COMPONENTE DEMANDA

RELATÓRIO 3

(Produtos P2 e P4)

Estudo da Pré-Viabilidade Técnica e Econômica do Sistema de Transporte Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis





FLORIANÓPOLIS / SC

FEVEREIRO/2021

Disclaimer:

Este documento segue as diretrizes do termo de cooperação técnica entre BID e Governo de Santa Catarina e faz parte do conjunto de documentos da Estruturação do Estudo de Pré Viabilidade Técnica e Econômica (Pré-EVTE) Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis que está sendo realizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, por meio de cooperação técnica com o BID. Os direitos autorais são de propriedade desta cooperação técnica.

Sua reprodução é proibida, integral ou parcialmente. Sua utilização indevida, por qualquer pessoa ou empresa não poderá ser de responsabilidade dos membros da cooperação.

Estudo de Demanda – Relatório 3

fevereiro de 2021

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO 10

2. O PROJETO AQUAVIÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS 11

3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA 14

4. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE DA ÁREA DE ESTUDO 17

   4.1 Demanda Potencial de Viagens do Projeto e Caracterização do Público-alvo 19

      4.1.1 Sistema de Transporte Coletivo 19

      4.1.2 Transporte Individual 20

      4.1.3 Transporte de Cargas 20

5. DADOS SOCIOECONÔMICOS 21

   5.1 População 21

   5.2 Densidade demográfica 23

   5.3 Produto Interno Bruto -PIB 25

   5.4 Renda 25

   5.5 Empregos 26

   5.6 Matrículas 29

   5.7 Frota de Veículos 30

6. O MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA 33

   6.1 Modelagem de Quatro Etapas 33

   6.2 Escolha Modal e Rotas Aquaviárias 36

7. SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA E SIMULAÇÃO 38

   7.1 PLAMUS 2015 38

   7.2 Matrizes provenientes do PLAMUS 2015 39

   7.3 Dados da Prefeitura de Florianópolis 39

   7.4 Dados Complementares – Matriz de Carga 40

8. MODELO DE ALOCAÇÃO EM REDE 45

   8.1 Zoneamento 45

8.2 A Rede de Simulação 47
8.2.1 Padrões Utilizados 47
8.2.2 Rede Viária 47
8.2.3 Rede de Transporte Coletivo 55
8.2.4 Método de Alocação 56
9. CALIBRAÇÃO DA REDE 58
10. CENÁRIO COM PROJETO AQUAVIÁRIO 65
10.1 Rotas Aquaviário 65
10.2 Faixas de simulação (HPM, EP e HPT) 67
11. MODELO DE ESCOLHA 68
11.1 Construção do Modelo 68
11.2 Aplicação do Modelo 72
11.3 Estimativa de Receita e Demanda 76
11.3.1 Sazonalidade 76
11.3.2 Efeito Turismo 78
11.3.3 Demanda 79
11.3.4 Receita 89
12. AVALIAÇÃO DE CUSTO E BENEFÍCIO SOCIAL DO SISTEMA AQUAVIÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS 97
12.1 Sumário 97
12.2 Metodologia e Premissas 97
12.3 Resultados da Análise Econômica e Análise de Sensibilidade 99

Índice de Figuras

Figura 1:Localização das Rotas de Travessia Aquaviária 11

Figura 2:Catamarã padrão para travessias de passageiros na RMF 12

Figura 3:Ferry-boat padrão na travessia Fynshav – Bojden, no Mar Báltico, Dinamarca (superior); Ferry-boat Dorival Caymmi, implantando na travessia Salvador – Itaparica. 13

Figura 4:Censo IBGE 2010 e Estimativas Populacionais IBGE 2020 15

Figura 5:Ligação entre Ilha e Continente em Florianópolis 17

Figura 6:Ponte Hercílio Luz 17

Figura 7:Ponte Colombo Salles e Ponte Pedro Ivo 18

Figura 8:Flutuação Horária de Motorizados nas Pontes Colombo Salles e Pedro Ivo .. 19

Figura 9:Participação da População por Município - 2019 22

Figura 10:População por Zona - 2014 23

Figura 11:Densidade Demográfica - 2010 24

Figura 12:Renda Média Domiciliar por Zona 60 PLAMUS - 2014 26

Figura 13:Empregos - 2014 28

Figura 14:Matrículas RMF por Zona 30

Figura 15:Automóveis por Zona de Tráfego – 2014 32

Figura 16:Metodologia Adotada (elaboração própria) 35

Figura 17:Configuração das rotas simuladas para o Sistema Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis 37

Figura 18:Linhas de Desejo de Viagem por Transporte Coletivo e Individual 38

Figura 19:Flutuação Horária de Veículos de Carga nas Pontes 41

Figura 20:Estimativa de Fluxo de Caminhões por Região 42

Figura 21:Estimativa de Fluxo de Caminhões por Região 43

Figura 22:Dados Modelo SAR/Cube 44

Figura 23:Zoneamento 46

Figura 24:Rede de Transportes – Links – Geral 48

Figura 25:Rede de Transportes – Links – Detalhe 49

Figura 26:Rede de Transportes – Classificação Hierárquica 50

Figura 27:Rede de Transportes – Classificação Hierárquica – Região Central de Florianópolis 51

Figura 28:Curva de Atraso por Saturação 52
Figura 29:Função de atraso (VDF) - BPR 53
Figura 30:Aplicação da BPR 53
Figura 31:Rede de Transporte Coletivo 55
Figura 32:Localização dos Postos de Pesquisa 59
Figura 33:Calibração Transporte Individual (HPM) 60
Figura 34:Calibração Transporte Coletivo (HPM) 60
Figura 35:Carregamento do Transporte Individual (HPM) 61
Figura 36:Carregamento do Transporte Coletivo (HPM) 62
Figura 37:Carregamento do Transporte Individual (HPM) – detalhe Florianópolis 63
Figura 38:Carregamento do Transporte Coletivo (HPM) - detalhe Florianópolis 64
Figura 39:Rotas Aquaviárias 65
Figura 40:Terminais e Rotas Aquaviárias 66
Figura 41:Flutuação Horária 67
Figura 42:Demanda e Receita em Diversos Níveis Tarifários Pico Manhã 2020 – Coletivo 73
Figura 43:Demanda e Receita em Diversos Níveis Tarifários Pico Manhã 2020 – Individual 74
Figura 44:Intervalo de Confiabilidade de estimativa 75
Figura 45:Sazonalidade Mensal 77
Figura 46:Variação do Volume de Veículos Leves nas Praças P4 e P5 78
Figura 47:Estimativa de Volumes para 2020 81
Figura 48:Percentagem de Cada Rota na Demanda Total de Transporte Coletivo 87
Figura 49:Percentagem de Cada Rota na Demanda Total de Transporte Individual 88
Figura 50:Percentagem de Cada Rota na Receita Total 95
Figura 51:Receita Cenário com Rotas 3,4 e 5 96

Índice de Quadros

Quadro 1:Evolução da População por Município 21
Quadro 2:Participação da População por Município - 2019 22
Quadro 3:Evolução da Densidade da População por Município 24
Quadro 4:Evolução do PIB a preços correntes (R$ 1.000) por Município 25
Quadro 5:Renda per Capita Mensal - 2017 25
Quadro 6:Empregos Formais por Município - 2019 27
Quadro 7:Matrículas por Município 29
Quadro 8:Automóveis por Município 31
Quadro 9:Motos por Município 31
Quadro 10:Caminhões por Município 31
Quadro 11:Veículos por Habitante 31
Quadro 12:Estatística do Sistema de Transporte Coletivo de Florianópolis 39
Quadro 13:Contagem de Veículos de Carga nas Pontes 40
Quadro 14:Estimativa de Fluxo de Caminhões por Região 41
Quadro 15:Dados de Viagens de Carga no Modelo SAR/Cube 44
Quadro 16:Zonas por Município 46
Quadro 17:Sistema de Medidas 47
Quadro 18:Quantitativos da Rede 47
Quadro 19:Parâmetros de Link 54
Quadro 20:Valor do Tempo no PLAMUS 56
Quadro 21:Características das Rotas 67
Quadro 22:Equação de utilidade para escolha entre transporte coletivo e transporte individual 71
Quadro 23:Valores de Tempo estimados para os Usuários do Aquaviário 72
Quadro 24:Análise de Sensibilidade Demanda/Tarifa Período Pico Manhã Coletivos - Ano 2020 73
Quadro 25:Análise de Sensibilidade Demanda/Tarifa Período Pico Manhã Individual- Ano 2020 74
Quadro 26:Diretriz para Nível de Demanda 75
Quadro 27:Dias Equivalentes por Mês 77

Quadro 28:Tarifa Base e Turismo por Categoria 79
Quadro 29:Estimativa de Passageiros de Transporte Coletivo por Rota - Dia Útil Médio 79
Quadro 30:Estimativa de Veículos de Transporte Individual por Rota - Dia Útil Médio 80
Quadro 31:Estimativa de Veículos de Carga por Rota - Dia Útil Médio 80
Quadro 32:Estimativa de Demanda para Rota 1 82
Quadro 33:Estimativa de Demanda para Rota 2 83
Quadro 34:Estimativa de Demanda para Rota 3 84
Quadro 35:Estimativa de Demanda para Rota 4 85
Quadro 36:Estimativa de Demanda para Rota 5 86
Quadro 37:Demanda ao Longo da Concessão por Modo e por Rota (x1000) 87
Quadro 38:Demanda Cenário com Rotas 3,4 e 5 (x1000) 88
Quadro 39:Demanda Diária - Cenário com Rotas 3,4 e 5 89
Quadro 40:Estimativa de Receita para Rota 1 90
Quadro 41:Estimativa de Receita para Rota 2 91
Quadro 42:Estimativa de Receita para Rota 3 92
Quadro 43:Estimativa de Receita para Rota 4 93
Quadro 44:Estimativa de Receita para Rota 5 94
Quadro 45:Receita ao Longo da Concessão por Modo e Total por Rota (R$ x 1000) 95
Quadro 46:Análise de Sensibilidade 100
Quadro 47:Fluxo do Projeto 101

Indice de gráficos

Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.

1. Introdução

Este relatório consolida os trabalhos desenvolvidos no âmbito dos Estudos de Demanda para a Estruturação do Pré-EVTE Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis, sistema aquaviário interligando o continente da Região Metropolitana de Florianópolis com a ilha através de embarcações. Esta estruturação está sendo realizada pelo Governo do Estado de Santa Catarina, por meio de cooperação técnica como BID, por meio de seus contratados e subcontratados.

Este estudo buscou dados quantitativos e qualitativos da demanda por transporte na área de influência do projeto para elaborar a estimativa do comportamento da demanda que utilizara o novo sistema de transportes, tanto de passageiros como de veículos.

Este relatório está estruturado conforme as etapas apresentadas a seguir:

- Introdução;
- Conceituação do Projeto Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis;
- Caracterização da situação do sistema de transporte da área de estudo;
- Dados Socioeconômicos;
- Modelo de Previsão de Demanda;
- Sistematização dos Dados de Entrada e Simulação;
- Modelo de Alocação em Rede;
- Calibração;
- Cenário com Projeto Aquaviário;
- Modelo de Escolha; e
- Avaliação de Custo e Benefício Social do Sistema Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis.

2. O Projeto Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis

Definição do Projeto

2.1 Objetivo

Este Relatório refere-se aos Produto 2 e 4 da cooperação técnica que o Banco Interamericano de Desenvolvimento presta à Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade de Santa Catarina com o Desenvolvimento do Estudo da Pré-Viabilidade Técnica e Econômica do Sistema de Transporte Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis.

Este relatório refere-se a vertente de demanda à elaboração de serviço consultivo em Engenharia de Transportes para o sistema de transporte aquaviários na travessia de passageiros e veículos, entre o continente e a ilha, na Região Metropolitana de Florianópolis

2.2 Descrição das Atividades

Esse estudo propõe avaliar o potencial da operação aquaviária, no contexto da Navegação no Mar Territorial, limitado a 11mn (20,372km), para travessias de *ferry-boat* e barcas entre o continente e a ilha.

A proposta contém cinco travessias, sendo a navegação das rotas alocadas no canal marítimo interior a costa, compreendendo a Baía Norte, Baía Sul, Baia de São José e Baía de São Miguel, configurando-se com extensões navegáveis em águas abrigadas, conforme observado na figura 1.

Figura 1:Localização das Rotas de Travessia Aquaviária



Fonte: Elaboração Própria

A proposta desse estudo prevê a instalação de terminais aquaviários, com conexão física entre sistemas de transporte de ônibus convencional e BRT, para prover acessibilidade dos passageiros e automóveis, atendendo as diretrizes de engenharia portuária e da Marinha do Brasil, como garantia de segurança na aproximação,

manobra, atracação e processamento das embarcações de passageiros e *ferry-boats*. O atendimento à legislação ambiental vigente, referente aos processos de outorga pública para a operação também foram consideradas nesse estudo técnico.

O estudo das travessias contemplará, previamente, a operação das respectivas embarcações:

a) Nas travessias exclusivas para passageiros, preliminarmente a proposta do PLAMUS consideram uma embarcação padrão catamarã (figura 2), com a possibilidade de embarque de veículos não motorizados, como bicicletas. A capacidade da tecnologia de transporte seria de 120 passageiros e a operação anual do sistema de travessias prevê movimentação aproximada de 165.000 passageiros. Os ganhos de tempo de viagem para o usuário são extremamente significativos, tendo a rota mais longa, um tempo estimado de trânsito de 27 minutos (KRAUS JR., 2019).

Figura 2:Catamarã padrão para travessias de passageiros na RMF



Fonte: KRAUS JR., 2019[1]

b) Nas travessias de *ferry*, são consideradas as movimentações de veículos automotores e passageiros. O estudo irá investigar a viabilidade de dois percursos com serviço por *ferry-boat* um ao norte da Ponte de acesso à Ilha e outro ao sul da ponte. Ainda deverá delimitar os tipos de veículos a embarcarem no *ferry* (automóveis, motocicletas, caminhões leves ou caminhões pesados) para embasar a escolha da tecnologia de transporte aquaviária e delinear a operação. Tratando-se de navegação em águas marítimas e abertas, a delineação operacional impacta diretamente na escolha da categoria da embarcação e o projeto da geometria naval. Fatores

[1] KRAUS JR, W (2019). Integração do Transporte Coletivo Metropolitano e Aquaviário. Apresentação na Náutica Floripa – ACE, realizada em 10/12/2019.

esses de extrema importância para garantia de estabilidade da embarcação quanto aos empuxos, esforços de ondas e ventos e a navegação de modo seguro e econômico. A figura 3 ilustra dois exemplos de embarcações *ferry boats* com geometria e arquitetura naval distintas. O primeiro exemplo trata-se de uma embarcação hermeticamente fechada, dimensionada para o transporte de veículos e passageiros em travessia no Mar Báltico, na Dinamarca. O segundo exemplo, ilustra a nova embarcação Dorival Caymmi, operacionalizada na travessia Salvador (BA) – Ilha de Itaparica, tendo dois decks para parada de veículos, com capacidade de 138 veículos. O total de passageiros a serem transportados são de 1400, sendo acomodados em ambiente externo e ambiente interno hermeticamente fechado e climatizado. Embarcação consta com acessibilidade para cadeirantes e banheiro para os usuários.

Figura 3:Ferry-boat padrão na travessia Fynshav – Bojden, no Mar Báltico, Dinamarca (superior); Ferry-boat Dorival Caymmi, implantando na travessia Salvador – Itaparica.



Assim neste relatório realizaram-se os seguintes itens: (a) contextualização do problema; (b) breve caracterização física dos sistemas atuais e projetados de mobilidade terrestre, por ônibus; (c) definição das rotas aquaviárias; (d) proposta

locacional das alternativas dos terminais aquaviários; (e) caracterização funcional da operação do terminal; (f) caracterização física e de acessibilidade viária das alternativas, sob a ótica terrestre do terminal.

3. Contextualização do Problema

O núcleo metropolitano da Região Metropolitana de Florianópolis é constituído pelos municípios de Águas Mornas, Antônio Carlos, Biguaçu, Florianópolis, Governador Celso Ramos, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, São José e São Pedro de Alcântara. Institucionalmente, a classificação como área metropolitana ocorreu no ano de 2012. A organização espacial dessa região apresenta uma peculiaridade intrínseca relacionada a condição geomorfológica. A capital do Estado – Florianópolis – apresenta perímetro urbano com parte localizada na ilha e outra no continente. Também, os demais municípios da região metropolitana encontram-se com a geografia localizados na área continental.

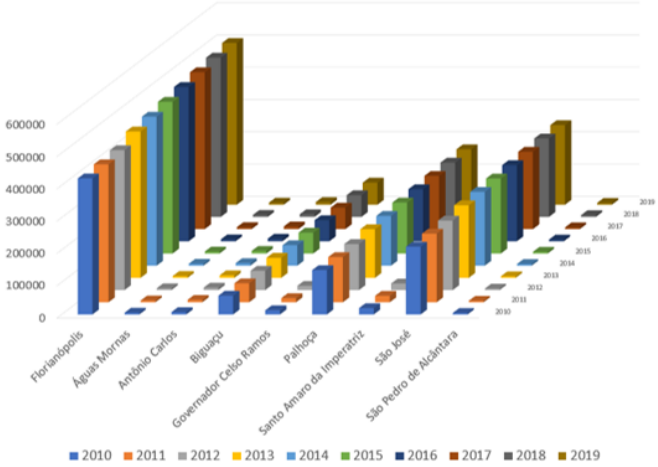
E expansão do vetor urbano no sentido continente pode ser explicado por alguns fatores: (a) o primeiro relaciona-se a condição orográfica da ilha, constituída com montanhas íngremes na parte central, barrando naturalmente a expansão urbana para as demais direções da ilha; (b) as demais regiões além dessa barreira física apresentam distância considerável da área central, e principalmente são utilizadas com finalidades imobiliárias turística; (c) considerável parte dos vazios urbanos da ilha são áreas de proteção ambiental ou apresentam zoneamento de uso e ocupação do solo com restrição urbanística; (d) população de renda média ou baixa e atividades econômicas de maior porte, tais como, pequenas indústrias ou prestadores de serviço acabam buscando compra ou locação de imóveis mais acessíveis no continente; (e) com a melhoria da acessibilidade ao município, oriundo da duplicação da rodovia BR-101 – eixo Curitiba – Florianópolis – Porto Alegre, e maior acessibilidade do brasileiro ao uso do transporte aéreo, acabou gerando um fenômeno de migração de população oriunda de distintos Estados do Brasil, e busca da qualidade de vida oferecida pela município.

Os números oficiais do IBGE (2020) nos mostram o padrão de crescimento populacional da região. Segundo o Censo 2010, os municípios da RMF totalizavam 877.116 habitantes, sendo Florianópolis contendo 421.240 habitantes. Para 2019, as estimativas contabilizavam um total de 1.046.358 habitantes para a RMF, tendo Florianópolis a população aumentada para 500.973 habitantes. O crescimento em menos de 10 anos é de aproximadamente 19%. Na Figura 4, a seguir, podemos verificar o comportamento das séries históricas da População, constatando crescimento populacional em todos e maiores populações são Florianópolis, São José, Palhoça e Biguaçu.

Figura 4:Censo IBGE 2010[2] e Estimativas Populacionais IBGE 2020[3]

Municípios da RMF	2010	2011	2012	2013	2014
Florianópolis	421.240	427.298	433.158	453.285	461.524
Águas Mornas	5.548	5.617	5.685	5.926	6.020
Antônio Carlos	7.458	7.537	7.613	7.906	8.012
Biguaçu	58.206	58.983	59.736	62.383	63.440
Governador Celso Ramos	12.999	13.107	13.211	13.655	13.801
Palhoça	137.334	139.989	142.558	150.623	154.244
Santo Amaro da Imperatriz	19.823	20.082	20.332	21.221	21.572
São José	209.804	212.586	215.278	224.779	228.561
São Pedro de Alcântara	4.704	4.790	4.874	5.139	5.256
Total	877.116	889.989	902.445	944.917	962.430

Municípios da RMF	2015	2016	2017	2018	2019
Florianópolis	469.690	477.798	485.838	492.977	500.973
Águas Mornas	6.113	6.206	6.298	6.378	6.469
Antônio Carlos	8.118	8.223	8.327	8.411	8.513
Biguaçu	64.488	65.528	66.558	67.458	68.481
Governador Celso Ramos	13.944	14.087	14.229	14.333	14.471
Palhoça	157.833	161.395	164.926	168.259	171.797
Santo Amaro da Imperatriz	21.920	22.266	22.609	22.905	23.245
São José	232.309	236.029	239.718	242.927	246.586
São Pedro de Alcântara	5.373	5.488	5.602	5.709	5.823
Total	979.788	997.020	1.014.105	1.029.357	1.046.358



Fonte: IBGE

O turismo é um dos setores da economia da RMF com significativa expressão em valores financeiros e na geração de população sazonal. Conforme informações publicadas pela Companhia de Água e Saneamento (CASAN), na virada de ano de 2016/2017, Florianópolis chegou a quase triplicar a população do município, atingindo a estimativa de 1,19 milhão de pessoas.

Essa condição severa de crescimento populacional e sazonalidade acarretam significativos impactos nos níveis de serviço das infraestruturas públicas, tais como, sistema de captação, tratamento e distribuição de água, sistemas viários congestionados, atrasos nos sistemas de transporte público sobre rodas (os que não apresentem tráfego segregado), aumento da demanda de coleta de resíduos sólidos urbanos, impacto generalizado na mobilidade de passageiros e carga.

Nesse contexto, como todo centro urbano metropolitano, são demandadas infraestruturas de mobilidade pública. Essas infraestruturas em operação devem possuir tarifa, tempo de viagem, horários de operação e tempo de espera atrativos para que um indivíduo da população mude a opção de ser um motorista de veículo individual, para migrar ao transporte público urbano, como usuário (*modal shift*). Assim, o contexto urbano torna-se mais aprazível e racional quanto a realização das viagens diárias entre residência e os locais de estudo, trabalho ou demais atividades desenvolvidas pelos cidadãos.

Conforme abordado anteriormente, nos aspectos da expansão dos vetores urbanos, enfatiza-se aqui, que a Região Metropolitana de Florianópolis apresenta com característica peculiar a segmentação do espaço geográfico delimitada pelas águas

[2] IBGE (2020). População Censo IBGE 2010. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/>

[3] IBGE (2020). Estimativas da População Municipal, publicadas no Diário Oficial da União. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=17283&t=downloads>

oceânicas. Precisamente, grande parte do município de Florianópolis – centro comercial, administrativo e praias – está localizada na parte insular, sendo fisicamente segregados dos municípios de Palhoça, São José, Florianópolis continente, Biguaçu e demais municípios da RMF.

Os sistemas viários dos municípios continental e insular são fisicamente conectados pelo conjunto de fluxo binário das pontes Pedro Ivo Campos e Colombo Sales, Recentemente, no ano de 2020, ocorreu a reabertura ao tráfego de veículos particulares, da histórica ponte Hercílio Luz, como auxílio no processo de travessia continente-ilha. Com destino a essas pontes, são convergidos os tráfegos bidirecionais oriundos de:

- Rodovia Federal BR-101: além de suportar o tráfego proveniente do fluxo de passagem do corredor Curitiba – Litoral Catarinense – Porto Alegre, apresenta na funcionalidade de rodovia a função de via arterial urbana, para os municípios de Biguaçu, Palhoça e São José
- Rodovia Federal BR-282: além de suportar o tráfego oriundo do Planalto Central e Oeste Catarinense, com destino a capital ou acessar a BR-101, com fluxo no eixo Curitiba – Litoral Catarinense – Porto Alegre apresenta-se como via arterial urbana, com tráfego oriundo de Santo Amaro da Imperatriz, do tráfego da BR-101 com destino a ilha de Florianópolis e o tráfego urbano oriundo dos bairros, por exemplo, Campinas e Santos Dumont (São José); Coqueiros, Abraão, Estreito e Capoeiras (Florianópolis).
- Rodovias Estaduais SC-401, SC-404 e SC-405 que provêm acesso ao norte, leste e sul da ilha de Florianópolis, respectivamente. Essas vias apresentam conexões a ponte associadas ao sistema viário Beira Mar Norte e Beira Mar Sul;
- Vias arteriais, com descaracterização funcional: o conjunto viário da Beira Mar Norte (Av. Osvaldo Rodrigues Cabral, Avenida Jornalista Rubens de Arruda Ramos e Av. Governador Irineu Bornhausen), demandariam a competência de diretriz técnica para função de via arterial, contendo menores intervenções no fluxo de corrente de tráfego. Porém, devido as retenções semafóricas, passagens em nível de pedestres e acessos ou conversões em nível para o centro, esse conjunto viário perde nível de serviço e apresenta sobreposição de características funcionais de coletora e arterial.

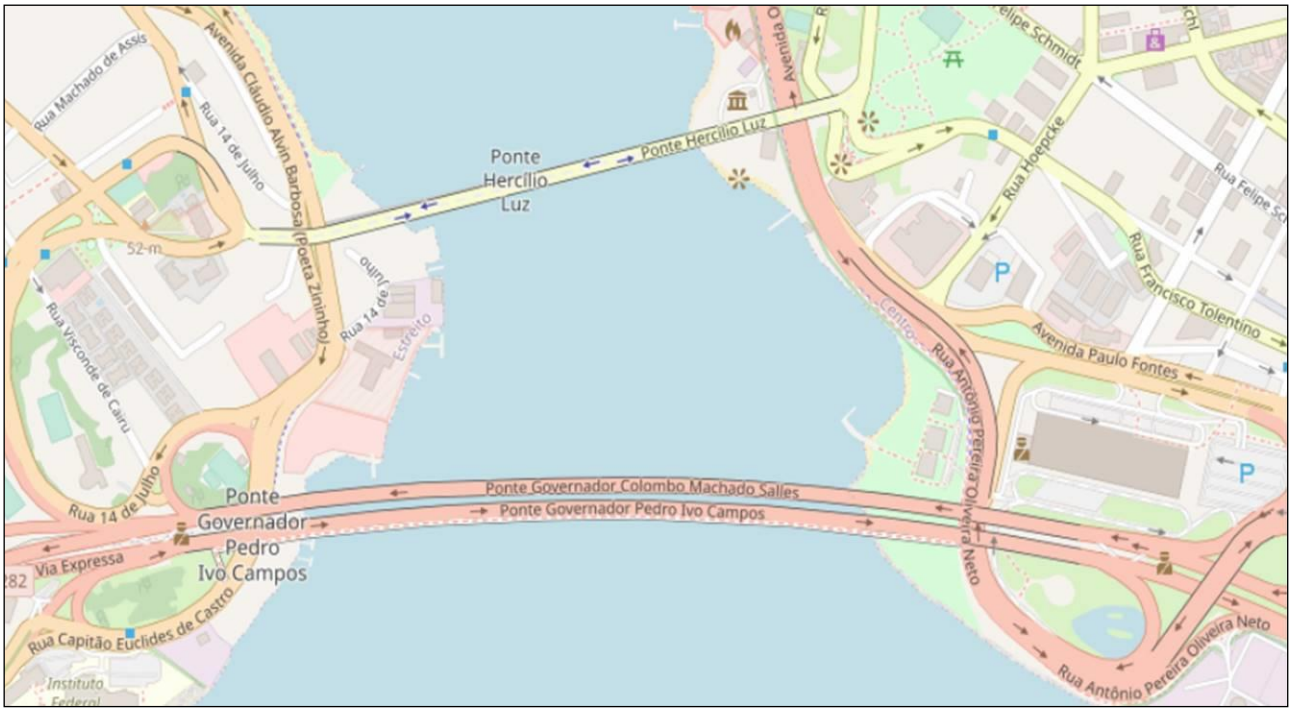
Associados ao padrão de comportamento da demanda de mobilidade, conforme estudo de pesquisa de Origem e Destino, realizado pela PLAMUS (2015), percebe-se que o modo de transporte preferencialmente escolhido pela população da Região Metropolitana de Florianópolis é o privado, compreendendo automóveis e motocicletas. Segundo o estudo, o percentual das viagens por esse modo corresponde a 47,7%. Em contrapartida, 24,9% que escolhem o transporte público urbano, 20,7% que se deslocam a pé e 3,7% que se utilizam da bicicleta (PLAMUS, 2015).

4. Caracterização da situação do sistema de transporte da área de estudo

A ligação entre o Continente e a Ilha é feita atualmente pelo modo rodoviário, seja ele pelo modo motorizado, através de automóveis, motos e demais veículos individuais ou ônibus no caso de transporte de passageiros, ou pelos modos não motorizados: a pé, bicicleta etc. A única maneira de acessar a ilha é pelo conjunto de pontes Hercílio Luz (atualmente operando de maneira parcial), Colombo Salles e Pedro Ivo Campos.

A Figura 5 mostra em detalhe a ligação Ilha e Continente.

Figura 5:Ligação entre Ilha e Continente em Florianópolis



Fonte: OpenStreetMap

A Figura 6, a seguir, mostra a Ponte Hercílio Luz.

Figura 6:Ponte Hercílio Luz



Fonte: http://www.pmf.sc.gov.br/

A ponte Hercílio Luz é a primeira ponte do complexo, teve sua operação suspensa durante muitos anos para reforma de revitalização, voltou a operar parcialmente no segundo semestre de 2020.

A ponte Pedro Ivo, foi a terceira ponte do complexo a ser construída. Atualmente ela é responsável pelo tráfego do continente para a ilha.

A Ponte Colombo Salles, foi a segunda ponte do complexo a ser construída, atualmente ela é responsável pelo tráfego da ilha para o continente. A ponte Pedro Ivo, foi a terceira ponte do complexo a ser construída, é responsável pelo tráfego do continente para a ilha. As duas juntas formam um binário.

A Figura 7 mostra as Pontes Colombo Salles e Pedro Ivo

Figura 7:Ponte Colombo Salles e Ponte Pedro Ivo



Fonte: http://www.pmf.sc.gov.br/

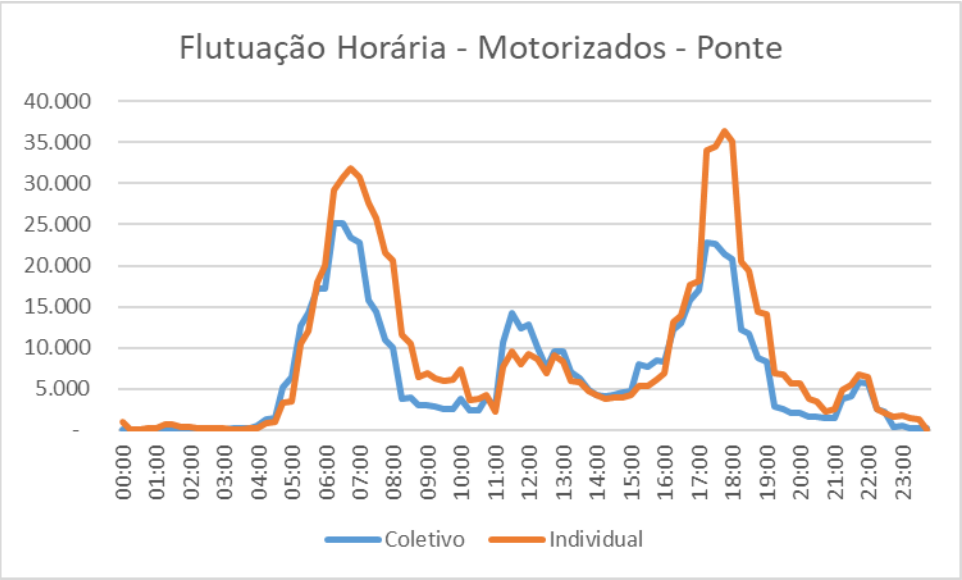
Na parte continental a grande maioria dos veículos utiliza a BR-282 para acessar o complexo de pontes, mais de 170mil veículos trafegam diariamente na via expressa.

Na porção insular, as principais vias de acesso são as avenidas: Av. Beira Mar Norte e Av. Beira Mar Sul.

Como vimos fazem a travessia diariamente cerca de 170mil veículos de transporte individual, entre automóveis, motos e demais veículos. Responsáveis pelo transporte coletivo centenas de ônibus e vans trafegam nas pontes transportando mais de 150mil passageiros. Essa elevada utilização do sistema faz com que haja a saturação e consequentemente um aumento muito grande nos tempos de viagens, principalmente nos horários de pico, o que não pode ser evitado pela falta de alternativa ao complexo de pontes.

A Figura 8 apresenta a flutuação horária das pontes para os transportes motorizados, segundo a pesquisa OD do PLAMUS.

Figura 8:Flutuação Horária de Motorizados nas Pontes Colombo Salles e Pedro Ivo



Fonte: Elaboração Própria (Base dados PLAMUS,2015)

4.1 Demanda Potencial de Viagens do Projeto e Caracterização do Público-alvo

O estudo de demanda visa estimar o público que utilizará o novo serviço de transporte de passageiros e veículos pelo serviço aquaviário, para isso é necessário o conhecimento da população que poderá migrar para o novo serviço.

Os futuros usuários do sistema aquaviário proposto, são usuários que atualmente utilizam outros modais de transporte para realizarem seus deslocamentos, todos eles por transporte rodoviário. São usuários de transporte individual, automóveis ou motos e usuários de transporte coletivo. Para a compreensão do serviço e de seu público-alvo foi necessário o levantamento destes usuários, a seguir são descritos cada um deles.

4.1.1 Sistema de Transporte Coletivo

O sistema de transporte público constitui a grande concentração de usuários do transporte coletivo da região, o sistema é complementado pelo transporte escola e pelo transporte por ônibus de fretamento.

O transporte público é constituído por terminais e linhas que não foram planejados ao longo dos anos, resultando em um grande número de linhas que muitas vezes se sobrepõem, prejudicando o sistema em termos operacionais e consequentemente penalizando o próprio usuário.

Na época do PLAMUS apenas 4 municípios continham sistema municipal: Florianópolis, Palhoça, São José é Biguaçu. O restante se valia apenas do transporte intermunicipal. No início dos trabalhos do PLAMUS começou o processo licitatório do transporte municipal de Florianópolis, finalizado no ano de 2014 com o início da operação do consorcio, que pouco mudou no sistema, mantendo a mesma estrutura é com algumas otimizações realizados pelo consorcio Fênix, formado pelas empresas que já operavam o sistema.

As empresas intermunicipais são operadas por contrato com o Governo do Estado de Santa Catarina, representado pelo DETER - Departamento de Transportes e Terminais, autarquia vinculada à Secretaria de Estado da Infraestrutura - SIE.

O sistema de transporte coletivo atendia em 2014 cerca de 475mil viagens por dia realizadas por seus passageiros.

4.1.2 Transporte Individual

O transporte individual, tanto realizado por automóveis, motos ou qualquer outro veículo, representava em 2014 mais de 850mil viagens todos os dias. Sua vantagem está no deslocamento ser realizado porta a porta e permitindo cada um dos usuários escolher o trajeto que melhor lhe convir e no horário que desejar, proporcionando ima acessibilidade flexível e direta.

Na maioria dos casos a velocidade da viagem do transporte individual é maior que do transporte coletivo, em contra partida seus custos são maiores e exige a posse do mesmo.

Os tempos dos deslocamentos sobrem uma variação muito grande ao longo do dia, nos chamados horários de pico, a velocidade cai drasticamente.

4.1.3 Transporte de Cargas

O transporte de cargas exige, na maioria dos casos, a utilização de caminhões de diversos tamanhos. Está previsto no estudo a avaliação de uma rota aquaviária com transporte de veículos de carga.

A grande maioria dos caminhões que atravessam a ponte, em direção a ilha, tem seu destino na região central. São estimados cerca de 9mil viagens de caminhões entrando em Florianópolis e a mesma quantidade saindo.

Os tempos dos deslocamentos, assim como no transporte individual, sobrem uma variação muito grande ao longo do dia, nos horários de pico.

5. Dados Socioeconômicos

A caracterização dos indicadores socioeconômicos tem grande importância para a compreensão da área de estudo e modelagem das viagens realizadas, que tem os indicadores como elemento importante na produção e atração das viagens.

Para a caracterização destes indicadores a base principal são os dados levantados pelo IBGE, principalmente pelo Censo 2010 e pelas estimativas realizadas pelo instituto.

Outro material importante foi o desenvolvido pelo PLAMUS, Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis finalizado em 2015. Para o presente estudo nos concentramos na região Metropolitana de Florianópolis.

Nos itens a seguir veremos como a os municípios da região metropolitana de Florianópolis são compostos com relação aos indicadores. Por sua característica econômica, com altas rendas, o uso do automóvel tem uma grande participação nos deslocamentos realizados.

A caracterização socioeconômica da região de estudo e conhecendo seu histórico possibilita a projeção da demanda para diferentes cenários.

5.1 População

A população de influência direta da área de estudo é de cerca de 1,05 milhões de pessoas, base 2019, considerando os municípios da região metropolitana de Florianópolis que podem se beneficiar do sistema hidroviário proposto.

A população da área de estudo e sua evolução é apresentada no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1:Evolução da População por Município

Municípios	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Águas Mornas	5.548	5.617	5.685	5.926	6.020	6.113	6.206	6.298	6.378	6.469
Antônio Carlos	7.458	7.537	7.613	7.906	8.012	8.118	8.223	8.327	8.411	8.513
Biguaçu	58.206	58.983	59.736	62.383	63.440	64.488	65.528	66.558	67.458	68.481
Florianópolis	421.240	427.298	433.158	453.285	461.524	469.690	477.798	485.838	492.977	500.973
Governador Celso Ramos	12.999	13.107	13.211	13.655	13.801	13.944	14.087	14.229	14.333	14.471
Palhoça	137.334	139.989	142.558	150.623	154.244	157.833	161.395	164.926	168.259	171.797
Santo Amaro da Imperatriz	19.823	20.082	20.332	21.221	21.572	21.920	22.266	22.609	22.905	23.245
São José	209.804	212.586	215.278	224.779	228.561	232.309	236.029	239.718	242.927	246.586
São Pedro de Alcântara	4.704	4.790	4.874	5.139	5.256	5.373	5.488	5.602	5.709	5.823
Total	**877.116**	**889.989**	**902.445**	**944.917**	**962.430**	**979.788**	**997.020**	**1.014.105**	**1.029.357**	**1.046.358**

Fonte: Elaboração Própria (Base dados IBGE)

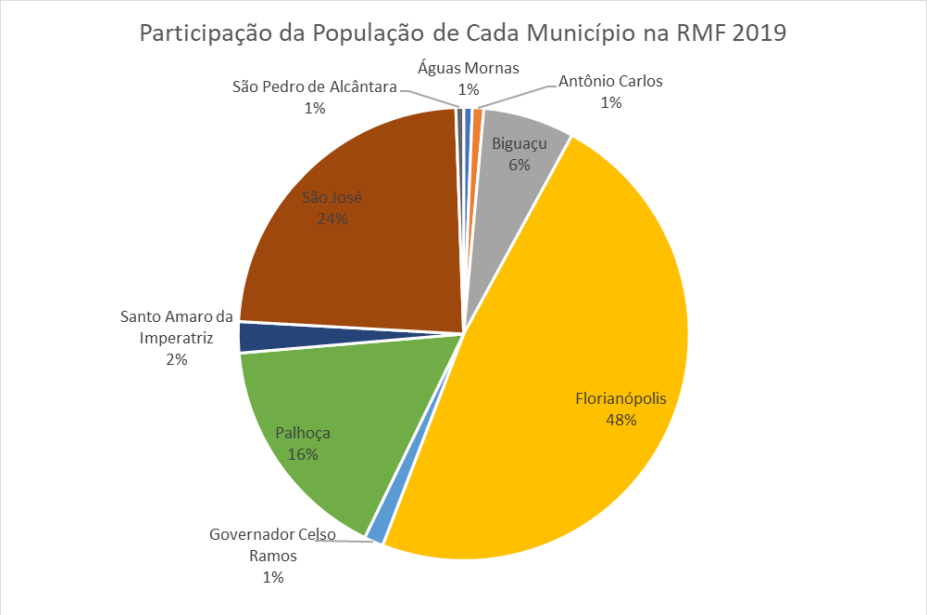
No Quadro 2 e na Figura 9, a seguir, é apresentada a participação de cada um dos municípios na população da RMF.

Quadro 2:Participação da População por Município - 2019

Municípios	Participação 2019
Águas Mornas	0,6%
Antônio Carlos	0,8%
Biguaçu	6,5%
Florianópolis	47,9%
Governador Celso Ramos	1,4%
Palhoça	16,4%
Santo Amaro da Imperatriz	2,2%
São José	23,6%
São Pedro de Alcântara	0,6%
Total	100,0%

Fonte: Elaboração Própria (Base dados IBGE)

Figura 9:Participação da População por Município - 2019

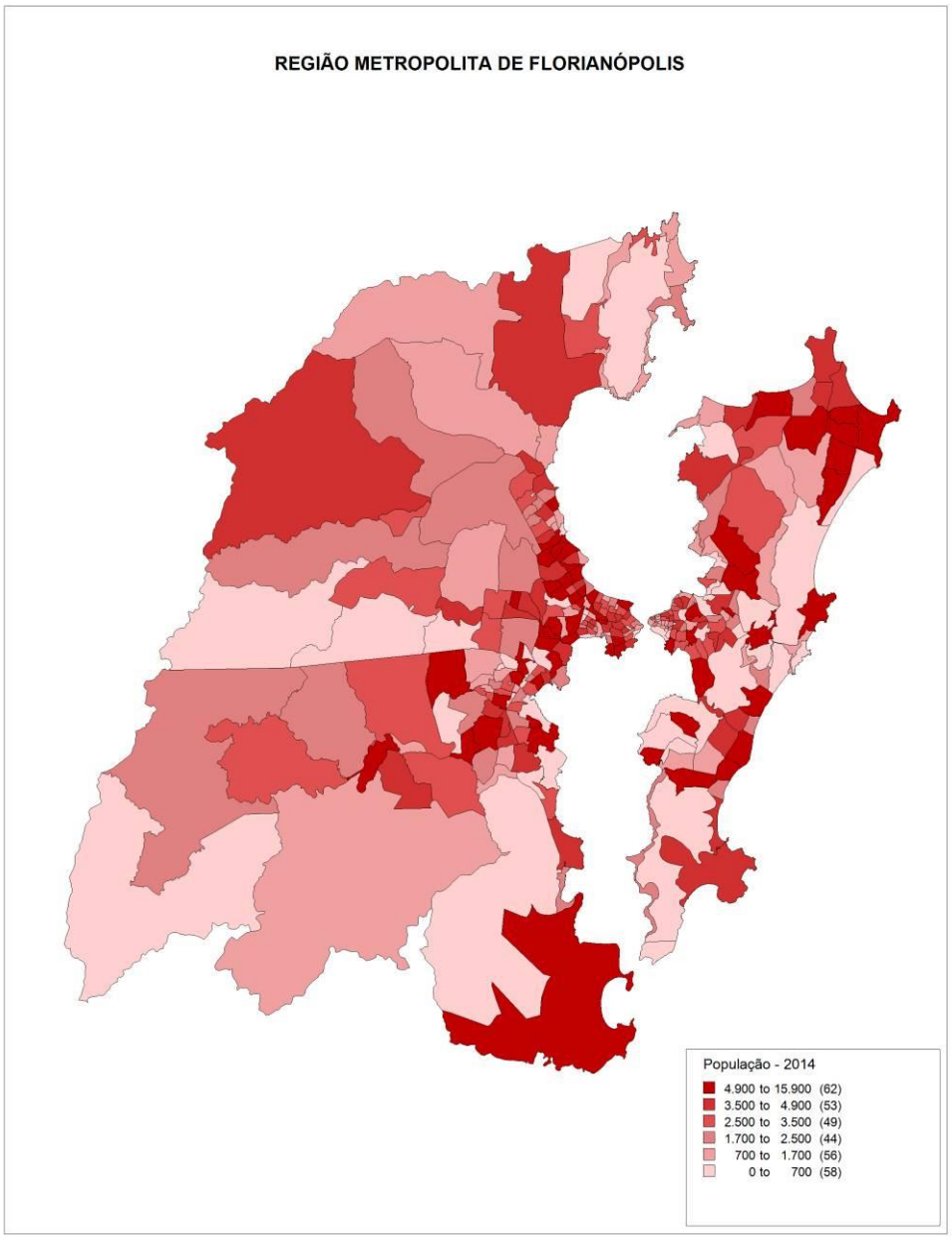


Fonte: Elaboração Própria (Base dados IBGE)

Nota-se que quatro municípios, Florianópolis, São José, Palhoça e Biguaçu, representam 94,4% da população da região metropolitana.

Na Figura 10, a seguir, é apresentada a distribuição da população pelas zonas de tráfego do PLAMUS.

Figura 10:População por Zona - 2014



Fonte: Elaboração Própria (base dados PLAMUS,2015)

5.2 Densidade demográfica

Nota-se no Quadro 3, a seguir, que entre os nove municípios da região metropolitana de Florianópolis, a densidade da população é baixa, isso se deve muito as características geográficas da região. Apenas São José tem uma densidade acima de 1000 habitantes por km^2, também explicado por ter seu relevo o que concentra a ocupação de seu território, como podemos ver na Figura 11.

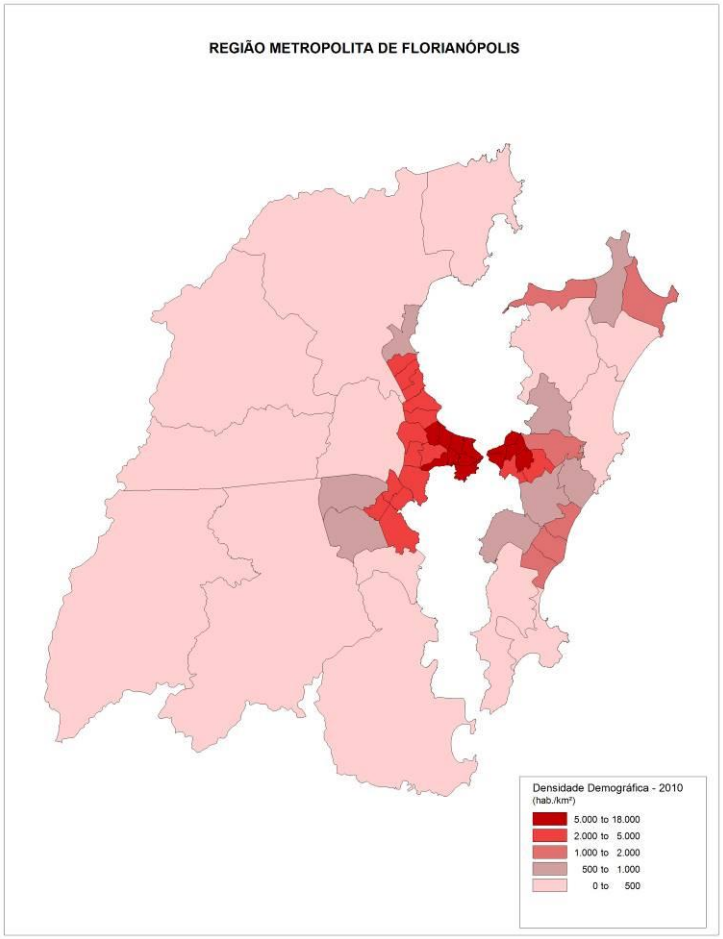
Quadro 3:Evolução da Densidade da População por Município

Municípios	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Águas Mornas	17	17	17	18	18	19	19	19	20	20
Antônio Carlos	32	32	32	34	34	35	35	36	36	36
Biguaçu	159	161	163	171	173	176	179	182	184	187
Florianópolis	624	633	642	672	684	696	708	720	731	742
Governador Celso Ramos	102	103	104	107	108	109	110	112	112	113
Palhoça	348	355	361	381	391	400	409	418	426	435
Santo Amaro da Imperatriz	58	58	59	62	63	64	65	66	67	68
São José	1.394	1.413	1.430	1.494	1.519	1.544	1.568	1.593	1.614	1.638
São Pedro de Alcântara	34	34	35	37	38	39	39	40	41	42
Total	**318**	**323**	**327**	**343**	**349**	**355**	**361**	**368**	**373**	**379**

Fonte: Elaboração Própria (Base dados IBGE)

Na Figura 11 é apresentada a densidade demográfica dos municípios pelo agrupamento de zonas para o ano de 2010.

Figura 11:Densidade Demográfica - 2010



Fonte: Elaboração Própria (base dados PLAMUS,2015)

Fica claro na Figura 11, acima, a concentração das ocupações nos centros e nas proximidades das rodovias BR-101 e BR-282.

5.3 Produto Interno Bruto -PIB

A área de estudo tem a renda concentrada nos quatro maiores municípios da RMF: Florianópolis, São José, Palhoça e Biguaçu.

O PIB da área de estudo é sua evolução é apresentado no Quadro 4 a seguir

Quadro 4:Evolução do PIB a preços correntes (R$ 1.000) por Município

Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Águas Mornas	111.462	107.704	123.094	150.494	145.819	138.402	146.847	137.159
Antônio Carlos	300.523	258.688	324.021	484.073	540.850	555.358	599.424	577.385
Biguaçu	1.001.116	1.186.477	1.338.683	1.381.738	1.558.399	1.455.244	1.523.083	1.609.123
Florianópolis	11.276.680	12.731.618	13.946.621	14.974.993	16.915.926	17.619.984	18.660.876	19.512.519
Governador Celso Ramos	128.123	143.376	159.048	182.345	214.876	243.065	267.761	296.357
Palhoça	2.685.689	3.133.473	3.846.978	3.990.380	4.694.889	5.104.686	4.375.512	4.832.015
Santo Amaro da Imperatriz	427.863	476.204	498.947	587.585	643.748	656.336	745.983	753.610
São José	5.115.255	6.043.045	6.491.228	7.661.755	8.720.751	9.102.994	9.885.438	10.131.013
São Pedro de Alcântara	41.325	43.799	49.627	52.532	57.105	68.110	73.637	71.101

Fonte: Elaboração Própria (Base dados IBGE)

A maior contribuição ao PIB vem de “demais serviços” com maior valor adicionado.

5.4 Renda

A área de estudo tem uma uniformidade quanto ao rendimento mensal dos trabalhadores nos municípios com média de cerca de 2,4 salários-mínimos por mês, apenas com Florianópolis tem um rendimento bem superior de 4,8 salários-mínimos por mês para os trabalhadores para o ano de 2017. Quanto ao PIB per capita a variação é maior, mostrando as diferenças entre o poder econômico de cada um dos municípios. O Quadro 5, a seguir, mostra os rendimentos médios e PIB per capita, para cada um dos municípios.

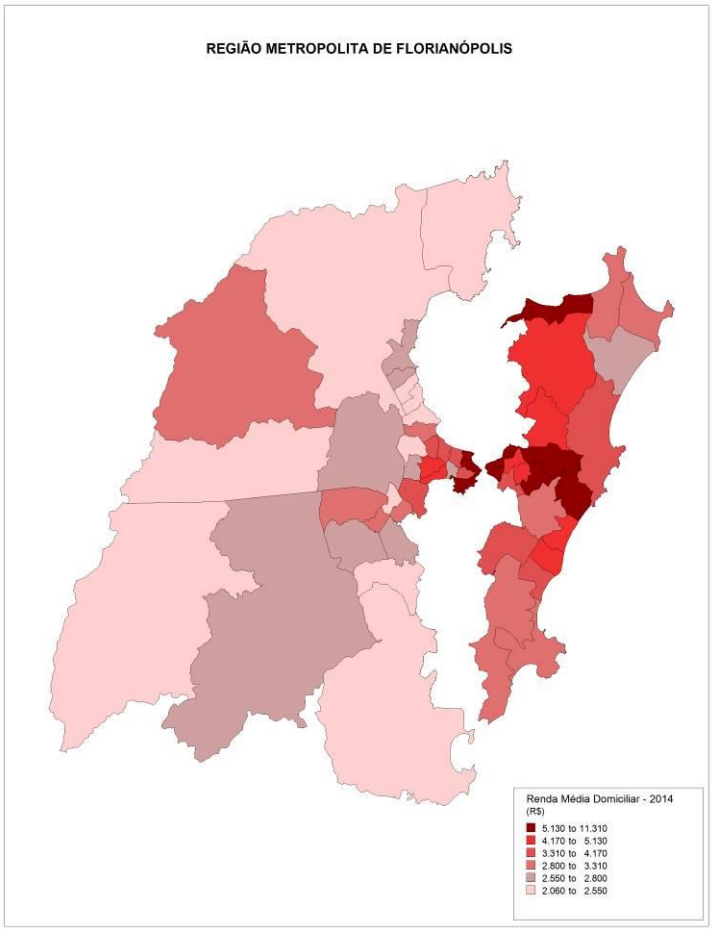
Quadro 5:Renda per Capita Mensal - 2017

Municípios	Salário médio mensal dos trabalhadores formais [2018]	PIB per capita [2017]
Águas Mornas	2,1	21.778,19
Antônio Carlos	2,7	69.338,86
Biguaçu	2,5	24.176,25
Florianópolis	4,8	40.162,60
Governador Celso Ramos	2,2	20.827,67
Palhoça	2,4	29.298,08
Santo Amaro da Imperatriz	2,2	33.332,32
São José	2,4	42.262,21
São Pedro de Alcântara	2,2	12.692,10

Fonte: Elaboração Própria (Base dados IBGE)

Quando a análise é realizada por zonas, fica mais clara a variação de cada região. Na Figura 12 a seguir observa-se as zonas mais ricas da RMF, na região central de Florianópolis, em Jurerê e nas proximidades do Centro da Lagoa. A figura a seguir mostra os rendimentos médios por domicílio, por zonas 60 do PLAMUS.

Figura 12:Renda Média Domiciliar por Zona 60 PLAMUS - 2014



Fonte: Elaboração Própria (Base dados PLAMUS, 2015)

5.5 Empregos

A área do projeto tem uma concentração dos empregos em três municípios: Florianópolis, São Jose e Palhoça. A região tem um predomínio nos empregos de serviços e uma forte atividade de comércio e atividade industrial concentra grandes atividade. O Quadro 6, a seguir, mostra o quantitativo de empregos formais para cada município.

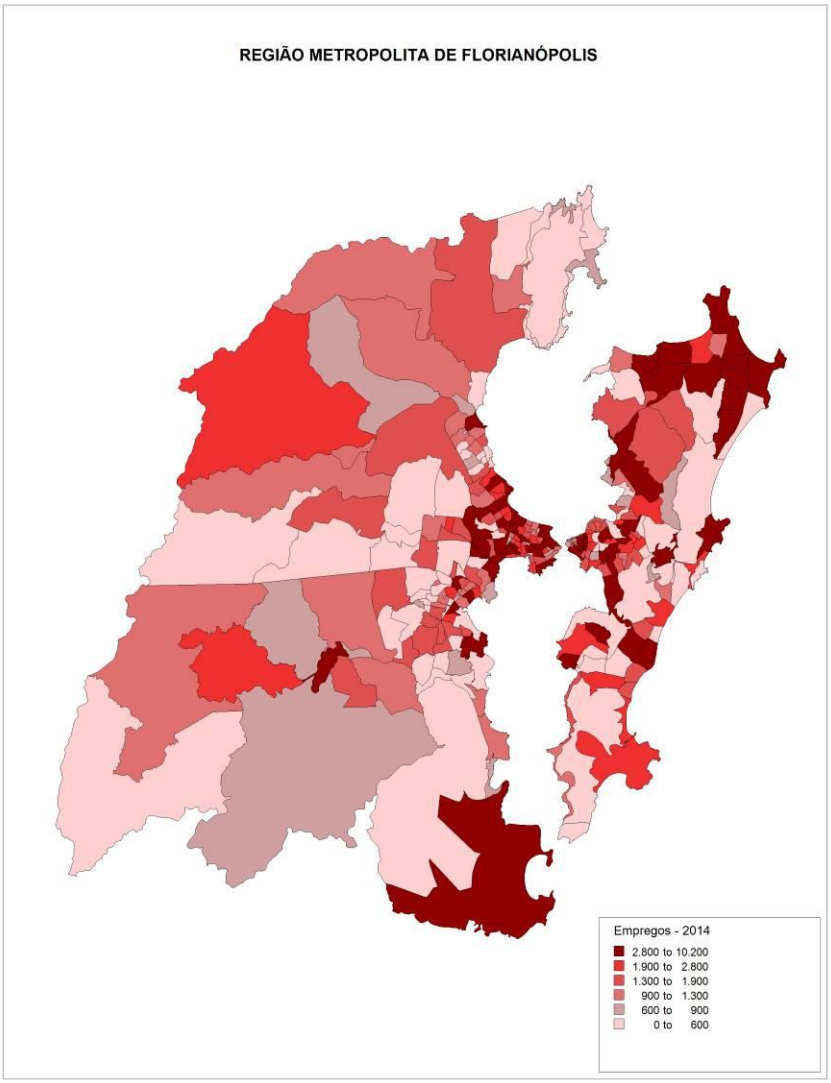
Quadro 6:Empregos Formais por Município - 2019

Municípios	Nº Emp. Formais - 1º Jan/2019
Águas Mornas	1.028
Antônio Carlos	2.480
Biguaçu	11.668
Florianópolis	183.153
Governador Celso Ramos	2.064
Palhoça	39.112
Santo Amaro da Imperatriz	4.869
São José	98.798
São Pedro de Alcântara	300

Fonte: Elaboração Própria (Base dados CAGED, 2020)

Na Figura 13, a seguir, são apresentados a distribuições de empregos por zonas para o ano de 2014, resultantes do levantamento realizado no PLAMUS.

Figura 13:Empregos - 2014



Fonte: Elaboração Própria (Base dados PLAMUS, 2015)

5.6 Matrículas

Foram levantados dados referentes de quantidade de matrículas do ensino fundamental e ensino médio dos municípios. No Quadro 7 a seguir são apresentados seus quantitativos.

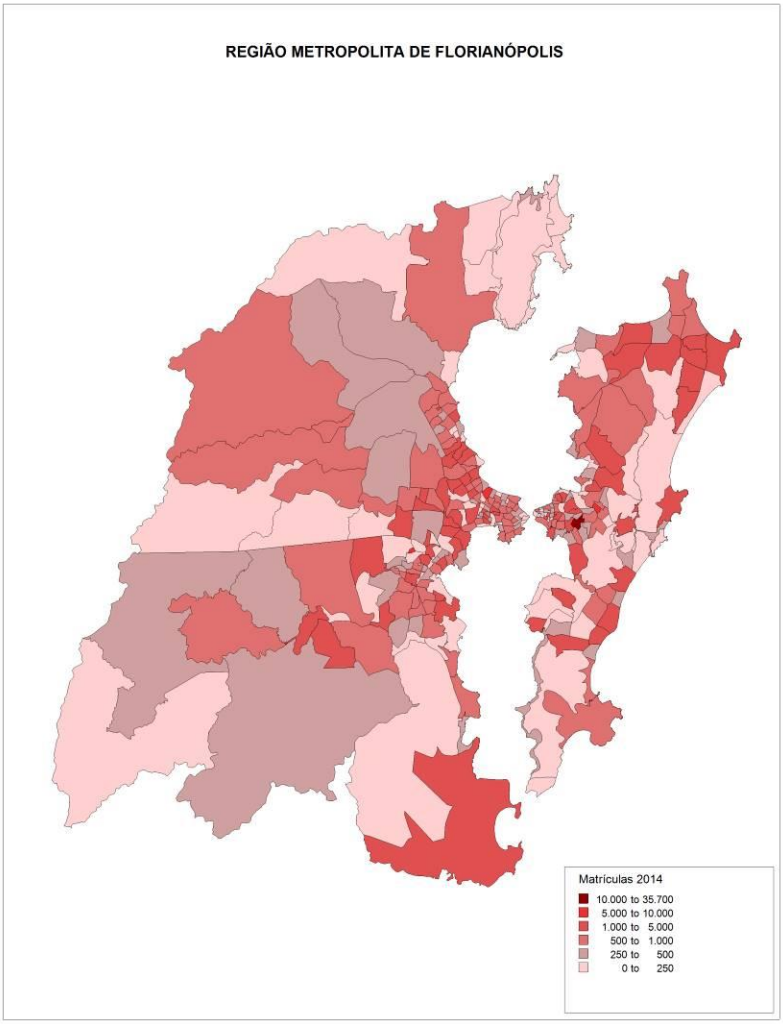
Quadro 7:Matrículas por Município

Municípios	Matrículas no ensino fundamental [2018]	Matrículas no ensino médio [2018]
Águas Mornas	715	258
Antônio Carlos	1.366	517
Biguaçu	8.177	1.968
Florianópolis	51.332	16.657
Governador Celso Ramos	1.746	451
Palhoça	23.712	5.671
Santo Amaro da Imperatriz	3.008	887
São José	27.385	7.926
São Pedro de Alcântara	687	189

Fonte: Elaboração Própria (Base dados IBGE)

Na Figura 14 a seguir são apresentadas as matrículas para cada uma das zonas de tráfego da RMF, baseados no PLAMUS.

Figura 14:Matrículas RMF por Zona



Fonte: Elaboração Própria (Base dados PLAMUS, 2015)

A distribuição das matrículas tem seu maior ponto na zona da universidade federal, o restante das zonas segue uma distribuição muito semelhante ao da população, pois geralmente os locais de realização de estudo são próximos a residência.

5.7 Frota de Veículos

Foi realizado o levantamento da série histórica da frota de veículos por município, separados em automóveis, motos e caminhões.

No Quadro 8, a seguir, são apresentados a quantidade de automóveis para cada um dos municípios.

Quadro 8:Automóveis por Município

MUNICÍPIO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
AGUAS MORNAS	1.646	1.781	1.918	2.054	2.182	2.302	2.377	2.412	2.466	2.544	2.617
ANTONIO CARLOS	2.299	2.463	2.668	2.818	2.986	3.103	3.226	3.376	3.516	3.641	3.691
BIGUACU	15.800	17.570	18.381	19.744	21.104	22.382	23.177	24.102	24.975	26.197	27.395
FLORIANOPOLIS	181.210	190.064	198.705	206.845	212.347	215.941	218.747	222.356	226.784	230.367	231.310
GOVERNADOR CELSO RAMOS	2.729	2.927	3.217	3.418	3.653	3.881	4.037	4.256	4.511	4.971	5.180
PALHOCA	38.654	42.691	46.366	50.551	54.359	57.755	60.789	64.124	67.639	71.641	73.641
SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	6.181	6.679	7.265	7.775	8.267	8.764	9.132	9.504	9.913	10.343	10.667
SAO JOSE	70.171	74.697	79.387	83.660	87.145	90.149	93.713	97.234	100.286	103.260	104.190
SAO PEDRO DE ALCANTARA	1.108	1.157	1.269	1.335	1.377	1.444	1.466	1.509	1.534	1.575	1.630

Fonte: Elaboração Própria (Base dados Denatran – dados até setembro de 2020)

No Quadro 9, a seguir, são apresentados a quantidade de motos para cada um dos municípios.

Quadro 9:Motos por Município

MUNICÍPIO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
AGUAS MORNAS	846	861	886	939	980	1.010	1.010	1.026	1.047	1.024	1.029
ANTONIO CARLOS	1.317	1.323	1.395	1.472	1.520	1.557	1.599	1.571	1.555	1.569	1.613
BIGUACU	7.092	7.584	7.941	8.247	8.623	9.014	9.148	9.287	9.429	9.729	9.893
FLORIANOPOLIS	35.016	37.917	39.661	41.553	43.168	45.083	46.174	47.424	48.703	50.326	51.139
GOVERNADOR CELSO RAMOS	1.185	1.263	1.321	1.356	1.393	1.428	1.439	1.451	1.472	1.570	1.652
PALHOCA	15.235	16.278	17.140	18.021	18.996	19.828	20.680	21.654	22.645	23.661	24.454
SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	2.743	2.881	3.005	3.124	3.229	3.367	3.445	3.545	3.686	3.789	3.829
SAO JOSE	21.908	23.508	25.304	26.389	27.728	28.633	29.175	29.774	30.716	32.108	33.000
SAO PEDRO DE ALCANTARA	578	605	613	621	632	652	641	640	664	670	683

Fonte: Elaboração Própria (Base dados Denatran – dados até setembro de 2020)

No Quadro 10, a seguir, são apresentados a quantidade de caminhões, computados os caminhões e os caminhões tratores para cada um dos municípios.

Quadro 10:Caminhões por Município

MUNICÍPIO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
AGUAS MORNAS	252	269	279	289	296	307	323	329	330	344	350
ANTONIO CARLOS	612	635	640	689	734	773	784	788	797	842	835
BIGUACU	1.062	1.128	1.210	1.284	1.461	1.565	1.633	1.671	1.729	1.775	1.839
FLORIANOPOLIS	3.506	3.620	3.751	3.794	4.006	4.114	4.131	4.140	4.126	4.201	4.240
GOVERNADOR CELSO RAMOS	165	169	177	167	177	189	187	195	234	239	248
PALHOCA	2.151	2.328	2.512	2.653	2.817	2.863	2.929	3.003	3.140	3.292	3.394
SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	688	699	720	743	755	763	767	786	790	811	818
SAO JOSE	3.770	3.929	4.039	4.240	4.311	4.228	4.113	4.134	4.027	4.038	4.014
SAO PEDRO DE ALCANTARA	117	118	130	139	150	157	164	165	165	164	170

Fonte: Elaboração Própria (Base dados Denatran – dados até setembro de 2020)

Para avaliar a taxa de motorização foi efetuada a soma de autos e motos e dividida pela população para cada um dos municípios, apresentado no quadro a seguir. A maior parte dos municípios tem uma alta taxa de motorização, o que facilita os deslocamentos por transporte individual, já que uma boa parte dos habitantes tem acesso aos veículos.

No Quadro 11, a seguir são apresentados a taxa de veículos (autos e motos) por habitantes em cada um dos municípios.

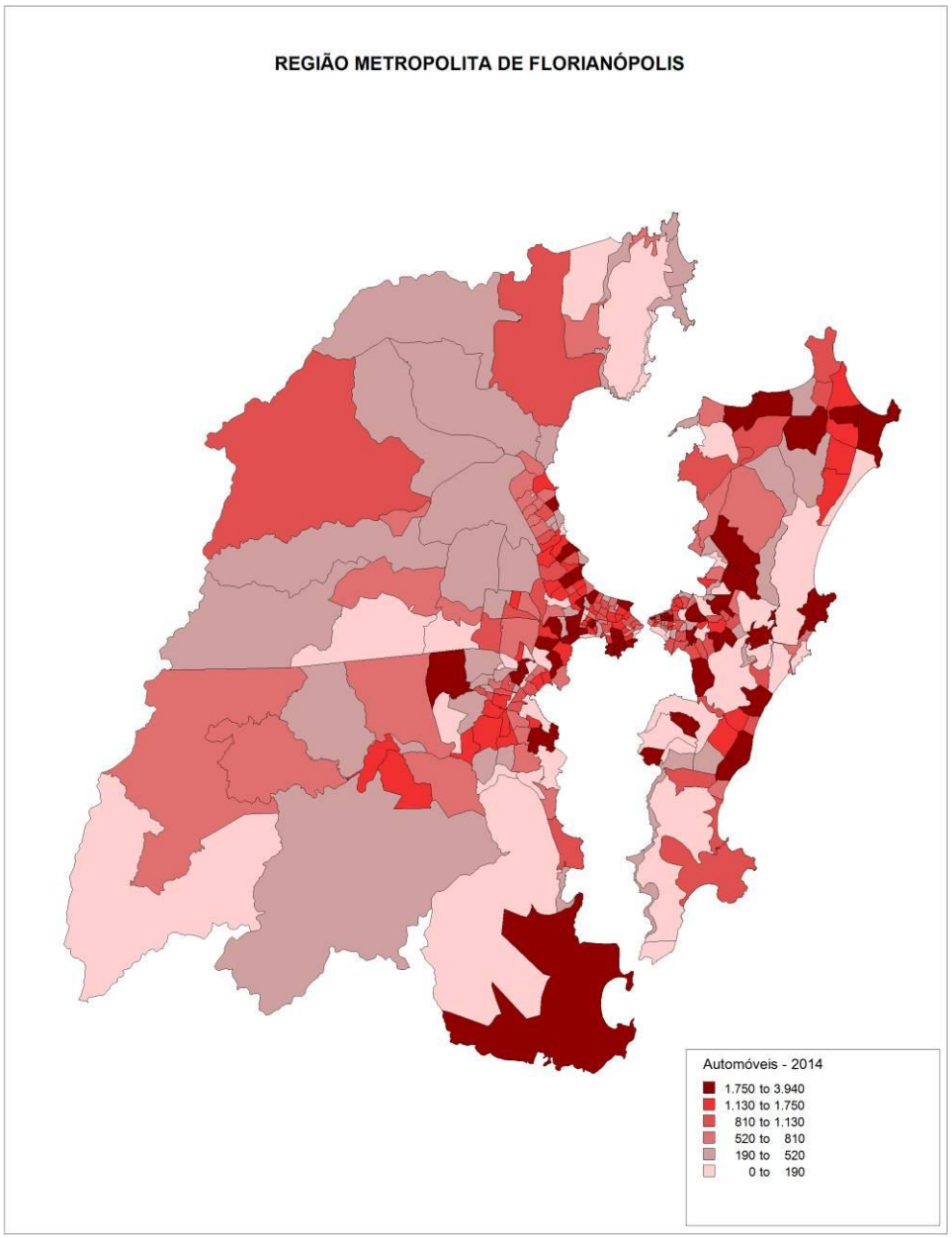
Quadro 11:Veículos por Habitante

MUNICÍPIO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
AGUAS MORNAS	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56
ANTONIO CARLOS	0,48	0,50	0,53	0,54	0,56	0,57	0,59	0,59	0,60	0,61	0,62
BIGUACU	0,39	0,43	0,44	0,45	0,47	0,49	0,49	0,50	0,51	0,52	0,54
FLORIANOPOLIS	0,51	0,53	0,55	0,55	0,55	0,56	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56
GOVERNADOR CELSO RAMOS	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,39	0,40	0,42	0,45	0,47
PALHOCA	0,39	0,42	0,45	0,46	0,48	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56
SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	0,45	0,48	0,51	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,59	0,61	0,61
SAO JOSE	0,44	0,46	0,49	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55
SAO PEDRO DE ALCANTARA	0,36	0,37	0,39	0,38	0,38	0,39	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39

Fonte: Elaboração Própria (Base dados Denatran e IBGE)

Na Figura 15, a seguir, são apresentados a distribuição de posse de automóveis por zona de tráfego segundo os dados do PLAMUS.

Figura 15:Automóveis por Zona de Tráfego – 2014



Fonte: Elaboração Própria (Base dados PLAMUS, 2015)

6. O Modelo de Previsão de Demanda

6.1 Modelagem de Quatro Etapas

O Modelo de Quatro Etapas consiste numa metodologia amplamente utilizada no planejamento de sistemas de transporte e para a qual são oferecidas várias ferramentas de processamento, sendo que no presente estudo é adotado o software VISUM.

Inicialmente, a implementação deste modelo consiste em sistematizar a área de estudo pela representação em rede dos seus elementos, que são os seguintes:

- Zonas de Tráfego ou centroides – representando unidades homogêneas de áreas em nível de vizinhança (quadras, bairros) que são polos geradores de viagem da área de estudo.
- Trechos ou links – representando as vias de movimentação de veículos e pessoas.
- Nós – representando as extremidades dos trechos.
- Viagem – são os deslocamentos realizados por passageiros e veículos

Estes elementos têm atributos característicos que definem o padrão de acessibilidade e mobilidade da área de estudo aqui considerada como a Região Metropolitana de Florianópolis. Os dados socioeconômicos e geográficos de localização, população, emprego, renda, produção e matrículas escolares e área são os atributos que tipificam as zonas de tráfego. Além destes atributos, as zonas de tráfego, que são polos geradores de tráfego, se caracterizam pela quantidade de viagens produzidas e atraídas dentro de sua área geográfica.

As viagens, que têm origem e destino em zonas de tráfego, são alocadas aos trechos (ruas, rodovias, hidrovias, calçadas) que têm como atributos característicos desta funcionalidade, tais como localização, extensão, volume de veículos e passageiros alocados por intervalo de tempo, nível de serviço (velocidade, tempo de percurso), custo e preço. Os nós têm função múltipla pois representam tanto as interseções entre vias, quantos os pontos de conexão e terminais de transbordo entre modos de transporte, tais como ponto de ônibus e terminais rodoviários e portuários a serem simulados. Além dos mesmos atributos característicos aos trechos, somam-se aos nós os tempos de espera e as filas decorrentes dos tempos de serviço e processamento que ocorrem nestas intersecções tais como intervalos de frequência entre veículos, semaforizações, tempos de embarque e desembarque. Em geral, as viagens podem ser de forma não motorizada (a pé, bicicleta) ou motorizada (em automóveis, ônibus, caminhões e embarcações). Cabe citar que os veículos também possuem o atributo característico de capacidade tanto no que se refere a passageiros quanto no que se refere a carga transportada. O conjunto de elementos e respectivos atributos listados acima, quando arranjados de forma funcional, configuram o sistema de controle fluxo e tráfego, que

ordenam e disciplinam a operação harmônica dos vários elementos descritos para o atendimento das viagens.

As viagens conforme consideradas neste estudo podem ser caracterizadas pelo seu modo e pelo seu motivo. O modo da viagem identifica a opção que o usuário faz para o meio de deslocamento, dentro dos recursos, finalidades e preferências que dispõe, os modos ora adotados se referem ao transporte coletivo (ônibus, embarcações) para passageiros e ao transporte individual (automóvel, motocicleta e carga). O motivo da viagem indica a base da viagem residencial e não-residencial e a finalidade do deslocamento fora do âmbito residencial. Tais viagens são definidas pelo motivo trabalho, estudo, compras, saúde, negócios e lazer, para viagens pessoais, bem como coleta, suprimento e distribuição para o caso de cargas.

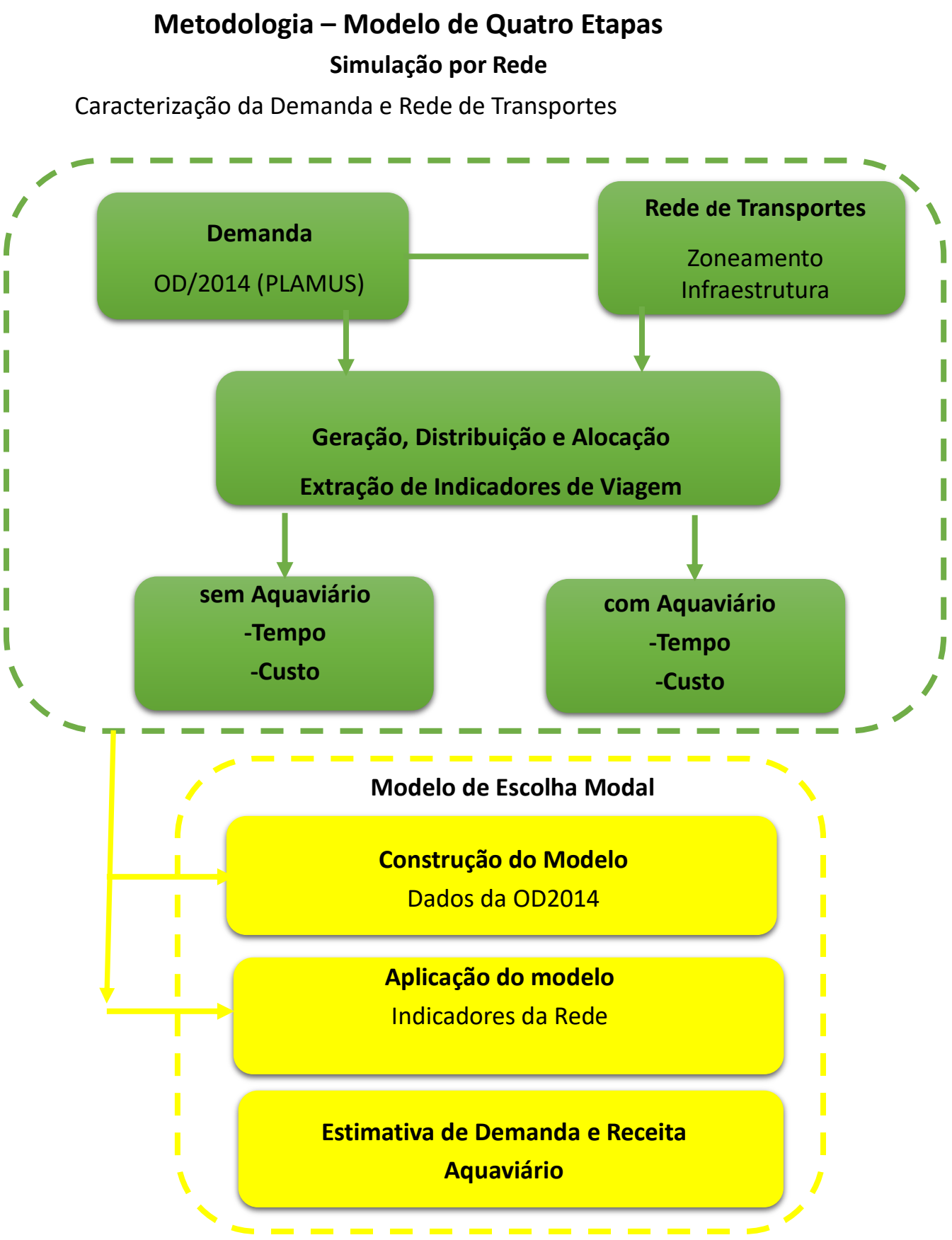
Conforme exposto na Figura 16, o processo de modelagem adotado se desenvolve em duas fases. Durante a fase de simulação por rede, foram calibradas as etapas de geração, distribuição e alocação de viagens de forma a replicar o estado de carregamento atual da rede produzir indicadores de tempo e custo de viagem ajustados para a situação presente.

Os atributos de tempo e custo de viagem obtidos na fase de simulação de rede são utilizados para alimentar um modelo de divisão modal de viagens, calibrado a partir das escolhas existentes na matriz de origem e destino de viagens. Este procedimento envolveu a determinação dos caminhos atuais da demanda de transporte coletivo e individual e a simulação dos caminhos alternativos possíveis com a introdução do sistema de rotas aquaviárias planejado.

A fase de divisão modal foi então implementada por intermédio do ajustamento de um modelo logit condicional desagregado em que são determinadas as funções de utilidade de viagens para o segmento de demanda que utiliza tanto transporte individual quanto transporte coletivo.

A Figura 16, a seguir. ilustra a metodologia adotada.

Figura 16:Metodologia Adotada (elaboração própria)

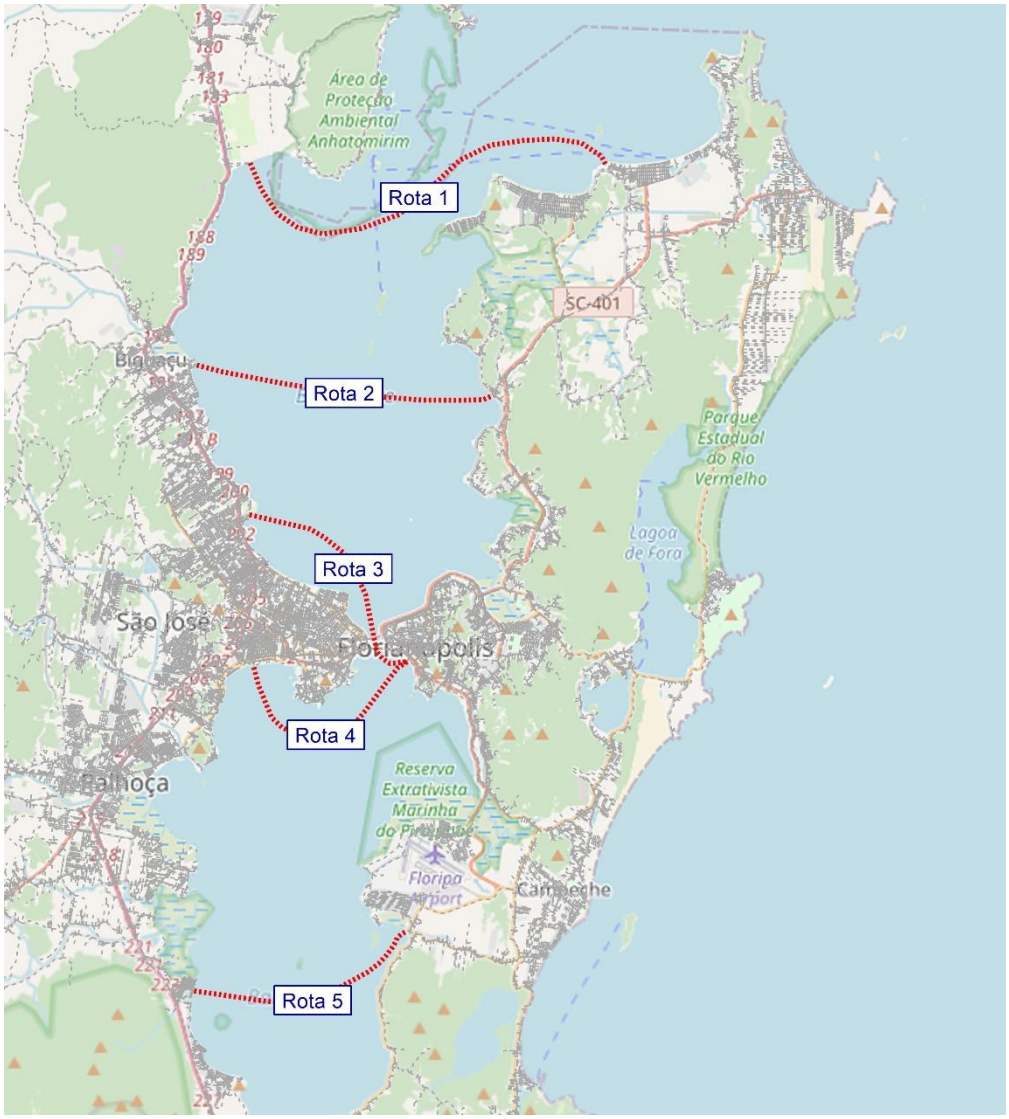


6.2 Escolha Modal e Rotas Aquaviárias

A simulação das rotas se realizou em duas etapas básicas, inicialmente foram simuladas análises de links selecionados (“select link analysis”) de todas as 5 rotas aquaviárias que foram definidas como objeto do presente estudo e calculada a demanda potencial das rotas. Posteriormente, foi aplicado um modelo logit condicional para determinação do efeito das restrições operacionais - a saber: tarifa e tempo de serviço no sistema aquaviário - sobre a demanda para determinação dos volumes utilizados para projeto. Cumpre mencionar que nas rotas 1 e 5 são simulados os carregamentos de pedestres e automóveis e as rotas 2, 3, e 4 simulados exclusivamente os carregamentos de pedestres.

Na Figura 17 a seguir é apresentada a configuração das rotas simuladas para o Sistema Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis.

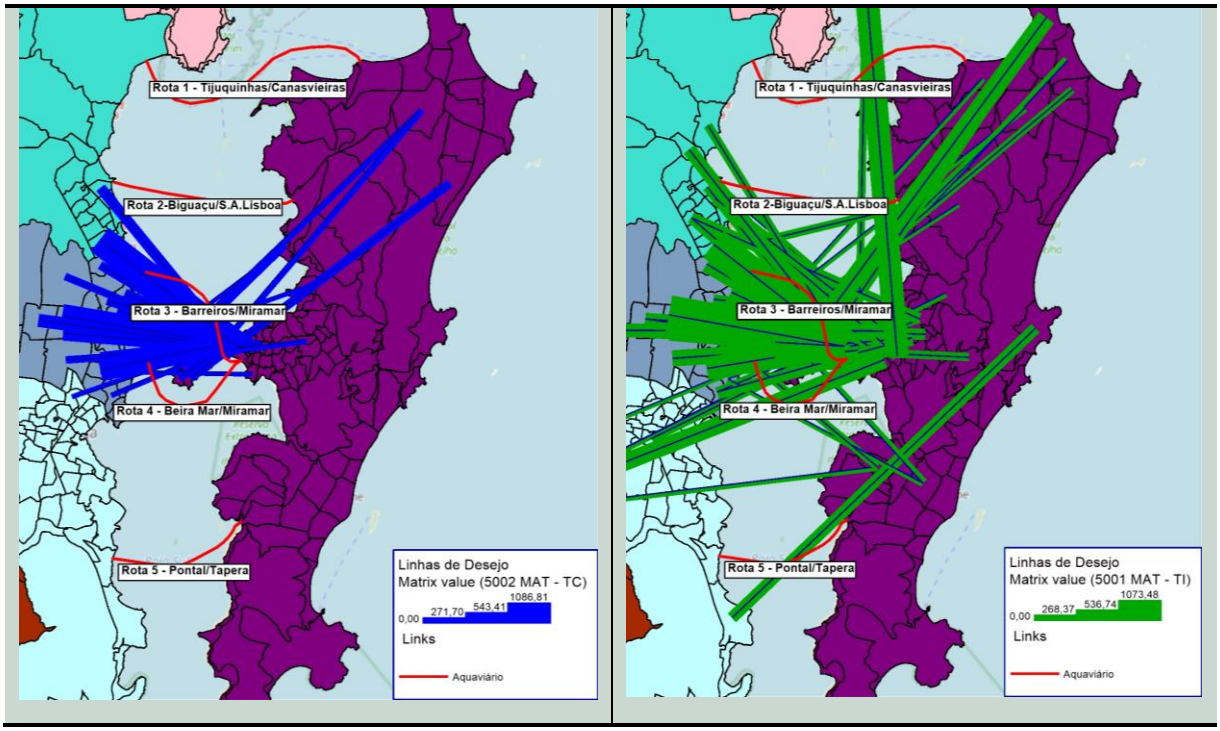
Figura 17:Configuração das rotas simuladas para o Sistema Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis



Fonte: Elaboração própria.

O processo “select link analysis” consiste na determinação das linhas de desejo de possíveis usuários das rotas de barcas para a posterior aplicação do modelo logit condicional a fim de determinar a probabilidade de escolha das rotas para substituírem suas viagens atuais. Na Figura 18, a seguir, ilustram-se estas linhas de desejo para transporte coletivo e transporte individual e carga. Nota-se a grande concentração de viagens no eixo dos sistemas de ponte, o que restringe a escolha atual para as rotas que atendem as linhas de desejo direcionadas ao centro de Florianópolis. Nas seções seguintes se detalham as etapas de modelagem de rede.

Figura 18:Linhas de Desejo de Viagem por Transporte Coletivo e Individual



Fonte: Elaboração própria.

7. Sistematização dos Dados de Entrada e Simulação

7.1 PLAMUS 2015

O Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis, PLAMUS 2015, é um importante elemento de análise da mobilidade urbana da região. Sua realização foi um trabalho conjunto entre o Governo do Estado de Santa Catarina, consultores, prefeituras, órgãos públicos e a comunidade local.

Foi realizado um vasto trabalho de caracterização de toda a região, com levantamento, pesquisas e análises visando a melhoria da mobilidade urbana de maneira sustentável. Alguns elementos produzidos durante este processo são extremamente importantes para a realização do presente trabalho que visa uma pré-análise da viabilidade do sistema aquaviário, são eles a Matriz Origem e Destino e a rede de transportes.

A Matriz Origem e Destino é o resultado de pesquisa domiciliar, que realizou o levantamento dos deslocamentos dos entrevistados e através de expansões e ajustes consegue representar, fielmente, o comportamento da população na área de estudo. Com esta pesquisa é possível estabelecer as quantidades de viagens, assim como os seus modos, motivos e horário de realização.

A rede de transporte é um elemento que retrata a infraestrutura de transporte da região, e com ela é possível analisar o comportamento da demanda ao utilizar a mesma. Com a alocação da demanda na rede de transporte, utilizando os softwares de planejamento de transporte, é possível extrair indicadores que definem o comportamento da viagem, como custo, tempo e maneira que esta viagem é realizada.

O Estudo de Demanda levantou dados quantitativos e qualitativos da demanda por transporte na região metropolitana de Florianópolis e, a partir destes, visando a estimação do comportamento da demanda por transportes de passageiros e carga frente as alterações na infraestrutura e operação de transporte, ao longo de todo o período de análise.

7.2 Matrizes provenientes do PLAMUS 2015

Para a realização do estudo de demanda foram utilizadas as matrizes desenvolvidas no PLAMUS, como vimos no item anterior, elas são fruto da pesquisa domiciliar realizada, captando os deslocamentos realizados pela população local.

Foram realizadas entrevistas em quase 5.500 domicílios, onde foram realizadas coletas de dados sobre deslocamentos e dados socioeconômicos. Os domicílios foram sorteados através de método científico e depois expandidos em três etapas: primeiramente foi expandido o número de domicílios, depois a população e na última etapa as viagens são ajustadas as contagens volumétricas realizadas.

As pesquisas foram realizadas em 2014 e 2015 e foram desenvolvidas as matrizes de transporte privado e de transporte público para os anos de 2014, 2020, 2030 e 2040 através de projeções das variáveis explicativas de demanda, como população, matrículas, empregos etc.

Da pesquisa OD também podem ser extraídos dados do transporte ativo, como os deslocamentos através de bicicletas, que tem crescido consideravelmente nas cidades brasileiras.

7.3 Dados da Prefeitura de Florianópolis

Para contribuir com os atuais estudos, a prefeitura de Florianópolis forneceu dados sobre o sistema de transporte coletivo do município entre 2015 e 2020, como o ano de 2020 não está completo, por ser o ano vigente, foi prontamente descartado. Com estes dados é possível aferir o comportamento do sistema de transporte coletivo no período, obtendo além da demanda as participações dos tipos de pagamento dos usuários do sistema.

Os dados de estatísticas do sistema de transporte coletivo do município de Florianópolis são apresentados no Quadro 12, a seguir.

Quadro 12:Estatística do Sistema de Transporte Coletivo de Florianópolis

Ano	Pagantes	INT	Cidadão	Escolar	Vale Transp.	Outros	Total Pass.
2015	16.999.818	3.771.076	6.458.436	8.210.734	20.186.673	4.599.401	63.096.446
2016	34.238.586	7.416.548	12.208.580	16.887.468	39.489.826	9.606.719	125.089.773
2017	16.109.741	3.592.875	5.500.996	8.699.400	18.870.468	5.198.174	61.659.358
2018	39.917.189	9.617.708	14.082.922	22.844.670	50.886.329	14.425.137	163.686.898
2019	53.402.923	13.247.692	18.932.555	31.451.174	70.686.448	21.417.075	226.255.912

Fonte: Elaboração Própria (base dos dados fornecido pela Prefeitura de Florianópolis)

7.4 Dados Complementares – Matriz de Carga

Foram fornecidos dados do transporte de carga obtidos no modelo SAR/CUBE, que retrata a volumetria dos caminhões que entram em Florianópolis. Estes volumes ajudam na complementação do que foi levantado no PLAMUS.

Para a estimativa de carga foi necessário gerar uma matriz através de dados existentes, já que ao contrário do transporte individual e coletivo não foi criada uma matriz de cargas no PLAMUS.

O volume de cargas entre Continente e Ilha foi medido através das contagens volumétricas no sistema de pontes realizadas durante a realização do PLAMUS em 2014. No Quadro 13, a seguir, é apresentada os resultados de contagem:

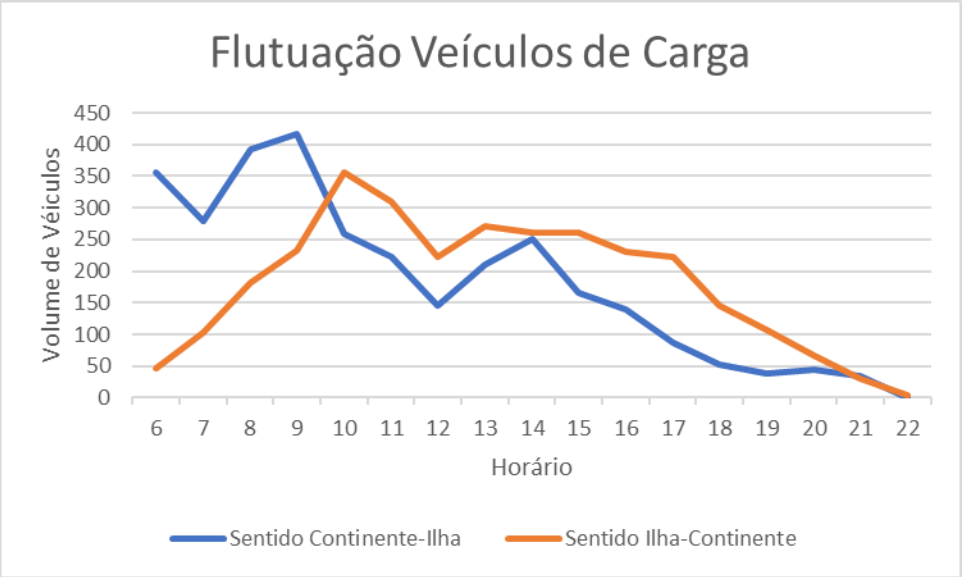
Quadro 13:Contagem de Veículos de Carga nas Pontes

HORA	Sentido Continente-Ilha		Sentido Ilha-Continente	
	2E	3E+	2E	3E+
6	327	29	38	9
7	270	10	57	46
8	365	27	82	100
9	388	28	127	106
10	166	93	248	107
11	137	85	199	111
12	76	69	172	50
13	138	72	185	85
14	222	28	168	92
15	143	22	174	87
16	113	27	149	81
17	78	9	163	60
18	51	2	109	37
19	38	1	91	16
20	41	4	51	15
21	28	7	20	10
22	0	0	2	1
Total	2581	513	2035	1013

Fonte: Elaboração Própria (base de dados do PLAMUS,2015)

Na Figura 19, a seguir, é apresentada a flutuação dos veículos de carga que passam pelas pontes.

Figura 19:Flutuação Horária de Veículos de Carga nas Pontes



Fonte: Elaboração Própria (base de dados do PLAMUS,2015)

Para a distribuição do fluxo e possibilitar a criação de uma matriz de carga para alocação no modelo, foram utilizados os dados estimados pelo Plamus de fluxo em cada uma das regiões da ilha e os dados de estimativa de fluxo no continente de estudo de modelagem realizado no SAR/CUBE. O Quadro 14, a seguir, mostra a estimativa de atração de viagem para cada uma das regiões da ilha e sua participação nas viagens totais.

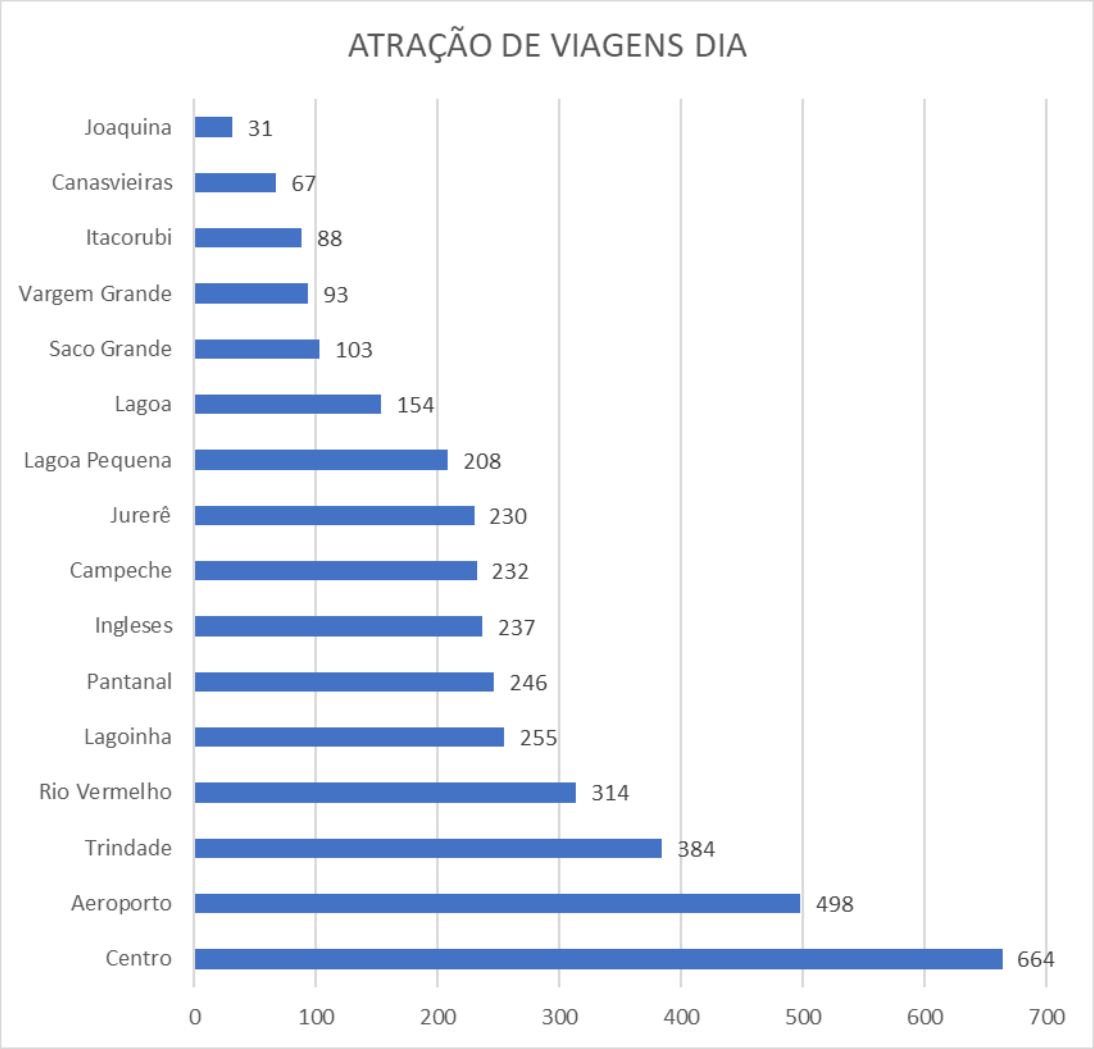
Quadro 14:Estimativa de Fluxo de Caminhões por Região

REGIÃO	ATRAÇÃO DE VIAGENS DIA	%
Centro	664	17,5%
Aeroporto	498	13,1%
Trindade	384	10,1%
Rio Vermelho	314	8,3%
Lagoinha	255	6,7%
Pantanal	246	6,5%
Ingleses	237	6,2%
Campeche	232	6,1%
Jurerê	230	6,0%
Lagoa Pequena	208	5,5%
Lagoa	154	4,0%
Saco Grande	103	2,7%
Vargem Grande	93	2,4%
Itacorubi	88	2,3%
Canasvieiras	67	1,8%
Joaquina	31	0,8%

Fonte: Elaboração Própria (base de dados do PLAMUS,2015)

A Figura 20, a seguir, mostra a estimativa de atração de viagem para cada uma das regiões da ilha.

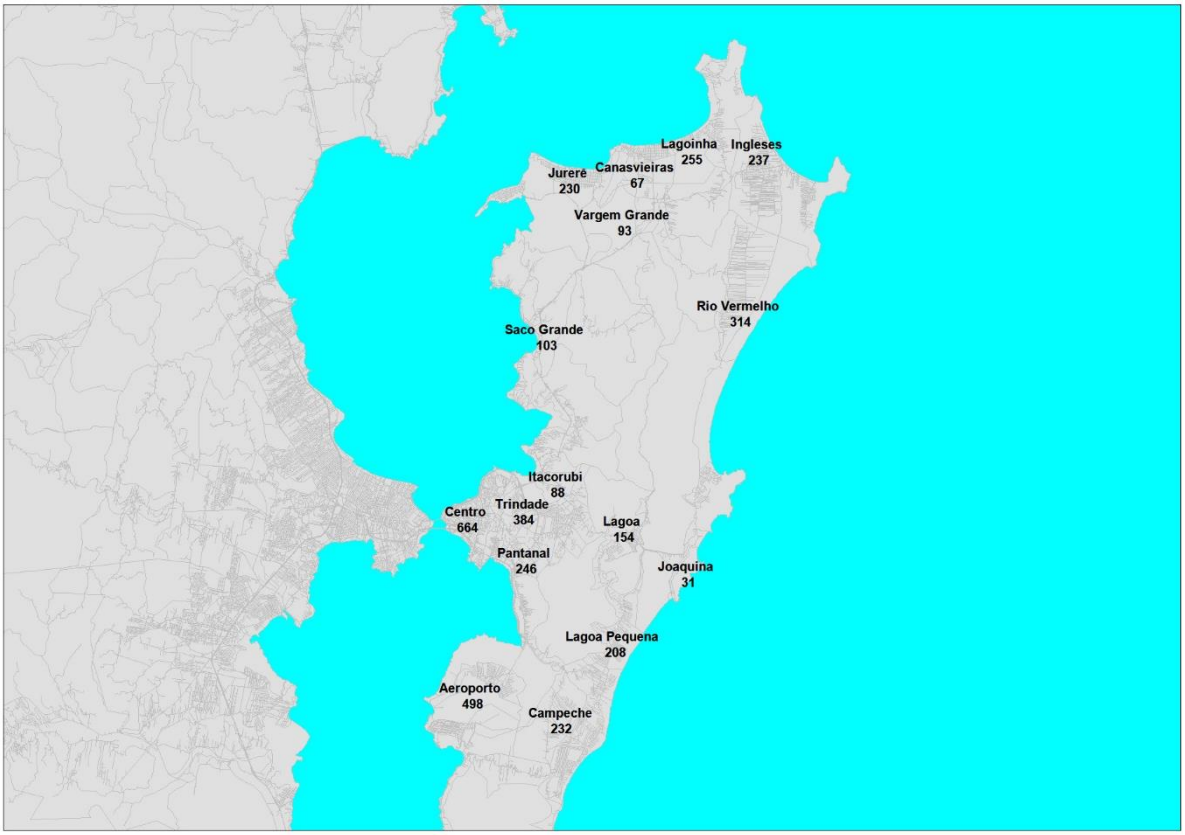
Figura 20:Estimativa de Fluxo de Caminhões por Região



Fonte: Elaboração Própria (base de dados do PLAMUS,2015)

Na Figura 21, a seguir, é apresentada a distribuição espacial dos fluxos de carga.

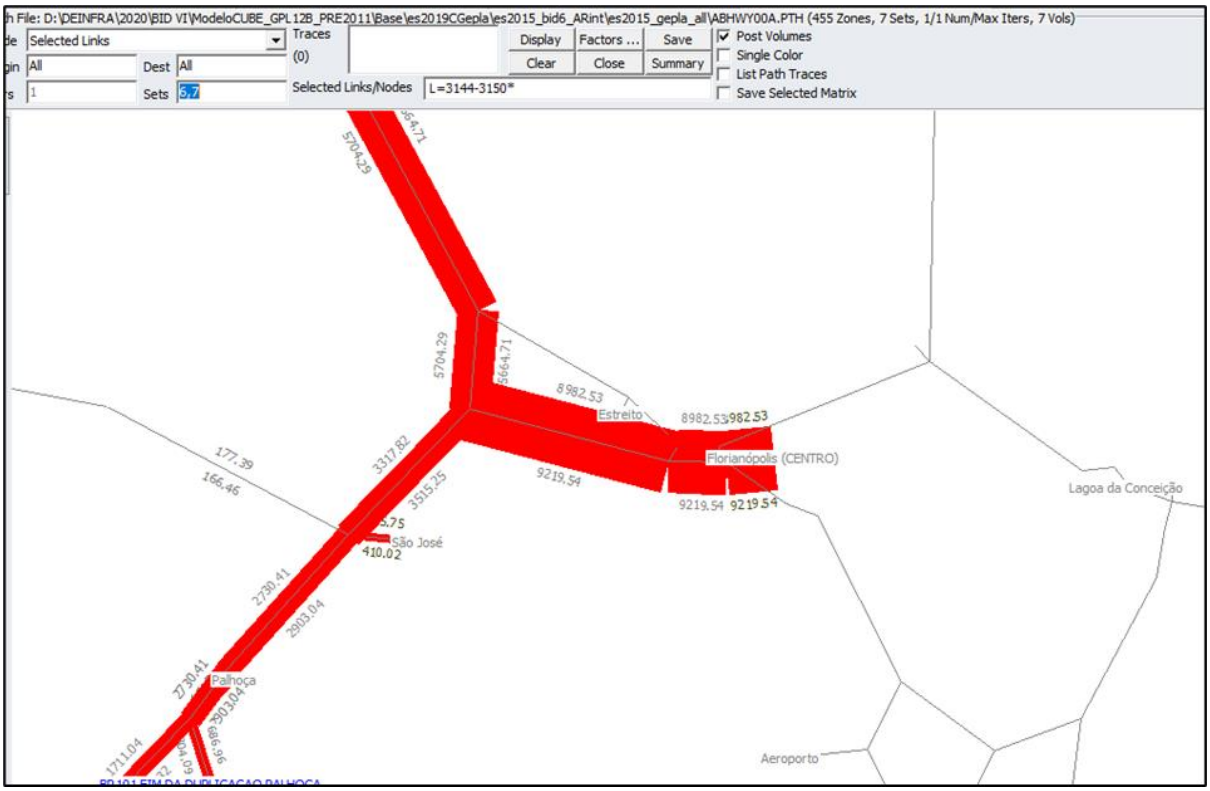
Figura 21:Estimativa de Fluxo de Caminhões por Região



Fonte: Elaboração Própria (base de dados do PLAMUS,2015)

Os dados do transporte de carga obtidos no modelo SAR/CUBE, que retrata a volumetria dos caminhões que entram e saem de Florianópolis. Conforme exposto na Figura 22, os dados fornecidos fazem parte de um modelo simplificado quanto as zonas de tráfego, onde Florianópolis é representado por uma única zona representando tanto a parte continental quanto insular. Estes volumes complementaram os dados obtidos no PLAMUS.

Figura 22:Dados Modelo SAR/Cube



Fonte: Modelo de análise de rede SAR/CUBE

Fazendo a análise em conjunto com os dados das contagens do Plamus, nota-se que dos 9 mil veículos por sentido, 6 mil ficam na porção continental de Florianópolis e 3 mil atravessam o sistema de pontes em cada um dos sentidos, como mostrado nas contagens de tráfego.

Com base no modelo foi extraída a proporção de distribuição de viagens da parte continental, considerando as regiões de São José Centro, São José Oeste, Palhoça, parte Norte da BR101 e parte Sul da BR101, conforme exposto no Quadro 15.

Quadro 15:Dados de Viagens de Carga no Modelo SAR/Cube

REGIÃO	ATRAÇÃO DE VIAGENS DIA	%
São Jose Centro	410	5%
Palhoça	1000	11%
BR101 SUL	1700	19%
São Jose Oeste	170	2%
BR101 Norte	5700	63%

Fonte: Elaboração Própria (base de dados Modelo de análise de rede SAR/CUBE)

Com a junção das duas fontes de dados foi possível efetuar a distribuição com base nas proporções de viagens de cada uma das zonas gerando as matrizes para cada um dos períodos de análise, hora pico da manhã (HPM), hora pico da tarde (HPT) e Entre-Picos (EP).

8. Modelo de Alocação em Rede

No presente estudo foi utilizado o Software Visum, da empresa alemã PTV Group. Sua aplicação é realizada em diversos projetos de planejamento de transportes, sejam de empresas privadas ou do setor público e amplamente difundido no setor acadêmico.

O PTV Visum é um modelo multimodal, destinado a Macro simulação de sistemas de transportes, capaz de reproduzir o uso da oferta (de infraestrutura viária e de transporte coletivo) pela demanda (pedestres e veículos). Representa consistentemente todas as modalidades de transporte, especialistas em transportes usam o Visum para modelar redes de transporte e demanda de viagens, analisar os fluxos de tráfego esperados, planejar serviços de transporte público e desenvolver estratégias e soluções avançadas de transporte. Dotado de opções para a representação completa dos modelos de demanda (4-etapas ou de atividades) e dos modelos de alocação, dispõe de algoritmos específicos para cada tipo de aplicação, urbana ou regional, passageiros ou carga, transporte individual ou coletivo. Se destaca no Visum a emissões de relatórios tanto por meio de tabelas, quanto graficamente facilitando as análises da infraestrutura de transportes, com mapas de nível de serviço e capacidades tanto das vias quanto do sistema de transporte coletivo e a capacidade de simular complexas políticas tarifárias, dando insumo para decisões para melhoria na mobilidade urbana. Sua interface gráfica é capaz de reproduzir todas as análises através dos dados georreferenciados, facilitando a visualização dos resultados e consequentemente a tomadas de decisão.

O estudo de Demanda, como já foi destacado, foi baseado em dados dos estudos do PLAMUS e levantamentos complementares realizados para a melhor caracterização do sistema de transporte. Trabalho de levantamento realizado em conjunto com os consultores do BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) e o Governo de Santa Catarina, através da cooperação técnica.

8.1 Zoneamento

O zoneamento de tráfego para o modelo de simulação de transporte, em geral, busca acompanhar as divisões políticas e ou geográficas, os zoneamentos utilizados por órgãos de gestão de informações socioeconômicas, e utilizados nas pesquisas domiciliares de origem e destino de viagens, mantendo-se, desta forma, a coerência com estudos anteriores e garantindo a validade estatística das informações. Em estudos urbanos, comumente é utilizado o agrupamento de setores censitários para a formação das zonas, pois os levantamentos realizados no censo são muito importantes para a caracterização espacial e socioeconômica dos municípios. Seu maior detalhamento é maior conforme a interferência na área de estudo. Para o presente estudo foi mantido o zoneamento definido no PLAMUS.

O zoneamento de tráfego foi efetuado subdividindo-se essas áreas em zonas de análise, os 13 municípios da grande Florianópolis foram divididos em 327 zonas e foram utilizadas 4 zonas externas para representar as entradas e saídas da área de estudo.

No Quadro 16, a seguir, é apresentada com a quantidade de zonas por municípios da Grande Florianópolis.

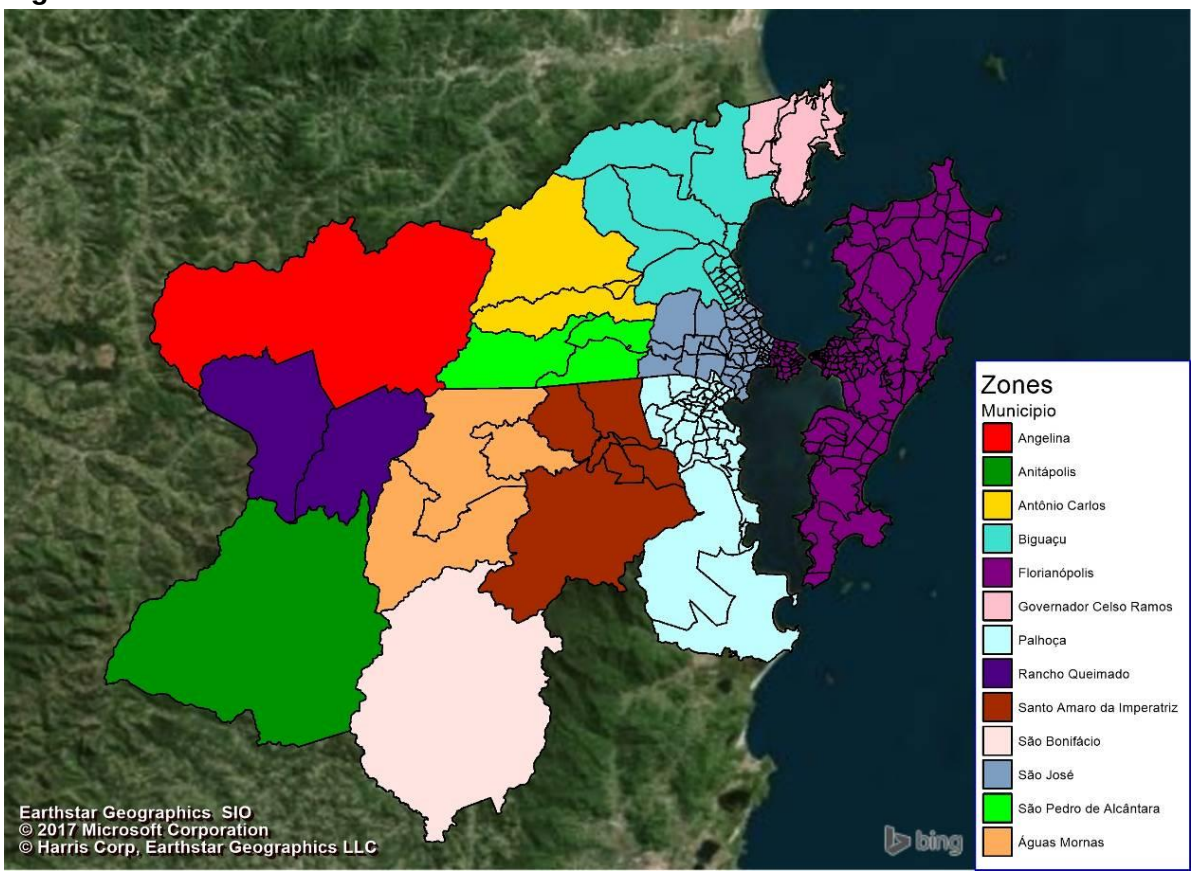
Quadro 16:Zonas por Município

Município	Zonas
Florianópolis	160
São José	59
Palhoça	52
Biguaçu	24
Governador Celso Ramos	10
Santo Amaro da Imperatriz	7
São Pedro de Alcântara	4
Antônio Carlos	3
Águas Mornas	3
Rancho Queimado	2
Angelina	1
Anitápolis	1
São Bonifácio	1
Total	**327**

Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 23, a seguir, é apresentado o Zoneamento do projeto com a divisão dos municípios.

Figura 23:Zoneamento



Fonte: Elaboração Própria

8.2 A Rede de Simulação

A rede de simulação do PLAMUS, foi utilizada como base para os estudos, por ser um estudo sólido é detalhado que representa a região metropolitana de Florianópolis, tanto do ponto de vista de infraestrutura viária, sistema de transporte coletivo e de demanda. A rede foi ajustada ao Visum de modo a fiel representação do comportamento dos usuários, representando tanto o tempo quanto os custos gastos nos deslocamentos realizado.

8.2.1 Padrões Utilizados

A rede foi construída utilizando o sistema de coordenadas WGS84. O sistema métrico é o internacional com as unidades descritas no Quadro 17 a seguir:

Quadro 17:Sistema de Medidas

MEDIDA	UNIDADE
Coordenadas x, y	Metros
Tempo	Minutos
Velocidade	Km/h
Comprimento	Quilômetros

Fonte: Elaboração Própria

8.2.2 Rede Viária

. A rede utilizada neste projeto foi a rede desenvolvida no PLAMUS e complementada com os detalhes importantes a este projeto, com a construção do serviço do futuro aquaviário.

A rede é composta por nós e links que representam a rede viária de transportes. Os links são as representações das vias com a caracterização de cada uma delas de modo a representar os tempos de viagens e custos quando da sua utilização, já os nos são as representações de cruzamentos.

As zonas são as representações da área espacial em que as pessoas têm sua origem ou destino da viagem, suas características socioeconômicas são importantes para a determinação da atração e produção de viagens. As zonas são representadas por centroides na rede de transportes que são conectadas a rede viária através de conectores, que fazem a ligação da demanda(matriz) com a rede.

No Quadro 18, a seguir, são detalhados os quantitativos.

Quadro 18:Quantitativos da Rede

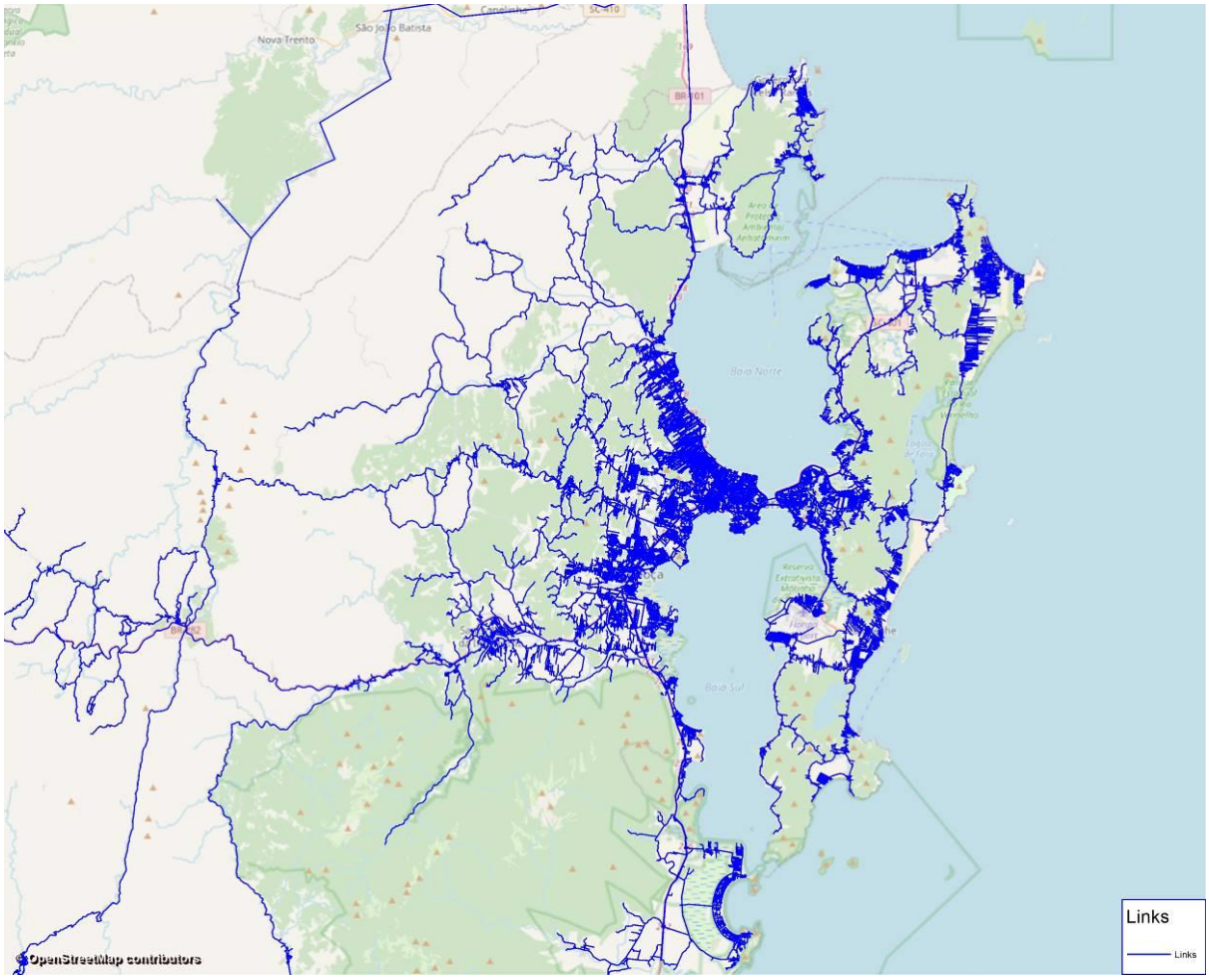
ITEM	QUANTIDADE
Nos	23.906
Links	30.239
Zonas	331
Conectores	1.475

Fonte: Elaboração Própria

O sistema viário de toda a região foi detalhado para a elaboração do estudo.

Na Figura 24, a seguir, é apresentada a rede com uma visualização geral.

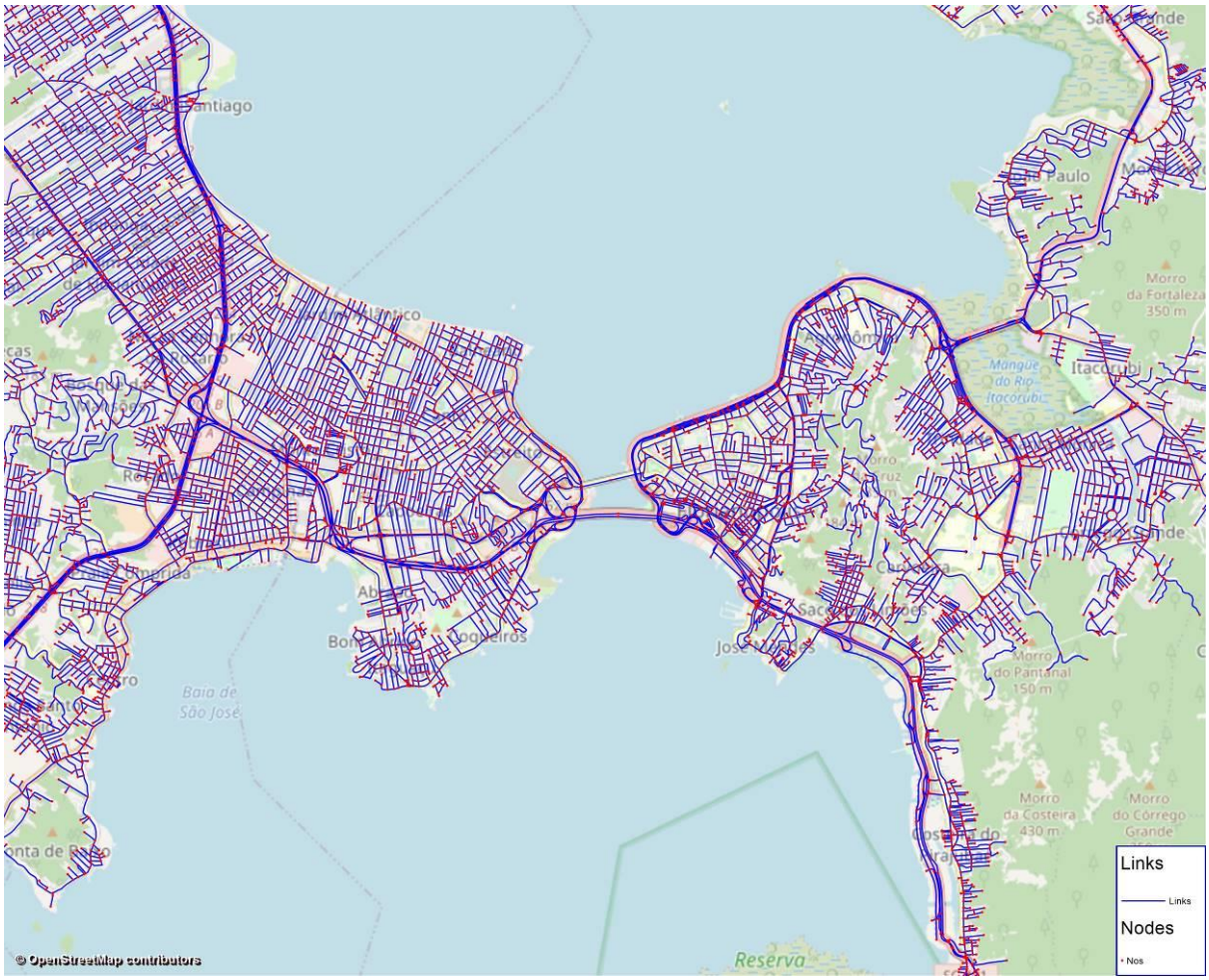
Figura 24:Rede de Transportes – Links – Geral



Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 25, a seguir, é apresentada um detalhe na região central de Florianópolis da rede de transporte.

Figura 25:Rede de Transportes – Links – Detalhe



Fonte: Elaboração Própria

A modelagem da oferta inicia-se pela construção de uma rede representativa das características físico-operacionais da malha viária. Com o objetivo de reproduzir fielmente o sistema viário, foram identificados diversos aspectos básicos das vias, como:

Classificação viária;

Velocidade regulamentar;

Número de faixas;

Capacidade das vias e suas impedâncias;

Custos nos links.

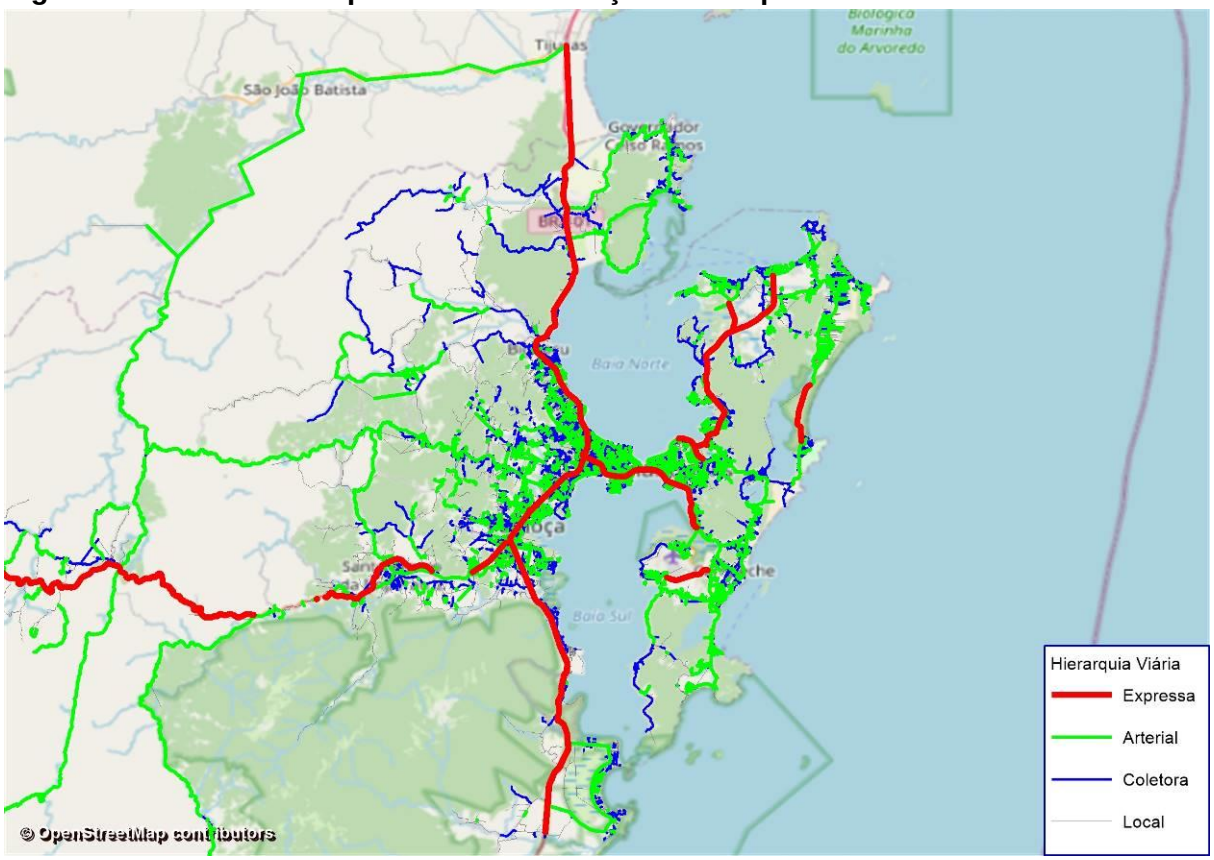
PARÂMETROS DA REDE

a) Classificação Viária (Tipo de Link)

A classificação viária em uma rede de macro simulação de tráfego é fundamental para a boa representação do uso do sistema viário pelo modelo de simulação. Através da classificação viária (tipo de link), são definidos parâmetros, como velocidade,

capacidade e funções de atraso, que se aplicam aos links com características semelhantes. A Figura 26, a seguir, mostra a rede de transporte com a classificação hierárquica.

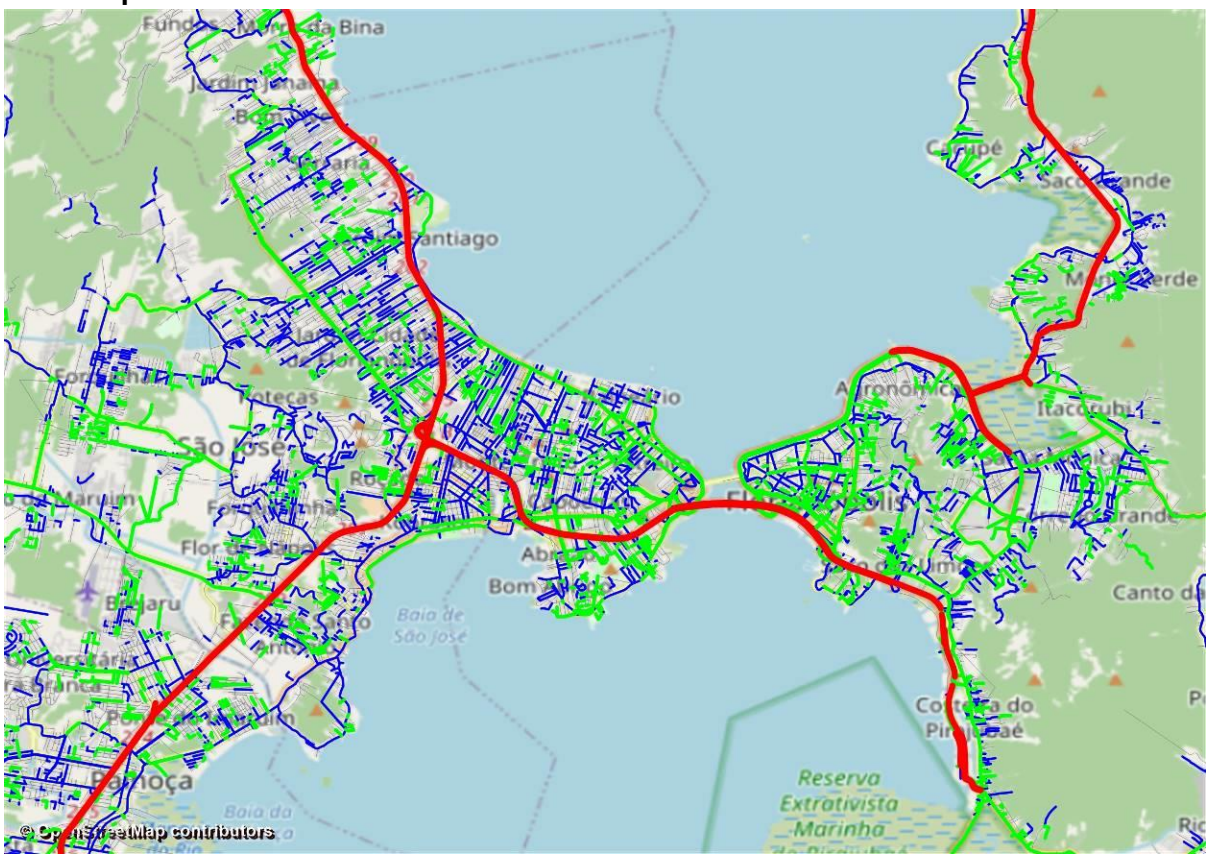
Figura 26:Rede de Transportes – Classificação Hierárquica



Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 27, a seguir, é apresentada a figura com detalhe na região central de Florianópolis.

Figura 27:Rede de Transportes – Classificação Hierárquica – Região Central de Florianópolis



Fonte: Elaboração Própria

b) Velocidade em Fluxo Livre

A definição das velocidades regulamentares das vias é importante para a montagem do modelo de macro simulação, pois ele é um parâmetro fundamental no processo de definição da rota.

c) Número de faixas

O número de faixas de rolamento das vias. Fator importante na modelagem de tráfego, juntamente com a classificação viária, o que define a capacidade do sistema.

d) Capacidade Viária e Fluxo de Saturação

Basicamente, o cálculo da capacidade da via é a multiplicação entre o número de faixas de rolamento, o fluxo de saturação e o Fator semafórico.

Capacidade= Num.Faixas*FS*Fhp

Onde:

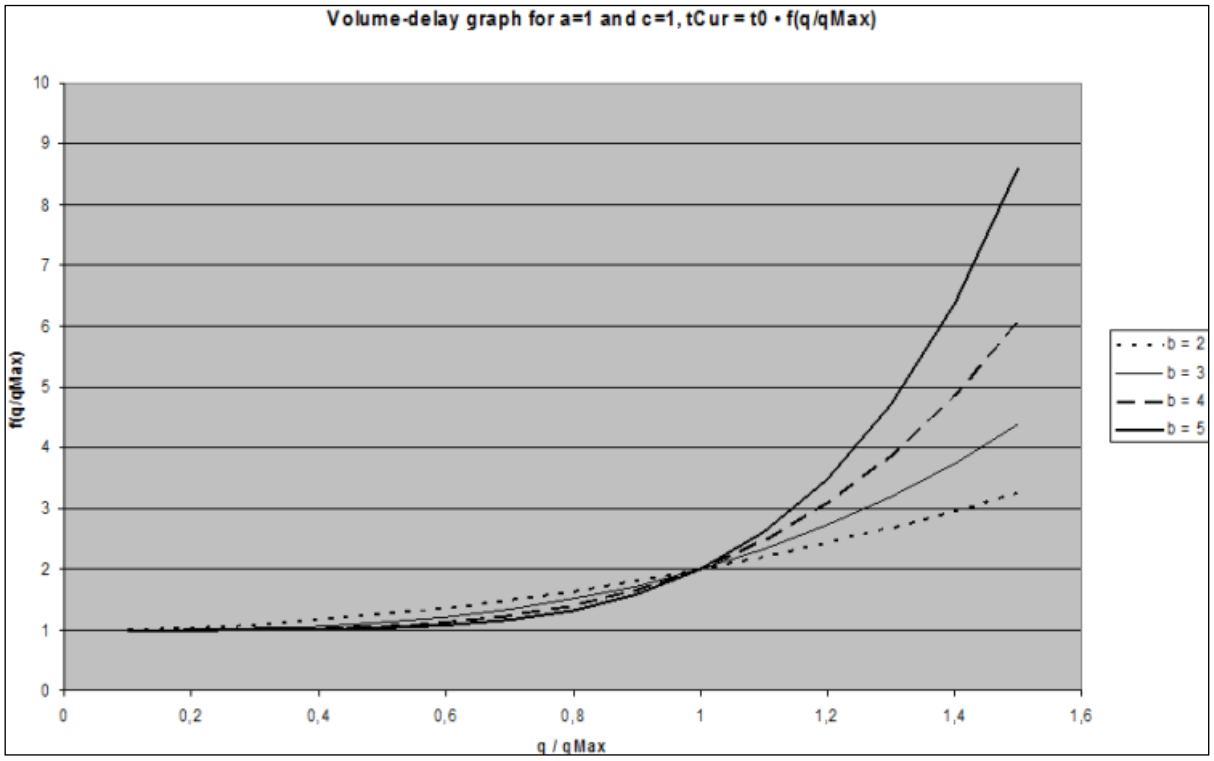
- Capacidade= Capacidade do link (em veículos de passeio por dia);
- Num.faixas (lanes): Número de faixas úteis;
- FS: Fluxo de saturação do link (em automóveis por hora, por faixa); e
- Fsem: Fator semafórico, ajusta a capacidade viária conforme o tempo de verde dos semáforos, tempo em que é permitido trafegar na via sem a restrição semafórica.

e) Fluxo de Saturação (FS)

O fluxo de saturação é uma das características físicas que determinam o tempo de percurso do link e, consequentemente, influencia a escolha do caminho mínimo entre dois pontos. O fluxo de saturação das vias (por faixa) está ligada com os tipos de vias, conforme padrões estimados a partir das equações de fluxo de saturação do HCM/2000 (Highway Capacity Manual), para cada tipo de via.

Na Figura 28, a seguir, é apresentada a curva de atraso pela saturação.

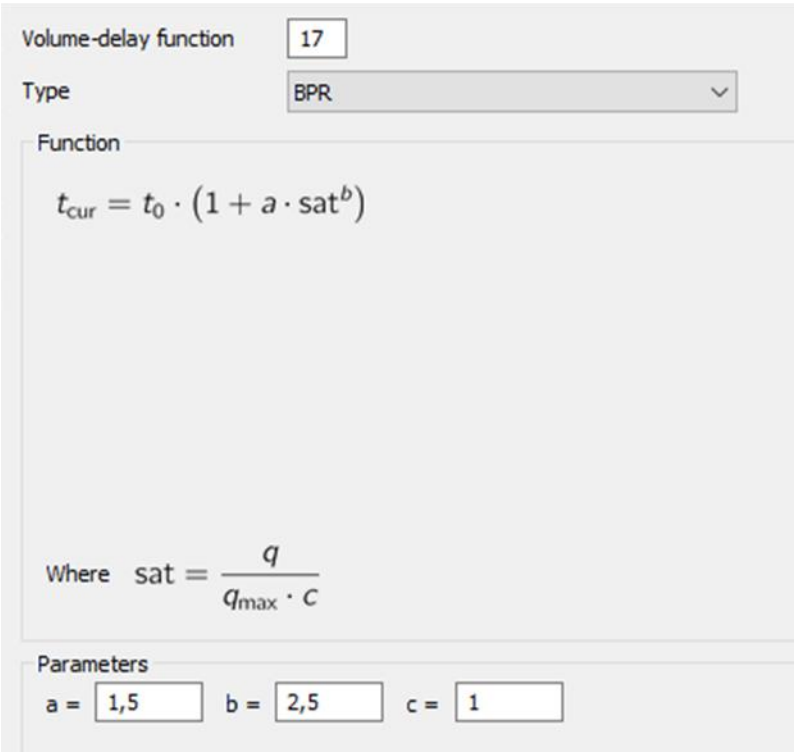
Figura 28:Curva de Atraso por Saturação



Fonte: Manual do Visum

Para definição do tempo gasto em um link são utilizadas as VDFs (“volume-delay functions”) que representam o atraso provocado pela saturação das vias, neste estudo foi utilizado as funções BPR, Bureau of Public Roads. A função é definida como mostra a Figura 29, a seguir.

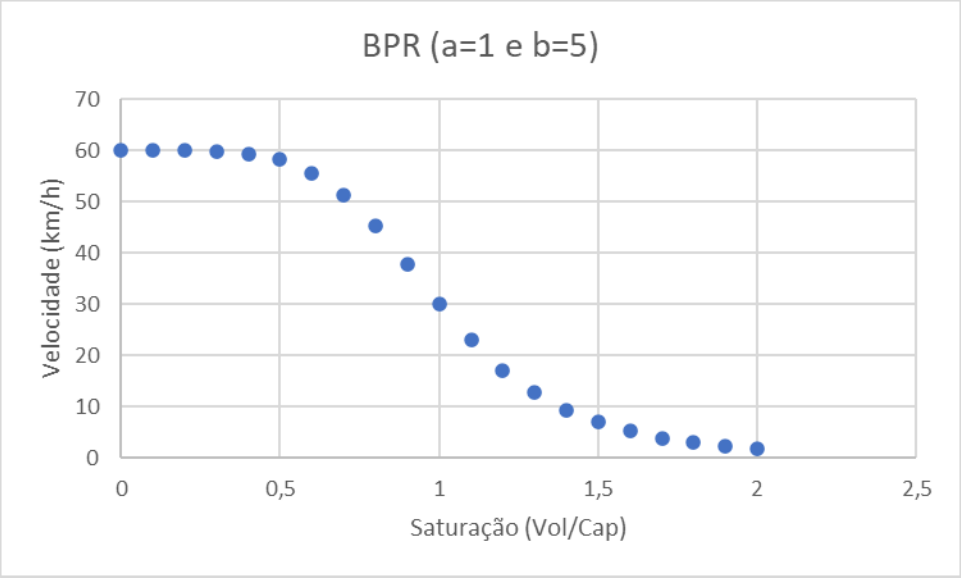
Figura 29:Função de atraso (VDF) - BPR



Fonte: Elaboração Própria (tela do Visum)

A seguir é exemplificada a aplicação de uma BPR, com a aplicação da função em um determinado link, foi possível determinar o tempo gasto no link para diversos níveis de saturação e consequentemente obter a velocidade em cada um deles. A Figura 30, a seguir, mostra o comportamento da função e seu efeito na velocidade do link.

Figura 30:Aplicação da BPR



Fonte: Elaboração Própria

Os Links são classificados conforme o Quadro 19, a seguir, e atribuídos os parâmetros para cada link, podendo ser utilizados parâmetros diferentes conforme informação disponível.

Quadro 19:Parâmetros de Link

Type	Hierarquia	Capacidade (volume/hora/Faixa)	Capacidade (volume/hora/faixa) vias semáforizadas
1	Expressa	2200	
2	Expressa	2100	
3	Expressa	1900	
3	Expressa	1900	
4	Expressa	1600	
5	Expressa	1800	
10	Arterial	1900	
11	Arterial	1800	
12	Arterial	1700	
13	Arterial	1500	
14	Arterial	1300	
15	Arterial	1200	
16	Arterial	1500	
17	Arterial	1300	
18	Arterial	1100	495 - 825
19	Arterial	1000	450 - 675
20	Arterial	900	405 - 608
30	Coletora	900	450 - 675
31	Coletora	700	450 - 675
32	Coletora	700	450 - 675
33	Coletora	630	405 - 608
34	Coletora	490	315 - 473
40	Local	500	390 - 585
41	Local	500	390 - 585
42	Local	400	273 - 410

Fonte: Elaboração Própria (Baseada no PLAMUS,2015)

f) Custos Operacionais

Os custos operacionais foram calculados com base no preço da gasolina, para isso foi realizada pesquisa junta a ANP[4] (Agência Nacional do Petróleo) do valor do litro de gasolina em Florianópolis, única cidade que consta do cadastro de pesquisa realizada semanalmente.

Para a coleta realizada em 27/10/2020 foi obtido o valor médio de R$4,222 para o litro de gasolina e R$3,414 para o litro de Diesel.

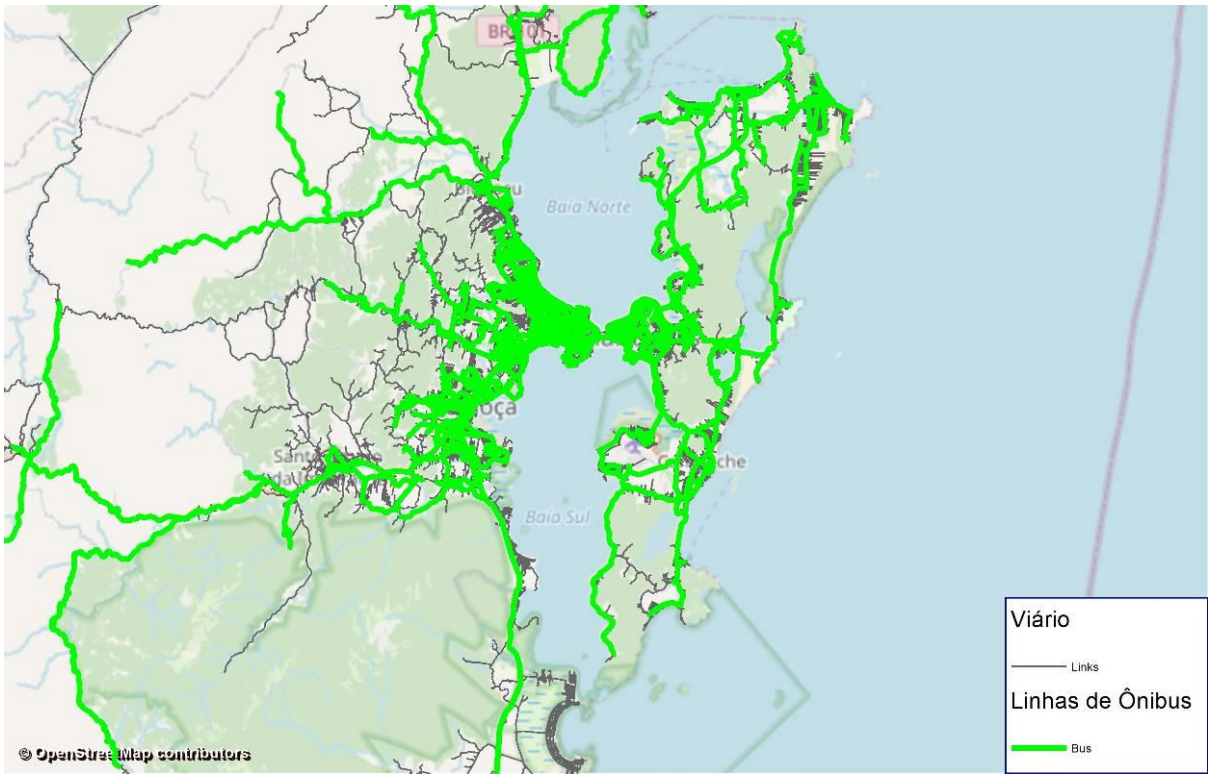
[4]Pesquisa da ANP em http://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Por_Municipio_Index.asp

Foi considerado a gasolina como único custo operacional dos veículos, pois visa apenas a percepção dos usuários. Foi considerado um desempenho de 7km/l[5] para os automóveis, resultando em um custo quilométrico de R$ 0,603 / km. Já para as motocicletas foi considerado 25km/l resultando em R$ 0,17. Para Caminhões o desempenho é de 2,5 km/l de diesel, resultando em um custo de R$1,366/km.

8.2.3 Rede de Transporte Coletivo

Com base nos dados obtidos no PLAMUS as linhas de transporte municipal e intermunicipal da área de estudo foram todas cadastradas no modelo. Seu detalhamento é de grande importância para a representação da situação atual. Na Figura 31, a seguir, é apresentado o sistema de transporte coletivo da região:

Figura 31:Rede de Transporte Coletivo



Fonte: Elaboração Própria

A rede de transporte coletivo é codificada sobre a base da rede viária. O sistema da área de estudo segue o modelo elaborado em 2015 pelo PLAMUS. Na ocasião o sistema era servido por 9 empresas e 473 linhas.

O serviço municipal de Florianópolis continha 199 linhas, Palhoça com 79 linhas, São José com 14 e Biguaçu com 4, os demais municípios não tem linhas municipais.

O sistema intermunicipal continha na época 177 linhas.

[5]Consumo de combustível por veículos http://antigo.antp.org.br/website/produtos/sistema-de-informacaoes-da-mobilidade/show.asp?ppgCode=D90B394F-706E-40A8-A286-EBEA56C05A0B

A cobertura do sistema de ônibus é muito boa, porém existe uma sobreposição muito grande de linhas, prejudicando a fluidez. Está prevista a mudança de todo o sistema de transporte coletivo, com a criação do TRIM, prevendo a otimização do sistema.

8.2.4 Método de Alocação

VALOR DA HORA

Para a alocação do Visum foram considerados os valores da hora médios conforme a coleta realizada na pesquisa Origem e Destino Domiciliar do PLAMUS. Os valores coletados na OD são referentes a 2014, para a atualização dos mesmos para 2020 foi realizada a mesma atualização referente ao salário-mínimo. A renda mensal foi transformada em valor da hora considerando 160 horas de trabalho no mês.

Segundo dados do IPEA [6] o salário-mínimo em 2014 era R$ 724,00 ante R$1045,00 em 2020, um aumento de 144%, com a aplicação do reajuste nos dados coletados em 2014 obtemos os dados de 2020.

O Quadro 20, a seguir, mostra o valor do tempo.

Quadro 20:Valor do Tempo no PLAMUS

Modo	Renda 2014 (R$/h)	Renda 2020 (R$/h)
automóvel	17,12	24,71
bicicleta	5,86	8,46
motocicleta	12,18	17,58
ônibus	7,10	10,25

Fonte: Elaboração Própria (base OD PLAMUS.2015)

[6] Histórico do salário mínimo em http://www.ipeadata.gov.br/

MODO PRIVADO

As alocações de transporte privado foram realizadas por equilíbrio, utilizando o custo generalizado. Neste método as impedâncias são calculadas transformando os custos monetários em tempo, assim o modelo calcula os caminhos mínimos.

A utilização de duas ou mais variáveis pode melhor explicar as decisões dos usuários em fazer, ou não, uma viagem, ou escolher um ou outro transporte, nestes casos, o custo generalizado é considerado como um valor de impedância que inclui todas estas variáveis. Este custo é tipicamente definido por uma função linear de atributos de viagem medidos por coeficientes que definem a relativa importância dada a esses atributos pelo usuário.

A função custo generalizada é dada pela expressão:

$$CG_{ij}m(TI) = T_{ij} + \frac{(Ckm * Ext_{ij} + Ped)}{VOT_m}$$

Onde:

$CG_{ij}m(TI) = Custo\ Generalizado\ entre$ "i" e "j", $por\ motivo\ de\ viagem$ "m";

$T_{ij} = Tempo\ gasto\ pelo\ veículo\ em\ minutos\ entre$ "i" e "j";

$Ckm = Custo\ por\ quiilômetro\ do\ veículo\ em\ reais$;

$Ext_{ij} = Distância\ percorrida\ entre$ "i" e "j"

$Ped = Valor\ do\ pedágio\ em\ reais$;

$VOT_m = Valor\ do\ tempo\ por\ motivo$ m, $em\ reais\ por\ minuto$

Através de diversas interações o modelo otimiza a viagem, buscando a menor impedância para definição da melhor rota.

MODO PÚBLICO

As alocações de transporte público foram realizadas utilizando o método “headway-based” do Visum, neste método são considerados as disponibilidades de veículos das linhas com base na sua frequência, consequentemente o HDW (“Headway”) que é o espaçamento entre veículos de uma mesma linha.

A impedância é calculada com a somatória dos seguintes itens:

Tempo no Veículo;

Tempo de Caminhada;

Tempo de Espera;

Tempo de transferência;

Quantidade de transferências; e

Tarifa.

O modelo realiza várias interações até obter a melhor rota à ser utilizada.

O procedimento de atribuição com base no intervalo de tempo inclui as três etapas operacionais.

1. Cálculo do intervalo (cálculo do intervalo)
2. Pesquisa de rota e escolha de rota (pesquisa de rota e escolha de rota)
3. Carregamento de rota

9. Calibração da Rede

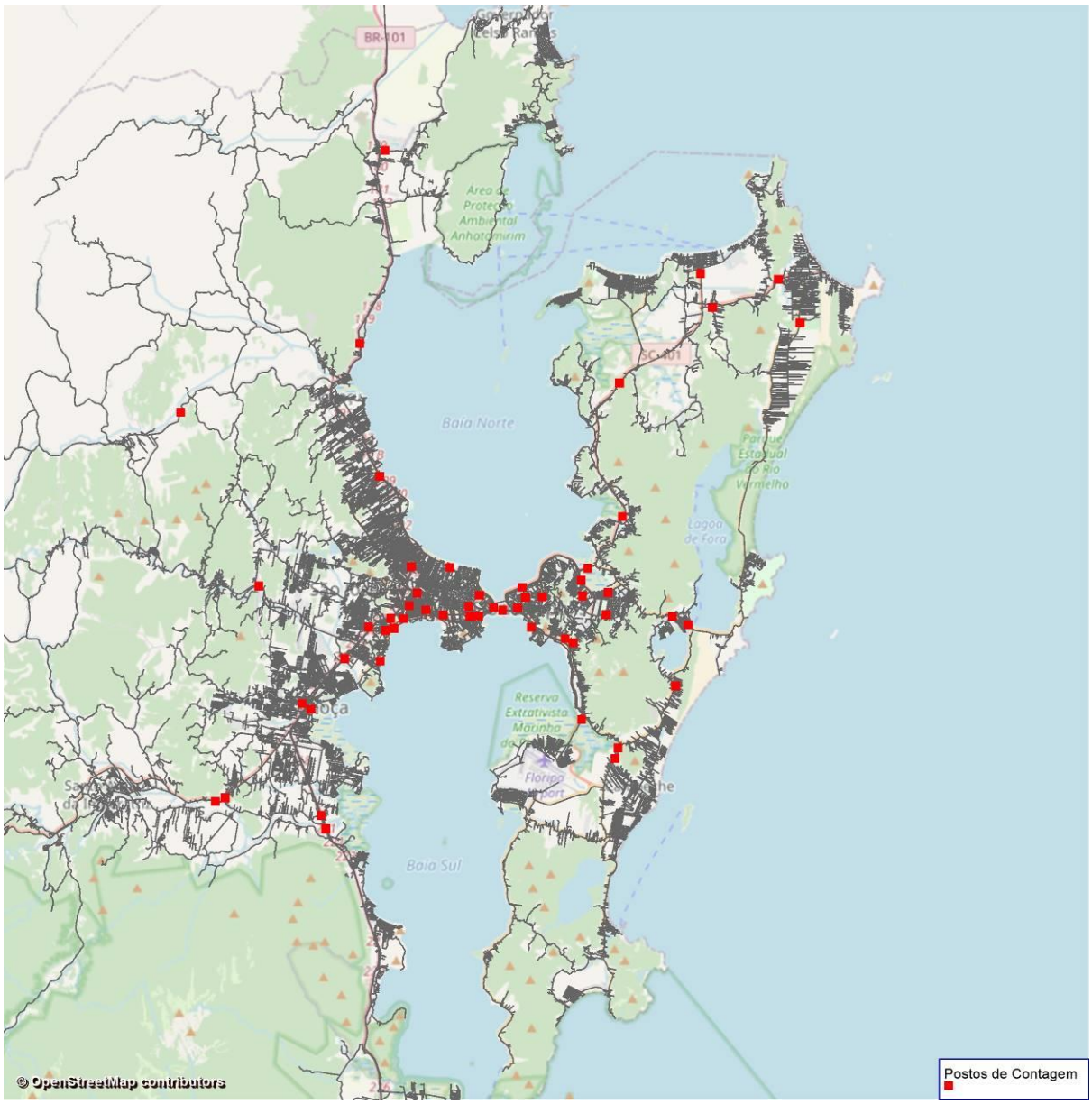
A calibração da rede consiste em ajustar os parâmetros do modelo para que ele represente fielmente a situação modelada.

Este processo é realizado efetuando a comparação dos resultados obtidos no modelo com os dados da realidade obtidos junto a dados externos como pesquisas.

A calibração se deu através das contagens volumétricas realizadas e das pesquisas de tempo de percurso realizadas. Foram confrontados estes dados para a validação da rede e considerada a calibração concluída.

Na Figura 32, a seguir, são apresentados os postos de pesquisa.

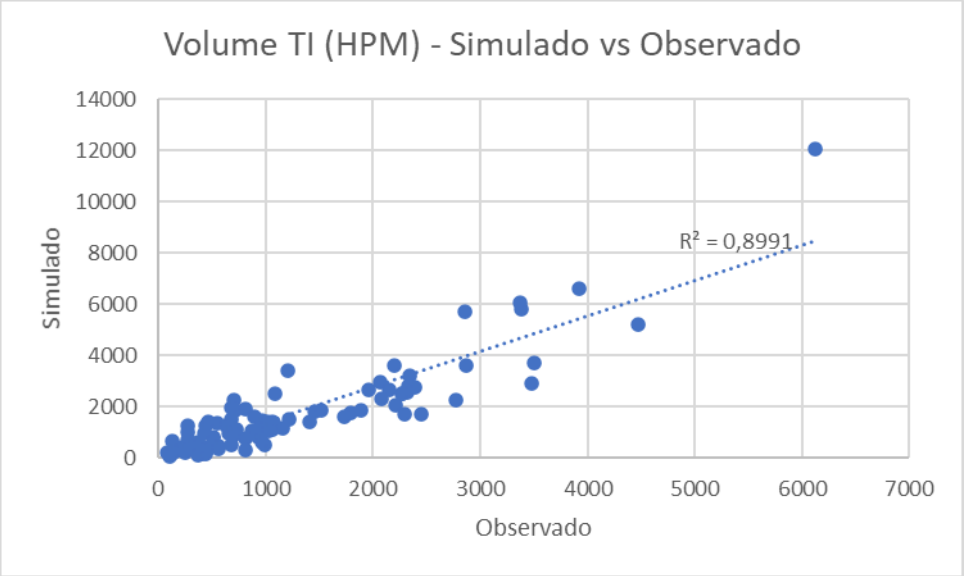
Figura 32:Localização dos Postos de Pesquisa.



Fonte: Elaboração Própria

A seguir, na Figura 33, é apresentado o comparativo entre o observado é o simulado para o transporte individual na hora pico da manhã (HPM).

Figura 33:Calibração Transporte Individual (HPM)

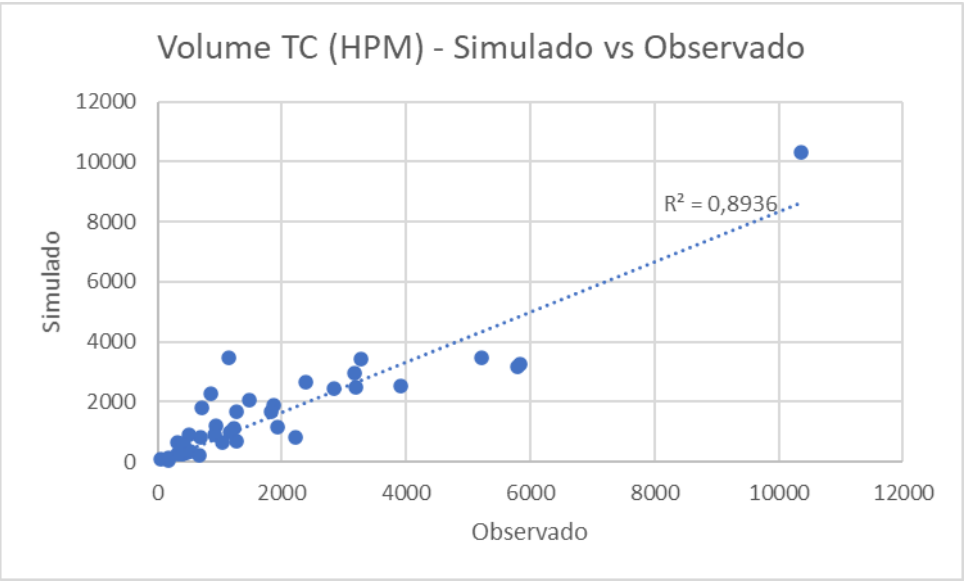


Fonte: Elaboração Própria

Nota-se que o R^2 é próximo a 0,9 indicando um bom nível de calibração no comparativo do volume observado com o contado para o transporte individual.

A seguir é apresentado o comparativo entre o observado é o simulado para o transporte coletivo na hora pico da manhã (HPM).

Figura 34:Calibração Transporte Coletivo (HPM)

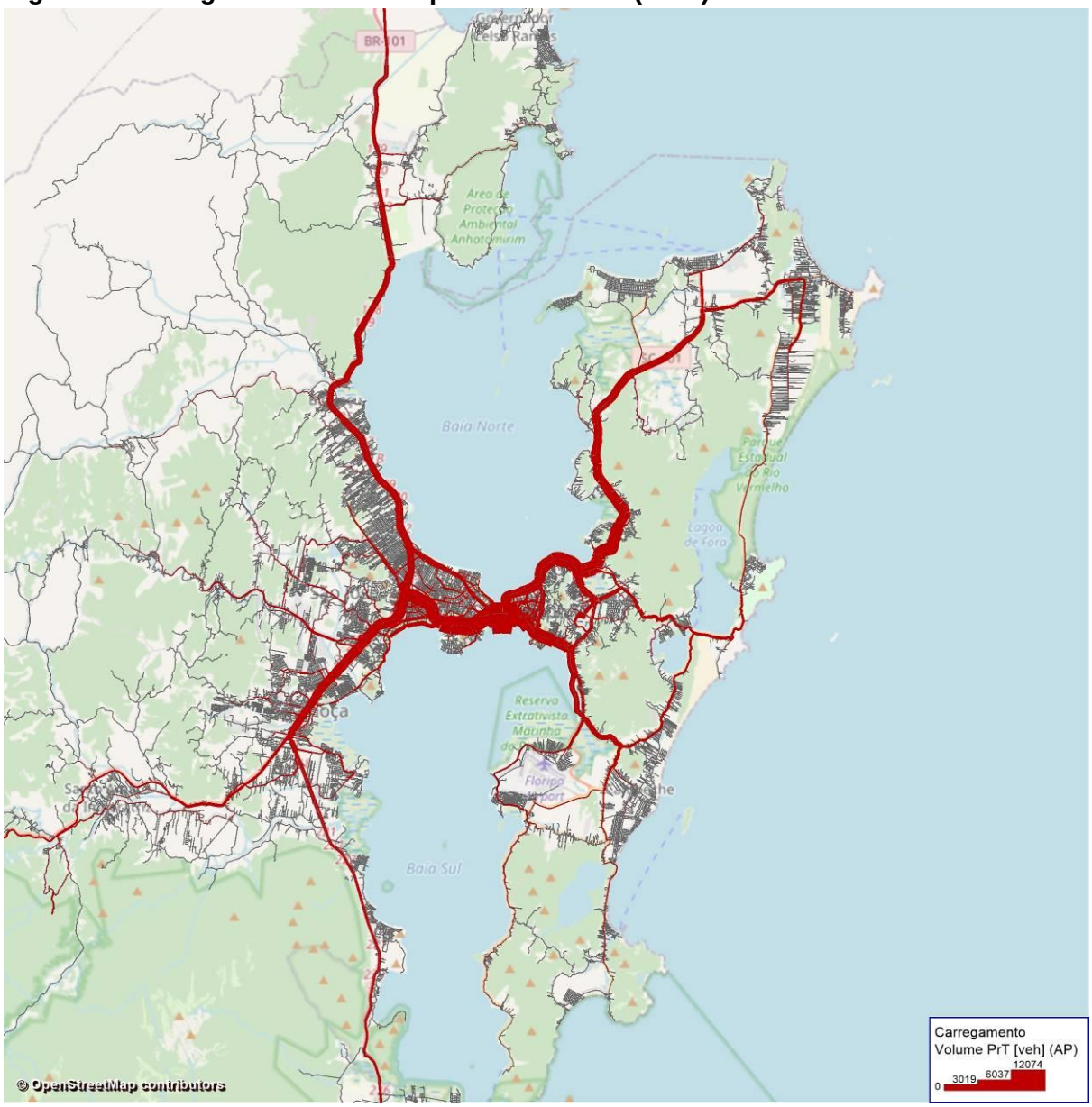


Fonte: Elaboração Própria

Nota-se que o R^2 é próximo a 0,9 indicando um bom nível de calibração no comparativo do volume observado com o contado para o transporte coletivo, assim como no transporte individual.

A seguir, na Figura 35, é apresentado o carregamento do transporte individual na hora pico da manhã (HPM).

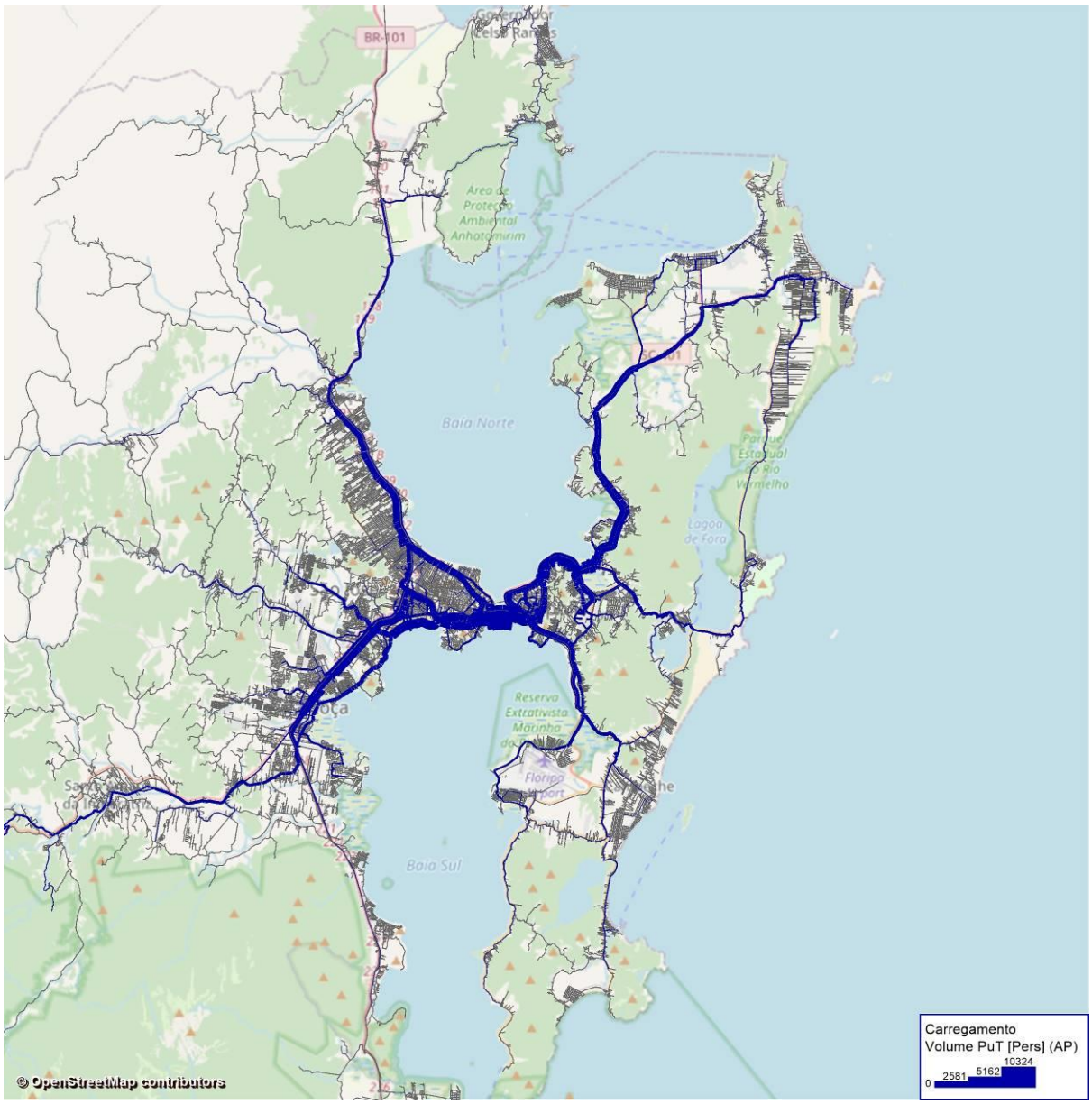
Figura 35:Carregamento do Transporte Individual (HPM)



Fonte: Elaboração Própria

Na figura 36, a seguir, é apresentado o carregamento do transporte coletivo na hora pico da manhã (HPM).

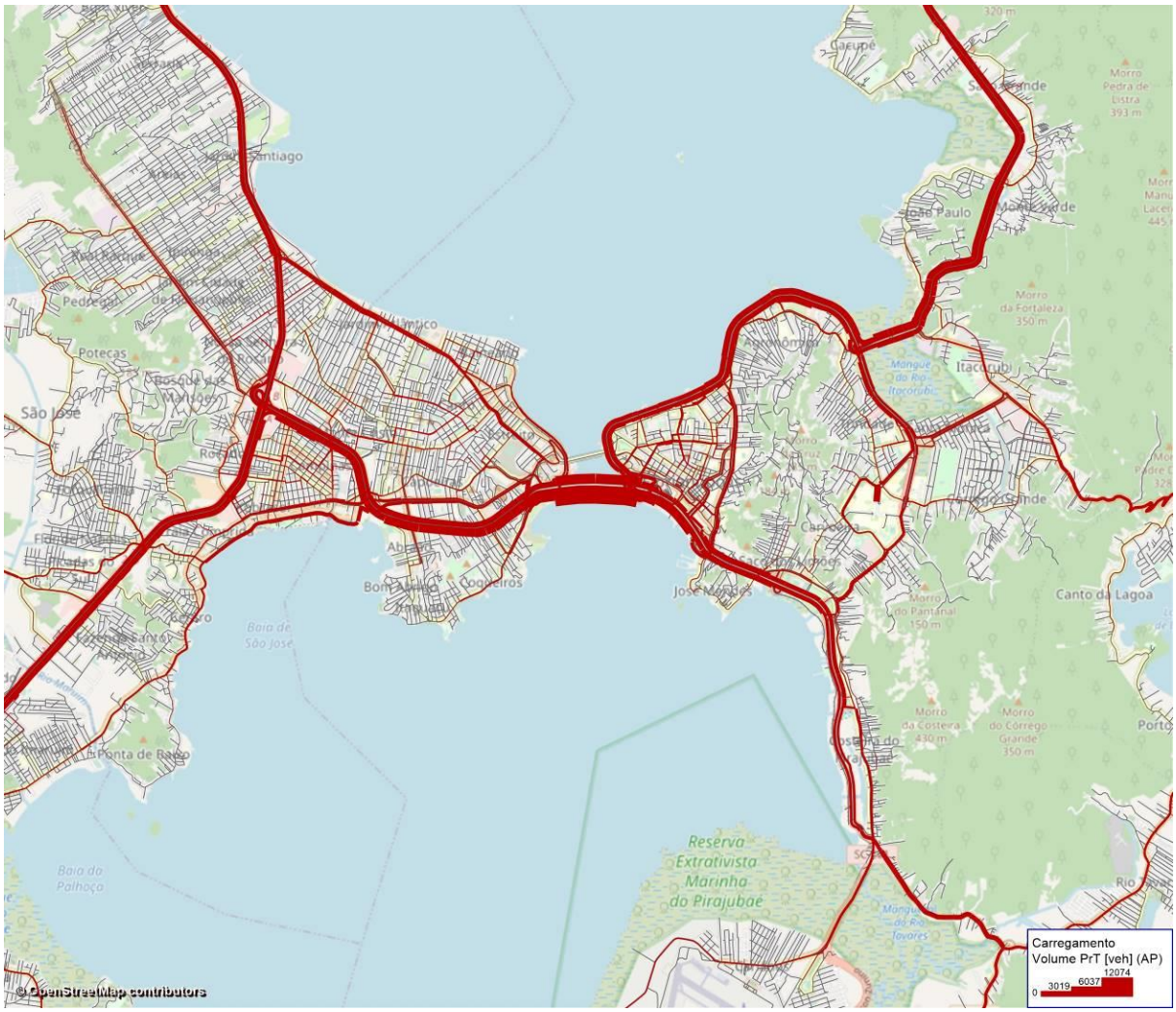
Figura 36:Carregamento do Transporte Coletivo (HPM)



Fonte: Elaboração Própria

A seguir, na Figura 37, é apresentado o carregamento do transporte individual na hora pico da manhã (HPM) em detalhe do centro de Florianópolis.

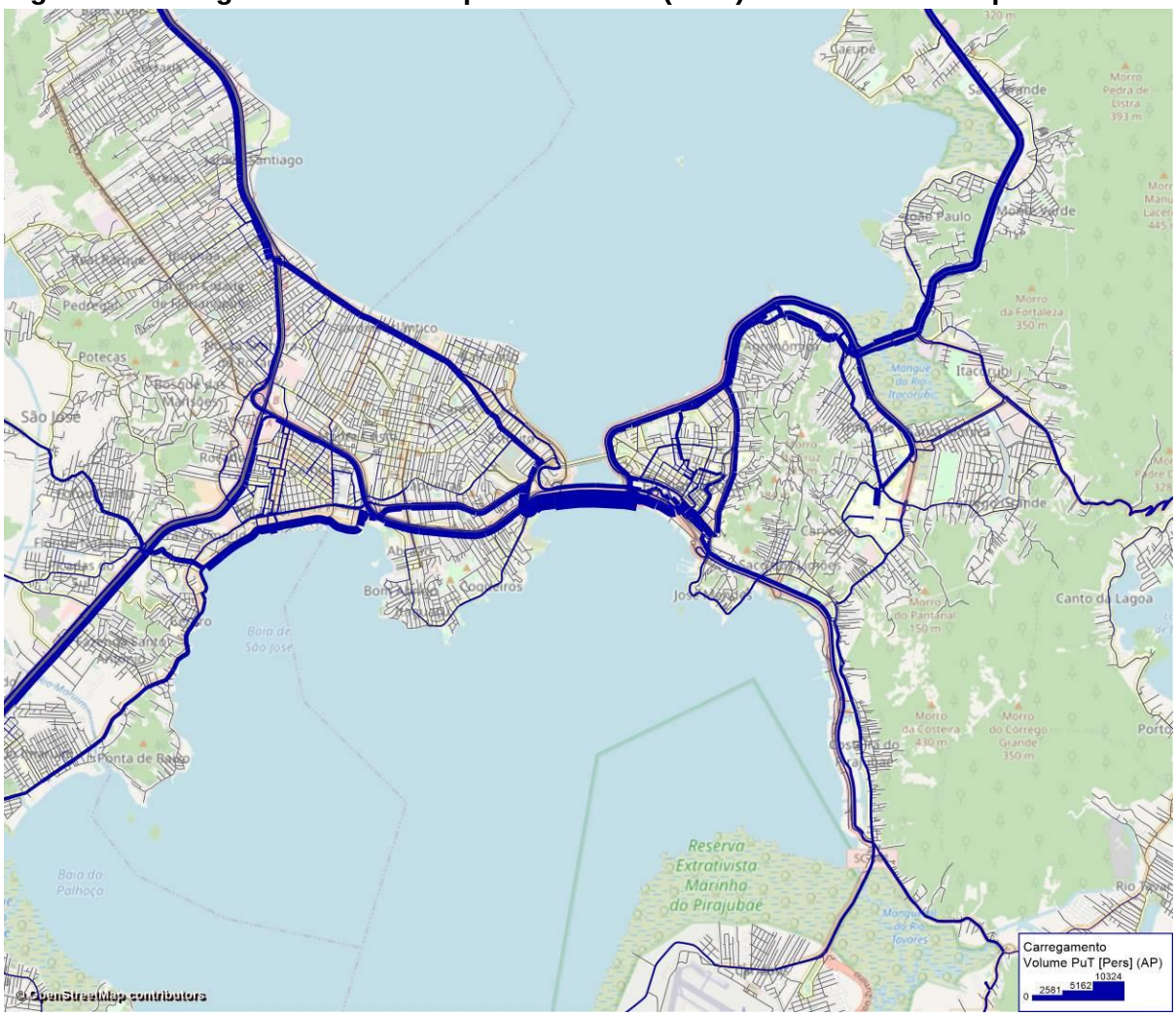
Figura 37:Carregamento do Transporte Individual (HPM) – detalhe Florianópolis



Fonte: Elaboração Própria

A seguir, na Figura 38, é apresentado o carregamento do transporte coletivo na hora pico da manhã (HPM) em detalhe do centro de Florianópolis.

Figura 38:Carregamento do Transporte Coletivo (HPM) - detalhe Florianópolis



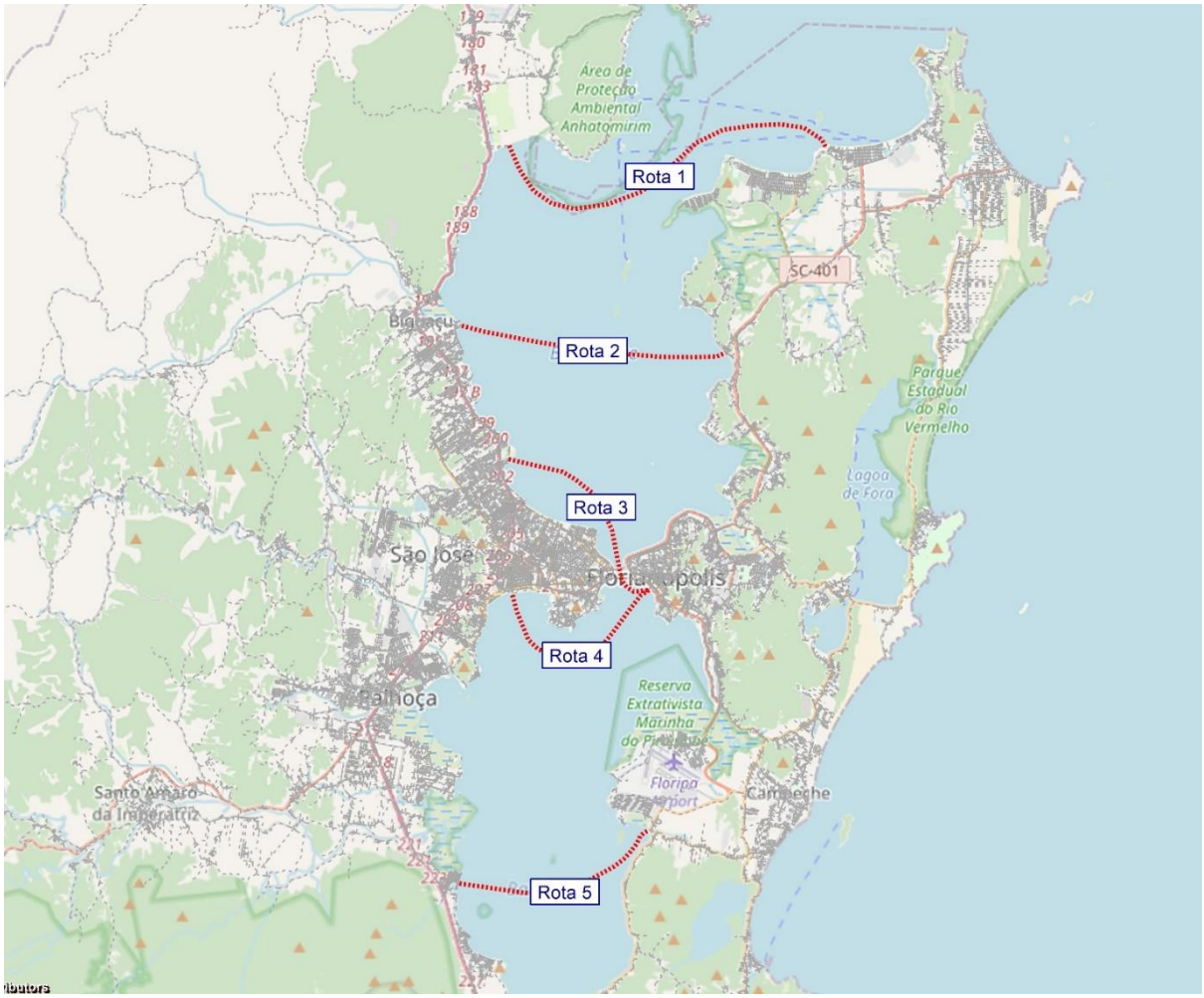
Fonte: Elaboração Própria

10. Cenário com Projeto Aquaviário

10.1 Rotas Aquaviário

Como vimos anteriormente, a definição do cenário com projeto, foram consideradas as 5 rotas aquaviárias propostas pelo PLAMUS, Plano de Mobilidade Urbana Sustentável desenvolvido pelo Governo do Estado de Santa Catarina que gerou diretrizes de longo prazo para mobilidade da RMF. A Figura 39, a seguir, mostra cada uma das rotas.

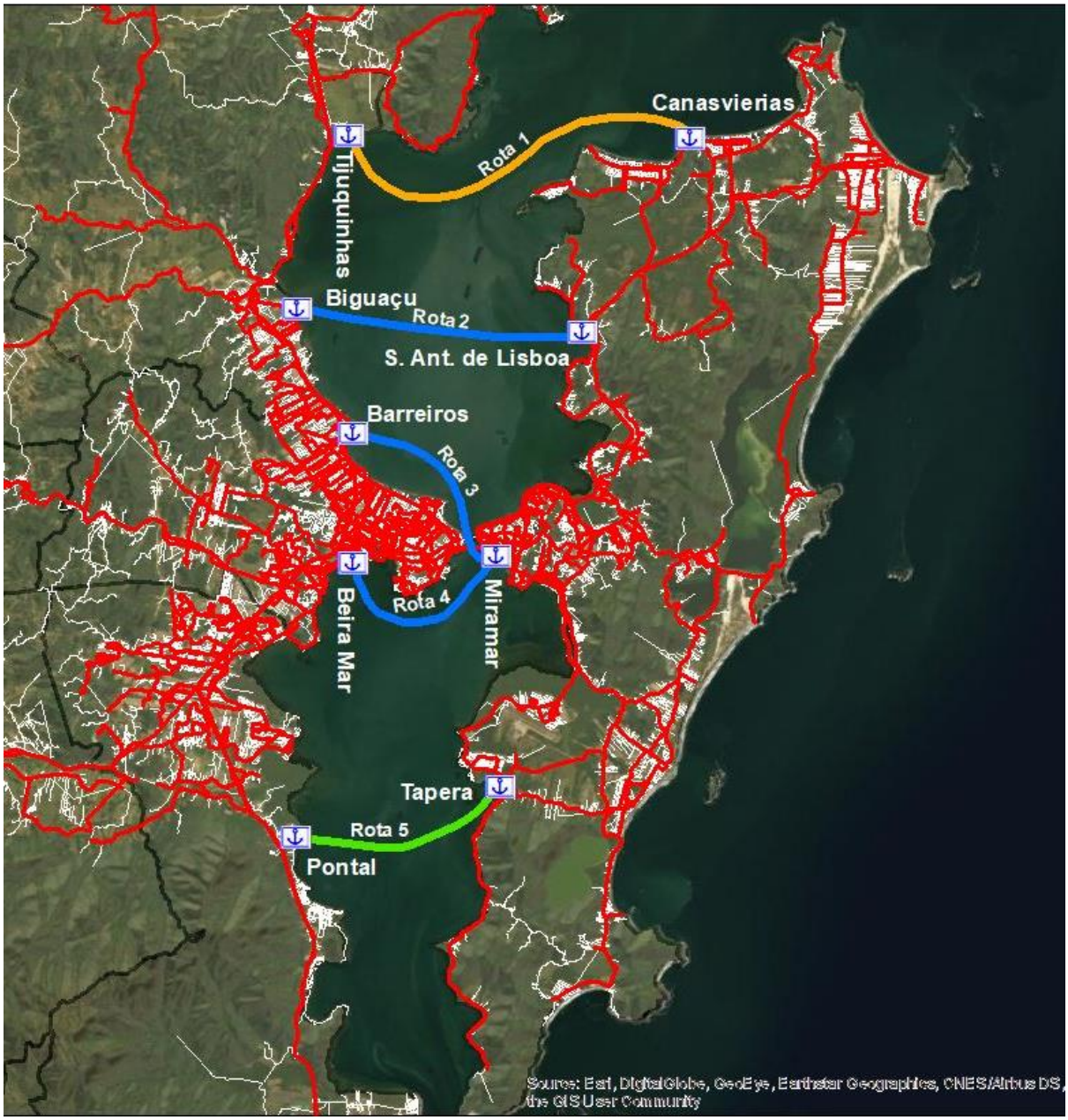
Figura 39:Rotas Aquaviárias



Fonte: Elaboração Própria

A Rota 1 é responsável pela ligação entre Tijuquinhas e Canasvieiras, com serviço de transporte coletivo e transporte de veículos leves. A Rota 2 faz a ligação entre Biguaçu e Santo Antônio de Lisboa, com serviço de transporte coletivo. A Rota 3 liga Barreiros e Miramar, com serviço de transporte coletivo. A Rota 4 liga Beira Mar e Miramar, com serviço de transporte coletivo. A Rota 5 liga Pontal e Tapera, com serviço de transporte coletivo, transporte de veículos leves e pesados. A Figura 40, a seguir, mostra a localização de cada um dos terminais e as rotas aquaviárias.

Figura 40:Terminais e Rotas Aquaviárias



Fonte: Elaboração Própria

As características de cada uma das rotas são primordiais para a rede de simulação, parâmetros como extensão, velocidade e o tempo de viagem são utilizados para a estimativa de demanda captada por cada uma das rotas. Foram utilizadas velocidades diferentes para a Hora-Pico (HP) e Entre-Picos (EP). O Quadro 21, a seguir, mostra as características de cada uma das rotas.

Quadro 21:Características das Rotas

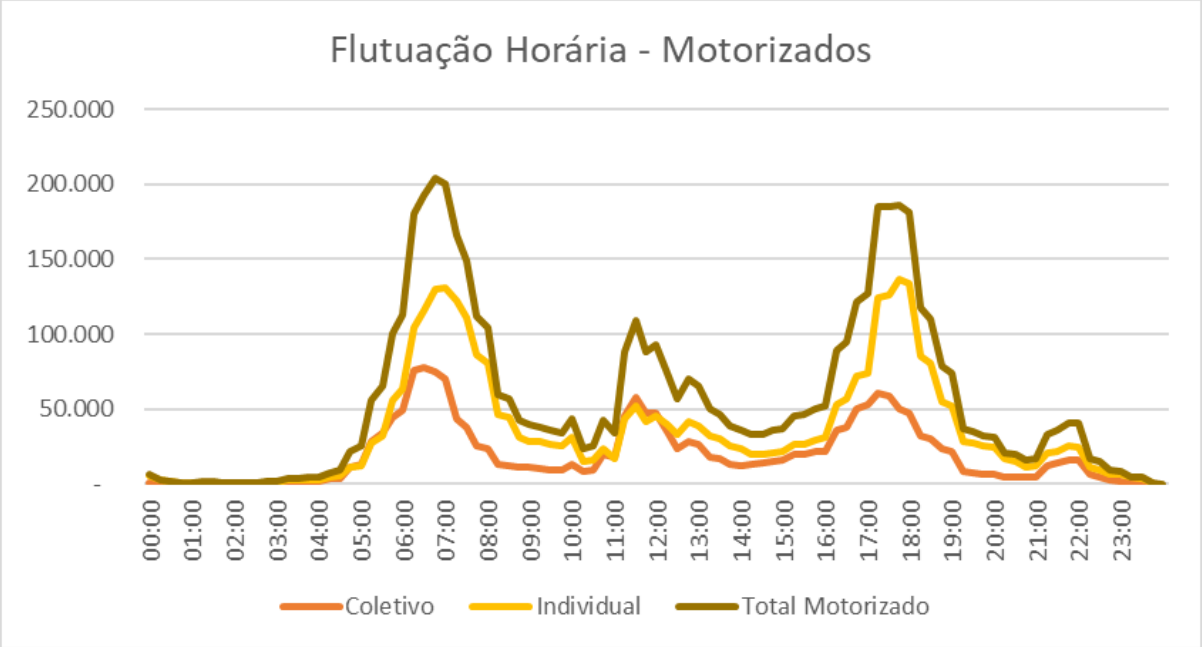
Rotas	Extensão (km)	HP		EP	
		Velocidade (km/h)	Tempo de Viagem (min)	Velocidade (km/h)	Tempo de Viagem (min)
Rota 1	16,84	25	40,41	17,7	57,08
Rota 2	11,85	32	22,21	22,6	31,46
Rota 3	9,24	20	27,71	15,7	35,31
Rota 4	8,87	20	26,61	14,1	37,74
Rota 5	9,36	25	22,46	17,7	31,73

Fonte: Elaboração Própria

10.2 Faixas de simulação (HPM, EP e HPT)

Como vimos anteriormente, durante as análises da demanda notou-se que a flutuação horária no tráfego do sistema de pontes é muito acentuada nos horários de pico, tanto no Pico da Manhã quanto no Pico da Tarde, tendo uma grande participação nas viagens por motivo trabalho. A Figura 41, a seguir, mostra a flutuação ao longo do dia.

Figura 41:Flutuação Horária



Fonte: Elaboração Própria

A flutuação horária com essa característica gera o diferente uso da infraestrutura ao longo do dia e consequentemente a necessidade de simulações em diferentes períodos devido a variação nos tempos de viagem. Foram utilizadas três faixas horárias para as simulações: Hora-Pico da Manhã (HPM das 6hs às 8hs), Pico da Tarde (HPT das 17hs às 19hs) e o restante do dia foi utilizado o Entre-Picos (EP).

11. Modelo de Escolha

11.1 Construção do Modelo

Para passar à etapa de divisão modal, foi efetuada a segmentação da demanda, de modo a determinar grupos relativamente homogêneos quanto aos respectivos comportamentos de escolha, bem como considerar a influência de características específicas da oferta. Os diversos segmentos foram considerados na medida em que também apresentaram amostra suficiente de casos, para se obter relações estatisticamente significativas na estimativa de parâmetros de modelagem.

O modelo base para a seleção do modal de transporte passageiros é o modelo Logit Condicional. Este modelo de comportamento parte do princípio de que cada uma das alternativas de escolha oferece uma utilidade que expressa o benefício comparativo de uma alternativa dada frente às demais. No processo de decisão sob este paradigma a escolha discreta realizada pelo indivíduo é atribuída ao modo que apresentar a maior utilidade. O modelo Logit Condicional pode ser descrito como segue, cf. TRAIN (1986) e BEN AKIVA, LERMAN (1985).

Primeiramente deve-se considerar P_{nm} como a probabilidade do indivíduo n escolher o modo m como função da sua utilidade randômica U_m de acordo com:

$$P_{nm} = \frac{e^{Um}}{\sum_{i=m} e^{U_i}} .$$

Cabe mencionar que uma vantagem dos modelos de utilidade randômica reside no fato de serem derivados de premissas sobre o comportamento do consumidor e que sua estrutura é consistente com a teoria microeconômica o que permite verificar a estimativa de parâmetros de atributos incorporados a função descritiva de utilidade. Assim sendo, assumindo uma função de utilidade linear em seus parâmetros, os coeficientes referentes as características de alternativas modais tais como custo e tempo devem apresentar o sinal negativo na medida em que representam a utilidade marginal dos respectivos atributos.

a. Especificação do Modelo

Considerando que os dados a serem analisados para determinação do modelo de escolha modal provêm do conjunto de dados de Preferência Revelada da matriz O/D PLAMUS é especificada a seguinte função:

- $U_i^{RP} = \gamma^{RP} X_i^{RP} + \alpha Y^{RP} + \varepsilon_i^{RP}$,

$\forall i \in C^{RP}$,

onde X^{RP} é o vetor de atributos característicos à oferta do conjunto de escolha C^{RP} e Y^{RP} é o vetor de atributos específicos da demanda e γ^{RP}, α são vetores de parâmetros e ε^{RP} é o termo randômico com média igual a zero e variância σ_{SP}^2 .

b. Excedente do Consumidor e Utilidade Marginal

Sob os pressupostos do modelo Logit, o excedente do consumidor *n* EC_n associado a um conjunto de alternativas *m* é calculado conforme descrito a seguir (RAND EUROPE, 2005). Considerando que, por definição, o excedente do consumidor seja o benefício monetário que uma pessoa obtém para um dado conjunto de escolha, então o tomador de decisão elege a alternativa que fornece a maior utilidade U_{nm}, ou seja:

$$EC_n = (1/\gamma_n).max(\,U_{nm}\forall m)$$

onde:

γ_n : utilidade marginal de renda $= dU_{nm}/dY_n$ e em que Y_n =é a renda do indivíduo *n*.

Cabe citar que o quociente $(1/\gamma_n)$ da fórmula do excedente do consumidor transforma utilidade em unidades monetárias uma vez que $(1/\gamma_n) = dY_n/dU_{nm}$.

A determinação do valor de γ_n é possível caso seja considerado algum atributo de custo ou preço na função utilidade. No caso de se utilizar uma função linear em seus parâmetros, o valor da utilidade marginal corresponde ao valor $-\gamma_c$ do coeficiente do atributo de custo ou preço considerado com o sinal invertido. Este valor de utilidade tem aplicação na determinação dos benefícios ao consumidor gerados para o presente estudo.

Considerando que $U_{nm} = V_{nm} + \varepsilon_{nm}$ onde ε_{nm}captura efeitos que afetam a utilidade e não são observáveis na análise, tendo distribuição de valor extremo idêntica e independentemente distribuída e supondo γ_c sendo constante para o segmento de demanda analisado, então o valor esperado do excedente do consumidor é dado pela logsoma relativa ao denominador da expressão

$P_{nm} = \frac{e^{Vnm}}{\sum_{i=m} e^{Vnm}}$,

dado por:

$$E(EC_n) = (-1/\gamma_c).ln(\sum_m e^{V_{nm}})$$

Finalmente, o benefício resultante de uma alteração de condições do conjunto escolha pode ser identificado pelo cálculo da diferença entre as logsomas para as situações antes (sem projeto = 0) e depois (com projeto = 1) como na expressão a seguir:

$$\Delta E(EC_n) = (-1/\gamma_c).[ln(\sum_m e^{V_{nm}^1}) - ln(\sum_m e^{V_{nm}^0})].$$

c. Determinação dos Parâmetros do Modelo

Para um conjunto de informações de escolha extraídas da pesquisa de preferência revelada de passageiros da Região Metropolitana de Florianópolis finalizada no ano de 2015, obteve-se amostras coletadas de alternativas binomiais entre transporte coletivo - TC e transporte individual - TI por motivo de viagem (viagens de base domiciliar por motivo trabalho - HBW, viagens de base domiciliar por motivo escola - HBS, viagens de base domiciliar por motivo outro - HBO e viagens sem domiciliar - NHB). As simulações de escolha foram aplicadas sobre uma amostra de 3896 observações de viagens aptas à escolha modal TC x TI apresentada.

A aplicação do processo de máxima verossimilhança para determinação dos parâmetros do modelo Logit condicional sobre as observações ponderadas pelos respectivos fatores de expansão produziu as equações de utilidade resultantes para cada um dos modos concorrentes são apresentadas no Quadro 22, a seguir:

Quadro 22:Equação de utilidade para escolha entre transporte coletivo e transporte individual

Motivo de Viagem	#obs #casos Qui-2 P>Qui-2	Variável	Coef.	Z	P>z	[95% Intervalo Conf.]	
Trabalho HBW	5168	Custo	-0,27348	0,088302	-3,1	0,002	-0,4465472
	2584	Tempo	-0,40086	0,038756	-10,34	0	-0,4768204
	40928.51	sqtempo	0,0059	0,000649	9,67	0	0,0050025
	0.000	sqcusto	0,008326	0,00696	3,29	0,001	0,0092391
		dum_pico	0,702703	0,119023	5,9	0	0,4694221
		CSA individual	-0,70212	0,115726	-6,07	0	-0,9289433
Escola HBS	1446	Custo	-1,26773	0,228053	-5,56	0	-1,714707
	723	Tempo	-0,34883	0,056208	-6,21	0	-0,4589914
	2387.10	sqtempo	0,006671	0,001051	6,35	0	0,0046115
	0.000	sqcusto	0,015785	0,002548	6,2	0	0,0107916
		dum_moto	18,8836	0,453907	41,6	0	17,99396
		CSA individual	-0,3569	0,344272	-1,04	0,3	-1,031658
Outros HBO	980	Custo	-1,02582	0,31666	-3,24	0,001	-1,646458
	490	Tempo	-0,37189	0,087238	-4,26	0	-0,5428749
	507.64	sqtempo	0,005603	0,001577	3,55	0	0,0025115
	0,000	sqcusto	0,087557	0,026879	3,26	0,001	0,0348751
		dum_moto	13,7145	1,082013	12,67	0	11,59379
		CSA individual	-0,50153	0,23624	-2,12	0,034	-0,9645536
Base não Residencial NHB	198	custo	-1,02582	0,31666	-3,24	0,001	-1,646458
	99	tempo	-0,37189	0,087238	-4,26	0	-0,5428749
	507,00	sqtempo	0,005603	0,001577	3,55	0	0,0025115
	0,000	sqcusto	0,087557	0,026879	3,26	0,001	0,0348751
		dum_moto	13,7145	1,082013	12,67	0	11,59379
		CSA individual	-0,01712	0,928426	-0,02	0,985	-1,8368
Carga *	996	custo	-2.306		-3.6		
	498	tempo	-0.8646		-1.8		

Fonte: Elaboração Própria * (Parâmetros para Carga extraídos de Pesquisa para o PELC RJ 2015)

Em que:

custo = custo percebido da viagem, tempo = soma dos tempos de viagem em espera, no veículo e no acesso e egresso; sqtempo = tempo^2; sqcusto = custo^2; dum_pico = variável binária indicando horário de pico =1 ; dum_moto = variável binária indicando veículo moto =1.

d. Avaliação dos Valores de tempo

Os valores de tempo encontrados para a data de realização da pesquisa em 2015 podem ser estratificados de acordo com o horário de viagem picos manhã e tarde, entre picos e noite/madrugada e são apresentados no Quadro 23, a seguir.

Quadro 23:Valores de Tempo estimados para os Usuários do Aquaviário

Valor de Tempo	Média R$/hora
Pico da Manhã	31,36
Pico da tarde	25,66
Entre pico	8,08
Noite/Madrugada	16,32

Fonte: Elaboração Própria

Assim sendo o valor hora global para os usuários dos serviços do sistema aquaviário se situou em torno de R$ 31,00 – R$8.00 / Hora.

11.2 Aplicação do Modelo

A aplicação do modelo consistiu nas etapas de determinação do nível tarifário, em que se testou a sensibilidade da demanda em relação ao preço e tempo dos serviços aquaviários oferecidos vis a vis as alternativas vigentes, se determinou a mitigação do risco por intermédio da estimativa de margens de variação da demanda e, finalmente, foi calculado o montante de receita e volume de passageiros para a operação diária e períodos de pico sazonal. Estas etapas foram necessárias a fim de garantir a confiabilidade do projeto de natureza “greenfield” no que diz respeito às receitas tarifárias auferidas, bem como produzir informações confiáveis para a análise de custo/benefício econômica e social.

a. Análise de Sensibilidade de Demanda em Relação a Tarifa

Foram realizadas simulações para o período de pico matinal visando o teste de diversos níveis tarifários dentro do poder aquisitivo das demandas de transporte coletivo e de transporte individual a fim de calcular a demanda dos serviços de barcas de passageiros em todas as rotas e de ferry-boat nas rotas 1 e 5. O resultado é apresentado, no quadro 24, a seguir.

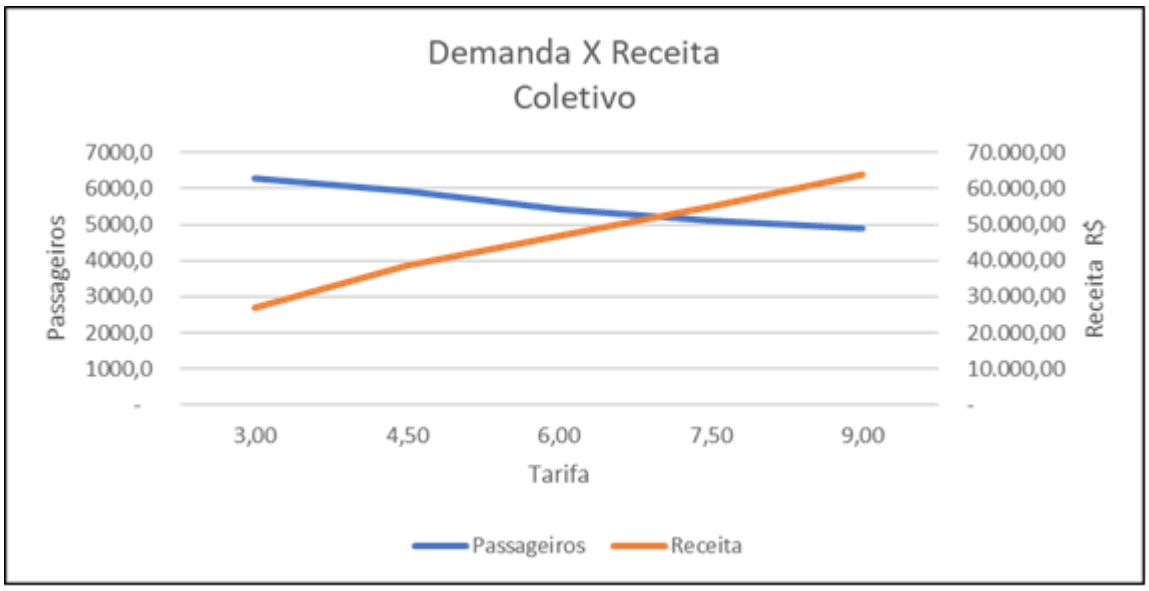
Quadro 24:Análise de Sensibilidade Demanda/Tarifa Período Pico Manhã Coletivos - Ano 2020

Tarifa (R$)	4,30	6,50	9,60	10,80
Passageiros	6.278	5.928	5.437	5.099
Receita	26.994	38.530	46.761	55.064
Elasticidade de Preço	-0.11147969	-0.24822281	-0.2492275	-0.18252207
Incremento de Receita	43%	21%	18%	16%

Fonte: Elaboração Própria

Conforme exposto do Quadro 24 e na Figura 42 as receitas incrementais obtidas com a variação tarifária acima de R$6,50 praticamente se estabilizam no nível de elasticidade -0.25. Este comportamento da demanda sugere que o nível tarifário adequado para o projeto de se situar no intervalo entre 4,30 e 6,50, o qual se apresenta mais inelástico.

Figura 42:Demanda e Receita em Diversos Níveis Tarifários Pico Manhã 2020 – Coletivo



Fonte: Elaboração Própria

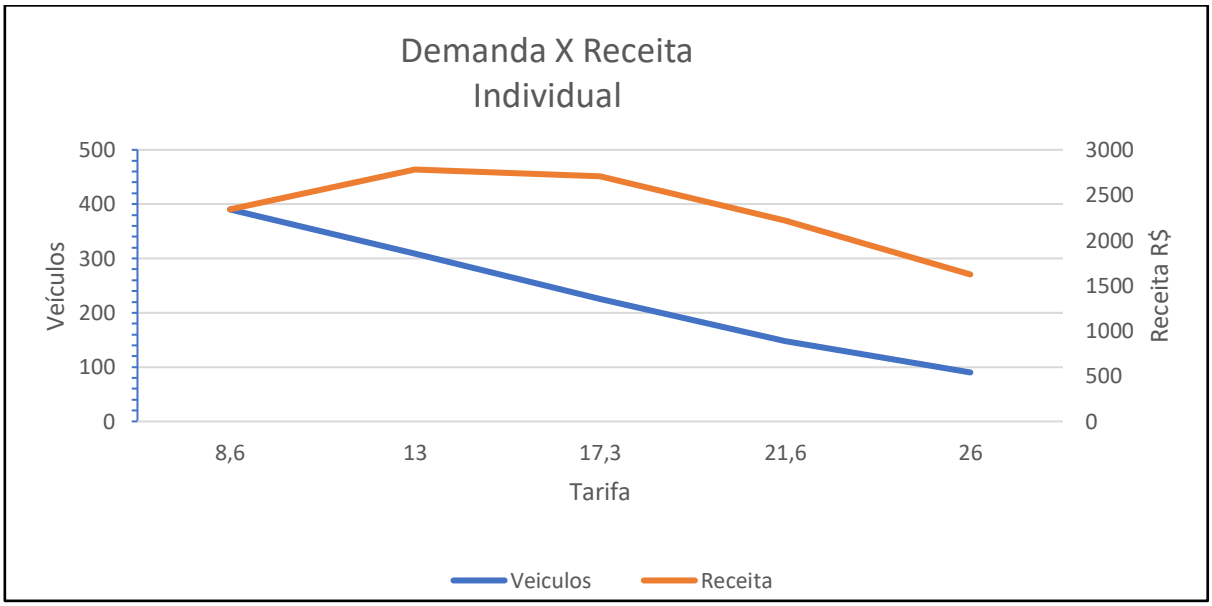
Para automóveis verificou-se que a receita alcança um ponto de máximo no nível tarifário R$13,00 por veículo. Este fato restringe a capacidade de geração de receita para esse nível tarifário onde a elasticidade se aproxima do valor unitário, conforme exposto no Quadro 25 e na Figura 43.

Quadro 25:Análise de Sensibilidade Demanda/Tarifa Período Pico Manhã Individual- Ano 2020

Tarifa (R$)	8,60	13,00	17,30	21,60
Veículos	390	309	225.67	148
Receita	2.341	2.782	2.708	2.219
Elasticidade de Preço	-0.41525	-0.81009	-1.37719	-1.95246
Incremento de Receita	441	-74	-488	-2220

Fonte: Elaboração Própria

Figura 43:Demanda e Receita em Diversos Níveis Tarifários Pico Manhã 2020 – Individual



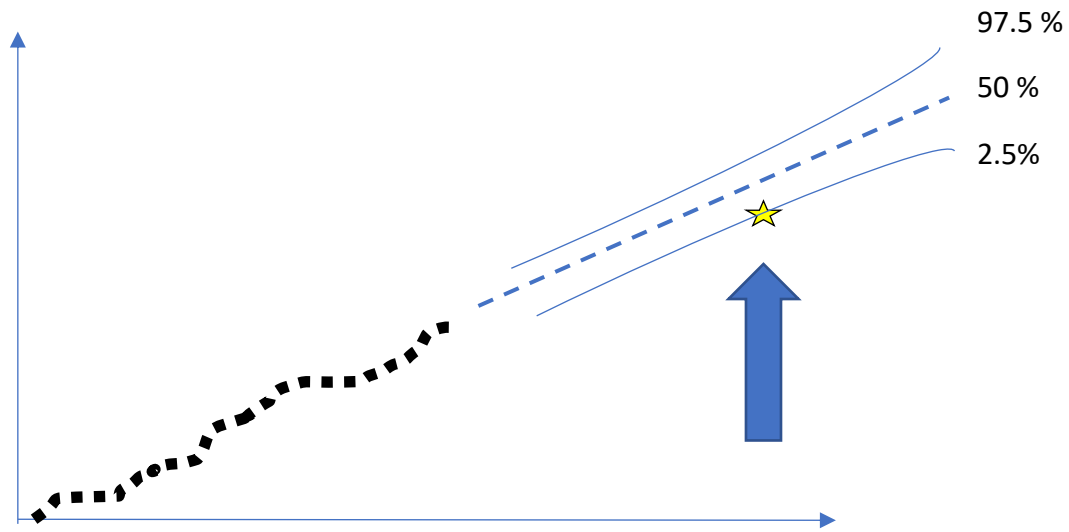
Fonte: Elaboração Própria

b. Análise da Faixa de Risco da Demanda

O objetivo desta etapa do estudo foi determinar um ponto de baixo risco de demanda e maior ganho de escala do investimento da infraestrutura. Para tanto, foram aplicados teste no modelo de escolha de forma a obter os níveis de demanda que o projeto atende com nível de significância em torno de 2,5% para erro de subestimação.

Este patamar de demanda é esquematicamente ilustrado na Figura 44 e é indicado pela seta e foi determinado como diretriz para dimensionamento de projeto e estimativa de receitas.

Figura 44:Intervalo de Confiabilidade de estimativa

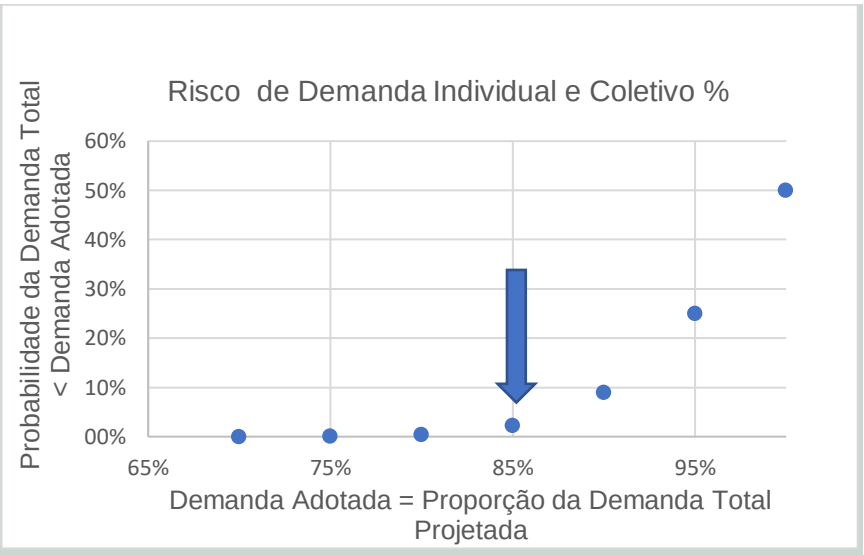


Fonte: Elaboração Própria

De acordo com o Quadro 26, foi adotado o patamar de 85% da demanda obtida no modelo de escolha, como diretriz para projeto e estimativa de receita.

Quadro 26:Diretriz para Nível de Demanda

Demanda %	Risco %
70%	0.0%
75%	0.0%
80%	0.4%
85%	2.3%
90%	8.9%
95%	25.0%
100%	50.0%



Fonte: Elaboração Própria

11.3 Estimativa de Receita e Demanda

11.3.1 Sazonalidade

A estimativa foi realizada para dia útil médio, através do modelo de demanda, para a transformação em cada um dos meses do ano foram utilizados fatores de conversão, levando em conta as características de cada um dos meses quanto ao número de dias e sua sazonalidade ao longo do ano. Além disso foram considerados incrementos de demanda devido ao efeito do turismo, como veremos mais adiante.

Além do efeito sazonal mensal existe um aumento na demanda principalmente aos domingos nos meses de temporada, para representar esse efeito aos os domingos existe uma diferença de formulação como mostrado a seguir:

Mês Típico = Dias úteis + Sab*0,50 + Dom*0,25

Temporada = Dias úteis + Sab*0,50 + Dom*0,50

Onde:

Mês Típico: meses de março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro;

Temporada: meses de janeiro, fevereiro e dezembro;

Dias Úteis: Segunda-Feira, Terça-Feira, Quarta-Feira, Quinta-Feira e Sexta-Feira;

Sab: Sábado e

Dom: Domingo.

No Quadro 27, a seguir, são apresentado o número médio de dias úteis equivalentes considerados em cada um dos meses do ano.

Quadro 27:Dias Equivalentes por Mês

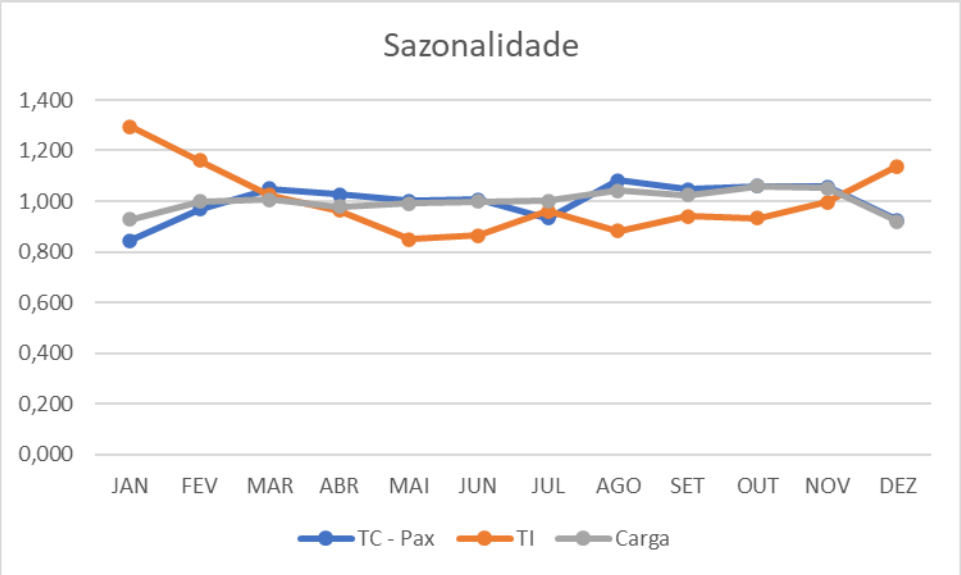
Classificação	Mês	Dias no Mês	Sábados	Domingos	Dias Úteis	Dias Úteis Equivalentes
Temporada	Janeiro	31	4	4	23	27
Temporada	Fevereiro	28	4	4	20	24
Mês Típico	Março	31	4	4	23	26
Mês Típico	Abril	30	4	4	22	25
Mês Típico	Maio	31	4	4	23	26
Mês Típico	Junho	30	4	4	22	25
Mês Típico	Julho	31	4	4	23	26
Mês Típico	Agosto	31	4	4	23	26
Mês Típico	Setembro	30	4	4	22	25
Mês Típico	Outubro	31	4	4	23	26
Mês Típico	Novembro	30	4	4	22	25
Temporada	Dezembro	31	4	4	23	27

Fonte: Elaboração Própria

Foram considerados meses de temporada os meses de janeiro, fevereiro e dezembro, que tem um aumento de tráfego devido a temporada de verão. O restante dos meses são meses típicos.

A Figura 45, a seguir, mostra a sazonalidade mensal com base nos dados das praças de pedágio da concessionária Planalto Sul, para os veículos de transporte individual e de carga, e com base nos dados do transporte coletivo da prefeitura de Florianópolis.

Figura 45:Sazonalidade Mensal



Fonte: Elaboração Própria

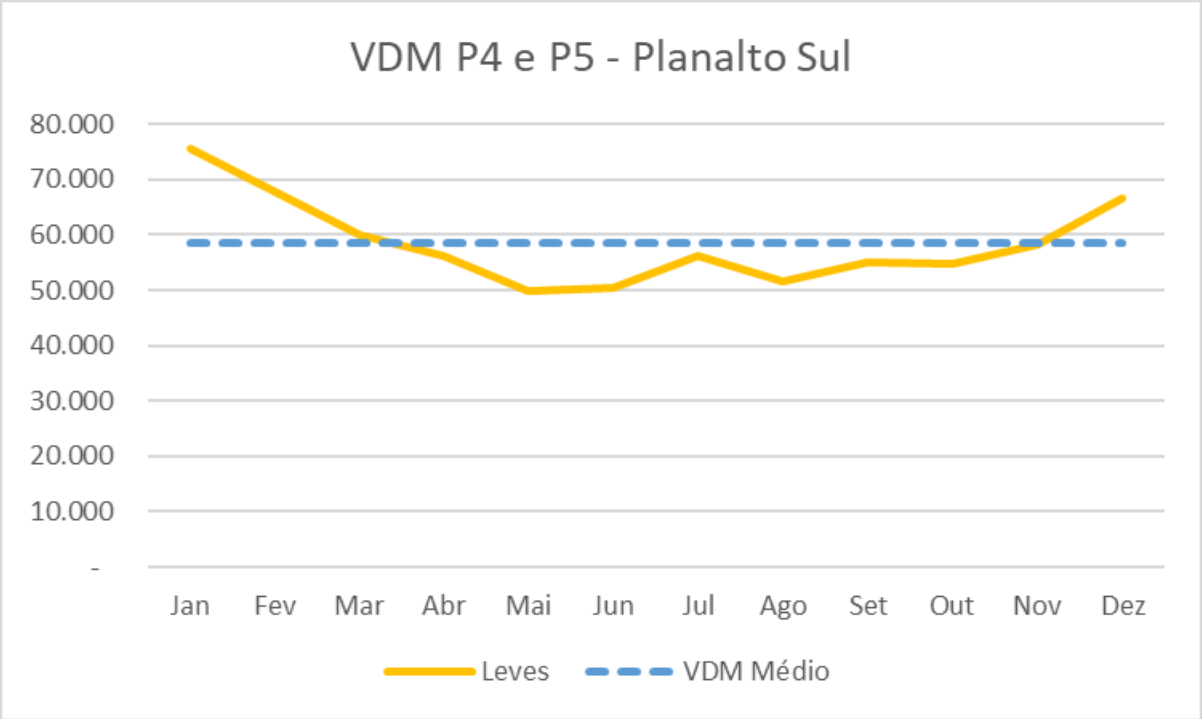
11.3.2 Efeito Turismo

Foi considerado o efeito Turismo na Temporada (meses janeiro, fevereiro e dezembro). Além dos efeitos da sazonalidade referentes aos usuários dos dias úteis do sistema existem os usuários esporádicos do sistema, que utilizaram o sistema durante a temporada, esses usuários foram chamados de usuários turismo, e são somados aos usuários dos dias úteis na modelagem.

Para estimativa de demanda destes usuários, foram analisados os dados das praças de pedágio da Concessionária Planalto Sul.

A Figura 46, a seguir, mostra o comportamento médio da soma do volume de veículos leves nas duas praças próximas ao sistema aquaviário.

Figura 46:Variação do Volume de Veículos Leves nas Praças P4 e P5



Fonte: Elaboração Própria (base de dados Estatística da Concessionária Planalto Sul. 2017 a 2019)

Da análise dos dados foi determinada uma média (VDM Médio) de cerca de 58 mil veículos leves nas praças por dia, durante o mês de janeiro essa média sobe para 75 mil veículos (17 mil acima da média), fevereiro 68 mil (10 mil acima da média) e dezembro 66 mil (8 mil acima da média). O que representa um aumento médio na temporada de 11,5 mil veículos. Foi considerado que 10% deste incremento de demanda, cerca de 1150 veículos têm como destino a ilha. Utilizarão o sistema aquaviário na temporada através da Rota 1 e Rota 5 e o restante usará a ponte divididos de maneira igual, um terço para cada uma das alternativas, sendo que essa previsão também sobre os efeitos da sazonalidade.

Com base nestes números se considerou que os usuários de transporte coletivo, os pedestres, são cerca de 1.725 passageiros, distribuídos 33% na Rota 1 e 67% na Rota 5 sendo que essa previsão também sobre os efeitos da sazonalidade.

Para a Rota 2 foi considerado que dobra o movimento de passageiros de transporte coletivo nesta rota nos meses temporada em relação ao movimento do dia útil.

Para a Rota 3 e Rota 4 foi considerado um incremento de 10% no movimento de passageiros de transporte coletivo nestas rotas nos meses da temporada em relação ao movimento do dia útil.

Os usuários considerados como turismo terão uma tarifa diferenciada, o Quadro 28, a seguir, mostra o comparativo entre a tarifa base e a tarifa turismo.

Quadro 28:Tarifa Base e Turismo por Categoria

Tarifa	Pedestres	Autos	Motos	Bicicleta	C2	C3
Base	R$ 6,50	R$ 13,00	R$ 6,50	R$ 6,50	R$ 26,00	R$ 39,00
Turismo	R$ 9,75	R$ 26,00	R$ 13,00	R$ 9,75		

Fonte: Elaboração Própria

11.3.3 Demanda

Com a aplicação do modelo de demanda foi possível realizar a estimativa de demanda para cada uma das 5 rotas e estimar a receita para cada uma delas.

O Quadro 29, a seguir, mostra o volume estimado de passageiros de transporte coletivo para cada uma das rotas para o dia útil médio para os anos de 2020, 2030 e 2040.

Quadro 29:Estimativa de Passageiros de Transporte Coletivo por Rota - Dia Útil Médio

Rota	2020	2030	2040
Rota 1 - Total - Coletivo	0	0	0
Rota 2 - Total - Coletivo	341	358	451
Rota 3 - Total - Coletivo	12.633	14.167	16.531
Rota 4 - Total - Coletivo	19.807	22.652	24.815
Rota 5 - Total - Coletivo	195	207	241
Total	**32.635**	**37.026**	**41.588**

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 30, a seguir, mostra o volume estimado de veículos de transporte individual, tanto separados automóveis e motocicletas como os totais para cada uma das rotas para o dia útil médio para os anos de 2020, 2030 e 2040.

Quadro 30:Estimativa de Veículos de Transporte Individual por Rota - Dia Útil Médio

Rota	2020	2030	2040
Rota 1 - Total - Autos	27	29	34
Rota 1 - Total - Motos	27	28	33
Rota 1 - Total - TI	**54**	**57**	**67**
Rota	**2020**	**2030**	**2040**
Rota 5 - Total - Autos	16	17	20
Rota 5 - Total - Motos	306	352	397
Rota 5 - Total - TI	**322**	**369**	**417**
Rota	**2020**	**2030**	**2040**
Total	**376**	**426**	**484**

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 31, a seguir, mostra o volume estimado de veículos de carga para a Rota 5 para o dia útil médio para os anos de 2020, 2030 e 2040.

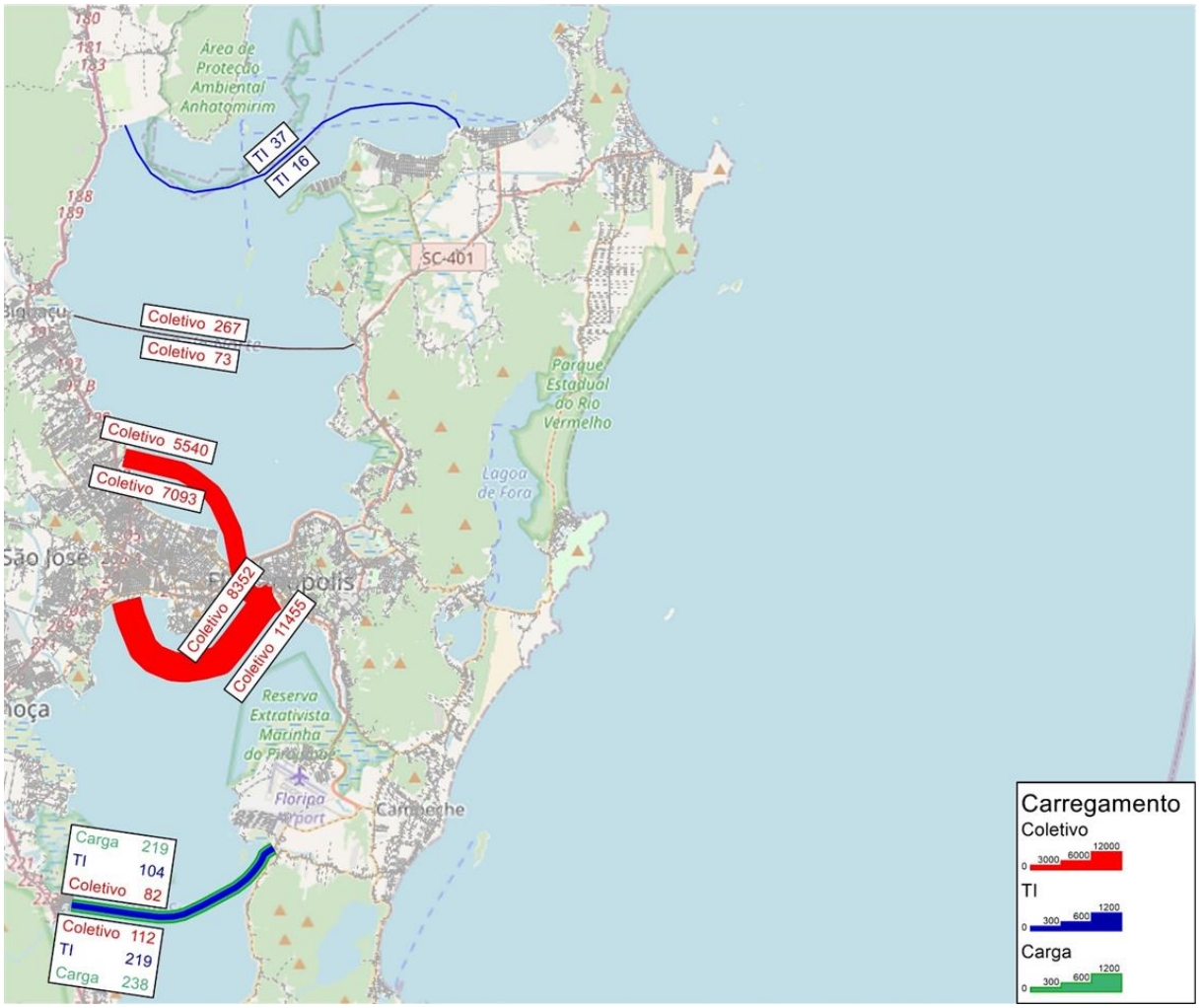
Quadro 31:Estimativa de Veículos de Carga por Rota - Dia Útil Médio

Rota	2020	2030	2040
Rota 5 - Total - Carga	**457**	**492**	**575**

Fonte: Elaboração Própria

A Figura 47, seguir, apresenta o carregamento em cada uma das rotas para o dia útil médio para 2020.

Figura 47:Estimativa de Volumes para 2020



Fonte: Elaboração Própria

Com a inclusão dos usuários turismo e a aplicação dos fatores de sazonalidade, foram estimadas as demandas para cada um dos anos de operação do aquaviário, lembrando que a previsão de início de operação é no ano 4(ano calendário 2024) da concessão.

O Quadro 32, a seguir, mostra a estimativa de demanda para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 1.

Quadro 32:Estimativa de Demanda para Rota 1

Ano	DEMANDA (TICKETS/ANO)				
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3
2024	43.020	37.198	11.430	-	-
2025	43.569	37.618	11.486	-	-
2026	44.118	38.038	11.542	-	-
2027	44.667	38.458	11.598	-	-
2028	45.216	38.878	11.654	-	-
2029	45.765	39.297	11.710	-	-
2030	46.314	39.717	11.766	-	-
2031	46.941	40.298	11.955	-	-
2032	47.567	40.878	12.144	-	-
2033	48.194	41.459	12.333	-	-
2034	48.821	42.040	12.521	-	-
2035	49.448	42.620	12.710	-	-
2036	50.075	43.201	12.899	-	-
2037	50.702	43.782	13.087	-	-
2038	51.329	44.362	13.276	-	-
2039	51.956	44.943	13.465	-	-
2040	52.582	45.523	13.654	-	-
2041	53.209	46.104	13.842	-	-
2042	53.836	46.685	14.031	-	-
2043	54.463	47.265	14.220	-	-
2044	55.090	47.846	14.408	-	-
2045	55.717	48.427	14.597	-	-
2046	56.344	49.007	14.786	-	-
2047	56.971	49.588	14.974	-	-
2048	57.597	50.169	15.163	-	-
2049	58.224	50.749	15.352	-	-
2050	58.851	51.330	15.541	-	-
2051	59.478	51.910	15.729	-	-
2052	60.105	52.491	15.918	-	-
2053	60.732	53.072	16.107	-	-
2054	61.359	53.652	16.295	-	-
2055	61.986	54.233	16.484	-	-

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 33, a seguir, mostra a estimativa de demanda para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 2.

Quadro 33:Estimativa de Demanda para Rota 2

Ano	DEMANDA (TICKETS/ANO)				
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3
2024	161.505	-	-	-	-
2025	162.297	-	-	-	-
2026	163.089	-	-	-	-
2027	163.881	-	-	-	-
2028	164.673	-	-	-	-
2029	165.465	-	-	-	-
2030	166.257	-	-	-	-
2031	170.605	-	-	-	-
2032	174.954	-	-	-	-
2033	179.302	-	-	-	-
2034	183.650	-	-	-	-
2035	187.999	-	-	-	-
2036	192.347	-	-	-	-
2037	196.695	-	-	-	-
2038	201.044	-	-	-	-
2039	205.392	-	-	-	-
2040	209.740	-	-	-	-
2041	214.089	-	-	-	-
2042	218.437	-	-	-	-
2043	222.785	-	-	-	-
2044	227.134	-	-	-	-
2045	231.482	-	-	-	-
2046	235.830	-	-	-	-
2047	240.179	-	-	-	-
2048	244.527	-	-	-	-
2049	248.875	-	-	-	-
2050	253.224	-	-	-	-
2051	257.572	-	-	-	-
2052	261.920	-	-	-	-
2053	266.269	-	-	-	-
2054	270.617	-	-	-	-
2055	274.965	-	-	-	-

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 34, a seguir, mostra a estimativa de demanda para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 3.

Quadro 34:Estimativa de Demanda para Rota 3

Ano	DEMANDA (TICKETS/ANO)				
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3
2024	4.180.614	-	-	-	-
2025	4.229.034	-	-	-	-
2026	4.277.453	-	-	-	-
2027	4.325.873	-	-	-	-
2028	4.374.292	-	-	-	-
2029	4.422.712	-	-	-	-
2030	4.471.131	-	-	-	-
2031	4.545.734	-	-	-	-
2032	4.620.337	-	-	-	-
2033	4.694.940	-	-	-	-
2034	4.769.543	-	-	-	-
2035	4.844.146	-	-	-	-
2036	4.918.749	-	-	-	-
2037	4.993.352	-	-	-	-
2038	5.067.955	-	-	-	-
2039	5.142.558	-	-	-	-
2040	5.217.161	-	-	-	-
2041	5.291.764	-	-	-	-
2042	5.366.367	-	-	-	-
2043	5.440.970	-	-	-	-
2044	5.515.573	-	-	-	-
2045	5.590.176	-	-	-	-
2046	5.664.779	-	-	-	-
2047	5.739.382	-	-	-	-
2048	5.813.985	-	-	-	-
2049	5.888.587	-	-	-	-
2050	5.963.190	-	-	-	-
2051	6.037.793	-	-	-	-
2052	6.112.396	-	-	-	-
2053	6.186.999	-	-	-	-
2054	6.261.602	-	-	-	-
2055	6.336.205	-	-	-	-

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 35, a seguir , mostra a estimativa de demanda para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 4.

Quadro 35:Estimativa de Demanda para Rota 4

Ano	DEMANDA (TICKETS/ANO)				
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3
2024	6.610.030	-	-	-	-
2025	6.699.797	-	-	-	-
2026	6.789.565	-	-	-	-
2027	6.879.333	-	-	-	-
2028	6.969.100	-	-	-	-
2029	7.058.868	-	-	-	-
2030	7.148.636	-	-	-	-
2031	7.216.913	-	-	-	-
2032	7.285.190	-	-	-	-
2033	7.353.467	-	-	-	-
2034	7.421.745	-	-	-	-
2035	7.490.022	-	-	-	-
2036	7.558.299	-	-	-	-
2037	7.626.576	-	-	-	-
2038	7.694.853	-	-	-	-
2039	7.763.130	-	-	-	-
2040	7.831.408	-	-	-	-
2041	7.899.685	-	-	-	-
2042	7.967.962	-	-	-	-
2043	8.036.239	-	-	-	-
2044	8.104.516	-	-	-	-
2045	8.172.793	-	-	-	-
2046	8.241.070	-	-	-	-
2047	8.309.348	-	-	-	-
2048	8.377.625	-	-	-	-
2049	8.445.902	-	-	-	-
2050	8.514.179	-	-	-	-
2051	8.582.456	-	-	-	-
2052	8.650.733	-	-	-	-
2053	8.719.011	-	-	-	-
2054	8.787.288	-	-	-	-
2055	8.855.565	-	-	-	-

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 36, a seguir, mostra a estimativa de demanda para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 5.

Quadro 36:Estimativa de Demanda para Rota 5

Ano	DEMANDA (TICKETS/ANO)				
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3
2024	147.490	33.059	101.565	116.048	29.012
2025	148.983	33.456	102.975	116.921	29.230
2026	150.475	33.854	104.386	117.794	29.449
2027	151.967	34.251	105.796	118.667	29.667
2028	153.459	34.648	107.207	119.540	29.885
2029	154.952	35.046	108.617	120.413	30.103
2030	156.444	35.443	110.027	121.286	30.322
2031	158.735	35.933	111.458	123.326	30.831
2032	161.026	36.422	112.888	125.366	31.341
2033	163.317	36.911	114.318	127.405	31.851
2034	165.609	37.401	115.749	129.445	32.361
2035	167.900	37.890	117.179	131.485	32.871
2036	170.191	38.379	118.610	133.525	33.381
2037	172.482	38.869	120.040	135.564	33.891
2038	174.773	39.358	121.470	137.604	34.401
2039	177.064	39.847	122.901	139.644	34.911
2040	179.355	40.337	124.331	141.684	35.421
2041	181.647	40.826	125.762	143.723	35.931
2042	183.938	41.315	127.192	145.763	36.441
2043	186.229	41.805	128.622	147.803	36.951
2044	188.520	42.294	130.053	149.843	37.461
2045	190.811	42.783	131.483	151.882	37.971
2046	193.102	43.273	132.913	153.922	38.481
2047	195.393	43.762	134.344	155.962	38.990
2048	197.684	44.251	135.774	158.002	39.500
2049	199.976	44.741	137.205	160.041	40.010
2050	202.267	45.230	138.635	162.081	40.520
2051	204.558	45.719	140.065	164.121	41.030
2052	206.849	46.209	141.496	166.161	41.540
2053	209.140	46.698	142.926	168.200	42.050
2054	211.431	47.188	144.357	170.240	42.560
2055	213.722	47.677	145.787	172.280	43.070

Fonte: Elaboração Própria

Para a avaliação das rotas aquaviárias e a realização do comparativo entre elas, é apresentado a seguir o Quadro 37 com o resumo das demandas totais ao longo do periodo de concessão.

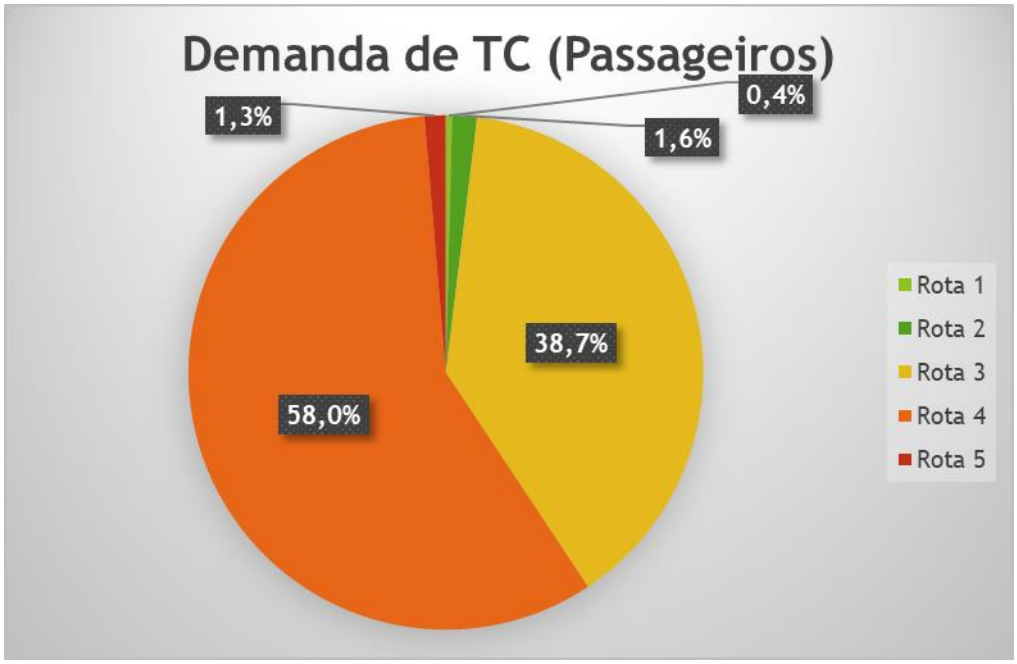
Quadro 37:Demanda ao Longo da Concessão por Modo e por Rota (x1000)

Rota	TC (Passageiros)	TI (Veículos)	Carga (Veículos)
Rota 1	1.674	1.888	-
Rota 2	6.717	-	-
Rota 3	166.305	-	-
Rota 4	249.061	-	-
Rota 5	5.719	5.241	5.657
Total	**429.477**	**7.129**	**5.657**

Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 48, a seguir, é apresentada a participação do transporte coletivo em cada uma das rotas.

Figura 48:Percentagem de Cada Rota na Demanda Total de Transporte Coletivo

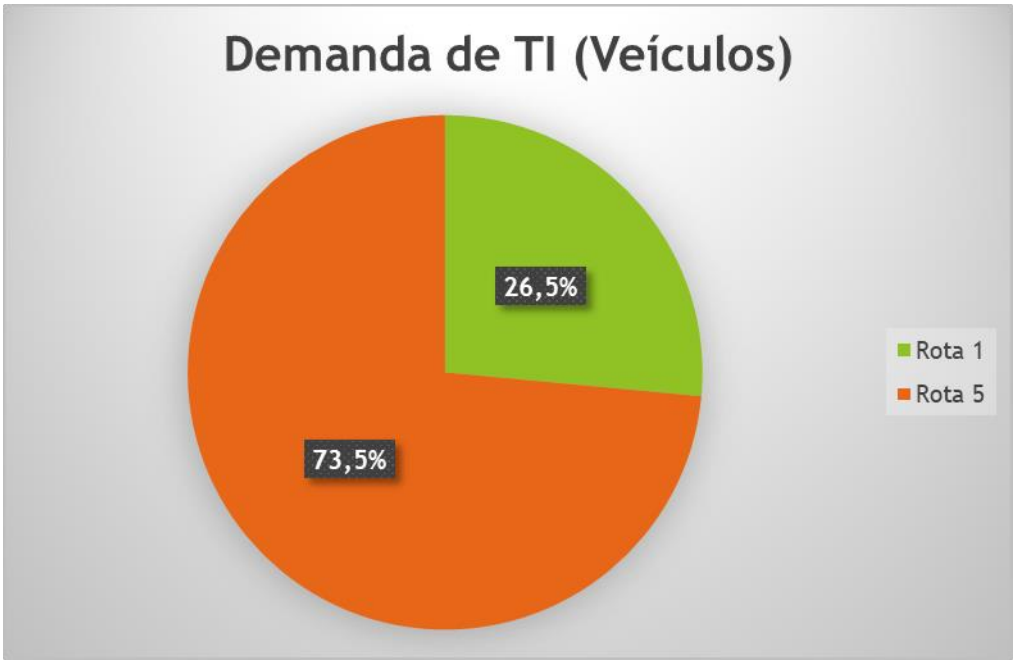


Fonte: Elaboração Própria

Nota-se que o transporte coletivo tem a sua demanda consentrada nas rotas 3 e 4, as demais rotas tem uma demanda muito baixa.

Na Figura 49, a seguir, é apresentada a participação do transporte individual em cada uma das rotas.

Figura 49:Percentagem de Cada Rota na Demanda Total de Transporte Individual



Fonte: Elaboração Própria

Nota-se como as Rotas 1 tem uma demanda significativamente menor que a rota 5, a rota 5 transporta praticamente 3 vezes mais que a rota 1. As caracteristicas de tempo de travessia, a rota 1 tem um tempo significativamente maior, e desejos de viagem contribuem para essa distribuição.

Do ponto de vista da demanda as Rotas 1 e 2, são consideradas não prioritarias neste momento, podendo ser avaliadas futuramente. Por esta razão foi elaborado o cenário com as Rotas 3,4 e 5, no Quadro 38, a seguir, é apresentada a composição da demanda total para este cenário.

Quadro 38:Demanda Cenário com Rotas 3,4 e 5 (x1000)

Rota	TC (Passageiros)	TI (Veículos)	Carga (Veículos)
Rota 3	166.305	-	-
Rota 4	249.061	-	-
Rota 5	5.719	5.241	5.657
Total	**421.086**	**5.241**	**5.657**

Fonte: Elaboração Própria

Fazendo uma avaliação comparativa da demanda do Aquaviário com o sistema de pontes no ano de 2020, percebemos a captação de cada um dos modos no Quadro 39, a seguir.

Quadro 39:Demanda Diária - Cenário com Rotas 3,4 e 5

MODO	Ponte (sem Projeto)	Aquaviário	% Ponte	% RMF
TI (veículos)	189.053	322	0,2%	0,0%
TC (passageiros)	180.803	32.635	18,0%	6,2%
Carga (veículos)	6.633	457	6,9%	

Fonte: Elaboração Própria

Os usuário de transporte individual tem a menor capitação entre os modos, mas são beneficiados pela redução dos outros modais, já o transporte coletivo tem uma boa captação, cerca de 18% das viagens da ponte, os veiculos de carga tem uma boa atração, cerca de 6,9%. Com esses resultados a o sistema de pontes tem um alivio em sua capacidade, já que uma boa parcela dos veiculos pesados, ônibus, representados pelos seus usuários, e caminhões são atraidos para o aquaviário.

11.3.4 Receita

Com a aplicação do sistema tarifário, considerando os usuários base e os turismo, foi estimada a receita para cada um dos anos de operação por rota.

O Quadro 40, a seguir, mostra a estimativa de receita para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 1.

Quadro 40:Estimativa de Receita para Rota 1

Ano	RECEITA (R$/ANO)					
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3	TOTAL
2.024	419.446	856.421	94.117	-	-	1.369.984
2.025	424.798	866.635	94.522	-	-	1.385.956
2.026	430.150	876.850	94.928	-	-	1.401.928
2.027	435.502	887.064	95.334	-	-	1.417.900
2.028	440.854	897.278	95.739	-	-	1.433.872
2.029	446.206	907.493	96.145	-	-	1.449.844
2.030	451.558	917.707	96.551	-	-	1.465.815
2.031	457.670	930.688	98.049	-	-	1.486.407
2.032	463.782	943.669	99.547	-	-	1.506.999
2.033	469.894	956.651	101.046	-	-	1.527.590
2.034	476.006	969.632	102.544	-	-	1.548.182
2.035	482.118	982.613	104.042	-	-	1.568.773
2.036	488.230	995.594	105.540	-	-	1.589.365
2.037	494.342	1.008.576	107.039	-	-	1.609.957
2.038	500.454	1.021.557	108.537	-	-	1.630.548
2.039	506.566	1.034.538	110.035	-	-	1.651.140
2.040	512.679	1.047.519	111.533	-	-	1.671.731
2.041	518.791	1.060.500	113.032	-	-	1.692.323
2.042	524.903	1.073.482	114.530	-	-	1.712.914
2.043	531.015	1.086.463	116.028	-	-	1.733.506
2.044	537.127	1.099.444	117.527	-	-	1.754.098
2.045	543.239	1.112.425	119.025	-	-	1.774.689
2.046	549.351	1.125.407	120.523	-	-	1.795.281
2.047	555.463	1.138.388	122.021	-	-	1.815.872
2.048	561.575	1.151.369	123.520	-	-	1.836.464
2.049	567.687	1.164.350	125.018	-	-	1.857.055
2.050	573.799	1.177.331	126.516	-	-	1.877.647
2.051	579.911	1.190.313	128.014	-	-	1.898.239
2.052	586.024	1.203.294	129.513	-	-	1.918.830
2.053	592.136	1.216.275	131.011	-	-	1.939.422
2.054	598.248	1.229.256	132.509	-	-	1.960.013
2.055	604.360	1.242.238	134.008	-	-	1.980.605
TOTAL	16.323.885	33.371.021	3.568.044	-	-	53.262.950

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 41, a seguir, mostra a estimativa de Receita para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 2.

Quadro 41:Estimativa de Receita para Rota 2

Ano	RECEITA (R$/ANO)					
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3	TOTAL
2.024	1.227.203	-	-	-	-	1.227.203
2.025	1.233.221	-	-	-	-	1.233.221
2.026	1.239.240	-	-	-	-	1.239.240
2.027	1.245.258	-	-	-	-	1.245.258
2.028	1.251.277	-	-	-	-	1.251.277
2.029	1.257.295	-	-	-	-	1.257.295
2.030	1.263.313	-	-	-	-	1.263.313
2.031	1.296.354	-	-	-	-	1.296.354
2.032	1.329.395	-	-	-	-	1.329.395
2.033	1.362.436	-	-	-	-	1.362.436
2.034	1.395.477	-	-	-	-	1.395.477
2.035	1.428.519	-	-	-	-	1.428.519
2.036	1.461.560	-	-	-	-	1.461.560
2.037	1.494.601	-	-	-	-	1.494.601
2.038	1.527.642	-	-	-	-	1.527.642
2.039	1.560.683	-	-	-	-	1.560.683
2.040	1.593.724	-	-	-	-	1.593.724
2.041	1.626.765	-	-	-	-	1.626.765
2.042	1.659.806	-	-	-	-	1.659.806
2.043	1.692.847	-	-	-	-	1.692.847
2.044	1.725.888	-	-	-	-	1.725.888
2.045	1.758.929	-	-	-	-	1.758.929
2.046	1.791.970	-	-	-	-	1.791.970
2.047	1.825.011	-	-	-	-	1.825.011
2.048	1.858.052	-	-	-	-	1.858.052
2.049	1.891.093	-	-	-	-	1.891.093
2.050	1.924.134	-	-	-	-	1.924.134
2.051	1.957.175	-	-	-	-	1.957.175
2.052	1.990.216	-	-	-	-	1.990.216
2.053	2.023.257	-	-	-	-	2.023.257
2.054	2.056.298	-	-	-	-	2.056.298
2.055	2.089.339	-	-	-	-	2.089.339
TOTAL	51.037.973	-	-	-	-	51.037.973

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 42, a seguir, mostra a estimativa de Receita para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 3.

Quadro 42:Estimativa de Receita para Rota 3

Ano	RECEITA (R$/ANO)					
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3	TOTAL
2.024	27.512.244	-	-	-	-	27.512.244
2.025	27.830.888	-	-	-	-	27.830.888
2.026	28.149.533	-	-	-	-	28.149.533
2.027	28.468.177	-	-	-	-	28.468.177
2.028	28.786.821	-	-	-	-	28.786.821
2.029	29.105.466	-	-	-	-	29.105.466
2.030	29.424.110	-	-	-	-	29.424.110
2.031	29.915.066	-	-	-	-	29.915.066
2.032	30.406.021	-	-	-	-	30.406.021
2.033	30.896.976	-	-	-	-	30.896.976
2.034	31.387.931	-	-	-	-	31.387.931
2.035	31.878.886	-	-	-	-	31.878.886
2.036	32.369.842	-	-	-	-	32.369.842
2.037	32.860.797	-	-	-	-	32.860.797
2.038	33.351.752	-	-	-	-	33.351.752
2.039	33.842.707	-	-	-	-	33.842.707
2.040	34.333.663	-	-	-	-	34.333.663
2.041	34.824.618	-	-	-	-	34.824.618
2.042	35.315.573	-	-	-	-	35.315.573
2.043	35.806.528	-	-	-	-	35.806.528
2.044	36.297.484	-	-	-	-	36.297.484
2.045	36.788.439	-	-	-	-	36.788.439
2.046	37.279.394	-	-	-	-	37.279.394
2.047	37.770.349	-	-	-	-	37.770.349
2.048	38.261.305	-	-	-	-	38.261.305
2.049	38.752.260	-	-	-	-	38.752.260
2.050	39.243.215	-	-	-	-	39.243.215
2.051	39.734.170	-	-	-	-	39.734.170
2.052	40.225.125	-	-	-	-	40.225.125
2.053	40.716.081	-	-	-	-	40.716.081
2.054	41.207.036	-	-	-	-	41.207.036
2.055	41.697.991	-	-	-	-	41.697.991
TOTAL	1.094.440.449	-	-	-	-	1.094.440.449

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 43, a seguir, mostra a estimativa de Receita para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 4.

Quadro 43:Estimativa de Receita para Rota 4

Ano	RECEITA (R$/ANO)					
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3	TOTAL
2.024	43.500.004	-	-	-	-	43.500.004
2.025	44.090.758	-	-	-	-	44.090.758
2.026	44.681.511	-	-	-	-	44.681.511
2.027	45.272.264	-	-	-	-	45.272.264
2.028	45.863.018	-	-	-	-	45.863.018
2.029	46.453.771	-	-	-	-	46.453.771
2.030	47.044.525	-	-	-	-	47.044.525
2.031	47.493.850	-	-	-	-	47.493.850
2.032	47.943.176	-	-	-	-	47.943.176
2.033	48.392.502	-	-	-	-	48.392.502
2.034	48.841.828	-	-	-	-	48.841.828
2.035	49.291.153	-	-	-	-	49.291.153
2.036	49.740.479	-	-	-	-	49.740.479
2.037	50.189.805	-	-	-	-	50.189.805
2.038	50.639.131	-	-	-	-	50.639.131
2.039	51.088.456	-	-	-	-	51.088.456
2.040	51.537.782	-	-	-	-	51.537.782
2.041	51.987.108	-	-	-	-	51.987.108
2.042	52.436.434	-	-	-	-	52.436.434
2.043	52.885.759	-	-	-	-	52.885.759
2.044	53.335.085	-	-	-	-	53.335.085
2.045	53.784.411	-	-	-	-	53.784.411
2.046	54.233.736	-	-	-	-	54.233.736
2.047	54.683.062	-	-	-	-	54.683.062
2.048	55.132.388	-	-	-	-	55.132.388
2.049	55.581.714	-	-	-	-	55.581.714
2.050	56.031.039	-	-	-	-	56.031.039
2.051	56.480.365	-	-	-	-	56.480.365
2.052	56.929.691	-	-	-	-	56.929.691
2.053	57.379.017	-	-	-	-	57.379.017
2.054	57.828.342	-	-	-	-	57.828.342
2.055	58.277.668	-	-	-	-	58.277.668
TOTAL	1.639.049.833	-	-	-	-	1.639.049.833

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 44, a seguir, mostra a estimativa de Receita para cada um dos anos por tipo de usuário para a Rota 5.

Quadro 44:Estimativa de Receita para Rota 5

Ano	RECEITA (R$/ANO)					
	Pedestres	Autos	Motos	C2	C3	TOTAL
2.024	1.238.318	793.285	669.494	3.017.250	1.131.469	6.849.816
2.025	1.251.585	803.090	678.780	3.039.948	1.139.981	6.913.384
2.026	1.264.853	812.894	688.067	3.062.646	1.148.492	6.976.953
2.027	1.278.121	822.699	697.353	3.085.344	1.157.004	7.040.521
2.028	1.291.389	832.503	706.639	3.108.042	1.165.516	7.104.090
2.029	1.304.657	842.308	715.926	3.130.740	1.174.028	7.167.658
2.030	1.317.925	852.112	725.212	3.153.438	1.182.539	7.231.227
2.031	1.336.892	863.771	734.645	3.206.472	1.202.427	7.344.207
2.032	1.355.859	875.430	744.079	3.259.505	1.222.314	7.457.187
2.033	1.374.826	887.088	753.512	3.312.539	1.242.202	7.570.167
2.034	1.393.793	898.747	762.945	3.365.572	1.262.090	7.683.147
2.035	1.412.760	910.405	772.379	3.418.605	1.281.977	7.796.127
2.036	1.431.727	922.064	781.812	3.471.639	1.301.865	7.909.106
2.037	1.450.694	933.723	791.245	3.524.672	1.321.752	8.022.086
2.038	1.469.661	945.381	800.679	3.577.706	1.341.640	8.135.066
2.039	1.488.628	957.040	810.112	3.630.739	1.361.527	8.248.046
2.040	1.507.595	968.698	819.545	3.683.773	1.381.415	8.361.026
2.041	1.526.563	980.357	828.979	3.736.806	1.401.302	8.474.006
2.042	1.545.530	992.016	838.412	3.789.839	1.421.190	8.586.986
2.043	1.564.497	1.003.674	847.845	3.842.873	1.441.077	8.699.966
2.044	1.583.464	1.015.333	857.279	3.895.906	1.460.965	8.812.946
2.045	1.602.431	1.026.991	866.712	3.948.940	1.480.852	8.925.926
2.046	1.621.398	1.038.650	876.145	4.001.973	1.500.740	9.038.906
2.047	1.640.365	1.050.309	885.579	4.055.006	1.520.627	9.151.886
2.048	1.659.332	1.061.967	895.012	4.108.040	1.540.515	9.264.866
2.049	1.678.299	1.073.626	904.445	4.161.073	1.560.402	9.377.846
2.050	1.697.266	1.085.284	913.879	4.214.107	1.580.290	9.490.826
2.051	1.716.234	1.096.943	923.312	4.267.140	1.600.178	9.603.806
2.052	1.735.201	1.108.601	932.745	4.320.174	1.620.065	9.716.786
2.053	1.754.168	1.120.260	942.178	4.373.207	1.639.953	9.829.766
2.054	1.773.135	1.131.919	951.612	4.426.240	1.659.840	9.942.746
2.055	1.792.102	1.143.577	961.045	4.479.274	1.679.728	10.055.726
TOTAL	48.059.267	30.850.745	26.077.602	117.669.230	44.125.961	266.782.804

Fonte: Elaboração Própria

Para a avaliação das rotas aquaviárias e a realização do comparativo entre elas é apresentado a seguir, no Quadro 45, com o resumo das receitas brutas totais ao longo do periodo de concessão.

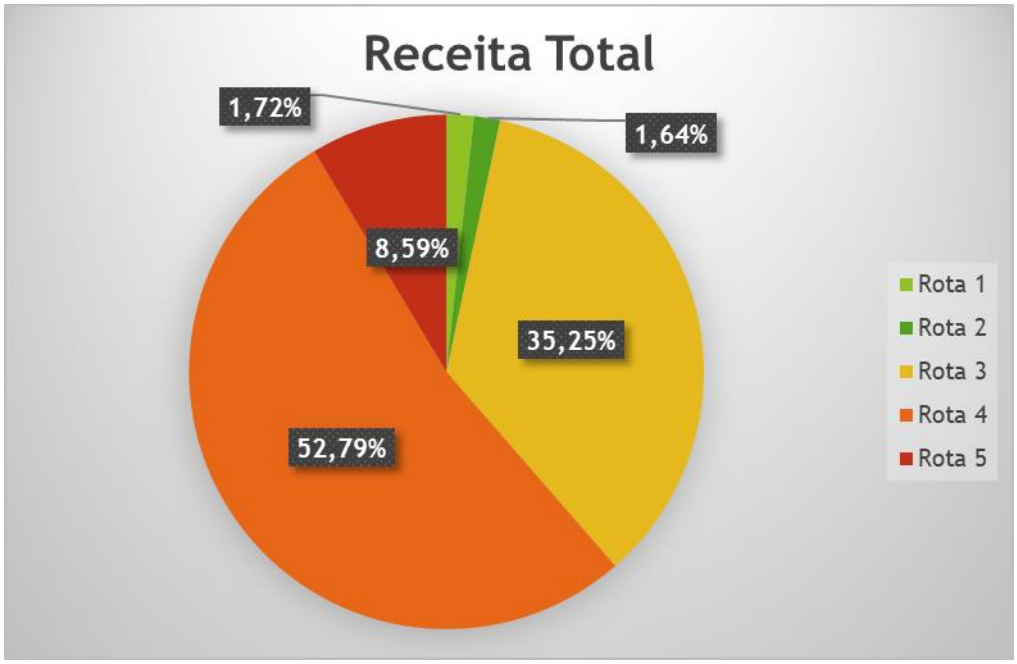
Quadro 45:Receita ao Longo da Concessão por Modo e Total por Rota (R$ x 1000)

Rota	Pedestres	TI	Carga	Total
Rota 1	R$ 16.324	R$ 36.939	R$ -	R$ 53.263
Rota 2	R$ 51.038	R$ -	R$ -	R$ 51.038
Rota 3	R$ 1.094.440	R$ -	R$ -	R$ 1.094.440
Rota 4	R$ 1.639.050	R$ -	R$ -	R$ 1.639.050
Rota 5	R$ 48.059	R$ 56.928	R$ 161.795	R$ 266.783
Total	R$ 2.848.911	R$ 93.867	R$ 161.795	R$ 3.104.574

Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 50, a seguir, é apresentada a participação na receita de cada uma das rotas.

Figura 50:Percentagem de Cada Rota na Receita Total



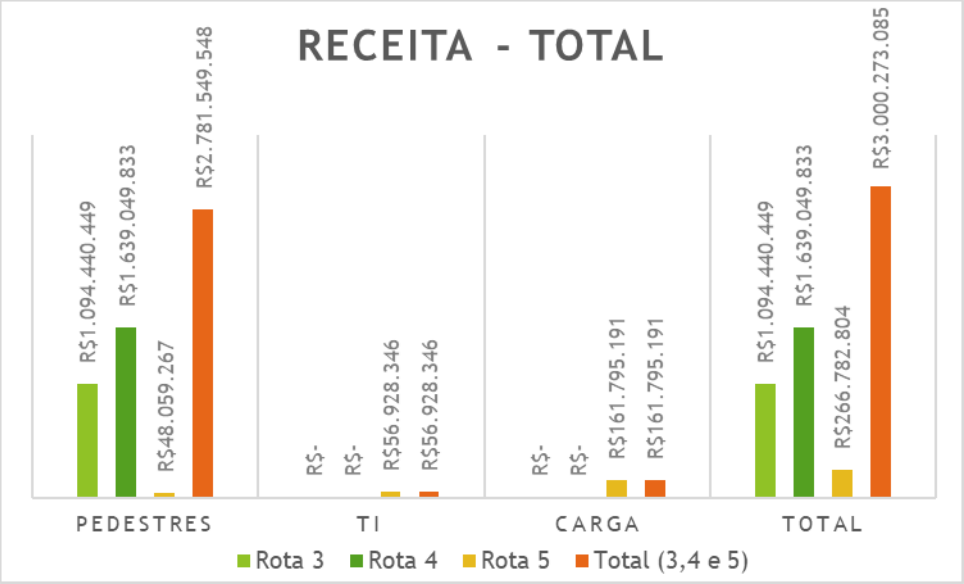
Fonte: Elaboração Própria

Nota-se como as Rotas 1 e 2 tem um peso muito pequeno com relação as demais, como a receita é proporcional aos usuários, elas representam uma baixa atração. A Rota 5 também tem uma baixa atração, se considerarmos as rotas 3 e 4, porém é uma rota de grande importância estrategica para a região, ela garante o acesso de veiculos leves e pesados a ilha sem a necessidade de usar o sistema de pontes, garantindo contigência e é um importante elemento no desenvolvimento do sul da ilha.

Do ponto de vista da demanda, como vimos anteriormente, e da receita as Rotas 1 e 2, são consideradas não prioritarias neste momento, podendo ser avaliadas futuramente.

Por esta razão foi elaborado o cenário com as Rotas 3,4 e 5, na Figura 51, a seguir, é apresentada a composição de receita total para este cenário.

Figura 51:Receita Cenário com Rotas 3,4 e 5



Fonte: Elaboração Própria

12. Avaliação de Custo e Benefício Social do Sistema Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis

12.1 Sumário

Os resultados da análise econômica mostram que as Rotas 3, 4 e 5 do Sistema Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis são economicamente viáveis sob a ótica social. O Projeto vai apoiar transporte coletivo e individual da Região Metropolitana de Florianópolis com o objetivo de melhorar o acesso às oportunidades e a qualidade do serviço aos usuários do transporte público em sua área de influência. Os custos do projeto incluem os custos totais de capital durante a fase de construção e operação e manutenção durante a fase de operação. O benefício quantificável do Projeto inclui economia de tempo de viagem, economia de custos de operação de ônibus e redução de GEE e poluição. O projeto também produzirá benefícios não quantificáveis, como melhoria da qualidade de vida e da confiança do público, geração de empregos, satisfação com os serviços de transporte público, maior acessibilidade e desenvolvimento urbano sustentável. Os resultados da EA de todo o Projeto mostram um Valor Presente Líquido (VPL) de R$ 2,512 bilhões a uma taxa de desconto de 4.5% e uma Taxa Interna de Retorno Econômico (TIRE) de 39.9%.

12.2 Metodologia e Premissas

Modelo de previsão de demanda - A análise econômica foi baseada na Pesquisa de Origem e Destino de 2015 dos municípios da Região Metropolitana de Florianópolis por ocasião do PLAMUS, quando o projeto do sistema aquaviário foi concebido. As premissas para o modelo de previsão de demanda refletem o aumento da demanda por serviços de transporte público; ou seja, uma taxa de crescimento anual do transporte público de 1,2% para o transporte público. A previsão de demanda usa um modelo de escolha para estimar o número de passageiros veículos individuais do sistema aquaviário de a partir de dados de preferência revelada. O modelo de rede foi realizado com base no Estudo de Amostragem O / D, que estima indicadores para as situações sem e com o projeto, dados operacionais como headways, velocidades de operação, frequências, tempos de embarque e desembarque, quilometragem do veículo durante um dia de semana típico.

A saída do modelo de previsão de demanda inclui o número de passageiros, o tempo de viagem, bem como a distância de viagem para transporte público e modos de viagem individual motorizados (automóvel e motocicleta) para fornecer dados básicos de entrada para a análise econômica.

Os cenários para o modelo de previsão de demanda nesta análise econômica. A demanda foi prevista para com e sem cenários de projeto:

• Previsão de demanda para a situação sem projeto: (i) o acesso de passageiros de transporte coletivo e individual entre continente e ilha funciona como “business-as-usual” (BAU) a partir do ano de 2021 em diante. O cenário BAU inclui uma rede de transporte público e individual atendendo a 46,7 mil viagens pessoais diárias que são elegíveis para usar o futuro sistema aquaviário. (ii) quanto ao transporte individual o cenário BAU considera veículos atraídos das opções atuais para acesso à ilha por pelo sistema de pontes é estimado em 1.500 veículos em automóveis de passageiros e motocicletas por dia, conforme estimado pela pesquisa de Origem e Destino.

• Previsão de Demanda para a situação com Projeto: (i) os terminais de barcas e ferry são construídos nos anos de 2021 e 2024; (ii) de 2024 a 2055, o sistema aquaviário atende de 27 a 39 mil viagens por dia, acessam o sistema aquaviário que compreende a rotas 3, 4 e 5 de barcas e ferry, terminais de portuários de passageiros e veículo, incluindo projetos, obras civis, sinalização e equipamentos.

Benefícios quantificáveis esperados. Os benefícios quantificáveis esperados ou potenciais do projeto estão contidos no excedente de consumo conforme descrito no modelo de escolha modal e incluem:

- Economia de tempo de viagem: economia total de tempo de viagem dos passageiros, especialmente para usuários de transporte público. Este impacto é medido estimando as diferenças de tempo de viagem entre com e sem a implementação do Projeto para usuários de automóveis e ônibus.
- Economia de custo operacional de veículos, que é a diferença do custo percebido pelo usuário no transporte coletivo e individual.

Custos quantificáveis esperados: O valor presente dos custos para o Projeto inclui um custo econômico total de R$2,7 bilhões para a análise econômica, incluindo custos relacionados a intervenções em acessos, terminais, estaleiro de manutenção da frota de embarcações e OPEX de terminais e embarcações no período de 2024-2055.

Benefícios não quantificáveis esperados: Além dos benefícios quantificáveis esperados, o projeto proposto também irá gerar outras externalidades econômicas e sociais positivas que são difíceis de quantificar:

a) Melhoria da qualidade de vida e da confiança pública: A qualidade de vida e a confiança do público nos governos locais irão melhorar devido ao fornecimento de infraestrutura de transporte público extremamente necessária e à melhoria do espaço público ao redor das estações. Embora os benefícios de espaços públicos melhorados sejam difíceis de monetizar e atribuir, as melhores práticas internacionais mostram que tais melhorias podem melhorar a qualidade de vida e a coesão social na região;

b) Geração de Emprego: Geração de emprego durante a fase de construção e operação devido ao aumento da acessibilidade e desenvolvimento econômico ao longo do corredor;

c) Satisfação com os serviços de transporte público: Aumento da satisfação dos passageiros com os serviços de transporte público devido à maior eficiência, confiabilidade (desempenho pontual), cobertura, conforto e acessibilidade dos serviços de transporte público;

d) Maior acessibilidade: Maior acessibilidade entre áreas residenciais, recursos e serviços, incluindo empregos, escolas e hospitais.

e) Desenvolvimento Urbano Sustentável: Os municípios dentro da Área da RMF se beneficiarão da rede de transporte público atualizada e das políticas de uso do solo, que podem ser capazes de reduzir substancialmente a intensidade do consumo de energia e das emissões de gases de efeito estufa das áreas urbanas, bem como permitir melhores práticas sociais integração para famílias de baixa renda.

Taxa de desconto. Para o sistema aquaviário usa uma taxa de desconto de 4.5%. No passado, os projetos de infraestrutura do WB frequentemente assumiam uma taxa de desconto de 12%, mas uma taxa muito mais baixa entre 4% e 8% foi observada recentemente para grandes projetos de transporte público com benefícios de longa duração. Além disso, não é possível quantificar todas as externalidades positivas deste Projeto, particularmente porque ele faz parte de uma rede de transporte maior com benefícios de longo prazo e possíveis efeitos colaterais. Por essas razões, uma taxa de desconto de 6 por cento foi considerada adequada para a análise de sensibilidade.

Rede de transporte público. O cenário básico (cenário com projeto) inclui a rede de transporte público e o sistema aquaviário em 2024, que é o ano em que os principais investimentos são concluídos. Os resultados da EA comparam os cenários “com projeto” e “sem projeto” para estimar o VPL e a TIRE.

12.3 Resultados da Análise Econômica e Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade, apresentada no Quadro 46, mostra que o resultado base apresenta TIRE muito superior à TIRE básica de 4,5% com 39,9% de retorno esperado e Valor Presente Líquido de 2,5 bilhões. O projeto é mais sensível `a redução de benefícios, mas apresenta TIRE superior a 31% para uma redução de 20% de benefícios. Quanto aos custos, o projeto se mostra mais sensível ao acréscimo de custos operacionais quanto ao VPL apresentando R$ 2,512 bilhões, entretanto a rentabilidade do projeto é mais sensível ao aumento do CAPEX apresentando TIRE em torno de 35%.

Quadro 46:Análise de Sensibilidade

Base	CAPEX + 20%	OPEX +20%	Benefício -20%
R$ 2,512,527,828.32	R$ 2,450,159,440.98	R$ 2,307,669,704.13	R$ 1,742,795,751.13
39.90%	34.64%	37.54%	31.01%

O fluxo do projeto é apresentado no Quadro 47 a seguir, para a situação Base do Projeto.

Quadro 47:Fluxo do Projeto

	CAPEX					OPEX	Custos	Benefício	Saldo
ANO	Infraestru-tura	Embarcação	Desapropriação	Obras acesso	Total		Total		
2.021	4.805.800	135.000	14.571.500	21.942	19.534.242	914.165	20.448.408	-	-20.448.408
2.022	88.566.667	147.078.500	7.285.750	-	242.930.917	914.165	243.845.082	-	-243.845.082
2.023	30.808.459	162.500	7.285.750	-	38.256.709	914.165	39.170.874	-	-39.170.874
2.024	-	13.684.300	-	21.942	13.706.242	60.936.118	74.642.360	228.739.598	154.097.238
2.025	-	12.500			12.500	63.238.527	63.251.027	231.549.588	168.298.561
2.026	-	-			-	64.175.429	64.175.429	234.359.579	170.184.150
2.027	-	-			-	65.037.839	65.037.839	237.169.569	172.131.731
2.028	-	-			-	62.735.429	62.735.429	239.979.559	177.244.130
2.029	-	-			-	65.205.151	65.205.151	242.789.550	177.584.399
2.030	-	14.019.000			14.019.000	62.735.429	76.754.429	245.599.540	168.845.111
2.031	297.820	12.500			310.320	65.205.151	65.515.471	248.340.169	182.824.698
2.032	-	-			-	68.693.991	68.693.991	251.080.798	182.386.807
2.033	-	-			-	71.163.714	71.163.714	253.821.427	182.657.714
2.034	-	4.059.000			4.059.000	68.693.991	72.752.991	256.562.057	183.809.065
2.035	-	7.320.000			7.320.000	71.342.350	78.662.350	259.302.686	180.640.335
2.036	-	12.500			12.500	68.693.991	68.706.491	262.043.315	193.336.823
2.037	-	-			-	73.760.038	73.760.038	264.783.944	191.023.905
2.038	-	-			-	71.111.679	71.111.679	267.524.573	196.412.893
2.039	736.980	3.877.950			4.614.930	73.938.675	78.553.605	270.265.202	191.711.597
2.040	-	-			-	72.115.555	72.115.555	273.005.831	200.890.276
2.041	-	-			-	73.938.675	73.938.675	275.746.460	201.807.785
2.042	-	-			-	72.115.555	72.115.555	278.487.089	206.371.534
2.043	-	13.684.300			13.684.300	73.938.675	87.622.975	281.227.718	193.604.743
2.044	-	12.500			12.500	72.115.555	72.128.055	283.968.347	211.840.292
2.045	-	4.059.000			4.059.000	77.177.987	81.236.987	286.708.976	205.471.990
2.046	-	-			-	74.350.991	74.350.991	289.449.605	215.098.614
2.047	297.820	-			297.820	77.345.299	77.643.119	292.190.234	214.547.115
2.048	-	-			-	74.350.991	74.350.991	294.930.863	220.579.873
2.049	-	7.320.000			7.320.000	77.345.299	84.665.299	297.671.493	213.006.193
2.050	-	12.500			12.500	74.350.991	74.363.491	300.412.122	226.048.631
2.051	-	-			-	79.003.781	79.003.781	303.152.751	224.148.970
2.052	-	-			-	76.768.679	76.768.679	305.893.380	229.124.701
2.053	-	-			-	79.941.624	79.941.624	308.634.009	228.692.385
2.054	-	-			-	76.768.679	76.768.679	311.374.638	234.605.959
2.055	-	-			-	79.941.624	79.941.624	314.115.267	234.173.643
								VPL	1.944.471.786
								TIRE	39.9%

Disclaimer:

Este documento segue as diretrizes do termo de cooperação técnica entre BID e Governo de Santa Catarina e faz parte do conjunto de documentos da Estruturação do Estudo de Pré Viabilidade Técnica e Econômica (Pré-EVTE) Aquaviário da Região Metropolitana de Florianópolis que está sendo realizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, por meio de cooperação técnica com o BID. Os direitos autorais são de propriedade desta cooperação técnica.

Sua reprodução é proibida, integral ou parcialmente. Sua utilização indevida, por qualquer pessoa ou empresa não poderá ser de responsabilidade dos membros da cooperação.