos horizontal e vertical) que afetam a determinação de sua capacidade. Quanto maior a utilização da via, maior será a quantidade de interferências e haverá diminuição de seu fluxo. Ou seja, quanto mais utilizada for a via, pior será o seu desempenho e maior será o tempo gasto para um veículo percorrê-la. Esta relação é dada pelas funções de fluxo-demora.

De forma sucinta, as funções fluxo-demora (VDF - *Volume delay function*) estimam o tempo de viagem para uma determinada relação de saturação (volume/capacidade). Aplica-se a todos os *links* a função *Bureau of Public Roads* (BPR). A fórmula abaixo mostra a equação de demora no link e a Tabela 5-12 indica a descrição de cada termo da equação.

$$t(v) = k_4 t_0 \left(1 + \alpha \left(\frac{v}{c} \right)^\beta \right)$$

Tabela 5-12- Componentes da função fluxo-demora nos links

Variável	Descrição
$t(v)$	Demora
t_0	Tempo em fluxo livre
v	Volume, veículos equivalentes por hora
c	Capacidade, em veículos equivalentes por hora
α, β	Parâmetros a serem estimados
k_4	Parâmetros de calibração

O tempo em fluxo livre, t_0 , é o tempo que um veículo levaria para percorrer um *link* se estivesse em velocidade de fluxo livre. A velocidade de fluxo livre é atingida pelos veículos quando não há fluxos que causem interferências, ou seja, a velocidade possível para um trecho quando não está congestionado. Como exemplo, tem-se o *link* de ID 34300 que representa um trecho da Rua Joaquim Nabuco, no município de Florianópolis. Os valores obtidos para esse *link* estão apresentados na Tabela 5-13.

Tabela 5-13 - Exemplo de parâmetros de uma função de fluxo-demora

Parâmetro	Valor
Extensão	0,21 km
Velocidade de fluxo livre	45 km/h
t_0	0,280 min
α	1,11
β	5

A Figura 5.22 mostra o gráfico representativo da função fluxo-demora para este exemplo. As abcissas representam a relação v/c (volume/capacidade) e as ordenadas a velocidade. Nesse caso, a perda significativa de velocidade se dá para valores de v/c maiores de 0,6, já que se trata de uma via coletora.

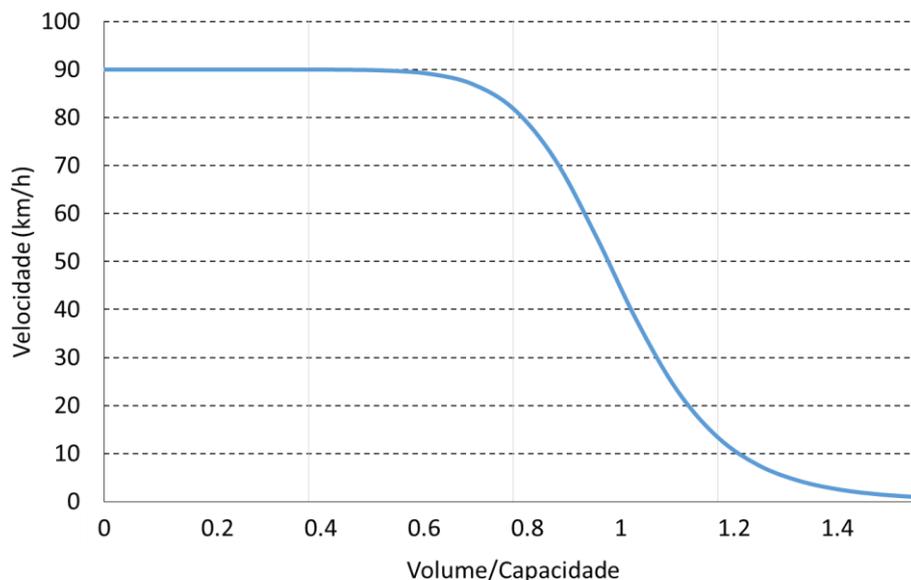


Figura 5.22 - Gráfico exemplo função fluxo-demora

Para o caso específico da Grande Florianópolis, tem-se informação de estudos que identificam o fluxo (contagem) e a velocidade (pesquisa de velocidades) por ponto, sentido e faixa. Esses registros permitem realizar uma primeira aproximação dos parâmetros alfa e beta, cujos valores são ajustados posteriormente no processo de alocação.

Cada hierarquia viária tem algumas tipologias identificadas e descritas anteriormente (

Tabela 5-7). As tipologias caracterizam a função de fluxo-demora, isto é, a cada tipologia corresponde uma capacidade, uma velocidade de fluxo livre, um alfa e um beta próprios. O TransCAD adota como configuração inicial $\alpha = 0,15$ e $\beta = 4,0$.

A cada um dos pontos nos quais foram realizadas contagens, foi associada a velocidade de veículo privado obtida a partir dos estudos de velocidade. Para cada um desses registros, obteve-se o horário da medição de velocidade e o volume do fluxo veicular do ponto no mesmo horário. Dessa mesma maneira, foi associada a capacidade da via detectada, descrita anteriormente.

Com esses registros, foi possível estabelecer a relação volume/capacidade associada, assim como contrapor esse valor à velocidade de passagem do veículo. Esses valores foram comparados com a curva teórica obtida a partir dos parâmetros descritos no HCM. Essa comparação pode ser observada na Figura 5.23, que ilustra os resultados para as vias coletoras de tipologia 30. Observa-se que a curva teórica é coerente com o comportamento dos dados observados em campo para esta tipologia.

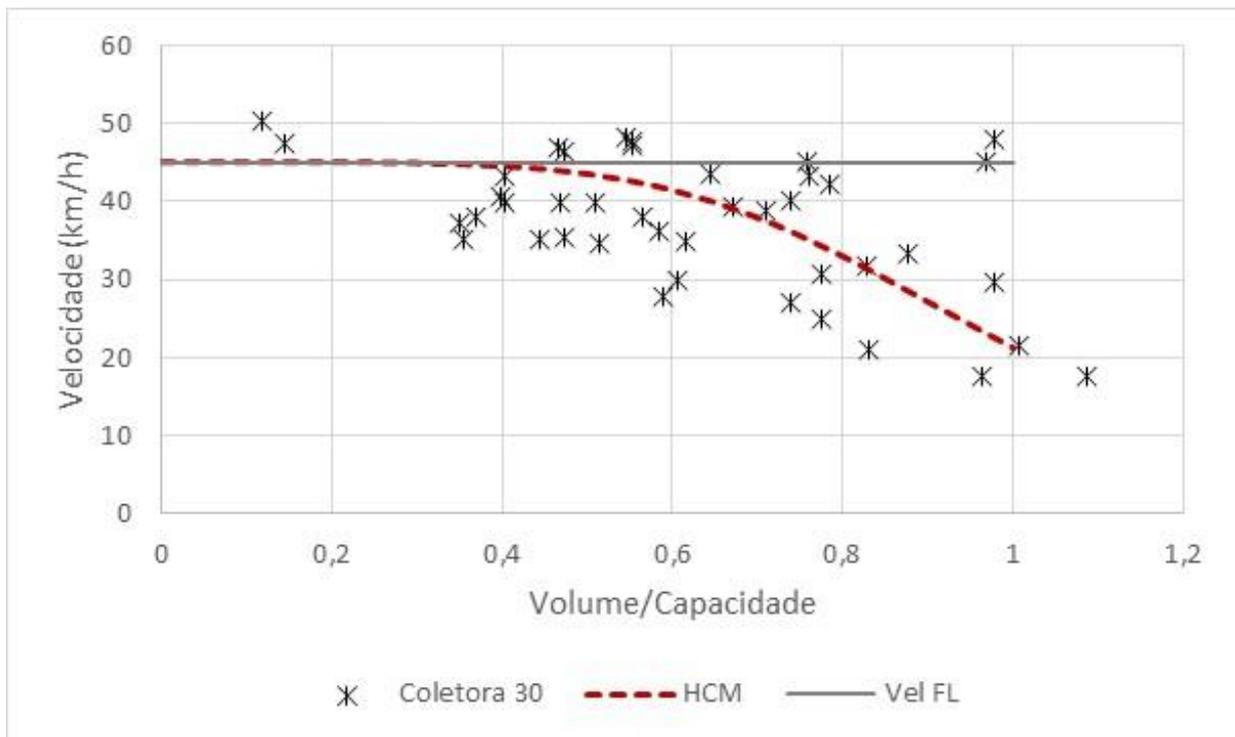


Figura 5.23- Função VFD e dados observados da relação volume capacidade e velocidade para coletora tipologia 30

Os parâmetros alfa e beta são refinados durante o processo de calibração do modelo de alocação de viagens na rede viária, tendo em vista que definem o comportamento dos fluxos veiculares em relação à saturação da rede.

5.3.5 CÁLCULO DE DEMORA

Como será apresentado nesta seção, é possível estimar as demoras nas vias/arcs (links) e nas intersecções (nós).

Os links têm características geométricas (número de faixas e alinhamento horizontal e vertical) que afetam sua capacidade. Quanto maior a utilização da via, mais interferências são geradas, diminuindo, assim, o fluxo que a utiliza. Ou seja, quanto mais utilizada a via, pior será seu desempenho e maior será a demora de um veículo que a percorre. Essa relação é dada pelas funções de fluxo – demora. Já no caso das intersecções, a demora depende de suas características geométricas e da demanda que a utiliza.

A função fluxo-demora implementada no TransCAD, e que foi utilizada no processo de modelagem, é denominada “*Combined Link and Node Delay Function*”⁸. Sob esta metodologia, as demoras são incorporadas nos links de acessos da intersecção, dependendo do tipo de controle: semaforizada ou não semaforizada. Nos dois casos se aplicam para os links a função “*Bureau of Public Roads*” (BPR).

Para intersecções semaforizadas, a demora se estima nos links de acesso usando uma formulação generalizada de Webster. Já nas intersecções não semaforizadas, utiliza-se uma função que considera todos as possíveis conversões da intersecção. Dessa forma, a demora total é calculada a partir da soma da demora baseada no link (BPR) com a demora baseada no nó.

5.3.6 DEMORA NOS LINKS

Conforme descrito anteriormente, a demora nos links é dada pela função BPR. A fórmula a seguir descreve os termos desta equação.

$$t(v) = k_4 t_0 \left(1 + \alpha \left(\frac{v}{c} \right)^\beta \right)$$

Onde:

$t(v)$ = demora

t_0 = tempo com fluxo livre

v = volume em veículos equivalentes por hora

c = capacidade em veículos equivalentes por hora

α, β = parâmetros a serem estimados

k_4 = parâmetro de calibração (valor calibrado: 1,0)

⁸ H.Asstiani, H. Iravani & M. Abedini

Como já mencionado, o tempo de fluxo livre (t_0) é o tempo que um veículo leva para percorrer um link se estivesse na velocidade de fluxo livre, o que ocorre quando não há fluxo que provoque interferência, ou seja, é a velocidade possível em um segmento de via não congestionado.

Um exemplo de gráfico resultante da função VDF é apresentado na Figura 5.24.

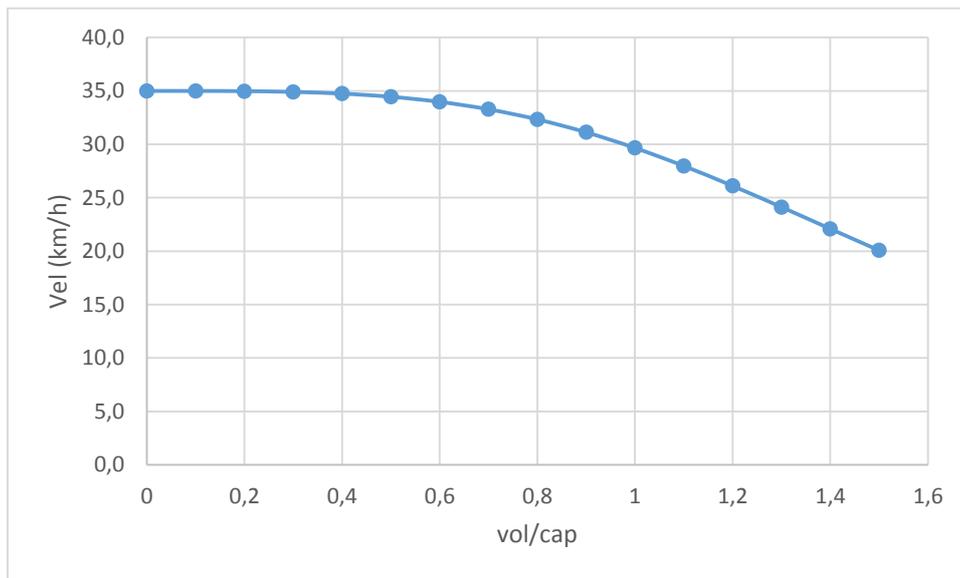


Figura 5.24. Gráfico exemplo Velocidade x Volume/Capacidade

A parte da função onde $v/c > 1$ é um artifício de simulação, representando um potencial de demanda, já que o modelo não limita a alocação pela capacidade da via, enquanto na realidade, os volumes observados não ultrapassam o fluxo de saturação.

5.3.7 DEMORA NAS INTERSECÇÕES

A demora nas intersecções é considerada de forma diferente para intersecções semaforizadas e não semaforizadas, como será exposto a seguir.

Intersecções não semaforizadas

A demora para intersecções não semaforizadas é dada pela seguinte equação

$$d_2(v) = d_0 \left(k_{1\text{unsig}} + k_{2\text{unsig}} \left(\frac{v}{c} \right)^2 \right)$$

Onde:

$d_2(v)$ = demora média

d_0 = fator de geometria

v = volume em veículos equivalentes por hora

c = capacidade em veículos equivalentes por hora

$k_{1\text{unsig}}, k_{2\text{unsig}}$ = Parâmetros de calibração

Os parâmetros $k_{1\text{unsig}}, k_{2\text{unsig}}$ são globais, ou seja, não dependem do link ou do nó, tendo o mesmo valor para toda a rede. Os valores adotados (padrão do TransCAD) são:

$$k_{1\text{unsig}} = 2.5$$

$$k_{2\text{unsig}} = 2$$

O fator de geometria d_0 é o número de movimentos possíveis na intersecção, multiplicado pelo fator δ , conforme mostra a equação a seguir. O número de movimentos possíveis pode ser obtido por observação direta da intersecção ou por meio da expressão $(nz - w - p)$.

$$d_0 = \delta(nz - w - p)$$

Onde:

n = número de acessos à intersecção

z = número de egressos da intersecção

w = número de vias bidirecionais entrando na intersecção

p = número de movimentos proibidos na intersecção

O fator δ pode assumir os seguintes valores:

0,5	Se a via não tem prioridade
0,25	Se a via tem prioridade ⁹ e a hierarquia é via local ou de acesso
0,17	Se a via tem prioridade ⁹ e a hierarquia é troncal ou principal
0,375	Se não há prioridade definida (este caso se apresenta com frequência nas vias locais). O valor corresponde a uma média entre a prioridade das redes principais e secundárias.

⁹ O primeiro critério de definição da prioridade entre duas vias é a tipologia: quanto menor tipologia (vias principais), maior a prioridade. Se as vias têm a mesma tipologia, a prioridade se define pela via com maior número de faixas. Se forem da mesma tipologia e também possuírem o mesmo número de faixas, define-se a prioridade pela maior frequência de rotas de ônibus no pico da manhã.

Os casos em que não há prioridade definida ocorrem somente nas vias locais. Isto porque as intersecções em nível entre vias estruturais geralmente são semaforizadas. Algumas intersecções entre vias estruturais não são semaforizadas, normalmente por fazerem parte de rotas de ônibus. Como nelas a frequência dificilmente é igual entre as vias que se cruzam, geralmente a prioridade é definida.

A demora é uma característica da intersecção (nó), apesar de seus componentes serem armazenados nos links. O número de movimentos possíveis depende apenas da intersecção (nó), mas o fator δ depende da prioridade de cada via(link).

Intersecções Semaforizadas

A demora em intersecções semaforizadas considera, além do fluxo de veículos e da saturação da via, os tempos de verde e de ciclo do semáforo, conforme mostrado na equação abaixo:

$$d_1(v) = \frac{(C - g)^2}{2C \left(1 - \frac{v}{s}\right)} + k_1 \left(\frac{v}{\left(\frac{g}{C}\right)s}\right)^{k_2} + k_3$$

Onde:

$d_1(v)$ = demora média

v = volume em veículos equivalentes por hora

s = fluxo de saturação em veículos equivalentes por hora

g = tempo de verde no acesso em minutos

C = tempo de ciclo do cruzamento em minutos

k_1, k_2, k_3 = parâmetros de calibração

Os parâmetros k_1, k_2 e k_3 são globais, ou seja, não dependem do link ou do nó, tendo o mesmo valor para toda a rede. Os valores calibrados são:

$$k_1 = 20$$

$$k_2 = 4$$

$$k_3 = 0$$

Nos casos de cruzamentos com links consecutivos e semaforização sincronizada foi considerado valor de demora em apenas um link, evitando-se, assim, superestimação dos valores.

Demora Final Intersecções

A demora considerada para cada intersecção, depende do tipo de controle, como mostra a equação abaixo:

$$d(v) = \begin{cases} d_1(v), & \text{para intersecciones semaforizadas} \\ d_2(v), & \text{para intersecciones no semaforizadas} \end{cases}$$

Vale ressaltar que, além dos links que representam viários, a rede é também constituída por links conectores ou de pedestres, aos quais não se atribui valor de demora.

5.3.8 TEMPOS DE DEMORA DE ÔNIBUS NAS PARADAS

Este tempo tem um papel importante no processo de alocação. A maioria dos modelos de simulação usa um tempo médio global por rota ou parada. Para o caso específico do modelo de Florianópolis, foi utilizada ferramenta de TransCAD que permite incluir um tempo fixo por parada e um tempo por demanda (que usa um tempo médio por passageiro que sobe ou desce em cada parada). Esse tempo médio de parada, apresentado em unidades de minutos/passageiro, é estimado a partir das pesquisas de campo, conforme detalhado a seguir.

Foi levantada uma amostragem dos tempos de embarque no transporte público, ao longo de um dia, visando captar as diferentes condições de demanda e oferta. Foram registrados os dados do ônibus, do horário, duração do embarque e o número de passageiros que embarcaram.

A partir destes dados, foi feita uma regressão linear com uma variável. A informação do número de passageiros que sobem ou descem é a variável independente. Já o tempo de parada, a variável dependente. Os resultados destas análises são mostrados na Figura 5.25 a seguir.

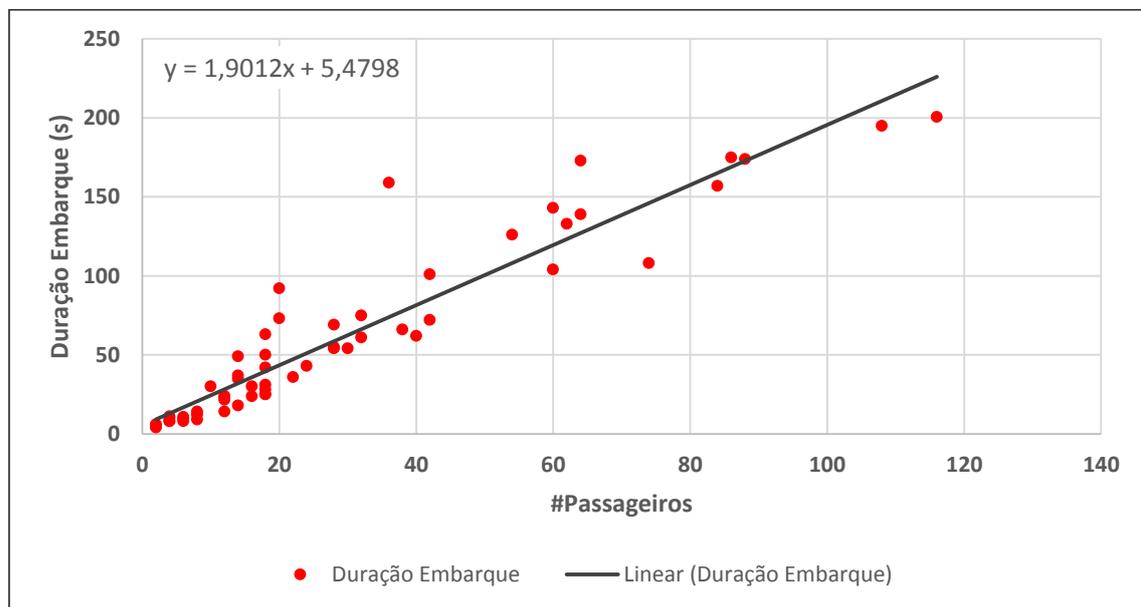


Figura 5.25 - Duração de embarque X passageiros embarcados (sobe + desce)

Tabela 5-14- Resultados do tempo de espera estimado

Índice de correlação (R²)	0,8842
Observações	58
Interseção	5,48 segundos (0,09133 minutos)
#Passageiros	1,90 segundos (0,03169 minutos)

$$T_{parada} = 0,09133 + 0,03169 * (PasSob + PasDesc)$$

TParada := Tempo de parada, em minutos

PasSob := Número de passageiros que sobem

PasDesc := Número de passageiros que descem

A informação anterior é incorporada na tabela de modos. Essa tabela é parte fundamental da rede de transporte público usada no processo de alocação. A tabela de modo, complementada pela rede viária e as rotas, constitui o arquivo "MODE.bin". Os campos desse arquivo são mostrados na Tabela 5-15 a seguir.

Tabela 5-15 – Atributos da tabela de modo

Variável	Descrição
MODE_NAME	Nome do modo
MODE_ID	Código identificador do modo
MODEUSED	Modo a usar: 1 - usado, 2 - não usado
time-factor	Fator multiplicador do tempo de viagem dos veículos
fare_type	Tipo de tarifa: 1 - plana, 2 – escalonada
Fare	Valor de tarifa no caso de ser plana
DWT	Demora fixa nas paradas (min)
on-rate	Tempo médio de embarque em min/pas
off-rate	Tempo médio de desembarque min/pas
max-on-time	Tempo máximo de parada para subida de passageiros (min)
max-off-time	Tempo máximo de parada para descida de passageiros (min)
Speed	Velocidade média por modo

5.3.9 RELAÇÃO VELOCIDADE DE AUTOMÓVEIS X VELOCIDADE DE ÔNIBUS

O modelo de alocação multimodal leva em conta a interação entre os diferentes modos de transporte que compartilham a rede viária. Para simular o congestionamento, especificamente da rede viária nos eixos de trânsito misto, é necessário considerar os diferentes modos que convergem: as rotas de ônibus, veículos leves e caminhões.

Os veículos de transporte público coletivo circulam a uma velocidade máxima dependente das condições do fluxo de tráfego geral. Determinar essa relação é fundamental para a estimativa do tempo de viagem, parâmetro essencial no processo de alocação de transporte público.

No processo de alocação de transporte privado, a velocidade de circulação do tráfego misto com a rede carregada é um parâmetro de saída que alimenta a alocação de transporte público. Geralmente, em certos tipos de vias, a velocidade dos ônibus tende a ser menor que a do trânsito em geral. Para definir essa relação foram utilizados os dados das pesquisas de velocidade de automóveis e ônibus.

O processamento inicial incluiu a separação das pesquisas por tipologia viária e, no caso do transporte público, também foram desconsiderados os tempos de demora nas paradas.

Os fatores considerados para a relação entre as velocidades de ônibus e automóveis foram 0,95 para as vias com mais de uma faixa (multifaixas) e 1 para as vias com apenas uma faixa.

5.4 PROCESSO DE ALOCAÇÃO

A determinação de caminhos através da rede entre pares de zonas é um pré-requisito para o procedimento de alocação de tráfego. Os caminhos estabelecidos, sejam eles mínimos ou outros, definem as ligações que receberão o volume de tráfego existente entre as zonas. Além disso, é ao longo do caminho mínimo para cada modo que se determina a desutilidade associada a cada par de zonas, informação utilizada na etapa de divisão modal.

Os métodos de alocação de tráfego às redes de transporte variam quanto à sua aplicabilidade e complexidade. A importância dos efeitos de congestionamentos é determinante na definição do método de alocação adequado. Nas situações em que a demanda se aproxima da capacidade dos sistemas de transporte, os tempos de viagem em cada ligação passam a sofrer a influência significativa dos volumes de tráfego.

Os sistemas de transporte urbano estão, normalmente, sujeitos a uma solicitação elevada, particularmente nos horários de pico. Para representar a alocação de tráfego nessa situação, são necessários procedimentos que reflitam de forma mais realista a saturação dos sistemas, principalmente nessas situações.

5.4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE ALOCAÇÃO DO MODO PRIVADO

A alocação de transporte privado realizada neste estudo considera os seguintes componentes:

- Caminhões leves: até 3 eixos;
- Caminhões pesados: 3 ou mais eixos;
- Veículos leves: táxis, automóveis e motocicletas.

O processo se inicia com o pré-carregamento dos ônibus na rede viária, simplesmente pela contabilização de seu fluxo a partir das frequências de viagem em cada rota. Em seguida procede-se à alocação de caminhões pesados (veículos de 4 ou mais eixos). O resultado dessa alocação constitui a “pré-carga” para a próxima etapa, onde se procederá à alocação multimodal de veículos leves e caminhões leves. Nesse caso, utiliza-se uma metodologia de alocação por equilíbrio (BFW) descrita no item 4.1.1.

Finalmente, são obtidos os fluxos e velocidades na rede viária que alimentará a alocação de transporte coletivo, realizada com o modelo de equilíbrio estocástico do usuário (SUE), descrita no item 4.1.2. Esse processo é ilustrado na Figura 5.26 a seguir.

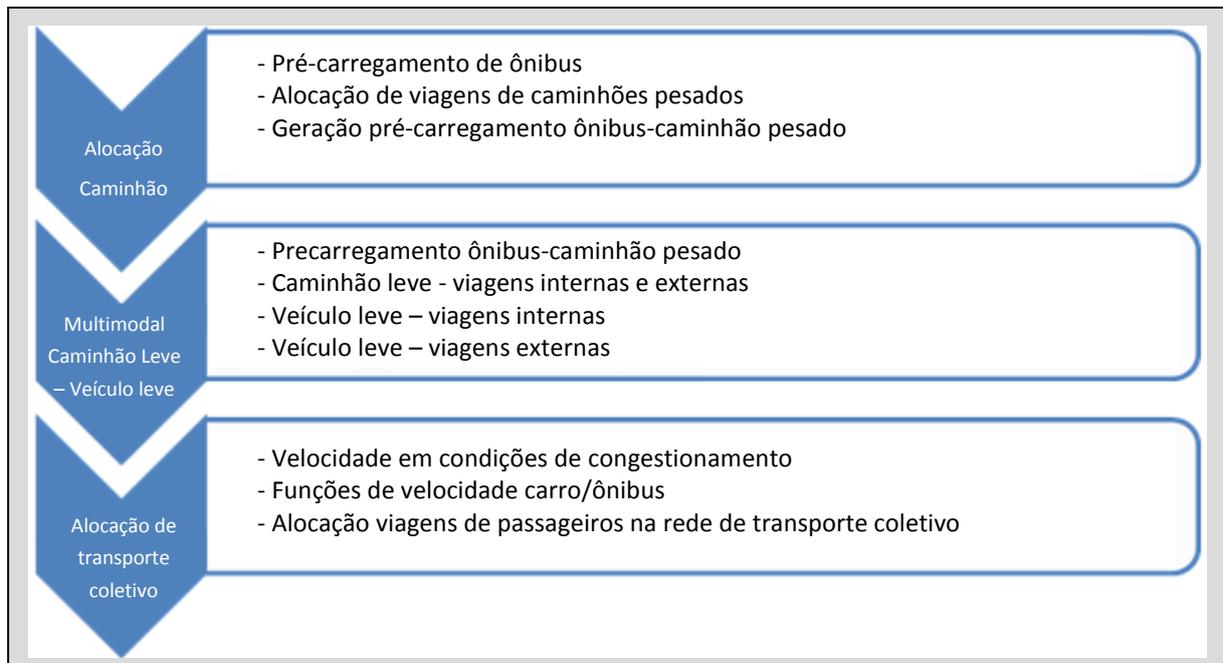


Figura 5.26 – Etapas da alocação

5.4.2 CRIAÇÃO DO ARQUIVO DA REDE (“NETWORK”)

Para a criação do arquivo de rede é necessário, inicialmente, selecionar a rede de circulação (ou seja, a parte da rede viária em que é permitida a circulação de veículos) e os conectores. Os campos que fazem parte do arquivo “network” estão descritos na Tabela 5-16 a seguir.

Tabela 5-16 - Atributos da rede multimodal de veículos leves/caminhões leves

Atributo	Descrição	Valores
cap_AB / cap_BA	Capacidade viária (veículos equivalentes/hora)	
sat_AB / sat_BA	Fluxo de saturação ajustado (veículos equivalentes/hora)	
[tempofl_AB / tempofl_BA]	Tempo de circulação em fluxo livre (km/h)	
alpha_AB / alpha_BA	Parâmetro da função fluxo demora	
beta_AB / beta_BA	Parâmetro da função fluxo demora	
aproach_AB/BA	Tipo de acesso	0: sem demora em intersecção; 1: acessos semaforizados; 2: acessos não semaforizados
D0_AB / D0_BA	Fator de geometria	
green_AB / green_BA	Tempo de verde total no acesso (segundos)	
cycle_AB / cycle_BA	Tempo de ciclo total no acesso (segundos)	
prec-“+Per+”_AB] / [prec-“+Per+”_BA]	Pré-carga total (veículos equivalentes/hora)	
pedagio-leves_AB] / [pedagio-leves_BA	Valor do pedágio (R\$)	*não utilizado
[pedagio-cp_AB] / [pedagio-cp_BA]	Valor do pedágio (R\$)	*não utilizado

5.4.3 CALIBRAÇÃO DO MODELO DE ALOCAÇÃO

A calibração é um processo que é iniciado com a preparação das variáveis para o modelo de alocação, apresentado anteriormente, até a obtenção dos parâmetros que representem adequadamente a situação observada.

Os parâmetros da calibração são:

1. Parâmetros-base da função fluxo-demora nos links

Em uma primeira etapa, os parâmetros alfa e beta da função foram calibrados e confrontados com a informação observada, obtendo-se os valores-base para o processo de alocação.

2. Parâmetros de demora nas intersecções k1, k2 k3, k4, k1unsig e k2unsig

Em uma segunda etapa do processo de calibração, utiliza-se um processo iterativo para encontrar uma combinação de parâmetros que melhor representem os fluxos observados.

A rede de validação conta com mais de 40 postos de pesquisas com contagens classificadas de veículos. A localização dos postos é mostrada na Figura 5.27 e na Figura 5.28 a seguir.

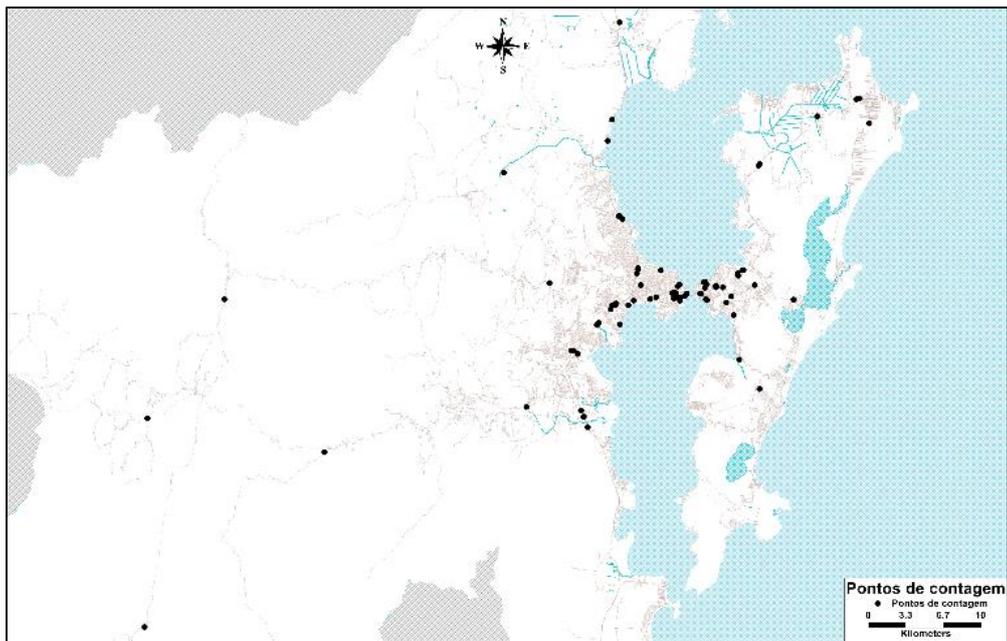


Figura 5.27 – Localização dos postos de contagens veiculares

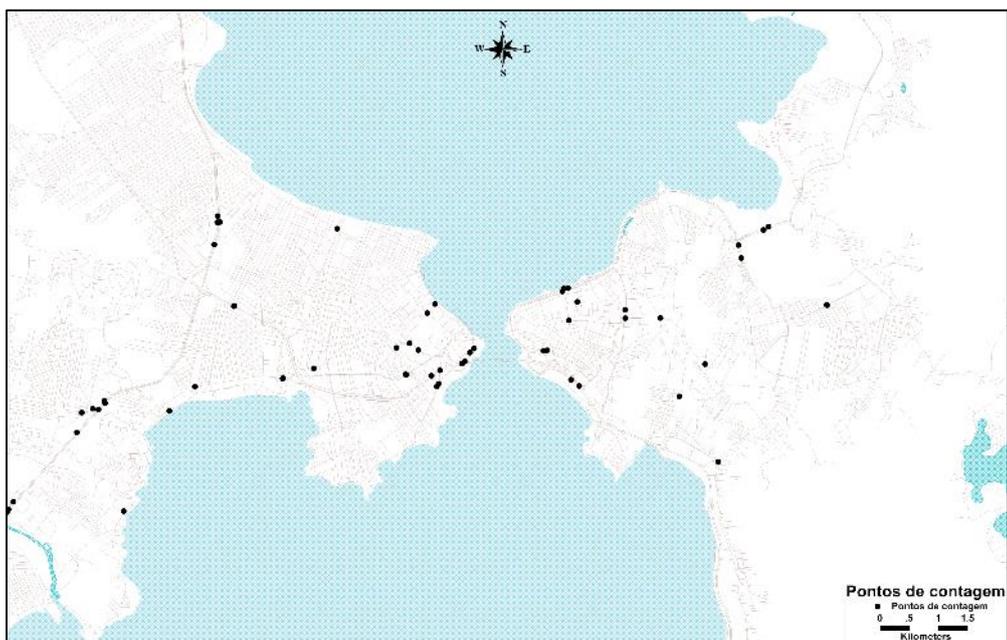


Figura 5.28 - Localização dos postos de contagens veiculares - Centro

Tabela 5-17 – Valores *default* dos parâmetros da função de demora

Parâmetro	Valores <i>default</i>
k1	43
k2	4
k3	5
k4	1,15
k1unsig	2,5
k2unsig	2

Depois de diversas iterações, os valores utilizados e que melhor representaram tanto a velocidade, como os fluxos da área de estudo, são mostrados na

Tabela 5-18 a seguir.

Tabela 5-18 - Valores finais dos parâmetros da função de demora

Parâmetros	Valores calibrados
k1	20
k2	4
k3	0
k4	1
k1unsig	2,5
k2unsig	2,0

3. Ajuste de parâmetros alfa e beta da função de fluxo-demora de arcos

A terceira etapa corresponde ao ajuste dos parâmetros alfa e beta, no que se refere à tipologia, através do processo de alocação multimodal.

Esta etapa tem como entrada os valores de alfa e beta calibrados por grupos de tipologias e os parâmetros de demora nas intersecções, definidos na etapa anterior. De maneira similar ao processo já descrito anteriormente, a metodologia consiste em variar, sistematicamente, os parâmetros para cada tipologia até que sejam encontrados os resultados que melhor representem os fluxos observados. A Tabela 5-19 apresenta os parâmetros alfa e beta ajustados.

Tabela 5-19 - Parâmetros alfa e beta ajustados

Hierarquia	Tipologia	Alfa	Beta
Expressa	1	2,0	1,5
Expressa	2	2,8	1,5
Expressa	3	2,5	1,5
Expressa	4	2,5	1,5
Expressa	5	2,5	1,5
Expressa	6	2,1	1,5
Expressa	7	2,5	1,5
Arterial	10	2,5	2,5
Arterial	11	2,1	2,5
Arterial	12	2,1	2,5
Arterial	13	2,1	2,5
Arterial	14	2,1	2,5
Arterial	15	2,1	2,5
Arterial	16	1,8	2,5
Arterial	17	1,5	2,5
Arterial	18	1,5	2,5
Arterial	19	1,5	2,5
Arterial	20	1,5	2,5
Coletora	30	1,5	2,5
Coletora	31	1,5	2,5
Coletora	32	1,5	2,5
Coletora	33	1,5	2,0
Coletora	34	1,5	1,5
Coletora	35	1,5	1,5
Local	40	1,5	2,5
Local	41	1,3	1,5
Local	42	1,2	1,5

As figuras a seguir mostram o valor de correlação resultante por tipologia. Os valores obtidos indicam que o modelo foi calibrado de maneira a representar adequadamente os volumes observados.

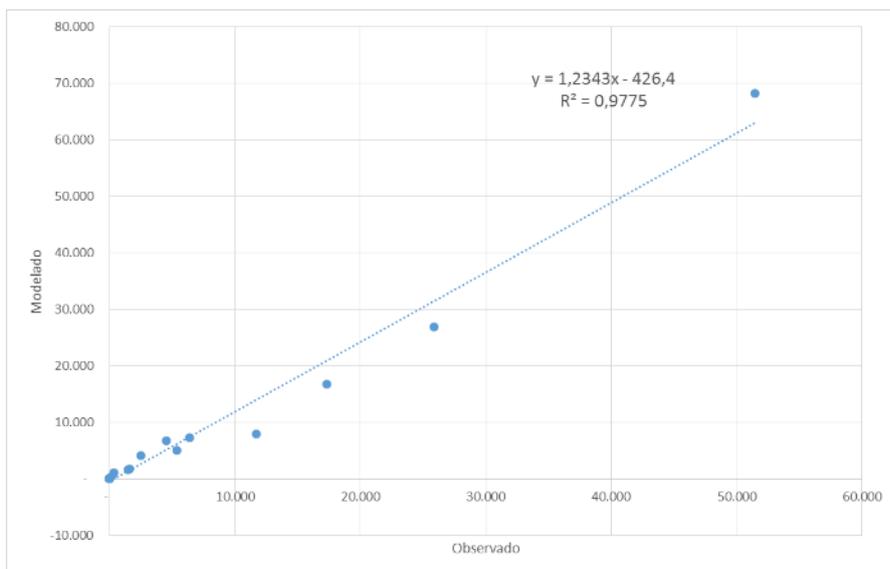


Figura 5.29 - Volume observado x modelado - veículos leves – Hora do pico da manhã

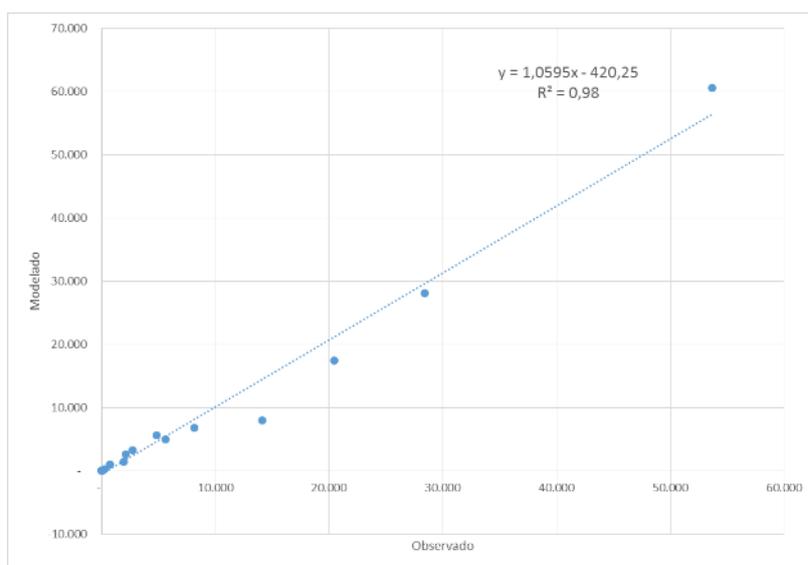


Figura 5.30 - Volume Observado x Modelado - Veículos Leves – Hora do pico da tarde

As figuras apresentadas a seguir ilustram os resultados do modelo de alocação. As figuras seguintes (Figura 5.31, Figura 5.32 e Figura 5.33) mostram os resultados para veículos leves no período da manhã. A Figura 5.33 mostra o resultado da região central para o período da tarde.

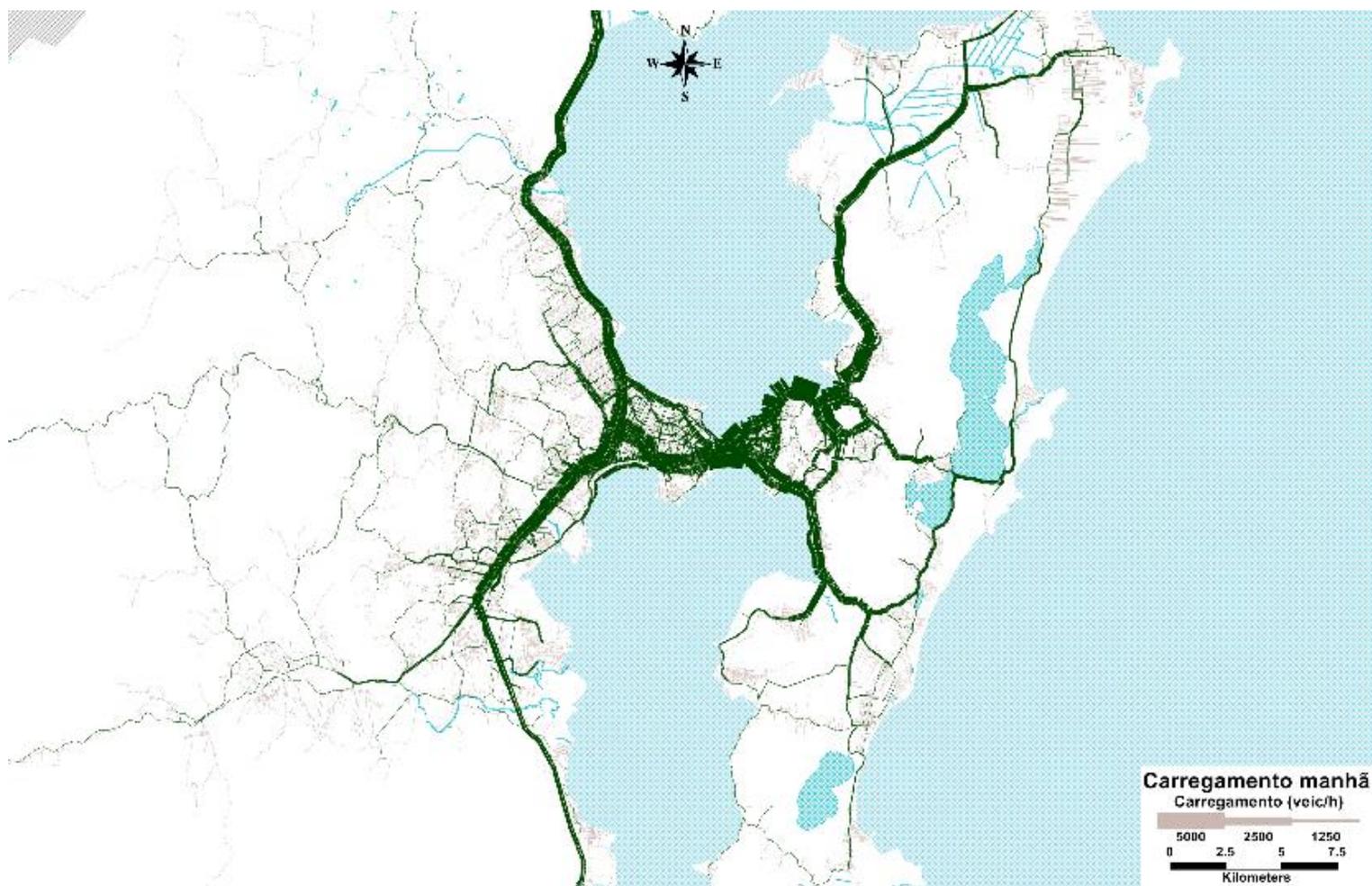


Figura 5.31 - Alocação de veículos leves – Hora de pico da manhã

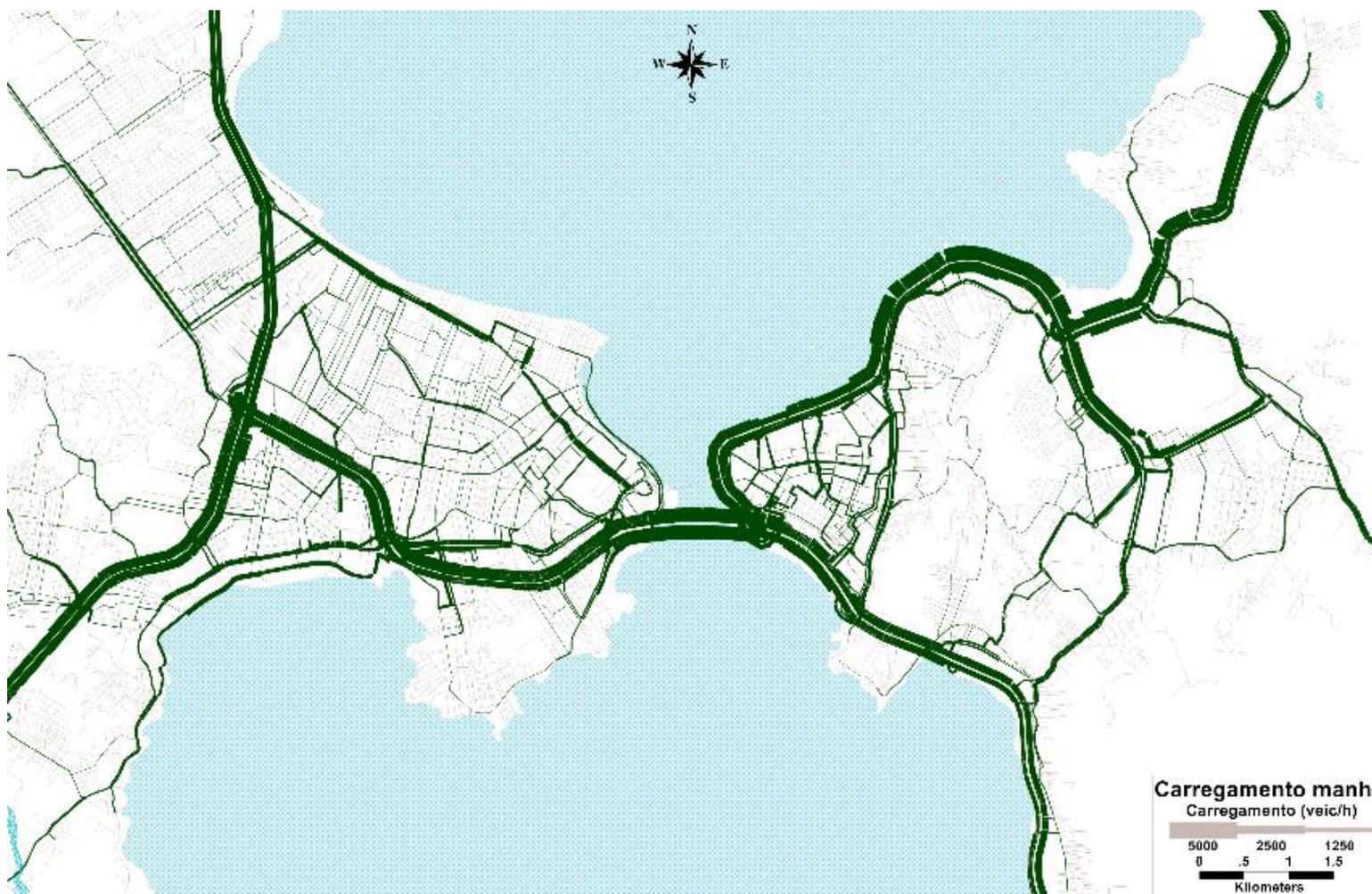


Figura 5.32 - Alocação de veículos leves – Hora de pico da manhã - Centro

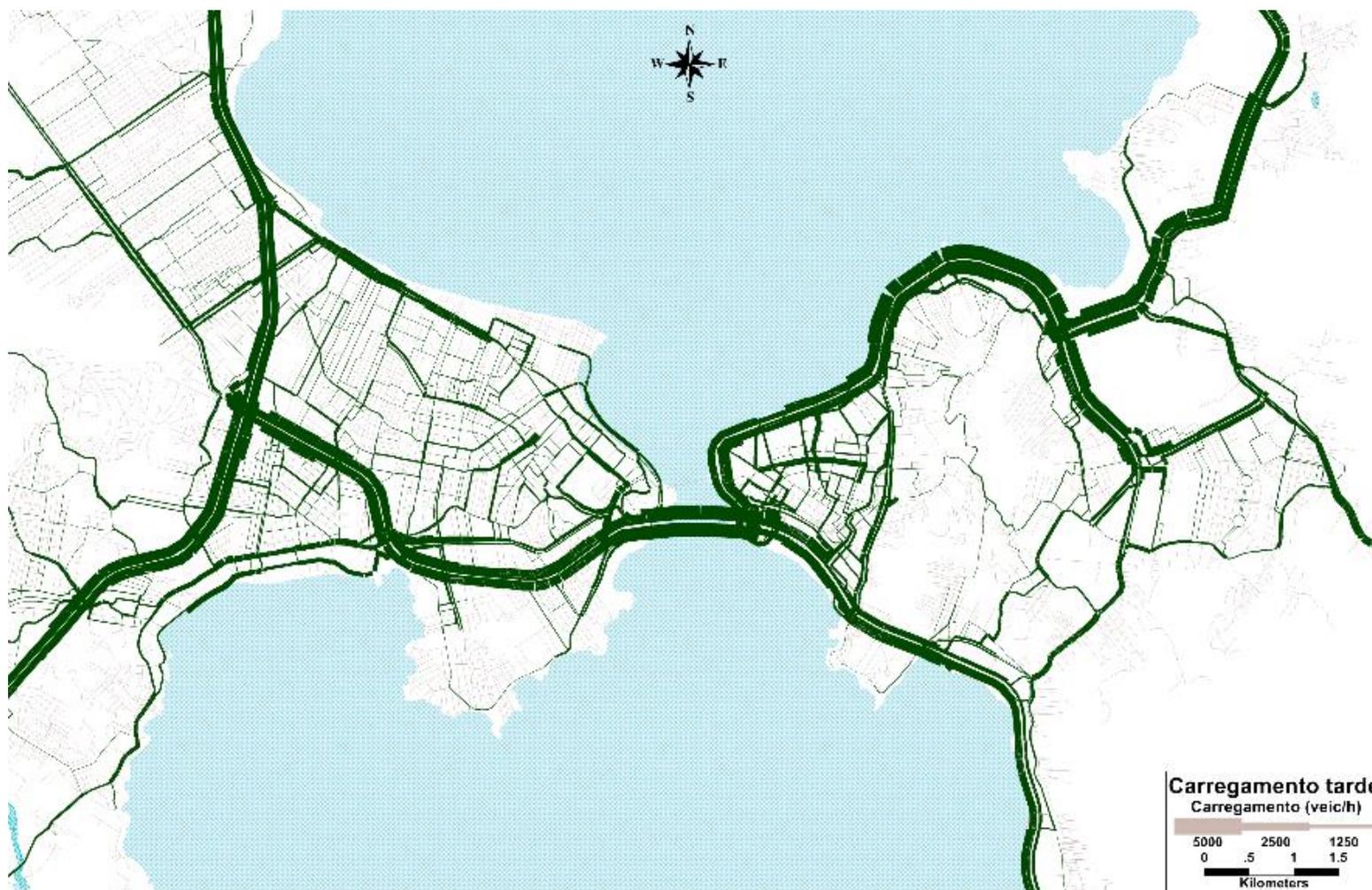


Figura 5.33 - Alocação de veículos leves – Hora de pico da tarde - Centro

Além dos fluxos, a alocação gera tempos de viagem e velocidades, insumos para a alocação de transporte público. As figuras a seguir (Figura 5.34, Figura 5.35 e Figura 5.36) ilustram as velocidades médias ao longo das vias para os três períodos de análise. Dos três períodos, a hora de pico da manhã apresenta as piores condições de circulação, com velocidades inferiores a 10 km/h.

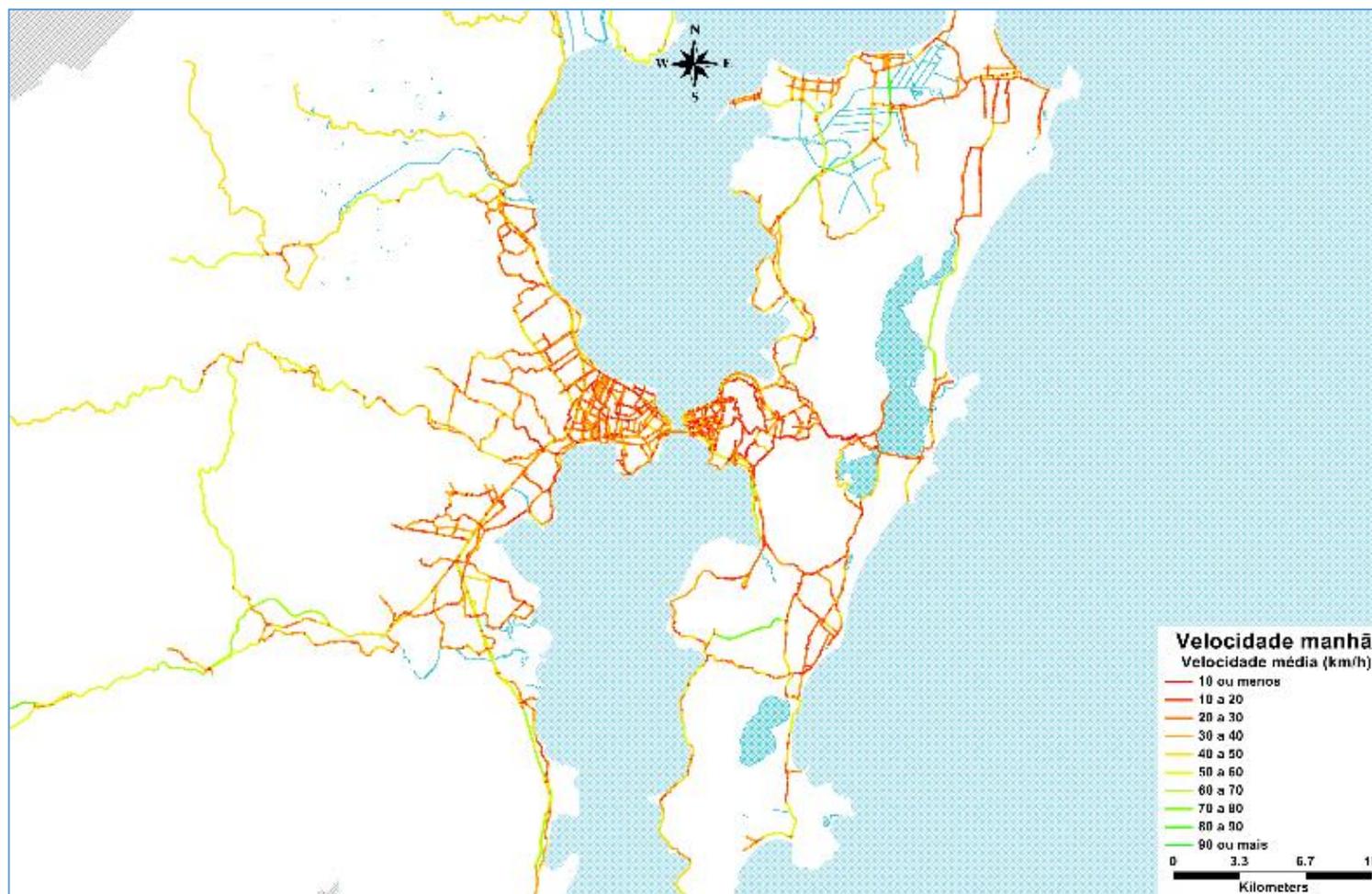


Figura 5.34 - Velocidade média na hora do pico da manhã



Figura 5.35 – Velocidade na hora do pico da manhã - Centro



Figura 5.36 – Velocidade na hora do pico da tarde - Centro

5.4.4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE ALOCAÇÃO DO MODO PÚBLICO

Assim como na alocação de veículos privados, para os modos públicos o processo começa pela construção de uma rede de transporte (“network”), que é uma representação para os elementos necessários para a alocação: nós, links, rotas e paradas. Nessa rede as rotas são divididas em modos:

Tabela 5-20 – Modo das rotas de transporte público

Modo	Código
Florianópolis_convencional	2
Florianópolis_executivo	3
Biguaçu_convencional	4
Palhoça_convencional	5
São José_convencional	6
Intermunicipal_convencional	7
Intermunicipal_executivo	8
Rodoviário	9
Pedestre	1

O processo de alocação pode ser descrito em três diferentes níveis de detalhe:

- Global: válido para todas as rotas;
- Modal: válido para todas as rotas de um determinado modo, e;
- Por rota: válido somente para a rota em questão.

Portanto, nos casos em que não se tenha informações individuais de cada rota, será assumido o comportamento por modo e, na falta da informação modal, será assumido o comportamento global. Os modos também são importantes para a determinação de tarifas e transferências.

Os pontos de parada das rotas não são, necessariamente, nós da rede. Efetivamente, esses pontos são determinados em relação à distância ao início da rota. Para a alocação, os embarques devem ocorrer nos nós e, para isso, é necessário que se tenha uma correspondência entre os nós e os pontos de parada.

O processo se inicia com uma sub-rede (“network”), onde são definidos os parâmetros que serão usados na alocação: tarifas, transferências, variáveis da rede para alocação, penalidades para os componentes do custo generalizado, entre outros.

Tabela 5-21 – Campos da rede de transporte público

Campo	Descrição
Routes	Refere-se a uma seleção de rotas do “Route System” ativo
Stops	Pode-se limitar a um subconjunto de pontos de paradas
Mode_fields	Este campo, que deve existir no “Route System”, permite identificar a qual modo a rota pertence
Read length from	Este campo, que deve existir no <i>layer</i> da rede viária, associada ao <i>layer</i> de Rotas, indica qual campo deve ser considerado para a distância/comprimento dos links
Stop to node field	Este campo, que deve existir no <i>layer</i> de paradas associado ao <i>layer</i> de Rotas, indica qual campo contém o nó de cada parada
Walk mode field	Indica quais links são do tipo pedestre/links de acesso

A base de dados deve agregar todos os atributos necessários para a alocação, conforme mostrado na Tabela 5-22 a seguir.

Tabela 5-22 – Atributos das bases de dados de transporte público

LAYER/ CAMADA	ATRIBUTO	DESCRIÇÃO
Links (Rede Viária)	Tempo de coletivo <Tempo-Colet +Período+Sentido>	Utilizado para determinar o tempo das rotas. Este atributo é estimado a partir da velocidade resultante do processo de alocação multimodal de veículos privados
	Tempo de caminhada <Tempo- pedestre+Sentido>	Utilizado para calcular o tempo nas etapas a pé
Rotas	Intervalo <Int – XX>	Intervalo de saída dos ônibus por período. Utilizado para calcular a espera de embarque em cada rota.
	Capacidade <Cap_XX>	Capacidade de transporte de passageiros/hora. Utilizado para penalizar as rotas cujo carregamento é elevado.
	Tarifa <Tarifa>	Valor da tarifa de ônibus
	Modo <Mode_ID>	Código do modo da rota
	Parâmetro alfa	Parâmetro alfa da função BPR utilizada para a penalidade da saturação
	Parâmetro beta	Parâmetro beta da função BPR utilizada para a penalidade da saturação
Stops/ Paradas	Nó	Corresponde à equivalência do nó da parada com o nó da rede

A tabela de modo é um arquivo importante para a alocação. De maneira simplificada, enquanto os links, nós, rotas e paradas têm seus próprios *layers*, os atributos de modos são armazenados em uma tabela específica, onde os principais campos são descritos na Tabela 5-23.

Tabela 5-23 - Atributos da tabela de modo – Mode.bin

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO
MODE_NAME	Nome de modo
MODE_ID	Código identificador do modo
MODEUSED	Modo a usar: 1 - usado, 2 - não usado
time-fator	Fator multiplicador do tempo de viagem dos veículos
fare_type	Tipo de tarifa: 1 - plana, 2 - por zona
Fare	Valor de tarifa no caso de ser plana
DWT	Demora fixa nas paradas (min)
on-rate	Tempo médio embarque (min/pas)
off-rate	Tempo médio de desembarque (min/pas)
max-on-time	Tempo máximo de parada para embarque de passageiros (min)
max-off-time	Tempo máximo de parada para desembarque de passageiros (min)
Speed	Velocidade média por modo

As telas “*Weights*” do TransCAD definem os fatores de ajuste dos componentes do custo generalizado da viagem, incluindo o tempo de demora nas paradas.

Para os tempos dos veículos, utiliza-se um fator de calibração denominados “*time_factor*”. As penalidades de espera, “*Wait time*”, e tempo a pé, “*walkingtime*”, assumem o valor de 1.5.

A penalidade de demora em paradas, “*Dwell*”, considera um tempo médio de demora por passageiro que embarca, “*on-rate*”, e desembarca, “*off-rate*”, juntamente com uma demora fixa por modo, “*dwt*”, limitado a um máximo de 1 minuto. Isso permite simular a inconveniência e desconforto com as paradas que têm grande fluxo de passageiros.

A tela “*Others*” estabelece o intervalo a ser utilizado, “*int-hpm*”, e os tempos máximos iniciais de transferências.

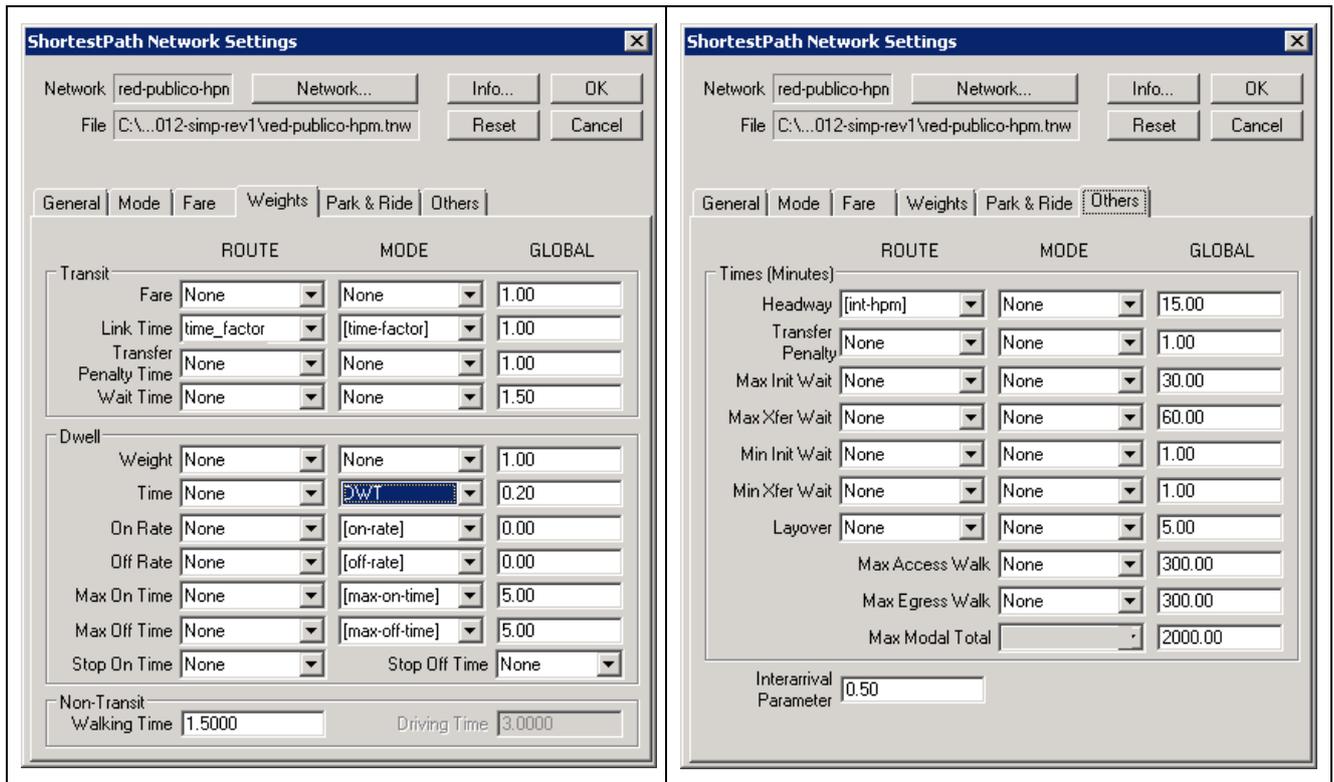


Figura 5.37 – Exemplo da tela “Weights” e “Others” do software TransCAD

Como indicado na metodologia descrita, a alocação utilizada é a do método de Equilíbrio Estocástico do Usuário.

O resultado do processo de alocação inclui quatro tipos de tabelas principais:

- “TASN_FLW”: tabela de fluxos totais e tempo no veículo, entre paradas;
- “TASN_ONO”: tabela de embarque e desembarques por parada;
- “TASN_WFL”: fluxo de modos não motorizados por link;
- “TASN_AGG”: fluxo total, no veículo e a pé por link.

A Figura 5.38 mostra exemplos das tabelas de saída do processo de alocação do TransCAD.

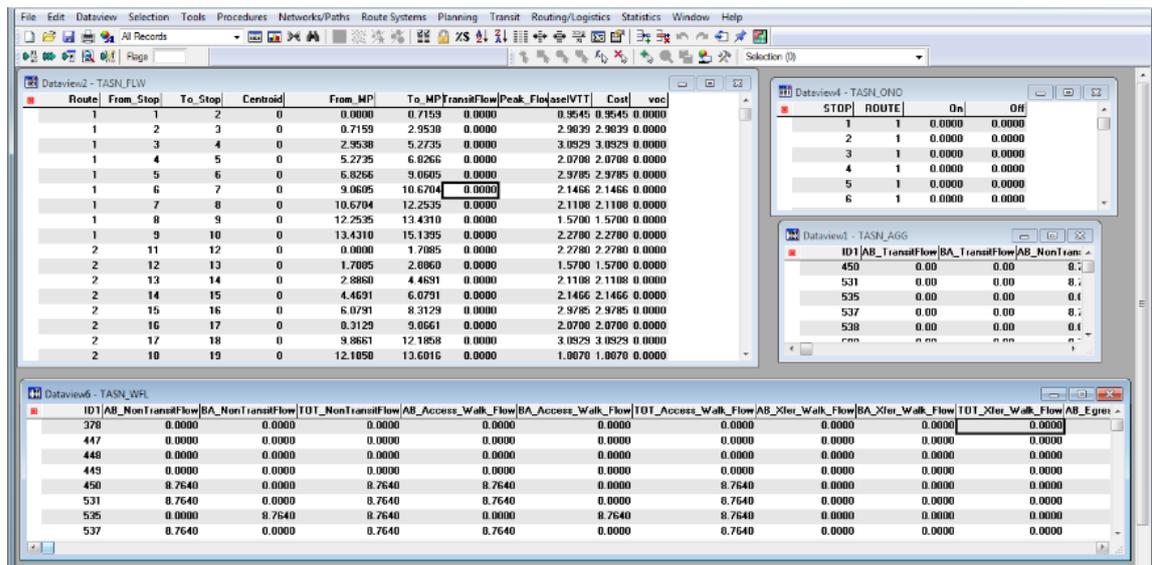


Figura 5.38 – Exemplo da tela com resultados do processo de alocação do software TransCAD

5.4.5 CALIBRAÇÃO DO MODELO DE ALOCAÇÃO DE TRANSPORTE PÚBLICO

O processo de calibração inclui, desde a preparação das variáveis para o modelo de alocação, até a obtenção e ajuste de parâmetros que representem adequadamente a situação observada.

Os parâmetros utilizados na calibração incluem:

- Tempos de demora de ônibus nas paradas;
- Alfa e beta da função de fluxo de demora no transporte público;
- Pesos relativos dos componentes do custo generalizado: tempos de viagem, a pé, espera e valor subjetivo do tempo de viagem.

1. Calibração de parâmetros da base do modelo de oferta

A calibração do tempo de demora de ônibus nas paradas já foi apresentado, detalhadamente, no item 5.3.8 desse relatório.

2. Parâmetros do modelo de alocação

Em uma segunda etapa do processo de calibração, assim como explicado na alocação multimodal do modo privado, a metodologia consiste em um processo iterativo, baseado em “tentativa e erro”, de alteração de parâmetros e comparação com a informação observada.

Frequência e Ocupação Visual (FOV)

A localização dos postos da pesquisa - FOV foi planejada de forma a se maximizar a cobertura das linhas que operam na área de estudo, como se pode observar, tanto na Figura 5.39 como na Figura 5.40.

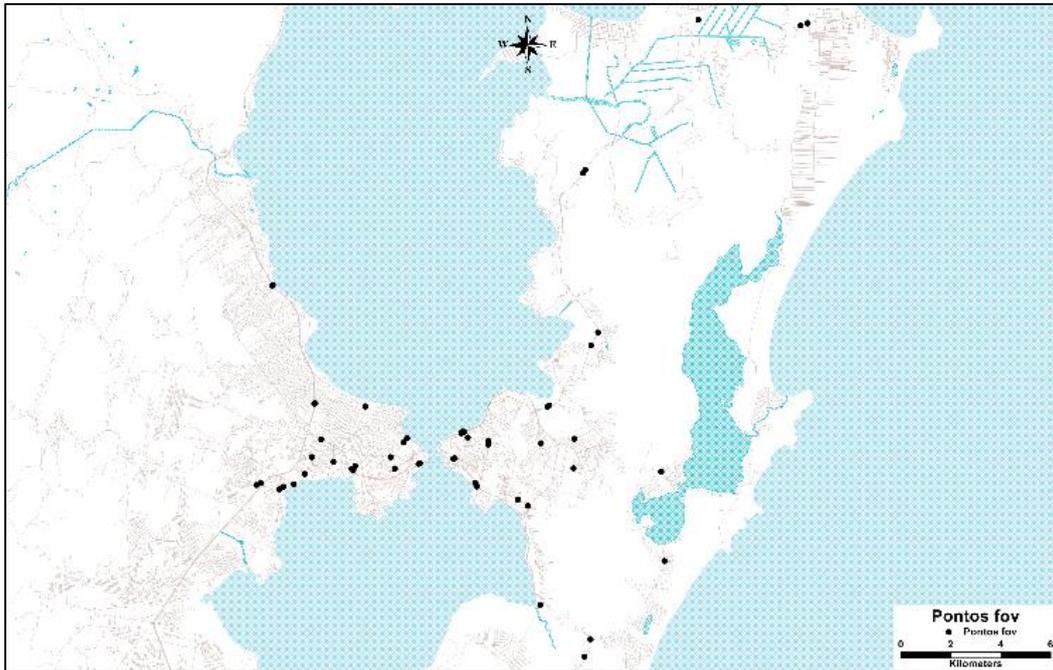


Figura 5.39 - Localização dos postos FOV

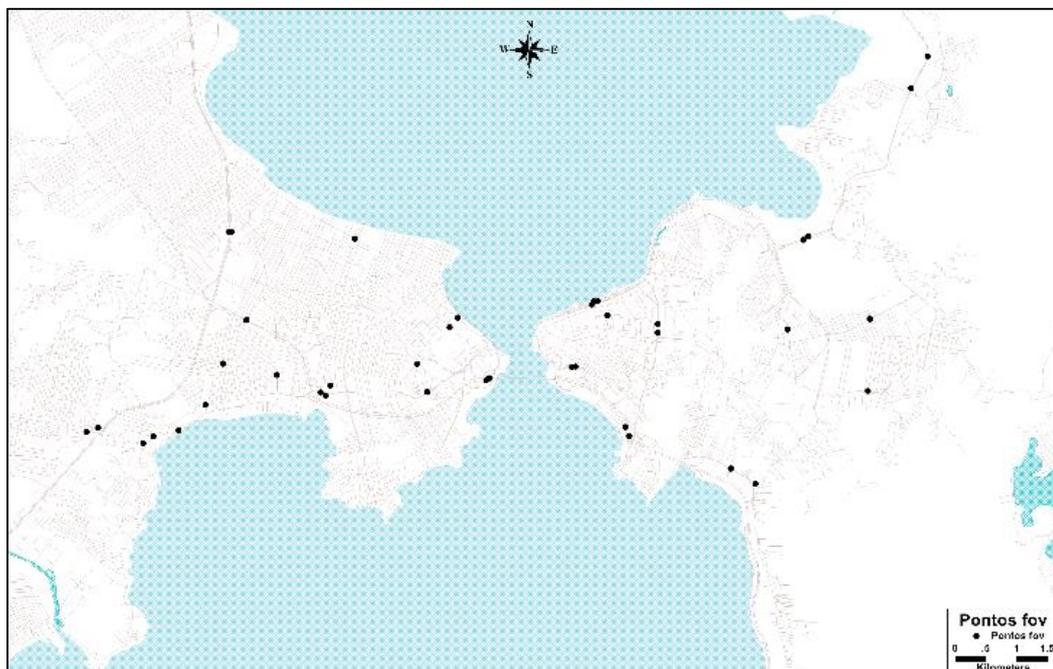


Figura 5.40 - Localização dos postos FOV – Centro

O processo de calibração se inicia com a definição dos parâmetros globais, formados principalmente pelos componentes da função de custo generalizado usado no processo de alocação de equilíbrio. Os valores adotados para esses parâmetros foram:

- Valor subjetivo de tempo de viagem (R\$/min): 0,095
- Peso do tempo de caminhada (min): 2,0
- Peso do tempo de espera (min): 1,5
- Velocidade de caminhada (km/h): 4,5

Em uma segunda etapa, foram analisados os parâmetros da função de fluxo de demora, definidos em referência às rotas de transporte público. O processo de estimação implica em uma grande quantidade de alocações, em que os parâmetros são alterados sistematicamente até ser obtida a melhor representação dos fluxos observados. Ao final desse processo, foram definidos os valores base de 0,15 para o parâmetro alfa e 4,0 para o parâmetro beta.

3. Resultados

As figuras a seguir apresentam o índice de correlação entre passageiros observados e modelados por período, agrupados por tipologia. A correlação resultante é maior que 0.9, indicando que o modelo representou razoavelmente os fluxos de passageiros da rede viária.

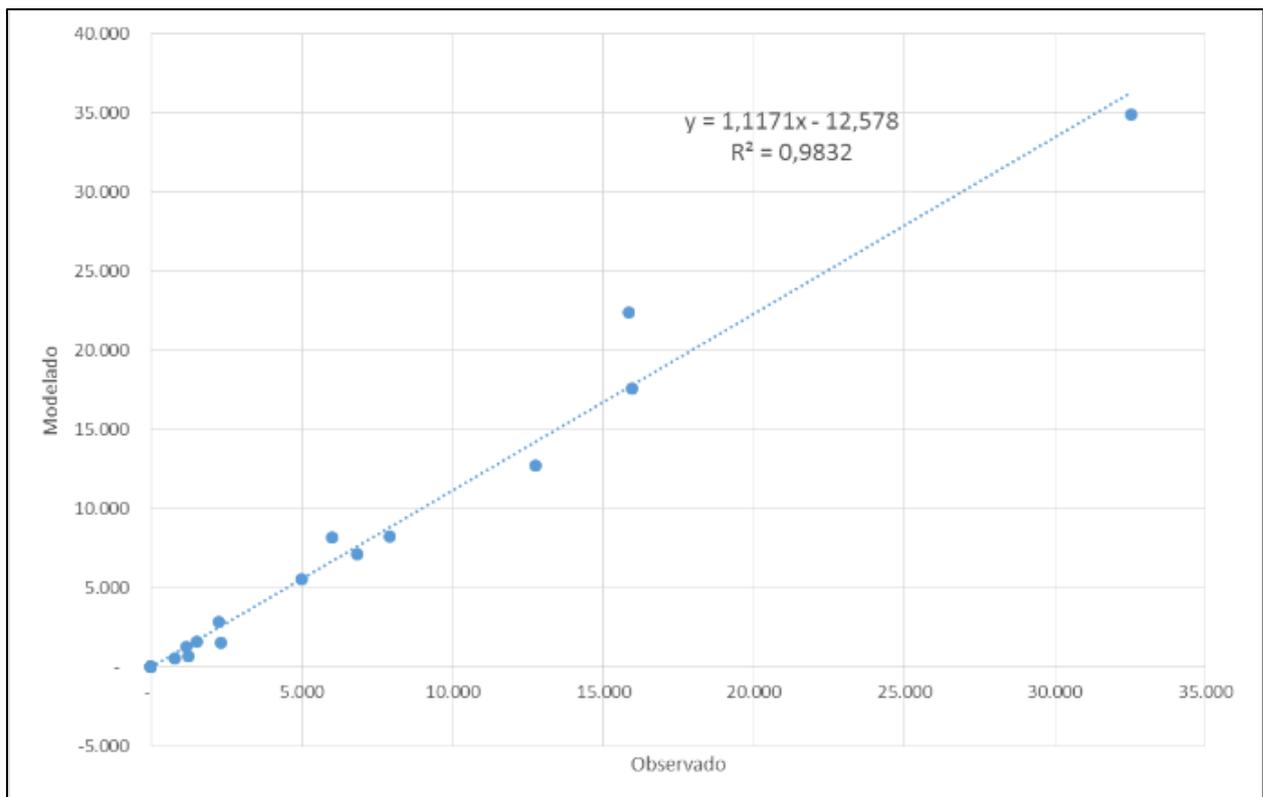


Figura 5.41 - Índice de correlação passageiros observados x modelados - HPM

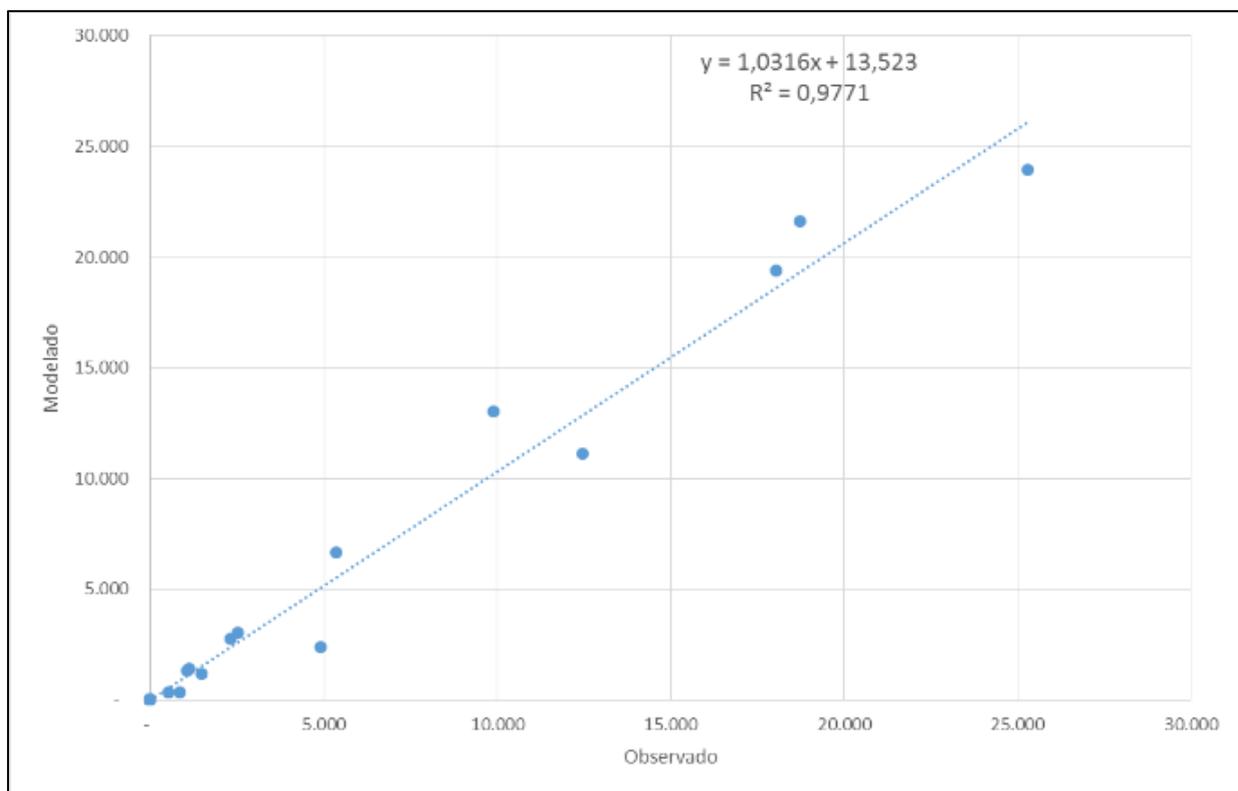


Figura 5.42 - Índice de correlação passageiros observados x modelados - HPT

As figuras a seguir ilustram os resultados da alocação de transporte público na rede viária. Inicialmente, é apresentado um mapa geral da área de estudo (Figura 5.43), mostrando a alocação na hora de pico da manhã. Em seguida, apresenta-se a alocação no Centro para as horas de pico da manhã (Figura 5.44) e da tarde (Figura 5.45).

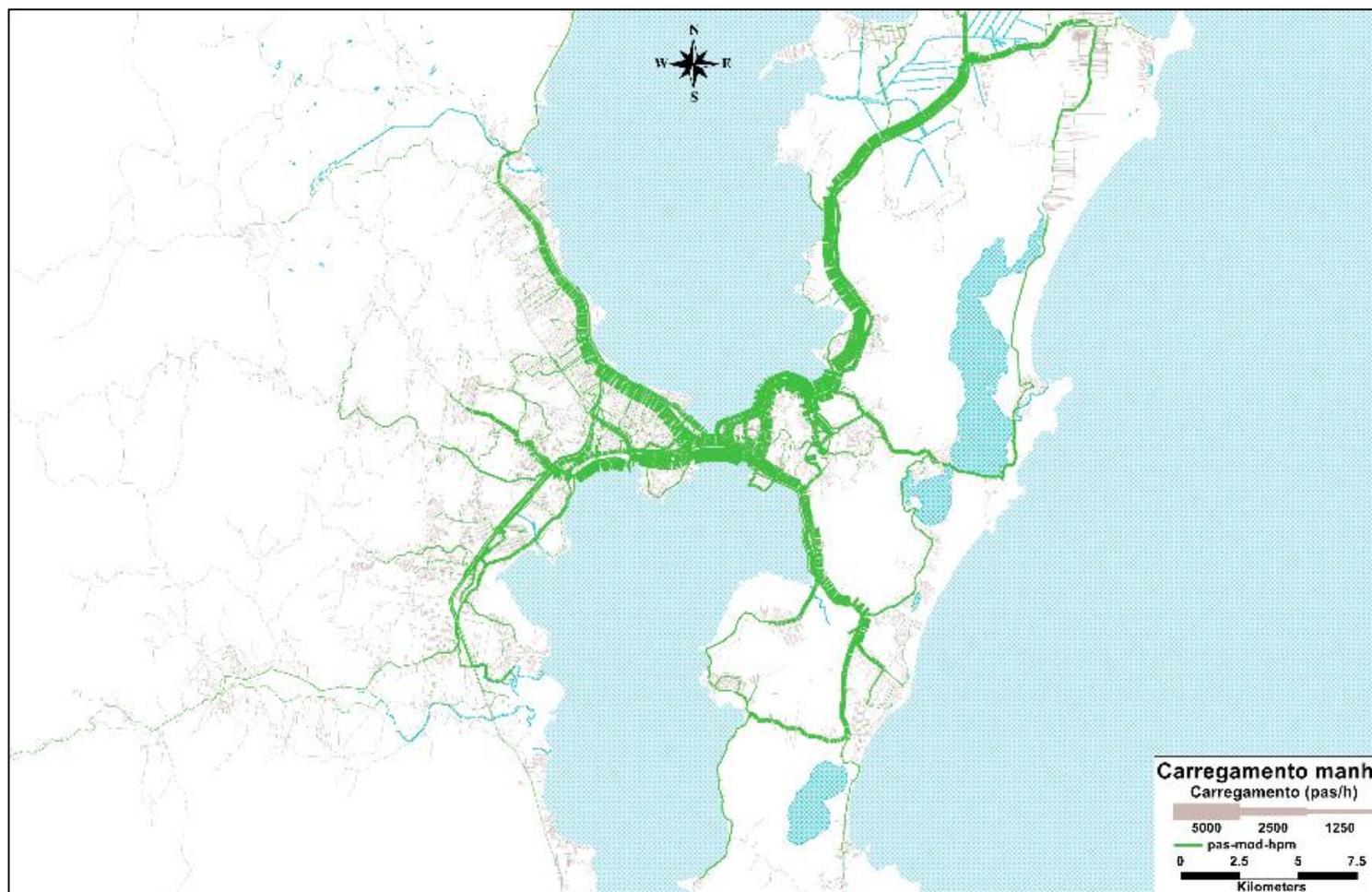


Figura 5.43 - Alocação de demanda de transporte público-HPM



Figura 5.44 - Alocação de demanda de transporte público-HPM - Centro

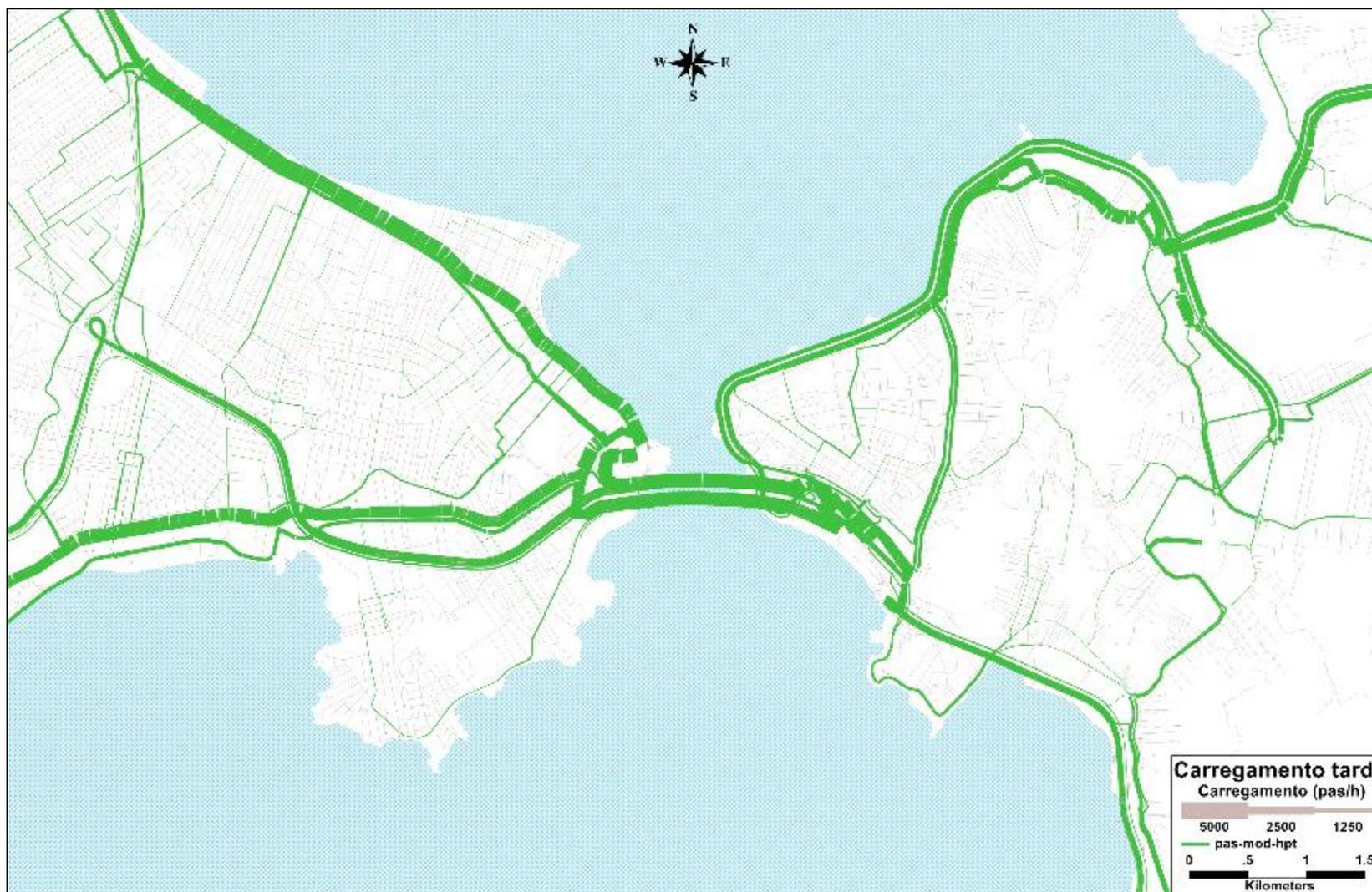


Figura 5.45 - Alocação de demanda de transporte público – HPT - Centro

Para aferição dos resultados obtidos pela alocação, compara-se a divisão modal observada com a divisão modal modelada pós-alocação.

Os resultados podem ser vistos nas tabelas a seguir (Tabela 5-24 a Tabela 5-27).

Tabela 5-24 - Divisão modal observada- hora de pico da manhã

PM	Privado	Público
HBW	70,4%	29,6%
HBS	39,2%	60,8%
HBO	63,0%	37,0%
NHB	54,2%	45,8%
Total	64,9%	35,1%

Tabela 5-25 - Divisão modal observada - hora de pico da tarde

Motivo	Privado	Público
HBW	71,2%	28,8%
HBS	37,9%	62,1%
HBO	65,3%	34,7%
NHB	63,8%	36,2%
Total	66,0%	34,0%

Tabela 5-26 - Divisão modal modelado - hora de pico da manhã

Motivo	Privado	Público
HBW	66,3%	33,7%
HBS	51,3%	48,7%
HBO	63,1%	36,9%
NHB	67,6%	32,4%
Total	63,6%	36,4%

Tabela 5-27 - Divisão modal modelado - hora de pico da tarde

Motivo	Privado	Público
HBW	69,4%	30,6%
HBS	51,8%	48,2%
HBO	61,7%	38,3%
NHB	66,1%	33,9%
Total	66,4%	33,6%

ANEXO I – DICIONÁRIO DE DADOS DA REDE DE SIMULAÇÃO

CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
ID	Inteiro	Identificador do link
Length	Real	Distância (km)
Dir	Inteiro	Direção
Tipologia_AB/BA	Inteiro	Tipologia operacional
Hierarquia_AB/BA	Caracteres	Hierarquia da via
Vel-fl_AB/BA	Real	Velocidade de fluxo livre (km/h)
cap_AB/BA	Real	Capacidade da via (veículos equivalentes/hora)
sat_AB/BA	Real	Fluxo de saturação ajustado (veículos equivalentes/hora)
tempofl_AB/BA	Real	Tempo de circulação em fluxo livre (km/h)
tempo-cg_AB/BA	Real	Tempo modelado com congestionamento - caminhões grandes (min)
alpha_AB/BA	Real	Parâmetro da função fluxo-demora
beta_AB/BA	Real	Parâmetro da função fluxo-demora
approach_AB/BA	Inteiro	Prioridade da via na aproximação
DO_AB/BA	Real	Fator de geometria
green_AB/BA	Real	Tempo de verde total na aproximação (segundos)
cycle_AB/BA	Real	Tempo de ciclo total na aproximação (segundos)
prec-hpm_AB/BA	Real	Pré-carga total hora de pico da manhã (veículos equivalentes/hora)
prec-hpt_AB/BA	Real	Pré-carga total hora de pico da tarde (veículos equivalentes/hora)
pedagio-leves_AB/BA	Real	Valor do pedágio - veículos leves
pedagio-cp_AB/BA	Real	Valor do pedágio - caminhões pequenos
pedagio-cg_AB/BA	Real	Valor do pedágio - caminhões grandes
tempo-pedestre_AB/BA	Real	Tempo de caminhada em minutos
tempo-colet-hpm_AB/BA	Real	Tempo com congestionamento no transporte público - hora de pico da manhã (min)
tempo-colet-hpt_AB/BA	Real	Tempo com congestionamento no transporte público - hora de pico da tarde (min)
vol-mod-hpm_AB/BA	Real	Volume veículos privados - hora de pico manhã

CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
vol-mod-hpt_AB/BA	Real	Volume veículos privados - hora de pico da tarde
cp-mod-hpm_AB/BA	Real	Modelado caminhão pequeno - hora de pico da manhã (veic. equiv./h)
cp-mod-hpt_AB/BA	Real	Modelado caminhão pequeno - hora de pico da tarde (veic. equiv./h)
cg-mod-hpm_AB/BA	Real	Modelado caminhão grande - hora de pico da manhã (veic. equiv./h)
cg-mod-hpt_AB/BA	Real	Modelado caminhão grande - hora de pico da tarde (veic. equiv./h)
vel-mod-hpm_AB/BA	Real	Velocidade modelada com congestionamento de trânsito geral hora pico manhã km/h
vel-mod-hpt_AB/BA	Real	Velocidade modelada com congestionamento de trânsito geral hora de pico da tarde km/h
tempo-mod-hpm_AB/BA	Real	Tempo modelado com congestionamento de trânsito geral - hora de pico da manhã (min)
tempo-mod-hpt_AB/BA	Real	Tempo modelado com congestionamento de trânsito geral - hora de pico da tarde (min)
vol-cap-hpm_AB/BA	Real	Relação volume/capacidade viária - hora de pico da manhã
vol-cap-hpt_AB/BA	Real	Relação volume/capacidade viária - hora de pico da tarde
pas-mod-hpm_AB/BA	Real	Passageiros modelados APP por arco, hora de pico da manhã
pas-mod-hpt_AB/BA	Real	Passageiros modelados APP por arco, hora de pico da tarde
pedes-mod-hpm_AB/BA	Real	Pedestres modelados por arco, hora de pico da manhã
pedes-mod-hpt_AB/BA	Real	Pedestres modelados por arco, hora de pico da tarde
pas-cap-hpm_AB/BA	Real	Relação passageiros/capacidade de transporte - hora de pico da manhã
pas-cap-hpt_AB/BA	Real	Relação passageiros/capacidade de transporte - hora de pico da tarde
vel-colet-hpm_AB/BA	Real	Velocidade com congestionamento - transporte coletivo - hora de pico da manhã (km/h)
vel-colet-hpt_AB/BA	Real	Velocidade com congestionamento - transporte coletivo - hora de pico da tarde (km/h)
Sel-approach_AB/BA	Inteiro	Seleção das aproximações sem cálculo de demora
capfaixa_AB/BA	Real	Capacidade da via por faixa efetiva (veículos equivalentes/hora)
satfaixa_AB/BA	Real	Fluxo de saturação da via por faixa efetiva (veículos equivalentes/hora)
faixa-efetiva-hpm_AB/BA	Real	Número de faixas efetivas de rolamento para tráfego geral - hora de pico da manhã
faixa-efetiva-hpt_AB/BA	Real	Número de faixas efetivas de rolamento para tráfego geral - hora de pico da tarde
faixa-exclusiva-hpm_AB/BA	Real	Número de faixas exclusivas para transporte coletivo - hora de pico da manhã
faixa-exclusiva-hpt_AB/BA	Real	Número de faixas exclusivas para transporte coletivo - hora de pico da tarde
tempo-colet-corr-hpm_AB/BA	Real	Tempo nos corredores de ônibus hora de pico da manhã (min)

CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
tempo-colet-corr-hpt_AB/BA	Real	Tempo nos corredores de ônibus hora de pico da tarde (min)
prec-bus-hpm_AB/BA	Inteiro	Pré-carga de ônibus hora de pico da manhã (veículos equivalentes/hora)
prec-bus-hpt_AB/BA	Inteiro	Pré-carga de ônibus hora de pico da tarde (veículos equivalentes/hora)
RedeTPesado	Inteiro	Rede Preferencial de Transporte Pesado
link-pedestre_AB/BA	Real	Arcos permitidos para a caminhada
prioridade_AB/BA	Inteiro	Prioridade da via na aproximação
TV_AB/BA	Real	Tempo de verde observado (seg)
TC_AB/BA	Real	Tempo de ciclo observado (seg)
TranspPesado	Inteiro	Classificação da Rede Preferencial de Transporte Pesado (0 - Permitido ; 1 - Proibido; null - vias locais)
nocam_AB/BA	Inteiro	Restrição ao acesso de caminhões

ANEXO II – DICIONÁRIO DE DADOS DAS ROTAS

CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
Route_ID	Inteiro	ID da rota gerado pelo Transcad.
Route_Name	Caracteres	Nome da rota gerado pelo Transcad
ID	Inteiro	ID antiga
Nome_Rota	Caracteres	Nome da rota no PLAMUS
freq-hpm e freq-hpt	Real	Frequência de veículos na hora de pico (veíc/h)
int-hpm e int-hpt	Real	Intervalo entre veículos na hora de pico (min)
int-hpm-bk e int-hpt-bk	Real	
cap-hpm e cap-hpt	Real	Capacidade da linha na hora de pico (pass/h)
PCE-hpm e PCE-hpt	Real	Pré-carga dos veículos dessa rota na rede viária (veíc. equiv/h)
Alpha	Real	Parâmetro de calibração
Beta	Real	Parâmetro de calibração
Mode_id	Inteiro	Classificação das rotas de transporte coletivo
Tarifa	Real	Tarifa cobrada (R\$)
Time-fator	Real	Parâmetro de calibração
Categoria	Caracteres	Indica se a rota é Municipal, Intermunicipal ou Rodoviária
Jurisdição	Caracteres	Indica para as rotas municipais o município ao qual a rota pertence
Operação	Caracteres	Tipo de operação: Direta, Expressa ou Paradora
Serviço	Caracteres	Serviço Convencional ou Executivo
TipoVeiculo	Caracteres	Indica o tipo de veículo (Comum, Executivo, Articulado e etc)
freq-hpm-2014 e freq-hpt-2014	Real	Frequência de veículos na hora de pico para o cenário 2014(veíc/h)
int-hpm-2014 e int-hpt-2014	Real	Intervalo entre veículos na hora de pico para o cenário 2014 (min)
cap-hpm-2014 e cap-hpt-2014	Real	Capacidade da linha na hora de pico para o cenário 2014 (pass/h)
PCE-hpm-2014 e PCE-hpt-2014	Real	Pré-carga dos veículos dessa rota na rede viária para o cenário 2014 (veíc. equiv/h)
freq-hpm-2040 e freq-hpt-2040	Real	Frequência de veículos na hora pico para o cenário 2040(veíc/h)

CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
int-hpm-2040 e int-hpt-2040	Real	Intervalo entre veículos na hora pico para o cenário 2040 (min)
cap-hpm-2040 e cap-hpt-2040	Real	Capacidade da linha na hora pico para o cenário 2040 (pass/h)
PCE-hpm-2040 e PCE-hpt-2040	Real	Pré-carga dos veículos dessa rota na rede viária para o cenário 2040 (veíc. equiv/h)