

## **ESTIMATIVA DA DEMANDA DE PASSAGEIROS EM TRENS REGIONAIS**

**S. M. Pessanha, V. B. G. Campos, R. A. M. Bandeira**

### **RESUMO**

Estão em andamento no Brasil estudos favoráveis à implantação de trens regionais buscando, dentre outros objetivos, a promoção da integração regional, o desenvolvimento de empreendimentos e serviços ao longo do trecho e a redução da ociosidade de trechos ferroviários com a implantação de trens para transporte de passageiros. Para avaliar a viabilidade de implantação destes sistemas ferroviários faz-se necessário o conhecimento da quantidade de pessoas a serem transportadas, ou seja, estimar a demanda. Para isso, além da demanda gerada pelo crescimento populacional e regional é necessário também o conhecimento da demanda transferida dos transportes existentes para os trens regionais implantados ou revitalizados. Contudo, sabe-se que cada região possui características próprias dos deslocamentos. Para tanto, neste trabalho propõe-se um procedimento para estimativa de demanda transferida que resulta na possibilidade de análises sobre a demanda e fatores que têm influência no comportamento da mesma.

### **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente no Brasil, com o objetivo aumentar a mobilidade através de sistemas mais sustentáveis, estão em andamento estudos favoráveis à implantação de trens regionais onde a proposta apresentada visa a recuperação de malhas ferroviárias com elevado nível de ociosidade e propícios ao investimento em transporte ferroviário de passageiros para deslocamentos regionais. Tais propostas buscam atender a demanda de passageiros entre regiões onde as viagens, apesar das distâncias, têm caráter pendular, por motivo estudo ou trabalho.

Os movimentos pendulares ou processo de migração pendular estão vinculados a uma das linhas tradicionais de pesquisa em Geografia Urbana. As informações sobre os deslocamentos domicílio-trabalho/estudo, na atualidade, estão ocorrendo em distâncias cada vez maiores entre a origem e o destino destes viajantes e constituem importante referencial para análise dos processos de metropolização e expansão urbana. A principal causa desse aumento seria a oferta de um sistema de transportes, que possibilita a elevação das distâncias percorridas diariamente, além da inexistência de políticas coordenadas que não limitam ou não consideram, para efeito de planejamento, a distância entre os locais de moradia e de trabalho (Beaujeu-Garnier, 1980).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) fornece dados de deslocamento para estudo e trabalho da população brasileira, no censo de 2010. No caso de deslocamentos para estudos, de um total de 59,6 milhões de pessoas que frequentavam escola ou creche, 7,3% (mais de 4 milhões) não estudavam no próprio município onde moravam (IBGE, 2010), ou seja, faziam viagens intermunicipais para chegar ao seu destino. Na região sudeste, foi contabilizada a maior população de estudantes que fazia este tipo de deslocamento para chegar ao seu destino, a maioria em São Paulo.

No caso de deslocamento para trabalho, num total de 86 milhões de pessoas “ocupadas” em 2010, 11,8% (10,1 milhões) dos trabalhadores faziam viagens intermunicipais para chegar ao seu trabalho. Outra informação pesquisada pelo Censo 2010 foi que num total de 32,2 milhões de pessoas (52,2% do total de trabalhadores que trabalhavam fora do domicílio) levavam até 30 minutos para chegar ao trabalho em 2010 e 7,0 milhões (11,4%) levavam mais de uma hora” (IBGE, 2010).

Em 2015, o IBGE realizou um estudo denominado “Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil” (IBGE, 2015) onde foi estudada a urbanização no país e a integração entre municípios. Neste estudo, afirma-se que os deslocamentos pendulares da população acontecem quando os espaços urbanos destinados à residência estão muito separados dos locais de emprego e estudo. Como resultado, foram identificados no Brasil 294 arranjos populacionais formados por 938 municípios e constatou-se que 7,4 milhões de pessoas realizam o movimento pendular entre municípios próximos, sendo a maioria destes movimentos realizados na Região Sudeste, com 112 municípios que estabelecem relações de integrações entre si.

Conclui-se que os movimentos pendulares ocorridos entre cidades, mais que a satisfação das necessidades dos viajantes nas finalidades de viagem (estudo ou trabalho), são responsáveis por processos de redistribuição espacial urbanística, e influencia na interação das cidades em um contexto regional de forma positiva, sendo importantes pontos de estudo.

Desta forma, tendo-se como foco o transporte ferroviário regional, propõe-se neste trabalho um procedimento para estimar a demanda transferida para sistemas de transporte ferroviário de passageiros em ligações regionais ou semiurbanas, para deslocamentos com característica pendular. Para tanto, foram analisados fatores que influenciam a escolha de um modo de transporte, assim como métodos de estimativa deste tipo de demanda com base numa revisão de literatura que é resumida na seção 2. O procedimento proposto é apresentado na seção 3 e um aplicação do mesmo na seção 4 deste trabalho.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

O conhecimento da demanda é importante para o planejamento e gestão da demanda de transportes. A modelagem em transportes objetiva prever a demanda futura por meio de modelos matemáticos, computacionais, comportamentais, entre outros. A modelagem da demanda de transportes facilita o processo de previsão de demanda em situações de estabilidade econômica, porém tem dificuldades em acompanhar as rápidas mudanças nos setores econômicos, sociais e tecnológicos (Lopes Filho, 2003).

No âmbito do Sistema de Transporte de Passageiros, o desempenho deste está diretamente relacionado ao atendimento às expectativas do usuário, quando este faz a opção pelo seu uso. De acordo com Reck (2003) os parâmetros de escolha para os usuários podem ser caracterizados como indicadores de qualidade dos serviços dos transportes.

A partir de análises de alguns estudos, observou-se que os fatores “Segurança”, “Confiabilidade”, “Conforto”, “Frequência”, “Tempo de viagem” e “Custo da viagem” são indicados pela maioria dos autores como os fatores de qualidade que possuem maior influência no comportamento dos usuários do transporte.

Segundo Mello (1972), o fator “segurança”, pode estar relacionado com o número de acidentes no modo de transporte e envolve também as condições de via e manutenção,

sistemas de tráfego e condições de operação. Já de acordo com Lima Jr. (1995), Reck (2003) e Ferraz e Torres (2004), este item está relacionado tanto na forma de condução do motorista quanto nos riscos de assaltos e crimes nas instalações de embarques e desembarques.

O padrão de “confiabilidade” pode estar relacionado com o desempenho regular dos serviços de forma confiável e correta, segundo Lima Jr. (1995); e com o cumprimento da regularidade dos serviços, itinerários e informações aos usuários, segundo Reck (2003).

Também para Reck (2003) o padrão de “conforto” pode estar relacionado a muitos aspectos qualitativos, de avaliação subjetiva, relacionados com a densidade de ocupação, condições de ventilação, ruído, características do carro como largura das portas, etc.

## **2.1 Modelos de estimativa de demanda**

A demanda pode ser conceituada como sendo a quantidade de pessoas que escolhem um determinado tipo de transporte para fazer uma viagem sob condições de preço e qualidade específicos, motivada pela necessidade do deslocamento para realização de atividades, tais como trabalho, estudo, lazer, compras, etc. Desta forma, a estimativa da quantidade de viagens realizadas entre uma origem e um destino é uma informação primordial no processo do planejamento de transportes. O foco da demanda neste trabalho é aquela que compreende os deslocamentos pendulares, ou seja, casa – trabalho e casa – escola, e mais especificamente, a demanda transferida de sistemas já existentes para um novo serviço de transporte.

De forma geral, existem dois métodos para estimativa de demanda: os modelos convencionais ou os modelos comportamentais. De acordo com Campos (2013), os modelos convencionais, de forma agregada, levam em consideração dados cujas observações são agregadas (população, emprego, renda, etc.). Os modelos comportamentais, de forma desagregada, modelam a demanda de acordo com comportamentos individuais, fatores subjetivos que dizem respeito às atitudes e percepções do indivíduo, tornando assim a modelagem mais difícil de mensurar, em comparação com a abordagem tradicional (Lopes Filho, 2003).

Para o desenvolvimento do procedimento de estimativa da demanda transferida, fez-se uma revisão sobre os processos utilizados para este tipo de análise em artigos, notas técnicas, dissertações e documentos de governos, entre 1997 e 2014, em diversos países (Pessanha, 2016). Como resultado desta pesquisa foram identificadas as variáveis utilizadas, os processos de coleta de informações, assim como os métodos de avaliação e softwares empregados para a realização das análises. Foram assim, revistos 23 trabalhos, destacando-se dentre estes: Bel (1997), Rolle (1997), Crisalli (1999), Stefanis *et al.* (2001), Jovicic e Hansen (2003), Wardman (2006), Burge *et al.* (2011), Ahern e Tapley (2006), Iarnród Éireann (2011), Li *et al.* (2006), Trap (2014), Network Rail (2009a), Yao e Morikawa (2005), Sanko *et al.* (2013), Kitagawa *et al.* (2005), Dou *et al.* (2013), Wijeweera *et al.* (2014), Virginia Department of Rail and Public Transportation (2009), Anderson e Simkins (2012), Ventura (2012).

Sanko *et al.* (2013), enfatizam que os fatores determinantes para a previsão da demanda variam de cidade para cidade e de país para país, assim como o processo de determinação da demanda a curto e longo prazo possuem elasticidades diferentes.

Sobre o procedimento para coleta de dados, identificaram-se três formas: através de dados históricos para os modos de transporte disponíveis na região, através da Pesquisa de Preferência Revelada e da Pesquisa de Preferência Declarada.

Para estimativas de demanda transferida, visando medir o potencial de atração de um modo sobre outros modos concorrentes, vários autores indicam utilizar os modelos comportamentais, cujos dados podem ser obtidos nas pesquisas de Preferência Declarada e Revelada, onde os viajantes escolhem o modo de transporte para realizar uma viagem rotineira analisando cenários hipotéticos.

Sobre os procedimentos utilizados para estimar a demanda, de forma geral, são utilizados dois modelos: os modelos de Regressão e os modelos Logit. Para os modelos Logit, que são baseados na análise de escolhas comportamentais, os autores utilizam diferentes processos, como a determinação da Função Utilidade e modelo Tree-Logit.

A maior parte dos estudos que levava em consideração as características das viagens, utilizaram as variáveis: frequência dos serviços, tempos de viagem e custo do deslocamento, sempre analisando de acordo com a origem e destino do deslocamento e a finalidade da viagem.

Em relação às características dos viajantes, foram utilizados dados de PIB, renda familiar, PIB per capita, renda per capita, idade dos viajantes e propriedade de automóvel. Yao e Morikawa (2005), analisando as mudanças na demanda, observaram que a melhoria das condições socioeconômicas de uma determinada área, influencia no aumento demanda por transportes.

Em alguns dos trabalhos estudados, a classe ou o tipo de bilhete comprado, indicando também os níveis de conforto no sistema de transporte, são características que devem ser levadas em consideração (Rolle, 1997; Crisalli, 1999).

### **3 PROCEDIMENTO PARA ESTIMATIVA DE DEMANDA TRANSFERIDA**

Com base na revisão literatura, foi desenvolvido um procedimento para estimativa da demanda transferida visando caracterizar a expectativa de demanda para um novo serviço de transporte a ser implantado. O procedimento compreende 5 etapas considerando o processo de coleta de dados a partir de Preferência Declarada:

ETAPA 1: Pesquisa inicial, visando o conhecimento das características regionais, modos de transporte e infraestrutura existentes na região além de particularidades nos grupos de população de trabalhadores e estudantes. Quanto mais informações forem obtidas nesta etapa inicial, maior o conhecimento da região e, conseqüentemente, o comportamento da demanda tende a ser medido de forma mais real.

ETAPA 2: Seleção e análise dos fatores de qualidade do transporte mais representativos para a região, através de questionários onde os entrevistados analisam numa comparação par a par os fatores apresentados. Sugere-se que estes fatores incluam: segurança, confiabilidade, frequência, conforto, tempo de viagem e custo, pois estes, de acordo com a revisão de literatura, foram notadamente os mais citados como relevantes na decisão do usuário. Porém, outros fatores que se baseiem nas características observadas na Etapa 01, podem ser incluídos. Propõe-se a utilização do processo AHP simplificado, denominado SPC, *Structured Pairwise Comparison* (Silva e Silva, 2009), para a análise dos fatores.

ETAPA 3: A partir da identificação dos fatores de transporte relevantes para a demanda local, elabora-se o questionário de pesquisa utilizando o processo de Preferência Declarada, tendo como os parâmetros mais significativos, apontados na pesquisa da Etapa 2.

ETAPA 4: Com os dados da Preferência Declarada, são definidas as funções Utilidade e realizada a análise dos dados para avaliação da demanda, utilizando e desenvolvendo a modelagem conforme os modelos Logit Multinomial. As Funções Utilidade definidas são embasadas na Teoria da Utilidade, que considera que quanto maior for a utilidade de um modo em relação aos demais, maior a probabilidade de que este modo seja escolhido pelo indivíduo. Os dados são analisados utilizando o software livre Biogeme que utiliza o método de estimativa de máxima verossimilhança para estimar os parâmetros dos modelos de escolha discreta (BIERLAIRE, 2015).

ETAPA 05: Definição da demanda transferida, aplicando os resultados das análises anteriores na demanda prevista ou existente de viagens na ligação estudada.

#### **4. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO**

Para a aplicação do procedimento, foi escolhida a ligação ferroviária existente entre Campos dos Goytacazes e Macaé, cidades do Estado Rio de Janeiro, e que fazem parte dos 14 trechos prioritários para implantação do programa “Resgate do Transporte Ferroviário de Passageiros” desenvolvido pelo Ministério dos Transportes (Ministério Dos Transportes, 2013), com 94 km de extensão, pertencente à Ferrovia Centro-Atlântica (FCA).

##### **4.1 Etapa 1: Pesquisa inicial**

Além das características regionais, foram identificados os modos de transporte existentes na região, condições de infraestrutura disponíveis e particularidades de cada modo.

Os dados para a pesquisa foram levantados em agosto de 2015, levando em consideração os grupos de trabalhadores e estudantes. Para os trabalhadores, os meios de transporte mais comuns são os ônibus regulares, os ônibus fretados e o automóvel. Para os estudantes é ofertado gratuitamente o serviço de ônibus fretado partindo de Macaé para Campos, pela Prefeitura Municipal de Macaé.

O serviço de ônibus fretado para os trabalhadores partindo de Campos para Macaé existe de duas formas: quando o empregador fornece o transporte ao empregado e quando o trabalhador procura a empresa de ônibus existente e realiza um “contrato”. Esta segunda modalidade é a mais interessante para o estudo pois funciona como o serviço de ônibus regular. É um caso específico da região, onde cada trabalhador escolhe a linha que é melhor e tem seu espaço “reservado” no ônibus.

O valor e o tempo do transporte por automóvel foram calculados com base nos preços de agosto/2015 na região e comparados com informações de viajantes que fazem este trecho de carro. Sabendo-se que o trecho entre as duas cidades possui 109 quilômetros e que o valor do litro do combustível era de R\$3,59, o pedágio entre as cidades era de 3,80 e o consumo médio de um carro popular na estrada é de 14 Km/l, logo, o custo por viagem é de R\$31,75. Não foram considerados custos de manutenção e depreciação do veículo. O tempo médio de viagem, informado pelos viajantes é de 1 hora e 40 minutos. A rodovia que liga Campos a Macaé é a BR-101, trecho atualmente administrado pela Autopista Fluminense S.A., possui a maior parte de seu trecho duplicado e em boas condições de manutenção.

Existem também outros tipos de transporte entre as regiões como serviços de transporte com vans, caronas, transporte aéreo entre o litoral de Campos e Macaé, porém como estes serviços não são ofertados regularmente e as viagens são realizadas, principalmente, por ônibus e carros, optou-se por não incluir estas informações de outros modos de transporte.

As informações referentes aos serviços, incluindo preços da tarifa, frequência, tempo de viagem e padrão de conforto estão relacionados na Tabela 1.

**Tabela 1 Informações dos serviços de transporte ofertados entre as cidades**

ATRIBUTO	Trabalhadores			Estudantes
	Ônibus regular	Ônibus fretado	Carro	Ônibus fretado
	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Preços (R\$)	28,76	26,65	31,75	-
Frequência (ônibus/h)	2,13	Horários marcados	-	Horários marcados
Frequência (ônibus/dia)	51	29	-	7
Lugares (por ônibus)	46	48	-	46
Tempo de viagem (horas)	2	02:16	01:40	2
Tipos de ônibus ofertados: convencional e conv/ com ar.				
Convencional: poltrona reclinável e ar condicionado.				
Convencional com ar: poltrona, ar condicionado e banheiro.				

### 4.3 Etapa 02: Análise dos fatores de qualidade

A fim de identificar os fatores de qualidade no transporte mais importantes para os usuários do transporte nas viagens entre Campos e Macaé, foi realizada uma pesquisa com 20 viajantes rotineiros – 10 viajantes com motivo da viagem de trabalho e 10 viajantes com o motivo de estudo em novembro de 2015. As entrevistas foram realizadas face a face, nos locais de estudo e nos pontos de ônibus.

Os fatores de qualidade utilizados na análise quanto à escolha de um modo por parte de seus usuários foram: confiabilidade, conforto, tempo, custo, frequência e segurança. A análise quanto à importância e peso dos fatores foi realizada utilizando o método SPC, obtendo-se os resultados conforme Tabela 2.

**Tabela 2 - Pesos dos Fatores de qualidade para os grupos analisados**

Trabalhadores e estudantes		
ATRIBUTO	PESO	DESVIO PADRÃO
Segurança	0,316	0,142
Custo	0,210	0,191
Confiabilidade	0,198	0,132
Tempo	0,126	0,085
Conforto	0,107	0,079
Frequência	0,077	0,049

Assim, observou-se que os fatores quantitativos mais importantes na pesquisa foram custo e tempo. Em relação aos fatores de qualidade, observou-se a importância dada a segurança, vindo em seguida a confiabilidade e o conforto.

No trabalho de Ahern e Tapley (2006), os autores concluem que as variáveis de frequência e confiabilidade não tiveram muita importância, pois ambos os serviços de trem e ônibus são frequentes e confiáveis. Isso nos leva a entender que, quando as características de modos competitivos são parecidas, a variável não tem uma forte influência sobre a decisão do viajante. Sendo assim, os fatores de segurança e confiabilidade devem se manter ou melhorar o padrão existente e a ser atendido no sistema a ser implantado.

Além disso, de acordo com Bates *apud* Brito (2007), os atributos que podem ser levados em consideração na escolha de um transporte podem ser considerados como atributos “leves”,

“primários” e “secundários”. Os atributos leves são aqueles que afetam o comportamento da viagem, porém são de difícil quantificação, como os fatores de confiabilidade, conforto e segurança. Os atributos primários são aqueles usuais e evidentes, representando os atributos mais significativos da viagem, como por exemplo, o tempo total da viagem. Já os atributos secundários são de ocorrência incidental, como sistemas de informação e equipamentos de acessibilidade.

Sendo assim, baseado nas características dos modos existentes de transporte na região (as quais os viajantes rotineiros já estão acostumados e sabem mensurar) o fator conforto foi selecionado para ser incluído na Pesquisa de Preferência Declarada, assim como os fatores quantitativos: custo e tempo de viagem.

#### 4.4 Etapa 03: Pesquisa de Preferência Declarada

A amostra selecionada para a realização das Pesquisas de Preferência Declarada foi de viajantes rotineiros, trabalhadores e estudantes, diretamente afetados pelo transporte ferroviário a ser implantado entre as cidades de Campos e Macaé. Na região aplicada, os viajantes rotineiros realizam as viagens em ônibus fretados. Desta forma, foram realizadas entrevistas nos ônibus fretados de estudantes (41 entrevistados) e trabalhadores (40 entrevistados), totalizando 81 entrevistados novembro e dezembro de 2015.

##### 4.4.1 Definição dos Atributos e Níveis das escolhas

Os parâmetros mais significativos na região - fatores de custo, tempo e conforto - foram os atributos para composição dos cenários.

Como a região já possui o transporte rodoviário bem consolidado e a rodovia tem boas condições de manutenção e operação, com vias duplicadas, foi considerado que a região não sofrerá maiores investimentos, alterações e melhorias que podem impactar na estimativa da demanda, se o projeto da implantação do modo ferroviário se der em curto prazo. Desta forma, considerou-se que os modos de transporte da região estão consolidados e, assim, para os modos existentes, os níveis dos atributos não variaram, conforme apresentado na Tabela 3, diminuindo assim o número de cenários necessários para a aplicação da Pesquisa de Preferência Declarada.

Sobre o padrão de conforto para o transporte ferroviário, optou-se por utilizar este atributo como uma opção de modo de transporte para o viajante, com um custo adicional, sem a necessidade de ampliar o número de cenários.

**Tabela 3 - Cenários com valores de atributos e níveis definidos**

		MOD0 RODOVIÁRIO				MOD0 FERROVIÁRIO			
		Carro		Ônibus		Trem		Trem + Conforto	
Cenários	Atributos	Custo	Tempo	Custo	Tempo	Custo	Tempo	Custo	Tempo
		<b>1</b>	<b>R\$ 31,75</b>	<b>01:40</b>	<b>R\$ 28,76</b>	<b>02:00</b>	<b>R\$ 25,71</b>	<b>01:30</b>	<b>R\$ 33,42</b>
	2	R\$ 31,75	01:40	R\$ 28,76	02:00	R\$ 25,71	01:50	R\$ 33,42	01:50
	3	R\$ 31,75	01:40	R\$ 28,76	02:00	R\$ 25,71	02:10	R\$ 33,42	02:10
	4	R\$ 31,75	01:40	R\$ 28,76	02:00	R\$ 30,26	01:30	R\$ 39,34	01:30
	5	R\$ 31,75	01:40	R\$ 28,76	02:00	R\$ 30,26	01:50	R\$ 39,34	01:50
	6	R\$ 31,75	01:40	R\$ 28,76	02:00	R\$ 30,26	02:10	R\$ 39,34	02:10
	7	R\$ 31,75	01:40	R\$ 28,76	02:00	R\$ 34,79	01:30	R\$ 45,23	01:30
	8	R\$ 31,75	01:40	R\$ 28,76	02:00	R\$ 34,79	01:50	R\$ 45,23	01:50
	9	R\$ 31,75	01:40	R\$ 28,76	02:00	R\$ 34,79	02:10	R\$ 45,23	02:10
		Níveis							

Para a definição da porcentagem de custo adicional para o “Trem com conforto”, foram pesquisadas as variações dos valores adicionais por serviços diferenciados já existentes no Brasil e em outros países. Observou-se que os valores adicionais por um melhor padrão de conforto variavam entre 25% e 50% do valor da tarifa básica. A partir disso, optou-se por colocar um custo adicional de 30% para um padrão de conforto mais elevado.

#### 4.4.2 Processo de pesquisa

Para esta fase foi desenvolvido um formulário de pesquisa, onde, além da análise dos 9 cenários, foram incluídas informações sobre origem e destino (Campos ou Macaé), motivo da viagem (trabalho, estudo), modo normalmente utilizado para as viagens (ônibus fretado, veículo próprio, ônibus regular ou outro), posse de automóvel (sim ou não), quem paga a passagem (o próprio viajante, o empregador, a prefeitura municipal ou parte viajante e parte empregador), também características individuais como idade, gênero, renda, grau de instrução, instituição de ensino frequentada (para os estudantes).

Os dados foram coletados (informações e escolha de cenários), com entrevistas face a face, gerando uma planilha para análise das informações no Software Biogeme (Bierlaire, 2015).

#### 4.5 Etapa 04: Análise dos resultados

Inicialmente, a análise foi realizada com as respostas de 81 entrevistados. Porém, como os resultados não deram satisfatórios em relação ao Rho-square que deve ser maior que 0,2, foram excluídas algumas entrevistas que poderiam ser consideradas inválidas. Conforme observado por Brito (2007) as entrevistas podem ser consideradas inválidas quando os entrevistados respondem à apenas uma opção de transporte, sem variar a resposta, ou seja, quando os entrevistados não consideram a maximização da utilidade do modo de transporte. Também ao acrescentar as variáveis “renda”, “gênero”, “idade” e “quem paga” à função utilidade, analisando-as individualmente em cada rodada do programa, não foram encontrados resultados satisfatórios, com valores para o teste  $t$  maiores que 1,96 em módulo e  $p$  menor que 0,05 para 95% de confiança. Finalmente, chegou-se ao melhor modelo cujos valores são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 Resultados das variáveis após a exclusão de pesquisas inválidas**

Rho-square:		0,267		
Adjusted rho-square:		0,261		
Nome	Valor	Teste t	Valor p	
ASC_CARRO	0,00			
ASC_ONIBUS	1,61	6,85	0,00	
ASC_TREM	1,53	7,18	0,00	
ASC_TREMC	2,95	8,90	0,00	
BETA_CUSTO	-0,311	-10,63	0,00	
BETA_TEMPO	-0,0616	-8,95	0,00	

Desta forma, com os valores da Tabela 4 tem-se as equações de utilidade representadas pelas Equações 1, 2, 3 e 4.

$$U_{\text{car}} = -0,016 * t - 0,311 * c \quad (1)$$

$$U_{\text{o}} = 1,61 - 0,016 * t - 0,311 * c \quad (2)$$

$$U_{\text{t}} = 1,53 - 0,0616 * t - 0,311 * c \quad (3)$$

$$U_{\text{tc}} = 2,95 - 0,616 * t - 0,311 * c \quad (4)$$

Onde:

$U_{\text{car}}$  = Utilidade do carro



$U_o$  = Utilidade ônibus fretado  
 $U_t$  = Utilidade do trem convencional  
 $U_{tc}$  = Utilidade do trem com conforto  
 $t$  = Tempo de viagem em cada cenário  
 $c$  = Custo de viagem em cada cenário

#### 4.6 Etapa 05: Estimativa da demanda transferida

Após o teste das variáveis e do modelo estimado, fez-se uma aplicação para análise da propensão de escolha das alternativas do transporte ferroviário para a situação atual.

A demanda existente de transporte rodoviário, dado por ônibus fretado, foi calculada de acordo com as informações apresentadas na Tabela 1, com 29 ônibus de 48 lugares, para os trabalhadores, mais 7 ônibus de 46 lugares para os estudantes, resultando em um total de 1714 passageiros por viagem (ida ou volta).

Para aplicação da região, foi considerado o quarto cenário apresentado na Tabela 3, ou seja, o trem com uma tarifa de R\$ 30,26, tempo de viagem de 01:30h e o trem com conforto com uma tarifa de R\$39,34 e 1:30h de viagem, enquanto que o ônibus com tarifa de R\$28,76 e tempo de viagem de 2:00. Como a análise compreendeu apenas os usuários de ônibus, e não toda a população de viajantes entre estas cidades, a opção de uso do automóvel não foi considerada na análise. Assim, utilizando as funções utilidade, obtêm-se as taxas de propensão a partir das equações 5 e 6 para os cenários de implantação do trem e do trem com adicional de conforto:

$$P_{trem} = e^{U_t} / (e^{U_t} + e^{U_o} + e^{U_{tc}}) \quad (5)$$

$$P_{tc} = e^{U_{tc}} / (e^{U_t} + e^{U_o} + e^{U_{tc}}) \quad (6)$$

Onde:

$P_{trem}$  = Taxa de propensão de escolha do trem convencional

$P_{tc}$  = Taxa de propensão de escolha do trem com adicional de conforto

Desta forma, considerando as condições do cenário 4 (Tabela 3) encontrou-se a taxa de propensão de aproximadamente 66% da demanda de ônibus fretado a se transferir para o trem. Isto significa uma demanda transferida de 1132 viajantes para o modo ferroviário se ele fosse implantado nestas condições.

Para o trem com adicional de conforto, também no cenário 4, encontrou-se a taxa de propensão de aproximadamente 16% da demanda de ônibus fretado a se transferir para o trem com adicional de conforto. Isto significa que aproximadamente 275 viajantes se transfeririam para o modo ferroviário com maior conforto se ele fosse implantado nestas condições.

## 5 CONCLUSÕES

O procedimento de estimativa da demanda transferida trouxe como principal diferencial a pesquisa e análise proposta na etapa 02, que possibilita identificar, para cada região de estudo, que atributos devem ser incluídos nos cenários de análise de preferência declarada.

Em relação aos cenários e atributos apresentados, todos foram de fácil entendimento para os entrevistados. Percebeu-se que, a alternativa de trem com conforto foi válida. Evitando a necessidade de se ter uma maior quantidade de cenários e possibilitando a análise de forma mais clara para o usuário. Assim, a coleta de dados para a utilização no programa indicado,

utilizando o Modelo Logit Multinomial, no Biogeme, foi realizada sem dificuldades e o programa foi de fácil aplicação e entendimento.

Sobre a aplicação regional e considerando o cenário econômico brasileiro, observou-se uma variação considerável da economia desde o início do estudo em 2014 até o fim da coleta de dados em 2015 e em 2016, com o processo de conclusão do trabalho, ao serem observado dos altos níveis de desemprego. Desta forma, a dependência entre as cidades enfraqueceu principalmente na geração de empregos, impactando diretamente na demanda entre as cidades.

Como propostas para trabalhos futuros, as pesquisas poderiam ser estendidas a todos os grupos de viajantes entre as regiões – trabalhadores, visitantes, estudantes - mesmo que não rotineiros, também incluindo outros modos, para identificar de forma mais precisa as variáveis mais impactantes no comportamento de cada grupo dadas suas características.

Sugere-se que sejam realizadas aplicações do procedimento em outras regiões, identificando a consistência das variáveis utilizadas e, possivelmente, verificação da demanda após a implantação de uma proposta ferroviária, a fim de validar e reavaliar o processo proposto.

Variáveis econômicas também poderiam ser testadas, baseadas em PIB, taxas de emprego e desemprego, entre outros, visto a sua importância regional e, de forma a acrescentar ao procedimento uma avaliação da estabilidade econômica, já que estas variáveis poderiam afetar a demanda transferida devido a dependência entre as cidades beneficiadas pelo transporte ferroviário regional.

## 6 REFERÊNCIAS

Ahern, A. A.; Tapley, N. (2008) The use of stated preference techniques to model modal choices on interurban trips in Ireland. **Transportation research part a: policy and practice**, v. 42, n. 1, p. 15-27.

Anderson, M.S.; Simkins, J.M. (2012) Report d – revised comprehensive report: development of long distance multimodal passenger travel modal choice model. Washington: United States. **Department of transportation Federal Highway Administration.**

Beaujeu-Garnier, (1980) J. **Geografia da população**. São Paulo: Companhia Editora Nacional.

Bel, G. (1997) Changes in travel time across modes and its impact on the demand for inter-urban rail travel. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 33, n. 1, p. 43-52.

Bierlaire, M. (2015) **Bisonbiogeme 2.4: estimating a first model**, biogeme.ep.ch.

Brito, A. N. (2007) **Aplicação de um procedimento de preferência declarada para a estimativa do valor do tempo de viagem de motoristas em uma escolha entre rotas rodoviárias pedagiadas e não pedagiadas**. Dissertação (mestrado) -, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 185 f.

Burge, P., Kim, C., & Rohr, C. (2011) **Modelling Demand for Long-Distance Travel in Great Britain**. Santa Monica, CA: Rand Corporation,.

Campos, V. B. G. (2013) **Planejamento de transportes: conceitos e modelos**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 188 p.

Crisalli, U. (1999) User's behavior simulation of intercity rail service choices. **Simulation practice and theory**, v. 7, n. 3, p. 233-249.

Dou, F. D.; Xu, J.; Wang, L.; Jia, L. (2013) A train dispatching model based on fuzzy passenger demand forecasting during holidays. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 6, n. 1, p. 320-335.

Ferraz, A. C. P.; Torres, I. G. E. (2004) **Transporte public urbano**. São Paulo, RIMA editora, 428 p.

Iarnród Éireann Intercity Network (2011) **2030 Rail Network Strategy Review**. Dublin.

IBGE, **Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil** (2015). Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 20 nov. 2015

IBGE, **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 mai. 2015

Kitagawa, T.; Saratchai, O.; Terabe, S. (2005) Various Factors Affecting Modal Choice Behaviour of The Inter-City Passenger Between Keihanshin and Fukuoka. In: **Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**. p. 199-208.

Lima Jr., O. F. (1995) **Qualidade em serviços de transportes: conceituação e procedimentos para diagnóstico**. São Paulo. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 215 p.

Lopes Filho, J. I. de O. (2003) **Pós-avaliação da previsão de demanda por transportes no município de Fortaleza**. Dissertação de mestrado, Programa de Mestrado de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 179 fl.

Mello, J. C. (1972) **Planejamento dos Transportes Urbanos**. Ed. Campus.

Ministério dos Transportes (Brasil) (2013) **Projeto trens regionais**. Atualização em 12/04/2013.

Network Rail. (2009<sup>a</sup>) Demand forecasting technical note. Reino Unido: New Lines Programme.

Pessanha, S. M. (2016). **Estimativa de demanda transferida em sistemas de trens de passageiros com característica regional**. Dissertação de mestrado, Programa de Mestrado de Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 175 fl.

Reck, G. (2003) Apostila transporte público. Departamento de transporte. UFPR, Paraná.

Rolle, J-D. (1997) Estimation of Swiss railway demand with computation of elasticities. **Transportation research part e: logistics and transportation review**, v. 33, n. 2, p. 117-127.

Sanko, N.; Morikawa, T.; Nagamatsu, Y. (2015) Post-project evaluation of travel demand forecasts: implications from the case of a Japanese railway. **Transport policy**, v. 27, p. 209-218.

Silva, L.; Silva R. da. (2009). Planejamento estratégico de uma experiência pedagógica inovadora. *Revista Minerva*, v. 6, p. 99-106,

Stefanis, V.; Profillidis, V.; Papadopoulos, B.; Botzoris, G. (2001) Analysis and Forecasting of Intercity Rail Passenger Demand by Econometric and Fuzzy Regression Models. **8th SIGEF Congress: New Logic for the New Economy, International Association for Fuzzy Set Management and Economy**. Naples, Italy.

Trap, M. L. (2014). **The Dutch Winter Timetable: Assessment of Alternative Line Systems for the Dutch Railway Network during Winter Weather**. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Master of Science In Transport, Infrastructure & Logistics, Delft University of Technology, Delft.

Ventura, T. S. (2012) **Procedimento metodológico para a estimativa de demanda transferida em sistemas de transporte ferroviário de passageiros com característica semiurbana: estudo de caso do trecho Florianópolis (SC) –Itajaí (SC)**. 238 p. Dissertação (mestrado) - UFSC, Florianópolis.

Virginia Department of Rail and Public Transportation (Estados Unidos). (2009) Appendix G: Travel Forecasting Methodology. Virginia: Richmond Hampton Roads Passenger Rail Project.

Wardman, M. (2004) Demand for rail travel and the effects of external factors. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v.42, n.3, p.129-148.

Wijeweera, A.; Para, H.; Charles, M.B.; E Sloan, K. (2014) A time series analysis of passenger rail demand in major Australian cities. **Economic Analysis and Policy**, v. 44, n. 3, p. 301-309.

Yao, E e Morikawa, T. (2005) A study of on integrated intercity travel demand model. **Transportation research part a: policy and practice**, v. 39, n. 4, p. 367-381.