

# SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE NA REGIÃO DA FOZ DO RIO ITAJAÍ

## ESTUDO DE DEMANDA

Pesquisa de preferência declarada, funções de utilidade e experimentos de pedágio

Outubro de 2020

**SUMÁRIO**

1.	INTRODUÇÃO.....	3
2.	PROJETO DO EXPERIMENTO.....	3
2.1	Descrição da Área de Estudo .....	3
2.2	Definição de Alternativas .....	4
2.3	Validação das Entrevistas.....	7
2.4	Banco de Dados.....	7
3.	METODOLOGIA DE PREVISÃO DE VIAGENS .....	8
3.1	Descrição do Método.....	8
3.2	Especificação da Função de Equilíbrio.....	10
4.	AJUSTAMENTO DAS FUNÇÕES DE ESCOLHA.....	12
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	13
6.	CONCLUSÕES .....	16
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório visa descrever as atividades de análise da pesquisa de preferência declarada realizada em Itajaí e Navegantes para estimar o carregamento de uma futura estrutura de travessia do Rio Itajaí-Açú localizada na área central dessas cidades, na altura do atual serviço de balsa.

As atividades desenvolvidas no presente trabalho consistem em:

- Descrição do projeto do experimento, abordando aspectos do design das perguntas e fatorial empregado;
- Metodologia de Previsão de Viagens, com uma breve descrição da teoria de transporte e matemática econômica adotada;
- Ajustamento do modelo de escolha, com a apresentação das equações gerais;
- Análise dos Resultados, e
- Conclusões.

## 2. PROJETO DO EXPERIMENTO

### 2.1 Descrição da Área de Estudo

Os municípios catarinenses de Itajaí e Navegantes estão geograficamente localizados na região do litoral norte de Santa Catarina, apresentando o desenvolvimento da linha urbana inserida em planícies aluviais correspondentes ao rio Itajaí-Açú. Esses municípios encontram-se inseridos em um complexo viário de rodovias federais e estaduais, que interligam todo o estado e a região Sul do país, sendo a BR-101 e a BR-470 as duas principais rodovias. Em relação à atividade econômica realizada nessas cidades, pode-se citar principalmente a atividade portuária e turística em ambas as cidades.

Segundo o Plano de Mobilidade de Navegantes (2018), 16,37%<sup>1</sup> do total de viagens a trabalho, e 5,96% das viagens motivo estudo realizadas na cidade são em direção a Itajaí, destacando a interligação intrínseca entre ambas as cidades. Para realizar essa interligação e superar o rio Itajaí-Açú, existem três acessos atualmente, sendo uma pela rodovia federal BR-101 e duas pela balsa: Centro e Barra do Rio. Devido à grande distância do acesso da rodovia federal aos centros de ambas as cidades, aos frequentes registros de lentidão no tráfego pela BR-101 e à deficiência de atendimento das balsas, foi realizado um convênio de cooperação técnica entre o Banco Mundial (Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento - BIRD) e a Associação de Municípios da Região da Foz do Rio Itajaí (AMFRI). Os municípios de Itajaí e Navegantes – associados a AMFRI – tiveram como objeto de estudo novas opções de travessia do rio Itajaí-Açú, via túnel ou ponte.

Para auxiliar nas tomadas de decisão e viabilidade quanto à construção deste segundo acesso terrestre, foi determinada pelo cliente a aplicação de uma Pesquisa de Preferência Declarada. O propósito da pesquisa é estimar as funções de utilidade com base nas preferências individuais de cada pessoa entrevistada, segundo um conjunto de alternativas. A escolha das combinações apresentadas pelo pesquisador irá maximizar a percepção da utilidade do item questionado.

---

<sup>1</sup> Prefeitura de Navegantes. Pesquisa origem Destino (2015).

## 2.2 Definição de Alternativas

As alternativas apresentadas pelos entrevistadores seguiram o plano fatorial L9 com 9 alternativas cujos atributos de tempo e de custos estão distribuídos em 3 níveis. Numa primeira etapa, foram apresentados os jogos de escolha com atributos em níveis estimados teoricamente conforme apresentado na figura 1 a seguir:

Figura 1: Games da Primeira Etapa da pesquisa.

Automóveis e comerciais leves, via Balsa [5km] x Ponte/Túnel						
Game	Viagem Atual (Alternativa A)			Viagem Ponte/Túnel (Alternativa B)		
	Tempo (min)	Despesa (R\$)	Escolha	Tempo (min)	Despesa (R\$)	Escolha
1	19	R\$ 12,00	<input type="radio"/>	8	R\$ 13,40	<input type="radio"/>
2	19	R\$ 16,00	<input type="radio"/>	10	R\$ 17,80	<input type="radio"/>
3	19	R\$ 20,00	<input type="radio"/>	13	R\$ 22,30	<input type="radio"/>
4	25	R\$ 12,00	<input type="radio"/>	10	R\$ 22,30	<input type="radio"/>
5	25	R\$ 16,00	<input type="radio"/>	13	R\$ 13,40	<input type="radio"/>
6	25	R\$ 20,00	<input type="radio"/>	8	R\$ 17,80	<input type="radio"/>
7	32	R\$ 12,00	<input type="radio"/>	13	R\$ 17,80	<input type="radio"/>
8	32	R\$ 16,00	<input type="radio"/>	8	R\$ 22,30	<input type="radio"/>
9	32	R\$ 20,00	<input type="radio"/>	10	R\$ 13,40	<input type="radio"/>

Motocicleta, via Balsa [5km] x Ponte/Túnel						
Game	Viagem Atual (Alternativa A)			Viagem Ponte/Túnel (Alternativa B)		
	Tempo (min)	Despesa (R\$)	Escolha	Tempo (min)	Despesa (R\$)	Escolha
1	11	R\$ 4,00	<input type="radio"/>	6	R\$ 4,40	<input type="radio"/>
2	11	R\$ 5,30	<input type="radio"/>	8	R\$ 5,80	<input type="radio"/>
3	11	R\$ 6,70	<input type="radio"/>	10	R\$ 7,30	<input type="radio"/>
4	15	R\$ 4,00	<input type="radio"/>	8	R\$ 7,30	<input type="radio"/>
5	15	R\$ 5,30	<input type="radio"/>	10	R\$ 4,40	<input type="radio"/>
6	15	R\$ 6,70	<input type="radio"/>	6	R\$ 5,80	<input type="radio"/>
7	19	R\$ 4,00	<input type="radio"/>	10	R\$ 5,80	<input type="radio"/>
8	19	R\$ 5,30	<input type="radio"/>	6	R\$ 7,30	<input type="radio"/>
9	19	R\$ 6,70	<input type="radio"/>	8	R\$ 4,40	<input type="radio"/>

Fonte: Banco Mundial, 2020.

Numa segunda etapa, os níveis dos atributos de tempo e custos das alternativas foram alterados para balancear a frequência de escolhas de passageiros resultando nas matrizes apresentadas na figura 2. No caso, foram reduzidas as despesas de custo percebido para balsa de forma a equilibrar as frequências de escolha de cada alternativa para o conjunto de games.

Figura 2: Games da Segunda Etapa da pesquisa.

Automóveis e comerciais leves, via Balsa [5km] x Ponte/Túnel						
Game	Viagem Atual (Alternativa A)			Viagem Ponte/Túnel (Alternativa B)		
	Tempo (min)	Despesa (R\$)	Escolha	Tempo (min)	Despesa (R\$)	Escolha
1	19	R\$ 11,30	<input type="radio"/>	8	R\$ 13,40	<input type="radio"/>
2	19	R\$ 15,10	<input type="radio"/>	10	R\$ 17,80	<input type="radio"/>
3	19	R\$ 18,90	<input type="radio"/>	13	R\$ 22,30	<input type="radio"/>
4	25	R\$ 11,30	<input type="radio"/>	10	R\$ 22,30	<input type="radio"/>
5	25	R\$ 15,10	<input type="radio"/>	13	R\$ 13,40	<input type="radio"/>
6	25	R\$ 18,90	<input type="radio"/>	8	R\$ 17,80	<input type="radio"/>
7	32	R\$ 11,30	<input type="radio"/>	13	R\$ 17,80	<input type="radio"/>
8	32	R\$ 15,10	<input type="radio"/>	8	R\$ 22,30	<input type="radio"/>
9	32	R\$ 18,90	<input type="radio"/>	10	R\$ 13,40	<input type="radio"/>

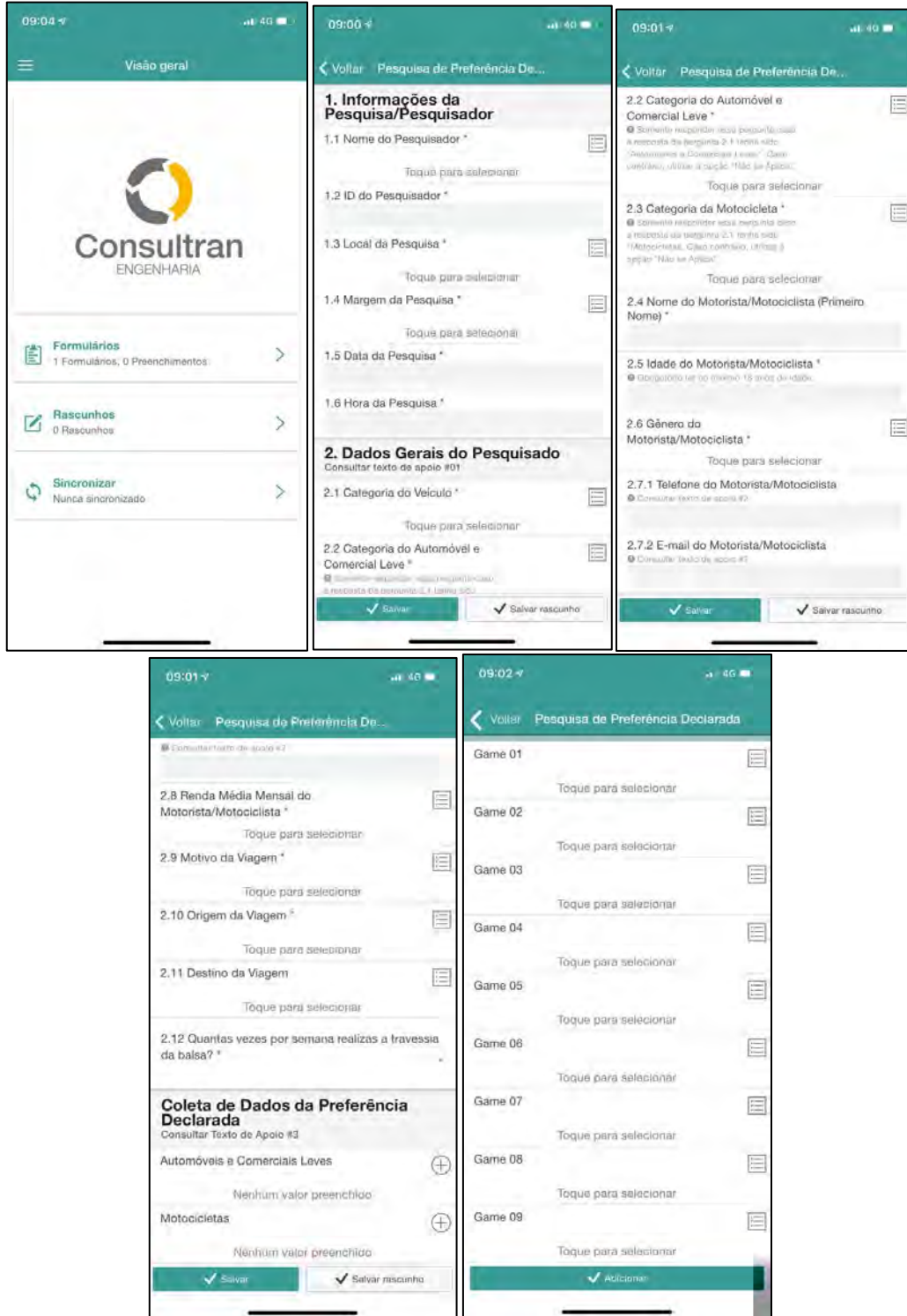
  

Motocicleta, via Balsa [5km] x Ponte/Túnel						
Game	Viagem Atual (Alternativa A)			Viagem Ponte/Túnel (Alternativa B)		
	Tempo (min)	Despesa (R\$)	Escolha	Tempo (min)	Despesa (R\$)	Escolha
1	11	R\$ 3,80	<input type="radio"/>	6	R\$ 4,40	<input type="radio"/>
2	11	R\$ 5,10	<input type="radio"/>	8	R\$ 5,80	<input type="radio"/>
3	11	R\$ 6,40	<input type="radio"/>	10	R\$ 7,30	<input type="radio"/>
4	15	R\$ 3,80	<input type="radio"/>	8	R\$ 7,30	<input type="radio"/>
5	15	R\$ 5,10	<input type="radio"/>	10	R\$ 4,40	<input type="radio"/>
6	15	R\$ 6,40	<input type="radio"/>	6	R\$ 5,80	<input type="radio"/>
7	19	R\$ 3,80	<input type="radio"/>	10	R\$ 5,80	<input type="radio"/>
8	19	R\$ 5,10	<input type="radio"/>	6	R\$ 7,30	<input type="radio"/>
9	19	R\$ 6,40	<input type="radio"/>	8	R\$ 4,40	<input type="radio"/>

Fonte: Banco Mundial, 2020.

A coleta das pesquisas utilizou-se do software *Coletum* - aplicativo para smartphone - assim mantendo, de forma eletrônica e automática, a tabulação dos resultados. As figuras a seguir ilustram o aplicativo com o formulário pré-estabelecido e apto para uso.

Figura 3: Captura de tela do aplicativo utilizado para aplicar a pesquisa.



Fonte: Consultran, 2020.

### 2.3 Validação das Entrevistas

Com o objetivo de prosseguir os trabalhos e atingir as 200 (duzentas) pesquisas validadas e auditadas, realizou-se a checagem de dados, como explicitado a seguir.

- 543 formulários coletados (dados brutos);
- 83 formulários descartados por incongruência de informações ou preenchimento não concluído;
- 44 formulários descartados por estarem marcados, na opção dos games, tudo ponte/túnel;
- 01 formulário descartado por estar marcado, na opção dos games, tudo balsa.

Conforme apresentado nos dados acima, dos 543 formulários coletados, 15,28% foram descartados por erro ou falta de preenchimentos nos dados iniciais ou nos games e 8,28% dos formulários foram descartados por não apresentarem alternância de escolha.

Após a checagem de dados, e antes da auditoria para a criação do banco de dados com as 200 (duzentas) pesquisas validadas e auditadas, chegou-se a um número de 415 formulários validados, sendo 190 (cento e noventa) para a primeira Etapa e 225 (duzentos e vinte e cinco) para a segunda Etapa.

### 2.4 Banco de Dados

Os dados coletados na pesquisa de preferência declarada foram consolidados em um banco de dados com as 200 (duzentas) pesquisas validadas e auditadas, sendo 100 (cem) da Primeira Etapa e 100 (cem) da Segunda Etapa. A seguir, apresentam-se as colunas que compõem o banco de dados e os possíveis preenchimentos.

- Código: Uma sequência de números que define o código daquele formulário em específico
- Nome do Pesquisador
- ID do Pesquisador
- Local da Pesquisa: Balsa Centro ou Barra do Rio
- Margem da Pesquisa: Itajaí ou Navegantes
- Data da Pesquisa
- Hora da Pesquisa
- Categoria do Veículo: Automóveis, Comerciais Leves ou Motociclistas
- Categoria do Automóvel e Comercial Leve: Particular, Aplicativo, Táxi, Caminhonete/Pick-Up, Van/Furgão, Não se Aplica.
- Categoria da Motocicleta: Particular, Moto-Táxi, Moto-Entrega, Moto com sidecar, Triciclo, Não se Aplica.
- Nome do Motorista/Motociclista (Primeiro Nome)
- Idade do Motorista/Motociclista
- Gênero do Motorista/Motociclista: Masculino, Feminino ou Outro.
- Telefone do Motorista/Motociclista

- E-mail do Motorista/Motociclista
- Renda Média Mensal do Motorista/Motociclista: Sem Renda, Renda mensal menor que R\$ 1.530, Renda mensal entre R\$ 1.530 a R\$ 2.550, Renda mensal entre R\$ 2.550 a R\$ 4.080, Renda mensal entre R\$ 4.080 a R\$ 7.650, Renda mensal maior que R\$ 7.650, Não quis informar.
- Motivo da Viagem: Assuntos Pessoais, Compras, Escola/Educação, Lazer/Visitas/Recreação, Médico/Dentista/Saúde, Procurando Emprego, Residência, Trabalho Comércio, Trabalho Indústria, Trabalho Serviços.
- Origem da Viagem: Navegantes ou Itajaí.
- Destino da Viagem: Navegantes ou Itajaí.
- Quantas vezes por semana realiza a travessia da balsa.
- Games 01 a 09 para automóveis e suas escolhas
- Games 01 a 09 para motocicletas e suas escolhas

O banco de dados consta com duas abas, uma para cada etapa da pesquisa com 1800 (mil e oitocentos) registros para cada aba. Cada formulário repete-se por 18 (dezoito) linhas, devido as 18 (dezoito) possibilidades de escolha entre os 09 (nove) jogos, e entre 02 (duas) opções: ponte/túnel ou balsa.

### 3. METODOLOGIA DE PREVISÃO DE VIAGENS

#### 3.1 Descrição do Método

A metodologia utilizada no estudo de demanda de alternativas para travessia de veículos no Rio Itajaí-Açú envolve a aplicação de métodos pertinentes ao planejamento estratégico de transportes. As principais áreas de atuação para o trabalho são as seguintes:

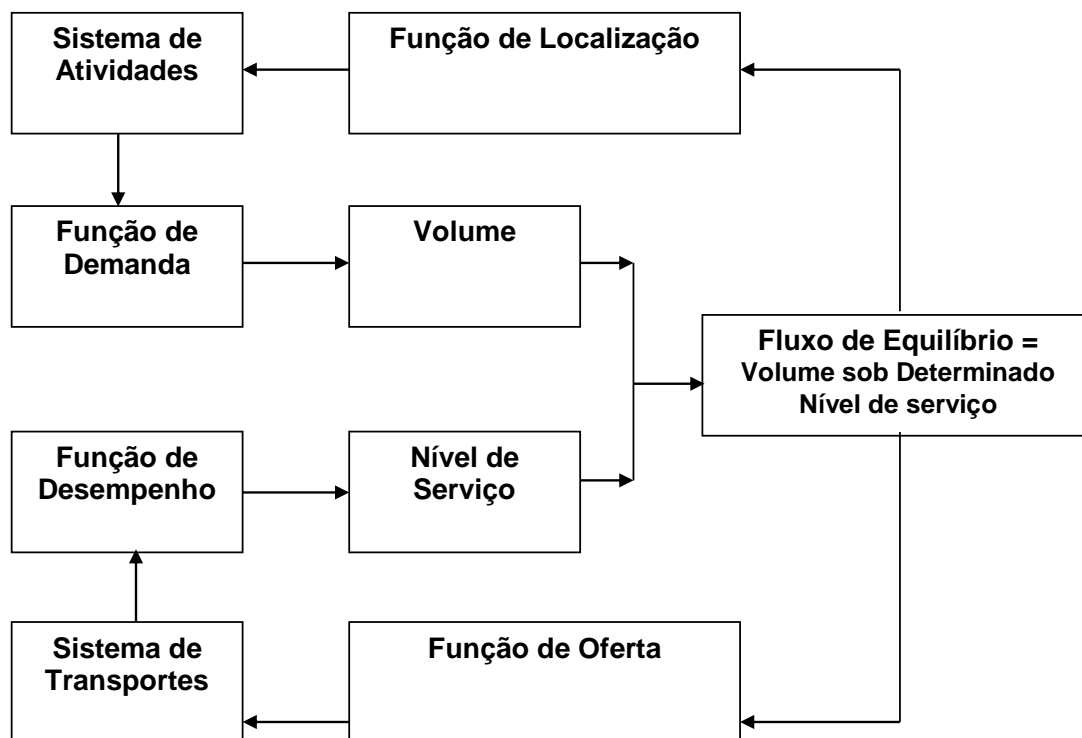
- Modelo de divisão modal e atribuição de viagens em sistemas de transporte público de passageiros;
- Geração de alternativas para cenários formulados a partir da alteração de oferta e da evolução da demanda segundo as perspectivas de evolução das variáveis macroeconômicas.

Os conceitos metodológicos empregados no desenvolvimento dos trabalhos têm como referência básica o contexto de representação de modelos de previsão de demanda, conforme formulado nos textos de MANHEIM (1979), FLORIAN et al (1988), MACNALLY (1999) e TRAIN (2009).

De acordo com essa representação, os elementos integrantes do processo de consumo e produção de viagens pertencem a um Sistema de Atividades e um Sistema de Transportes, que se relacionam segundo funções definidas, que levam em conta interação do contexto sócio econômico da demanda e as características da oferta de transportes. A figura 4, a seguir, ilustra a interação entre os sistemas a partir da conceituação adotada.



Figura 4: Sistemas de Atividades e de Transportes.



Fonte: Elaboração Própria.

Conforme exposto na figura acima, o sistema de atividades representa o conjunto de elementos socioeconômicos dispostos espacialmente, de acordo com uma função de localização, em que atuam variáveis de: mobilidade, acessibilidade, produção dos diversos setores da economia e respectivos preços. O sistema de atividades que se refere neste Projeto atinge, de uma forma geral, os municípios componentes da AMFRI.

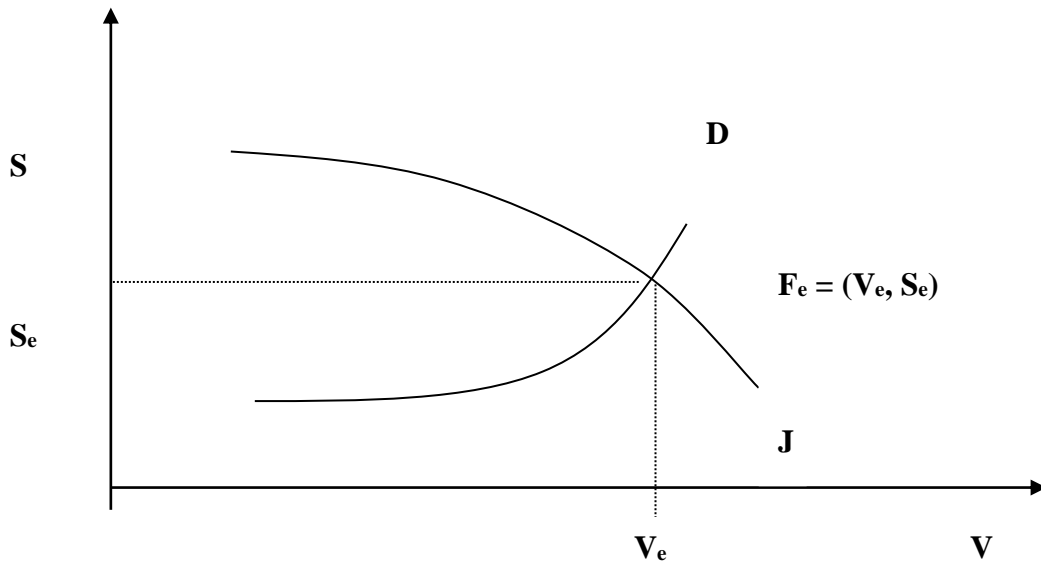
Os volumes de viagens de passageiros gerados pelas atividades socioeconômicas são determinados pelo nível de interação dos setores de emprego, moradia, indústria, comércio e serviços representativos da produção econômica do sistema, da mobilidade espacial da população e do nível de acessibilidade regional entre as atividades.

O sistema de transportes representa a estrutura e os elementos integrantes em que se realizam os processos de acesso e comunicação física entre atividades do sistema socioeconômico. Estes processos se realizam segundo uma função de oferta em que estão contidos os objetivos de gestão de transportes formulados institucionalmente para se atingir nível de serviço e volume.

A função de demanda é informada pelas matrizes de origem e destino de viagens de passageiros que são estruturadas por modo rodoviário e aquaviário. Os intercâmbios de viagem que são informados à função de equilíbrio são calibrados para a situação atual para as escolhas modais vigentes e posteriormente confrontados com as situações propostas pelo Projeto e obtidos os fluxos de equilíbrio. As funções de equilíbrio foram deduzidas a partir de dados preferência declarada, onde foram expostas a uma amostra significativa de usuários atuais de automóveis e ônibus que são capturáveis pelo Projeto.

Conforme exposto simplificada na figura 5, o nível de serviço **S** é dado como função de desempenho **J** do sistema de transporte **T** sob uma solicitação de volume **V** observando uma função de demanda **D**. O fluxo de equilíbrio **Fe** é definido pelo par  $(V_e, S_e)$  que representa a interseção entre as curvas **J** e **D**.

Figura 5: Fluxo de Equilíbrio.



Fonte: Elaboração Própria.

### 3.2 Especificação da Função de Equilíbrio

Para a determinação do fluxo de equilíbrio foi adotado o modelo Logit condicional, descrito a seguir, cf. TRAIN (1986) e BEN AKIVA, LERMAN (1985). Primeiramente deve-se considerar que a probabilidade  $P_{nm}$  do indivíduo  $n$  escolher o modo  $m$  segue a maximização de sua função de utilidade randômica de acordo com:

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

Onde  $U_m$  é a utilidade do modo  $m$  e  $U_i$  são os modos componentes do conjunto de escolha  $C$ . No caso presente, os modos disponíveis para o público alvo do projeto consistem em rodoviário e aquaviário. A partir destas escolhas atuais serão deduzidos os parâmetros da função utilidade.

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 e de atributos incorporados à função descritiva de utilidade. Assim sendo, assumindo uma função de utilidade linear em seus parâmetros, os coeficientes referentes às características de alternativas modais, tais como custo e tempo, devem apresentar o sinal negativo na medida em que reduzem a utilidade marginal do modo representado.

Considerando que os dados a serem analisados para determinação do modelo de escolha modal provêm do conjunto de dados de Preferência Declarada (SP) é especificada a seguinte função:

$$U_i^{SP} = Cte + \gamma^{SP} X_i^{SP} + \alpha Y^{SP} + \varepsilon_i^{SP} \quad \forall i \in C^{SP}$$

onde  $X^{SP}$  é o vetor de atributos característicos à oferta do conjunto de escolha  $C^{SP}$ ,  $Y^{SP}$  é o vetor de atributos específicos da demanda e  $\gamma^{SP}$ ,  $\alpha$  são vetores de parâmetros e  $\varepsilon^{SP}$  é o termo randômico com média igual a zero e variância  $\sigma_{\varepsilon}^2$ . No presente caso, considerou-se o preço ou custo percebido da viagem e o tempo total de viagem como atributos específicos de oferta e como atributo específico de demanda considerou-se a classe de renda e o tipo de modo utilizado. Ainda se considera um termo constante que captura efeitos de fatores não explícitos na análise.

Sob os pressupostos do modelo Logit, o excedente do consumidor  $n$  ( $EC_n$ ) associado a um conjunto de alternativa  $m$  é determinável (RAND EUROPE, 2005) a partir do conceito de log-soma. Considerando que, por definição, o excedente do consumidor seja a medida de bem estar que uma pessoa obtém traduzida em termos de benefício monetário, para um dado conjunto de escolha, então o tomador de decisão elege a alternativa que fornece a maior utilidade  $U_{nm}$ , ou seja:

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

onde:

$\gamma_n$  <sup>2</sup>: utilidade marginal de renda =  $dU_{nm}/dY_n$  e em que  $Y_n$  é a renda do indivíduo  $n$ .

A determinação do valor de  $\gamma_n$  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  $\varepsilon_{nm}$  captura efeitos que afetam a utilidade e não são observáveis na análise, tendo distribuição de valor extremo idêntica e independentemente distribuída e supondo  $\gamma_c$  sendo constante para o segmento de demanda analisado, então o valor esperado do excedente do consumidor é dado pela log-soma relativa ao denominador da expressão:

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

dado por:

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

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:

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

---

<sup>2</sup> Cabe citar que o quociente  $(1/\gamma_n)$  da fórmula do excedente do consumidor transforma utilidade em unidades monetárias uma vez que  $(1/\gamma_n) = dY_n/dU_{nm}$ .

O desempenho do sistema de transportes pressupõe dois atributos básicos elencados neste estudo. O atributo de tempo é representado pelas velocidades comerciais dos serviços de barcas, enquanto o atributo de preço está relacionado à cobrança do serviço ofertado.

#### 4. AJUSTAMENTO DAS FUNÇÕES DE ESCOLHA

A análise do poder aquisitivo da demanda mostra que a partir dos coeficientes apresentados na tabela 1, o valor hora médio dos entrevistados é de R\$22,16. O ajuste apresentou coeficientes significativos e com sinais negativos característicos de impedâncias.

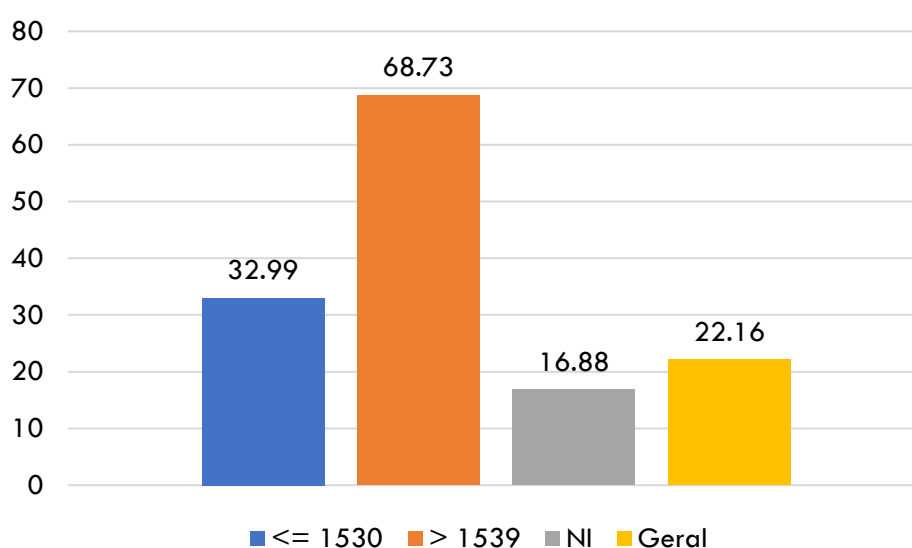
Tabela 1: Equação Geral de Escolha.

Escolha	Coef.	Erro Padrão	z	P>z	[95% Intervalo Conf.]	
Tempo	-.059908	.0093411	-6.41	0.000	-.078216	-.0416001
Despesa	-.162188	.014552	11.15	-0.000	-.190709	-.1336669
Balsa = (alternativa base)						
Ponte _cons	.497453	.1205135	0.000	4.13	.2612512	.7336552

Fonte: Elaboração própria.

Quando se procedeu com a determinação dos valores horários por classe de renda, verificou-se uma atribuição de R\$32,00 para os entrevistados com renda mensal inferior a R\$1530 e de R\$68,00 para os de renda superior a R\$1530,00, conforme exposto no gráfico 1. Os entrevistados que não quiseram revelar renda tiveram seu valor hora médio de R\$16,88, deduzido pelo experimento, denotando usuários de mais baixa renda.

Figura 6: Valor Hora de Usuário (R\$/Hora) por classe de renda



Fonte: Elaboração própria.

Um dos motivos de se realizar experimentos em três níveis consiste em aferir a existência de pontos ótimos no intervalo dos atributos pesquisados. Na tabela 2 apresenta-se a equação geral de escolha com o termo quadrático para o atributo despesa negativo, o que implica haver um ponto de máximo geral de escolha dentro do intervalo do experimento.

Tabela 2: Equação Geral com Termo Quadrático para o Atributo Despesa.

Escolha	Coef.	Erro Padrão	z	P>z	[95% Intervalo Conf.]	
Tempo	-.0597626	.0092923	-6.43	0.00	-.0779752	-.0415501
quad_desp	-.0044719	.0004203	-10.64	0.00	-.0052957	-.003648
balsa = (alternativa base)						
Ponte_cons	.4559618	.1199729	3.80	0.00	.2208192	.6911045

Fonte: Elaboração própria.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O modelo foi aplicado para um cenário com três alternativas de caminho entre Itajaí e Navegantes: pela ponte/túnel, pela balsa e pelo contorno pela BR-101. O resultado de demanda para a alternativa ponte/túnel resultou num carregamento bidirecional de cerca de 20.373 autos/dia e 32.394 motocicletas/dia no ano de 2020 para a situação de receita máxima, que ocorre com o pedágio por volta de R\$9,50 para automóveis e R\$3,75 para motocicleta.

Pode-se afirmar que o experimento contemplou os intervalos de sensibilidade ao tempo de deslocamento e ao poder aquisitivo de futuros usuários da alternativa ponte/túnel e identificou níveis tarifários que maximizam a receita.

Tabela 3: Estimativa de Carregamento e Receita Auferida pela Alternativa Ponte/Túnel em função de diferentes valores de pedágio.

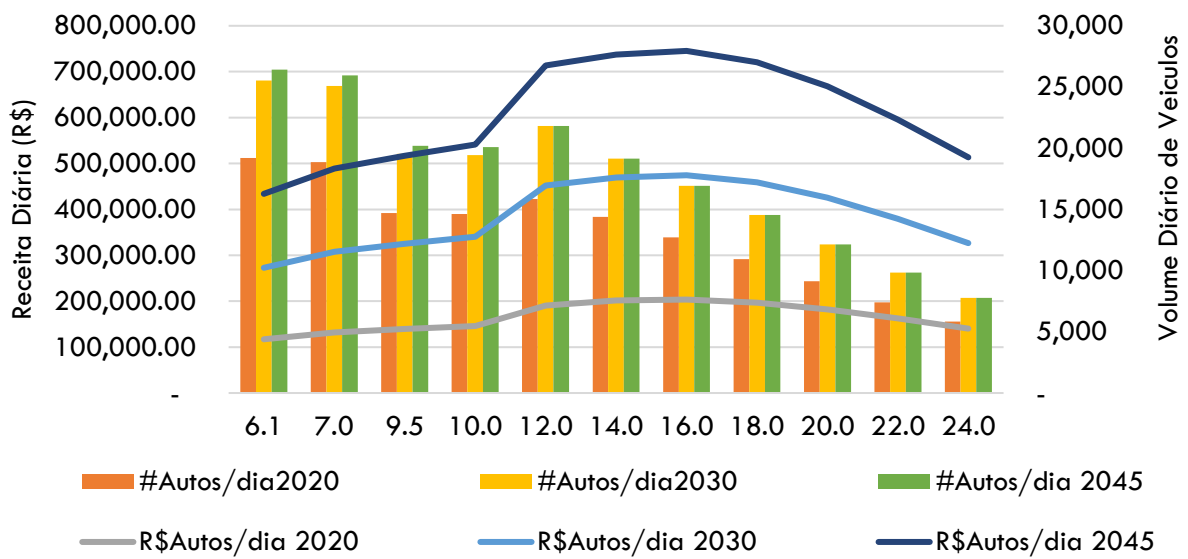
Ano	Ped./Auto	Ped./Moto	#Autos/dia	#Motos/dia	R\$Autos/dia	R\$Motos/dia	R\$veic/dia	R\$Veic/ano
2020	6.1	2	19,193	40,875	117,079.04	81,749.17	198,828.21	59,648,463.11
	6.1	6.1	19,193	16,794	117,079.04	102,443.40	219,522.44	65,856,732.00
	7	2.3	18,861	40,167	132,026.43	92,383.57	224,410.00	67,322,998.59
	7	7	18,861	10,740	132,026.43	75,180.00	207,206.43	62,161,929.00
	9.5	3.75	14,691	31,285	139,560.28	117,320.41	256,880.70	77,064,209.47
	10	3.75	14,615	31,124	146,148.10	116,715.50	262,863.60	78,859,079.43
	12	4	15,858	33,772	190,296.07	135,086.72	325,382.78	97,614,835.02
	14	4.5	14,389	30,643	201,442.90	137,892.46	339,335.36	101,800,607.88
	16	5	12,724	27,097	203,579.42	135,483.99	339,063.41	101,719,021.88
	18	5.5	10,935	23,288	196,831.13	128,081.99	324,913.12	97,473,934.80
	20	6	9,123	19,429	182,464.73	116,574.69	299,039.41	89,711,823.72
	22	6.5	7,395	15,749	162,694.27	102,368.66	265,062.93	79,518,879.64
	24	7	5,839	12,436	140,143.07	87,048.74	227,191.81	68,157,544.35
2030	6.1	2	25,533	54,376	155,751.25	108,751.63	264,502.88	79,350,863.52
	6.1	6.1	25,533	22,335	155,751.25	136,243.50	291,994.75	87,598,425.00
	7	2.3	25,091	53,435	175,637.17	122,899.56	298,536.73	89,561,019.29
	7	7	25,091	14,286	175,637.17	100,002.00	275,639.17	82,691,751.00
	9.5	3.75	19,543	41,619	185,657.61	156,071.82	341,729.43	102,518,830.44
	10	3.75	19,442	41,405	194,421.19	155,266.92	349,688.11	104,906,431.55
	12	4	21,097	44,929	253,163.30	179,714.69	432,877.99	129,863,398.49
	14	4.5	19,143	40,767	267,999.81	183,452.25	451,452.06	135,435,617.32
	16	5	16,928	36,051	270,852.92	180,255.13	451,108.05	135,332,414.40
	18	5.5	14,549	30,985	261,890.60	170,417.50	432,308.10	129,692,430.16
	20	6	12,140	25,854	242,798.11	155,121.02	397,919.13	119,375,739.55
	22	6.5	9,842	20,959	216,519.56	136,236.01	352,755.57	105,826,671.18
	24	7	7,773	16,553	186,542.31	115,869.26	302,411.56	90,723,468.74
2045	12	4	21,817	46,463	261,809.65	185,852.53	447,662.19	134,298,655.67
	6.1	2	26,406	56,235	161,075.89	112,469.51	273,545.40	82,063,618.87
	6.1	6.1	26,406	23,055	161,075.89	140,635.50	301,711.39	90,513,417.00
	7	2.3	25,949	55,261	181,642.08	127,101.40	308,743.49	92,623,046.08
	7	7	25,949	14,741	181,642.08	103,187.00	284,829.08	85,448,724.00
	9.5	3.75	20,205	43,028	191,943.96	161,356.40	353,300.36	105,990,106.9
	10	3.75	20,101	42,807	201,008.88	160,527.92	361,536.80	108,461,039.20
	12	4	21,097	44,929	253,163.30	179,714.69	432,877.99	129,863,398.49
	14	4.5	19,143	40,767	267,999.81	183,452.25	451,452.06	135,435,617.32
	16	5	16,928	36,051	270,852.92	180,255.13	451,108.05	135,332,414.40
	18	5.5	14,549	30,985	261,890.60	170,417.50	432,308.10	129,692,430.16
	20	6	12,140	25,854	242,798.11	155,121.02	397,919.13	119,375,739.55
	22	6.5	9,842	20,959	216,519.56	136,236.01	352,755.57	105,826,671.18

24	7	7,773	16,553	186,542.31	115,869.26	302,411.56	90,723,468.74
12	4	21,817	46,463	261,809.65	185,852.53	447,662.19	134,298,655.67

Fonte: elaboração própria.

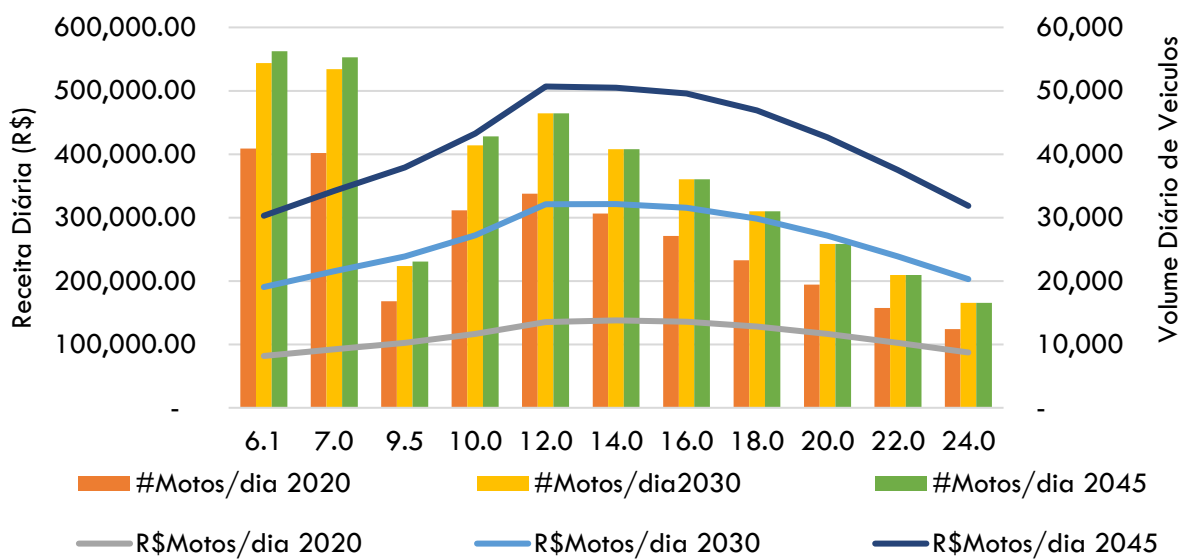
Os resultados apresentados acima também podem ser visualizados nas figuras 7 e 8 expostas a seguir, para o período diário. Observa-se que as curvas de receita apresentam ponto de máximo geral para o intervalo nos valores citados para automóveis e motocicletas.

Figura 7: Receitas e Volumes Diários Estimados para Autos para Ponte/Túnel.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 8: Receitas e Volumes Diários para Motos Estimados para Ponte/Túnel.



Fonte: Elaboração própria.

## 6. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o experimento de preferência declarada implementado conseguiu atingir os objetivos desejados na previsão de viagens e foi eficaz na determinação de um intervalo tarifário e de desempenho de tráfego, em que se possa descartar maiores riscos de demanda para o empreendimento Ponte/Túnel em tela. As análises de escolha têm aderência ao movimento atual das balsas e podem ser consideradas significantes em nível de 95% de confiabilidade no mínimo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Manheim, M. L. – Fundamentals of Transportation Systems Analysis Vol. 1, MIT Press, 1979.

MacNally, M. G. – The Activity Based Approach, Working Paper Institute of Transportation Studies and Department of Civil and Environmental Engineering University of California, Irvine, 1999.

Ben Akiva, M.; Lerman, S. R. - Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Predict Travel Demand, MIT Press, 1985.

Florian, M. et al – Two-Dimensional Framework for the Understanding of Transportation Planning Models, Transportation Research Board, 1988.

Train, Kenneth - Qualitative Choice Analysis, MIT Press, 1986.

De Jong et al – Using the Log-sum as an Evaluation Measure, Working Paper, RAND Europe, 2005.