

# **Demanda por transporte na Região Metropolitana de São Paulo e política de pedágio urbano para redução de congestionamento**

Tainá Souza Pacheco<sup>1</sup>, Prof. Dr. André Luis Squarize Chagas<sup>2</sup>

**Resumo.** A Região Metropolitana de São Paulo vem sofrendo, já há algum tempo, com enormes congestionamentos e os problemas gerados por eles, como poluição do ar e sonora e perdas de produtividade. Nunca houve uma política que tentasse solucionar o problema a partir de sua causa, que é a não internalização de custos externos pelo usuário do automóvel. Este, ao optar pelo uso do carro, leva em consideração apenas os custos privados, inferiores ao custo total social, que considera os custos externos. Assim, há sobre uso das vias e congestionamentos. Uma política de pedágio urbano faz com que os usuários internalizem o custo gerado por eles para a sociedade, além de gerar receitas para investimento no sistema de transporte da cidade. Este trabalho tem como objetivo estimar a demanda de diferentes modais de transporte na Região Metropolitana de São Paulo e entender qual a variação a partir da implantação de um pedágio urbano no centro expandido da cidade para os automóveis. Para tanto será usado o modelo *mixed logit* de resposta multinomial, com base os dados da Pesquisa Origem e Destino de 2007, tendo como variável dependente o modal escolhido na viagem. Foram considerados seis modais diferentes: a pé ou de bicicleta (1), ônibus (2), automóveis (3), metrô ou trem (4), taxi (5) e motocicleta (6). Tomou-se como variáveis explicativas custo e tempo de viagem e características socioeconômicas da amostra. A simulação consistiu em impor um pedágio urbano como tarifa adicional para viagens feitas por automóveis dentro ou que passassem pela área de restrição. Os resultados sugerem que o pedágio urbano tem um impacto positivo na redução do total de viagens com automóveis (cada R\$ 1,00 da taxa seria responsável por reduzir em 6,18% a demanda por viagens com automóveis), aumentando a demanda por viagens com outros modais, especialmente o transporte público (aumento de 2,18% para ônibus e 1,16% para metrô ou trem), e o transporte não motorizado (aumento de 2,53% para a pé ou bicicleta). Um benefício adicional gerado pelo pedágio urbano é a geração de receita para investimento em infraestrutura de transporte.

**Área ANPEC:** Área 10 - Economia Regional e Urbana

**JEL:** R41, D49, C35

**Palavras – Chave:** Pedágio Urbano; Congestionamento; Transporte Público; Modelos de Escolha Discreta; Região Metropolitana de São Paulo.

**Abstract.** The São Paulo Metropolitan Area has been suffering for several years from enormous congestions that causes many problems, such as air and noise pollution, and productivity losses. Until now a day, the city has never had a policy to solve the causes of the problem. Automobile users cause external costs to other individuals and do not pay for it. Those who commute by car take into account only private costs, lower than the total social one, which considers also external costs. Thus, there is an excessive use of the roads and, consequently, congestion. A congestion pricing policy imposes to car users an expense as a way to internalize the costs generated to society by them. At the same time, this policy generates revenues for investment in the city's transport system. This work aims to estimate the demand of different transport modes in the São Paulo Metropolitan Area and simulate how the demand would respond to an implementation of a congestion charge for cars, in a specific area of the city. For this, we use a mixed multinomial logit model, based on Origin-Destination Research. As the variable dependent on the modal choice for commuting, we consider six different modes of transport: walking and cycling (1), buses (2), car (3), subway and train (4), taxi (5) and motorcycle (6). As explanatory variables, we use cost and time travel, besides socioeconomic characteristics of the individuals. We simulate the congestion price policy imposing an additional fee to car journeys intended to or that pass through the restricted area. Our results suggest that an urban toll would have a positive impact on reducing the number of car commuters (each \$1 fee would reduce in 6.18% the demand for car commuters), increasing the number of trips in other modes, especially public transport (2.18% for buses and 1.16% for subway and train), and non-motorized transport (walking and cycling, 2.53%). As an additional benefit to public budget, the congestion charging generates revenues for the city to invest in transport infrastructure.

**ANPEC Area:** 10 – Regional and Urban Economics

**JEL:** R41, D49, C35

**Key Words:** Congestion Charging; Urban Toll; Mixed Logit; Urban Travel Demand; São Paulo Metropolitan Area.

<sup>1</sup> Aluna de graduação da Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade de São Paulo FEA-USP. e-mail: [taina.pacheco@usp.br](mailto:taina.pacheco@usp.br)

<sup>2</sup> Professor Doutor da Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade de São Paulo FEA-USP. e-mail: [achagas@usp.br](mailto:achagas@usp.br)

## 1. Introdução

O nível de congestionamento na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem crescido nos últimos anos, alcançando patamares insustentáveis. O modelo de transporte na região se baseia no uso do ônibus e do automóvel particular. O serviço de ônibus é visto como de má qualidade e pouco confiável em relação à frequência, pontualidade e segurança (ANTP, 2012). Os investimentos e incentivos durante décadas priorizaram o transporte individual motorizado, aumentando o problema dos congestionamentos.

Dadas as perdas econômicas geradas pelos congestionamentos, tem se pensado na criação de mecanismos para incentivar o uso de transportes coletivos, menos intensivos no uso das vias e, ao mesmo tempo, reduzir o uso do carro (ANTP, 2012). Algumas ações consideradas boas práticas incluem a implantação de faixas e corredores exclusivos para ônibus (BRT), ampliação da rede de trens e metrô, aumento na acessibilidade de veículos de transporte público entre outros. Outras ações, por seu lado, incluem a redução aos incentivos no uso do automóvel, como a redução nos limites de velocidade das vias, redução das áreas de estacionamento nas vias, rodízio de automóveis em dias e horários predefinidos etc. O pedágio urbano é uma política de desincentivo ao uso do automóvel adotada em algumas cidades, consistindo na cobrança de uma tarifa pelo acesso a determinadas áreas da municipalidade.

O presente artigo tem como objetivo estimar o impacto que uma política de pedágio urbano teria sobre a redução na demanda pelo uso de automóvel e o aumento na demanda pelo uso do transporte coletivo. Para tanto, usa-se os microdados da Pesquisa Origem-Destino de 2007, levantamento realizado pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô).

## 2. Vias como um Bem Público

Vias são um exemplo de bem público congestionável. Sua provisão é feita pelo governo, via de regra financiada por imposto, não há cobrança no uso para o usuário individual e seu consumo é não rival<sup>3</sup> e não excludente<sup>4</sup> até atingirem a capacidade máxima. O uso das vias por um grande número de pessoas levará ao congestionamento, impactando o consumo individual do bem, que deixará de ser não rival e não excludente. Um novo veículo restringe o uso da via pelos demais, reduzindo a velocidade do tráfego e aumentando o congestionamento. O motorista adicional levará em conta apenas os seus custos individuais da viagem, sem contabilizar o custo adicional imposto aos outros usuários da via. A externalidade surge justamente pela diferença entre o custo marginal privado e o custo marginal social. Quanto maior o congestionamento, maior essa diferença e, conseqüentemente, maior a externalidade.

Nos momentos de sobre uso, a alocação ineficiente do espaço da via seguirá a regra de “primeira captura”, como destacado por Nash (2007): a utilização do recurso será feita pelo usuário que chegar primeiro, e não por aquele que mais precisa ou mais a valoriza como, por exemplo, veículos de socorro. Para um dado nível de congestionamento, os motoristas que utilizarão as vias são aqueles que estão dispostos a aceitar tal nível de congestionamento. Assim, cada indivíduo, dependendo do seu custo marginal de tempo, terá incentivos diferentes para a utilização da via; aqueles com menor custo marginal do tempo terão mais incentivo em utilizar as vias congestionadas.

Também é possível enxergar o problema de sobre utilização das vias como um exemplo do que a literatura chama de “tragédia dos comuns”. Ainda que a sociedade estivesse melhor se todos concordassem em usar menos as vias, cada indivíduo tem incentivos em desviar e consumir mais do que foi acordado. Novamente,

---

<sup>3</sup> Um bem é não rival se o consumo dele por um indivíduo não diminui a possibilidade de consumo do mesmo bem para outros indivíduos. Pensemos em uma via sem automóveis. O uso desta pelo primeiro automóvel não afeta o uso pelo segundo, e assim sucessivamente até atingirmos a capacidade máxima da via. A partir desse ponto, um novo usuário reduzirá a velocidade de todos os demais, ou seja, o consumo passa a ser rival.

<sup>4</sup> Um bem é não excludente quando é impossível, ou muito caro, impedir o consumo de um indivíduo a partir do momento em que o bem foi ofertado. Como as vias possuem livre acesso, a partir do momento em que o governo as oferta, todos os indivíduos podem usá-las.

isso ocorre por conta da diferença entre o custo marginal individual, percebido pelo indivíduo, e o custo marginal social e pela ausência de direito de propriedade das vias.

O sistema de preços é incapaz de refletir um ponto ótimo entre oferta e demanda, pois motoristas equilibram o custo marginal privado, inferior ao social, contra o benefício marginal privado de uso das vias. É preciso que o governo crie algum mecanismo de regulação econômica que corrija a falha de mercado, promovendo um segundo equilíbrio mais eficiente do que o existente, mesmo que não seja possível chegar a um equilíbrio ótimo no sentido de Pareto. Nesse contexto, o pedágio urbano pode ajudar a reduzir as externalidades causadas pelo sobre uso das vias e, se tiver arrecadação voltada para a melhoria do sistema de transporte da cidade, majoritariamente o transporte público, pode ser uma maneira de amenizar o subsídio cruzado regressivo que existe hoje em dia.

Lindsey (2006) mostra que, apesar de modelos de precificação de vias terem sido foco de estudo desde o início do século, com Adam Smith e Arthur C. Pigou, foi a partir da década de 1990 que cresceu significativamente o número de artigos publicados, talvez porque foi nessa época que os problemas com congestionamentos nas grandes cidades, principalmente americanas, tornaram-se críticos.

Nash (2007) mostra que tentar solucionar o problema do congestionamento aumentando a capacidade das vias não resolve o problema econômico subjacente fundamental: a capacidade de os usuários internalizarem os custos gerados aos outros usuários e à sociedade em geral. Contrariamente, o aumento da capacidade das vias pode induzir novos usuários.

Para que o problema de congestionamento das vias seja resolvido por um sistema de preços, pode-se adotar a tarifação do uso das vias em horários de pico, ou seja, a aplicação de um *imposto pigouviano*. Tal mecanismo corresponde a um sistema de regulação por incentivos, ou seja, um incentivo para que o indivíduo tenha determinado comportamento desejável, no caso, menos uso do transporte motorizado individual. Como destacou Morato (2012),

A tarifa adiciona custo ao transporte individual, constituindo estímulo à migração para o transporte público ou para outro meio de deslocamento. Ao mesmo tempo preserva o direito de escolha do usuário, sem lhe impor uma proibição, reduzindo assim os custos de monitoramento e aumentando a eficácia da política no sentido da indução do comportamento desejado. (MORATO, 2012, p.18)

Quando se discute a adoção ou não de um sistema de pedágio urbano, é importante considerar as experiências já adotadas em outras localidades nessa mesma direção. Existem mais de vinte sistemas de pedágio urbano em funcionamento no mundo. A experiência vivida por Londres faz um bom paralelo com São Paulo, por se tratar de uma grande metrópole e de um sistema de cobrança dentro de uma área específica. Detalhes das experiências vividas por Singapura, Hong Kong e Estocolmo podem ser encontrados nas referências desse artigo e em Pacheco (2015).

O projeto de pedágio urbano em Londres começou a ser discutido com a elaboração do Relatório Smeed, de 1964, mas tomou força apenas em 2000, com a eleição do prefeito Ken Livingstone, sendo implementado em fevereiro de 2003. O London Congestion Charging (LCC) é um sistema do tipo zona, como o rodízio municipal de São Paulo, no qual paga-se uma taxa de £11,50 (dezembro de 2015, em 2003 esse valor era de £8) para circular dentro da área de restrição nos dias úteis das 7h00 às 18h30, até 2007, e das 07h00 às 18h00 a partir de 2007. Dentre os principais objetivos do programa estavam o aumento da velocidade dos ônibus, a geração de receitas para investimentos em transporte público e melhora da qualidade de vida na região central da cidade. Uma das metas era que a oferta do sistema de ônibus e trilhos aumentasse em 40% até 2011. Um pouco antes do início do projeto, a população e os empresários tinham a percepção de que o congestionamento estava tornando a vida e os negócios mais difíceis, gerando altas perdas econômicas.

Em sua primeira fase, o programa cobria uma área de 8 milhas quadradas, ou aproximadamente 13 quilômetros quadrados, a região considerada mais central na cidade. Essa área representa menos de 1,5% da área da região metropolitana de Londres, onde vivem aproximadamente sete milhões de pessoas. Em

2007 a área pedagiada foi dobrada na direção Oeste. Em 2011 uma nova mudança reduziu a área de restrição para seu perímetro inicial. Residentes da zona pedagiada e de algumas zonas na fronteira possuem 90% de desconto na tarifa. Ônibus, taxis, veículos de emergência, carros híbridos e motocicletas são isentas. O controle do sistema é feito por um circuito de câmeras que identificam as placas dos veículos e cruzam com o banco de dados de pagamentos. Os usuários podem pagar o pedágio com antecedência ou até a meia noite do dia em que circularam na área de restrição. Se a taxa não for paga, é aplicada uma multa ao veículo igual a £40 para pagamentos dentro de um mês e £120 para pagamentos após um mês.

De acordo com relatórios do *Transport for London* (TfL - órgão responsável pelo transporte público em Londres) de 2006, o custo inicial do sistema foi de £161,7 milhões e a receita líquida anual gira em torno de £50 milhões (esse número variou com o tempo devido à mudanças de tarifa e de área), que, por lei, deve ser destinado ao *Transport for London* e investido em mobilidade urbana. Assim, financeiramente o programa é sustentável.

Em relação aos impactos em mobilidade, houve uma expressiva melhora quando o programa foi implementado, com recuperação devagar do congestionamento. Depois do primeiro ano de operação do pedágio urbano, o congestionamento caiu 15%, em média, no horário de pico. Não houve evidência de piora do congestionamento nas áreas próximas a zona de restrição ou nos horários próximos ao horário de restrição. Atualmente a velocidade média das vias na área de restrição é praticamente a mesma de 2003. Essa é uma crítica de muitos pesquisadores ao sistema, mas é preciso comparar a cidade hoje com pedágio urbano com a cidade hoje sem pedágio urbano, ou seja, entender qual teria sido a tendência do aumento nos níveis de congestionamento para saber onde Londres estaria sem o pedágio urbano e, só então, comparar essa realidade projetada com o que de fato aconteceu dado que a cidade optou por implementar um sistema de pedágio urbano.

Os principais problemas em relação ao LCC são a falta de diferenciação de tarifa por horário do dia ou tipo de veículo e o excesso de descontos oferecidos, principalmente para aqueles que são moradores da zona, dando maior caráter regressivo à tarifação. Na literatura não há estudos sobre as implicações de equidade do programa.

A aceitação pública do programa foi, desde o início, uma das grandes barreiras para sua implementação. A discussão sobre o pedágio urbano começou em 1964, mas só em 2003 houve implementação, ou seja, houve um *gap* de 40 anos entre um momento e outro. Como destacado por CURACAO (2007) a aceitação do programa girava em torno de 40% antes da implementação, aumentando para níveis superiores a 50% após a mesma. Infelizmente a série encerrou em Outubro de 2003, não permitindo conclusões de mais longo prazo. O prefeito da época, com o suporte do TfL, conseguiu criar um bom canal de comunicação com a população, através de campanhas de conscientização sobre o programa e um site destinado só para isso. Outro fator que ajudou a implementação do pedágio urbano em Londres foi a estabilidade política: o projeto começou no início do mandato do prefeito e nenhuma organização ou instituição organizada conseguiu se firmar enquanto oposição ao projeto.

A reeleição do prefeito Livingstone em 2004, quando ele já havia anunciado que se reeleito iria expandir o programa para a área oeste da cidade, sugere que os moradores de Londres aceitaram o programa. Por outro lado, os moradores da área oeste votaram contra a expansão e, desde 2004 cresceram as pressões para que a área voltasse a ser não pedagiada. Essa demanda tomou força com a derrota de Livingstone para Boris Johnson, partido de oposição, em 2008 e em 2011 a área de restrição voltou ao seu perímetro original.

É importante entender os acertos e erros da experiência londrina para levar os aprendizados para a implementação de um programa de pedágio urbano em São Paulo. (CURACAO, 2007; KTA, 2008; MORATO, 2012; RICHARDS, 2006; SANTOS, 2005; TfL, 2006.)

### 3. Modelo de escolha discreta

#### 3.1 Modelos de escolha discreta

Em um modelo de escolha discreta (McFadden, 1974; McFadden, 1984), por mais que se observe a escolha do indivíduo, não existem informações sobre seu processo de escolha. É plausível imaginar que em um processo de escolha de um indivíduo racional, este primeiro determina quais são as alternativas possíveis; depois, quais atributos de cada alternativa são relevantes e, a partir de uma regra própria de seleção, escolhe a alternativa que maximize sua função objetivo e que é observável pelo pesquisador.

No caso da escolha por modal de transporte, o agente decisório é o indivíduo, ou seu responsável direto. As alternativas de escolha podem variar conforme o local de residência, que pode não ter acesso a um determinado meio de transporte; regulações legais (uma pessoa só pode dirigir após os 18 anos) e restrição orçamentária (alguns meios de transporte são muito caros para algumas faixas de renda ou o indivíduo não tem renda para comprar um carro, por exemplo). Não será imposta nenhuma restrição quanto ao acesso a algum modal, de forma que o conjunto de escolha é o mais amplo possível e igual para todos os indivíduos, condicional em características individuais observáveis.

Cada alternativa possui um conjunto de características observadas pelos indivíduos e sua atratividade será determinada pelo valor de seus atributos. Aquela alternativa que apresentar menor custo somado a maior conforto e rapidez terá maior probabilidade de escolha. Para que a regra de decisão do indivíduo seja racional ela deve satisfazer duas propriedades: consistência e transitividade. Consistência implica que o indivíduo fará sempre a mesma escolha sob as mesmas circunstâncias, e transitividade implica que se a alternativa A é preferível à alternativa B e a alternativa B é preferível à alternativa C, então A é preferível à C. Além dessas duas características, supõe-se que o processo de decisão do indivíduo se dá por maximização da utilidade, ou seja, o modal com maior utilidade será escolhido.

Assumindo que a função utilidade é linear, ela pode ser decomposta em três componentes: aqueles relacionados com os atributos das alternativas, aqueles relacionados com as características dos indivíduos e o erro sistemático.

$$U_{i,j} = V(X_{i,j}) + V(S_i) + \varepsilon_{i,j} \quad (1)$$

Onde

$U ( . )$	Função utilidade
$X_j$	Vetor de atributos da j-ésima alternativa j do indivíduo
$S_i$	Vetor de características do indivíduo i
$\varepsilon_{i,j}$	Erro sistemático do indivíduo i ao escolher alternativa j

Para haver transitividade entre duas alternativas, j e k, pertencentes ao conjunto de escolher, C, é preciso que

$$U(X_{i,j}, S_i) \geq U(X_{i,k}, S_i), \forall j, k \Rightarrow j \succ k, \quad \forall j, k \in C \quad (2)$$

O problema de maximização do indivíduo será tal que dados J meios de transporte disponíveis para o indivíduo i tem-se:

$$\begin{aligned} U_{i,1} &= \alpha X_{i,1} + \beta_1 S_i + \varepsilon_{i,1} \\ U_{i,2} &= \alpha X_{i,2} + \beta_2 S_i + \varepsilon_{i,2} \\ &\dots \\ U_{i,J} &= \alpha X_{i,J} + \beta_J S_i + \varepsilon_{i,J} \end{aligned}$$

Em que o indivíduo escolhe o meio de transporte que fornece a maior utilidade possível, ou seja, aquele que resolve  $\max_j \{U_{i,j}; j = 1, \dots, J\}$ .

É possível, também, escrever o problema em termos de probabilidade:

$$P(U_{i,j} > U_{i,k}) \text{ para todo } k \neq j$$

$$= P[\varepsilon_{i,j} - \varepsilon_{i,k} > (X_{i,k} - X_{i,j})\alpha + S_i(\beta_j - \beta_k)], \forall k \neq j \quad (3)$$

A probabilidade acima induz uma função de distribuição acumulada conjunta, conforme exposta em McFadden (1974), que dadas hipóteses assumidas adiante, satisfaz a forma funcional alcançada para a probabilidade. Definindo  $Y_{i,j}$  como uma variável indicadora que assume valor “1” quando  $i$  escolhe  $j$  e valor “zero” caso contrário, a probabilidade acima fica igual a:

$$P(Y_{i,j} = 1 | x_{i,j}, s_i; \alpha, \beta_j) \quad (4)$$

Seguindo o desenvolvimento de McFadden (1974) algumas hipóteses e definições são necessárias:

*Hipótese 1:* Vale o Axioma da Independência das Alternativas Irrelevantes

$$\frac{P(Y_{i,k} = 1)}{P(Y_{i,j} = 1)} = \frac{P(Y_{i,k} = 1 | \{j, k\})}{P(Y_{i,j} = 1 | \{j, k\})} \quad (5)$$

O axioma acima basicamente postula que a probabilidade de escolher  $k$  sobre a probabilidade de escolher  $j$ , quando todas as escolhas são elegíveis, é igual a razão da probabilidade de escolher  $k$  sobre a probabilidade de escolher  $j$ , quando apenas as duas escolhas estão disponíveis.

*Hipótese 2:* Positividade: Para qualquer conjunto de escolhas disponível,  $B$ , e qualquer  $j \in B$ :

$$P(Y_{i,j} = 1 | B) > 0 \quad (6)$$

Definindo:

$$\alpha_i X_{i,j} + \beta_j S_i = \log \left( \frac{P(Y_{i,j} = 1 | \{j, z\})}{P(Y_{i,z} = 1 | \{j, z\})} \right) \quad (7)$$

Sendo  $z$  um modal ao qual a utilidade é normalizada, observa-se que:

$$\frac{\frac{P(Y_{i,k} = 1)}{P(Y_{i,z} = 1)}}{\frac{P(Y_{i,j} = 1)}{P(Y_{i,z} = 1)}} = \frac{\exp(\alpha X_{i,k} + \beta_k S_i)}{\exp(\alpha X_{i,j} + \beta_j S_i)} \quad (8)$$

Como todo indivíduo escolhe algum modal:

$$\sum_k P(Y_{i,k} = 1) = 1 = P(Y_{i,j} = 1) \cdot \sum_k \frac{\exp(\alpha_i X_{i,j} + \beta_k S_i)}{\exp(\alpha_i X_{i,j} + \beta_j S_i)} \quad (9)$$

Logo:

$$P(Y_{i,j} = 1) = \frac{\exp(\alpha_i X_{i,j} + \beta_j S_i)}{\sum_k \exp(\alpha_i X_{i,k} + \beta_k S_i)} \quad (10)$$

Como outra forma de se chegar na equação (10) sem impor o formato da utilidade, McFadden (1974) mostra que se  $\varepsilon_{i,j}$  segue uma distribuição de Weibull, a distribuição conjunta acumulada satisfaz essa última equação para a probabilidade de escolha de  $j$ .

A estimação do modelo é feita por máxima-verossimilhança. Usa-se uma forma conveniente da densidade que generaliza o método usado nos modelos binários. A densidade para o  $i$ -ésimo indivíduo é dada por:

$$f(y_i) = p_{i1}^{y_{i1}} x \dots x p_{im}^{y_{im}} = \prod_{j=1}^m p_{i,j}^{y_{i,j}} \quad (12)$$

Onde  $y_{i,1}, \dots, y_{i,m}$  são  $m$  variáveis indicativas, com  $y_{i,j} = 1$ , se o indivíduo  $i$  escolhe o modal  $j$ , e  $y_{i,j} = 0$  caso contrário. Para cada indivíduo, exatamente um dos  $y_{i,1}, \dots, y_{i,m}$  será não zero. A função de máxima verossimilhança para uma amostra de  $N$  observações independentes é o produto de  $N$  densidades

$$L = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^m p_{i,j}^{y_{i,j}} \quad (13)$$

O estimador de máxima verossimilhança,  $\hat{\theta}$ , maximiza a função log-máxima verossimilhança:

$$\ln L(\theta) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m y_{i,j} \ln F_j(x_i, \theta) \quad (14)$$

E, como usual  $\hat{\theta} \sim N\left(\theta, \left[-E\left\{\frac{\partial^2 \ln L(\theta)}{\partial \theta \partial \theta'}\right\}\right]^{-1}\right)$ . (WOOLDRIDGE, 2002; CAMERON e TRIVEDI, 2010)

Uma maneira de avaliar a resposta a mudanças é calcular as derivadas das probabilidades de escolha de cada alternativa com relação à variável em questão, ou seja, os efeitos parciais. Para saber qual a mudança na probabilidade de escolha de uma alternativa,  $p_i$ , dada a mudança de algum atributo da mesma alternativa  $X_i$ . Para tanto, basta diferenciar  $p_i$  em respeito a  $X_{ik}$ , o  $k$  – gésimo atributo da alternativa  $i$ .

$$\frac{\partial p_i}{\partial X_{ik}} = \left[\frac{\partial V_i}{\partial X_{ik}}\right] p_i (1 - p_i) \quad (15)$$

Onde  $V_i$  é a utilidade da alternativa  $i$ . Como  $V_i$  é dado por

$$V_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \dots + \beta_K X_{Ki} \quad (16)$$

Assim, a derivada parcial é dada por

$$\frac{\partial p_i}{\partial X_{ik}} = \beta_k p_i (1 - p_i) \quad (17)$$

Onde  $\beta_k$  é o coeficiente do atributo  $k$ .

O valor da derivada será maior com  $p_i = 0,5$  e menor conforme  $p_i$  se aproxima de zero ou um. Isso implica que a magnitude de resposta a uma alteração em um atributo de um modal será maior quando a probabilidade de escolha desse modal for 0,5 e menor conforme se aproxima de zero ou um. O sinal da derivada será o mesmo que o sinal do coeficiente  $\beta_k$ , descrevendo o impacto de  $X_{ik}$  na utilidade da alternativa  $i$ . Assim, um aumento em  $X_{ik}$  irá aumentar (diminuir)  $p_i$  se  $\beta_k$  é positivo (negativo).

Também é importante calcular a derivada cruzada para entender como a probabilidade de escolha de uma alternativa,  $p_j$ , varia dada uma mudança em algum atributo de outra alternativa,  $X_{ik}$ . Repetindo o processo feito anteriormente, a derivada cruzada pode ser expressa como:

$$\frac{\partial p_j}{\partial X_{ik}} = -\beta_k p_i p_j, \quad \forall i \neq j \quad (18)$$

Onde  $p_i$  é a probabilidade de escolha da alternativa  $i$ ,  $p_j$  é a probabilidade de escolha da alternativa  $j$  e  $\beta_k$  é o coeficiente do  $k$  – gésimo atributo da alternativa  $i$ . Nesse caso, o sinal da derivada será o oposto do parâmetro  $\beta_k$ , descrevendo o impacto de  $X_{ik}$  na utilidade da alternativa  $i$ . Assim, um aumento em  $X_{ik}$  irá diminuir (aumentar)  $p_i$  se  $\beta_k$  é positivo (negativo)<sup>5</sup>. Usando o exemplo do custo de um modal, se o indivíduo que usava o modal  $i$  observa um aumento de custo nesse modal (caso em que  $i = j$ ), então a

<sup>5</sup> Um coeficiente negativo indica que se aquela variável aumentar em um modal, então diminui a probabilidade de escolha daquele modal e cresce a probabilidade de escolha dos outros modais; o oposto vale para um coeficiente positivo.

probabilidade desse indivíduo usar esse modal diminui. Por outro lado, se o indivíduo vê o aumento de custo em um outro modal (caso em que  $i \neq j$ ) a probabilidade que esse indivíduo continue a usar o mesmo modal aumenta. (KOPPELMAN e BATH, p.46-48, 2006)

### 3.2 Especificação do mixed logit

No mixed logit as variáveis específicas dos modais de transporte, custo e tempo, foram consideradas genéricas, o que implica que o aumento de uma unidade de custo ou de tempo tem o mesmo impacto na utilidade do indivíduo  $i$  para os seis grupos modais. Faz sentido supor que o tempo e o custo influenciam a escolha do indivíduo de forma agregada e relativa: há uma ponderação de custo e tempo entre o modal de escolha e os outros possíveis modais. Para qualquer modal, quanto maior o custo, tudo mais constante, menor a probabilidade de escolha de tal modal; o mesmo raciocínio vale para o tempo.

Portanto, no modelo a ser estimado, a porção determinística da utilidade é dada por:

$$V_{i,j} = V(X_j) + V(S_i) = \gamma + \sum \alpha_x x_{i,j} + \sum \beta_j S_i \quad (19)$$

Onde

$V_{i,j}$  é a porção determinística da função utilidade

$x_{i,j}$  são variáveis de “tempo” e “custo”, por modal, associadas ao deslocamento específico do indivíduo

$s_i$  são variáveis individuais de “renda”, “idade”, idade ao quadrado, e três *dummies* para as condições de “sexo”, “estuda” e “trabalha”;

$\gamma$ , é uma constante,  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros a serem estimados.

A estimação é feita por máxima verossimilhança, como descrito no item anterior.

## 4. Análise exploratória dos dados

### 4.1 Pesquisa Origem e Destino 2007

A Pesquisa Origem Destino (OD) é um levantamento feito pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô) a cada dez anos desde 1967 a fim de entender os padrões de deslocamento na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) em um dia útil típico. Na pesquisa do ano de 2007 foram entrevistados 30.000 domicílios distribuídos de forma aleatória em amostras, estratificadas por faixa de consumo de energia elétrica<sup>6</sup>, em 460 zonas na RMSP, resultando num total de 196.698 observações<sup>7</sup>, das quais 168.713 possuíam viagens<sup>8</sup>. Além do levantamento sobre viagens, a pesquisa traz informações socioeconômicas dos indivíduos e das famílias, como renda, escolaridade, posse de carro, casa própria, situação atual de emprego e estudo etc. Foram excluídos valores extremos ou dados inconsistentes, de forma que o banco de dados usado nas estimações conta com 164.464 observações no total.

Para o presente estudo, os modais de transporte, originalmente 17, foram agrupados em 6 tipos: não motorizados(a pé e bicicleta)<sup>9</sup>, ônibus, trilhos (metrô e trem), motocicleta, automóvel (motorista ou carona) e táxi. A pesquisa considera que cada indivíduo pode usar até 4 modos de transporte para fazer uma viagem.

---

<sup>6</sup> A pesquisa parte da premissa de que “o consumo de energia elétrica das unidades residenciais tem correlação com a renda familiar, que por sua vez tem correlação com o número de viagens da família. Para elaboração do plano amostral, foram definidas as seguintes faixas de consumo residencial de energia elétrica: até 100 kwh/mês, 100 a 200 kwh/mês, 200 a 300 kwh/mês e mais de 300 kwh/mês”. (METRÔ, 2008, p. 10.)

<sup>7</sup> Cada domicílio pode ter mais de uma pessoa e cada pessoa pode resultar em mais de uma observação, pois pode realizar mais de uma viagem no dia.

<sup>8</sup> Para a pesquisa OD “viagem é o movimento de uma pessoa entre dois pontos (um de origem e outro de destino) com motivo definido, utilizando para isso um ou mais modos de transporte. Considera-se como origem o local onde o entrevistado se encontrava quando iniciou o seu deslocamento. Considera-se como destino o local para onde o entrevistado se dirigiu, ainda que tenha utilizado dois ou mais modos (tipos de condução) de transporte durante o percurso. Lembrar de considerar como intervalo para a realização das viagens, o período das 4h00 da manhã de um dia até as 3h59 da manhã do dia seguinte (período de 24 horas).” (METRÔ, 2007a, p. 16.)

<sup>9</sup> “Quando o motivo da viagem é trabalho ou escola na origem ou no destino, esta deve ser registrada, independentemente da distância percorrida. Em se tratando de outros motivos, as viagens a pé só são registradas quando a distância percorrida é igual ou superior a 5 quadras (aproximadamente 500 metros).” (METRÔ, 2007a, p. 64.)



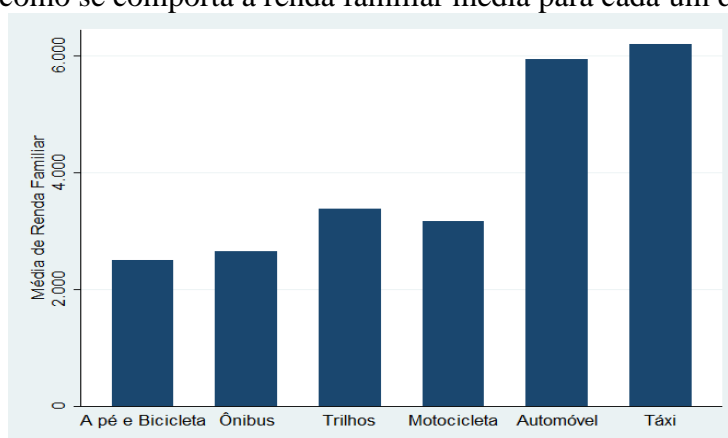
20.971 viagens (13,26% da amostra) utilizam mais de um modo de transporte, das quais 17.041 (10,77%) utilizam dois, 3.570 (2,26%) utilizam três e apenas 360 (0,23%) quatro. Os modais são ranqueados em uma hierarquia construída pelo Metrô<sup>10</sup>, cuja ordem decrescente para os 6 grupos é a seguinte: trilhos, ônibus, táxi, automóvel, motocicleta, a pé e bicicleta. Entre os grupos modais construídos, automóvel é o que apresenta maior frequência, seguido por a pé ou bicicleta.

**Tabela 1: Distribuição do Modo Principal de Viagem**

Modo Principal da Viagem	Frequência	Porcentagem
Automóvel	60.835	36,55
A pé ou Bicicleta	49.448	29,70
Ônibus	37.504	22,53
Trilhos	14.973	8,99
Motocicleta	2.570	1,54
Táxi	1.134	0,68

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração própria

É interessante observar como se comporta a renda familiar média para cada um dos grupos modais:



**Gráfico 1: Média de Renda Familiar por Modal**

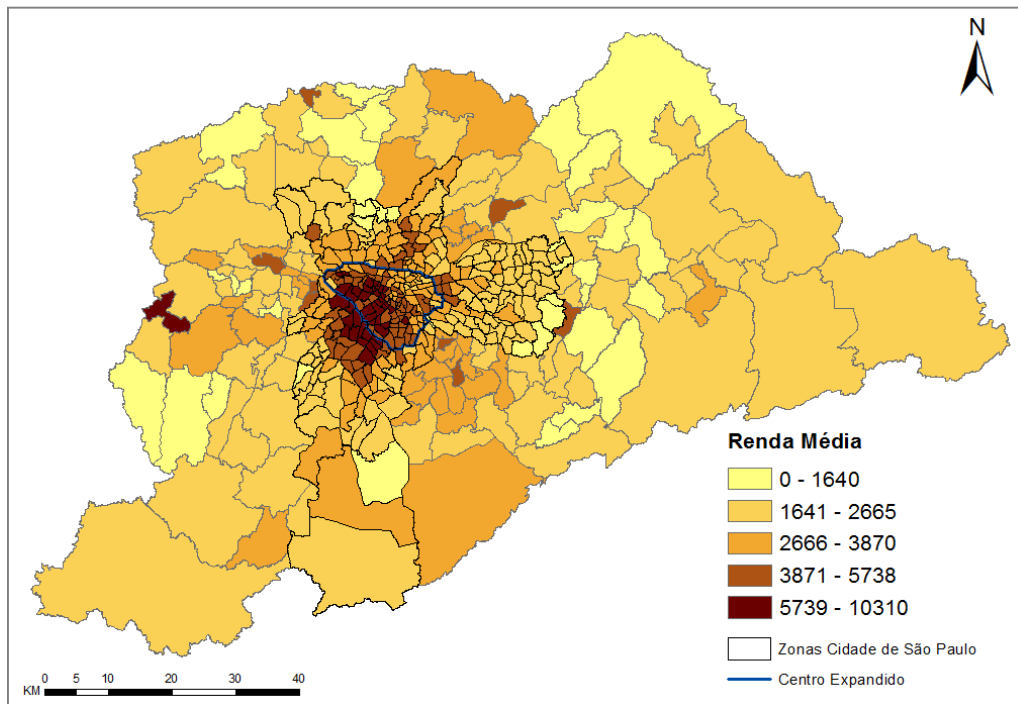
Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração própria.

Parece intuitivo supor que famílias com renda mais alta estarão mais propensas a usar o transporte motorizado individual, motocicleta, automóvel e táxi. Ajuda a corroborar essa hipótese o fato de que a média de renda familiar é muito superior nas famílias que possuem automóvel. Os trilhos são um grupo interessante, que possui renda um pouco elevada, devido à presença do metrô em áreas mais centrais e com maior renda na cidade de São Paulo.

Outro fato interessante que se pode observar nos dados e que ajuda a entender a dinâmica de São Paulo é como a renda se distribui entre as zonas da cidade, principalmente dentro e fora do centro expandido. O centro expandido é o perímetro central da cidade, composto por 112 das 460 zonas da OD nas quais vale o rodízio municipal de veículos da cidade. Define-se essa área da cidade (perímetro delimitado pelas Marginais Pinheiros e Tietê, mais as avenidas Salim Farah Maluf, Afonso d'Escragnonle Taunay, Bandeirantes, Juntas Provisórias, Presidente Tancredo Neves, Luís Inácio de Anhaia Melo e o Complexo Viário Maria Maluf) como CBD (*central bussiness district*), pois é a região que concentra empregos, serviços, equipamentos culturais e de lazer e maior parte dos bairros de alta renda. Na Figura 1 é possível perceber que a renda está concentrada dentro desse perímetro.

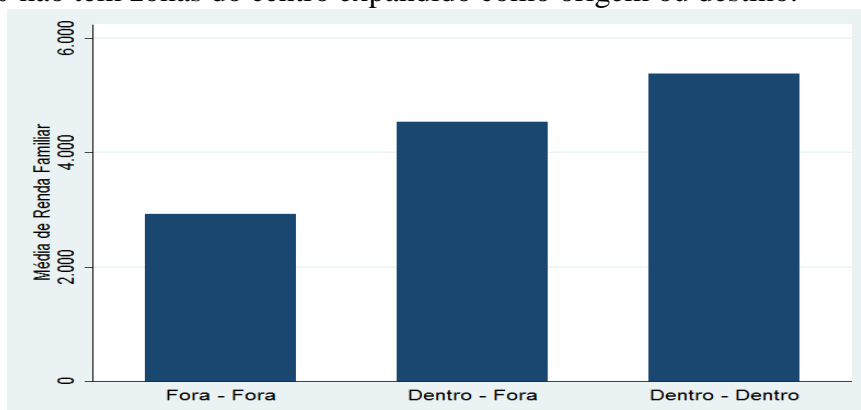
10 “A hierarquia, em ordem decrescente, é a seguinte: metrô; trem; ônibus; transporte fretado; transporte escolar; táxi; dirigindo automóvel; passageiro de automóvel; motocicleta; bicicleta; outros, e a pé. Exemplo: por este conceito, o modo principal de uma viagem realizada por ônibus e metrô é considerado o metrô.” (METRÔ, 2008, pg. 14)

**Figura 1: Renda Média por Zona da Pesquisa OD**



Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração: própria

Além da questão da renda média por zona, é possível observar como se comporta a renda por padrão de região de deslocamento. No Gráfico 2 é claro que as zonas mais próximas ao centro expandido possuem renda mais elevada, assim como os deslocamentos que acontecem apenas dentro deste perímetro. “Fora-Fora” considera deslocamentos que possuem origem e destino fora do centro expandido (51,93%), “Dentro-Fora” que possuem uma das pernas dentro e outra fora do centro expandido (19,58%), e “Dentro-Dentro” deslocamentos com origem e destino apenas dentro do centro expandido (24,48%). Das viagens de automóvel, 44,01% não têm zonas do centro expandido como origem ou destino.

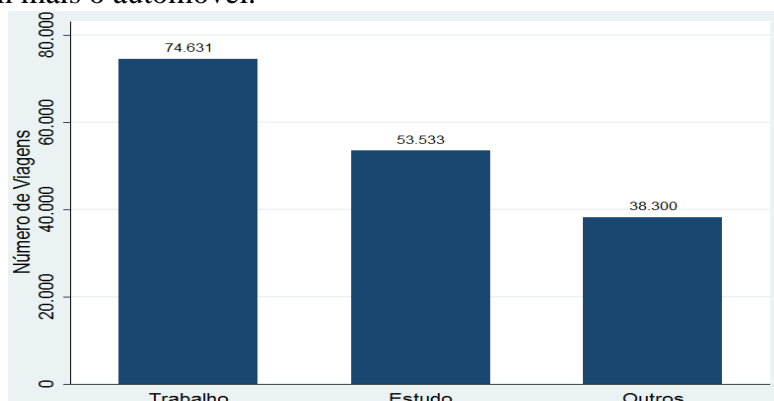


**Gráfico 2: Renda Média Familiar por Local de Deslocamento**

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração própria.

Dentre todas as viagens realizadas por automóvel, 34.063 (56%) passam, obrigatoriamente, pelo centro expandido da cidade. Dessas, 20.139 (60%) possuem origem e destino dentro do centro expandido e 13.924 (40%) possuem origem ou destino dentro do centro expandido, isto é, cruzam a fronteira dessa área. Das 26.772 (44%) viagens restantes com automóvel (que possuem origem e destino fora do centro expandido), é necessário saber quais usam essa área em seus deslocamentos. Uma aproximação feita foi considerar o trajeto entre os pontos de origem e destino como uma linha reta, chegando ao número de 1.453 viagens. Assim, das 60.835 viagens realizadas de automóvel, 35.516 (58,33%) seriam afetadas pelo pedágio urbano. Em um pedágio urbano na região do centro expandido, metade dos deslocamentos não serão afetados.

Em relação ao motivo das viagens (Gráfico 3), vê-se uma predominância de trabalho (45,16%) e estudo (31,62%), sendo outros motivos como compras, saúde, lazer e assuntos pessoais responsáveis por apenas 23,22% dos deslocamentos. Vale lembrar que a OD considera apenas dias úteis. As viagens por motivo de estudo possuem maior preponderância do modo a pé e bicicleta, enquanto as viagens por motivo de trabalho e outros assuntos usam mais o automóvel.



**Gráfico 3: Frequência de Viagem por Motivo de Deslocamento**

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração própria

#### 4.2 Definição das variáveis

A variável dependente é a decisão de escolha do agente por um dos seis modais apresentados anteriormente. Tem-se, então um caso em que a variável dependente é não ordenada e assume mais de dois valores, isto é, não é numa situação de escolha binária. A pesquisa OD além de informações sobre a viagem, apresenta informações socioeconômicas do indivíduo que ajudam a entender os padrões de deslocamento dos indivíduos na RMSP. Dentre essas variáveis, acredita-se que as seguintes variáveis têm influência na escolha do modal<sup>11</sup>:

- **Renda:** um aumento de renda deve ter efeito positivo na escolha de modais individuais e negativo na escolha de modais coletivos.
- **Idade:** pessoas mais jovens e idosos têm propensão maior a escolher o transporte coletivo, portanto idade não deve apresentar comportamento linear e para detectar esse fato será colocado a variável idade ao quadrado na regressão.
- **Estudo:** indivíduos que estão estudando têm maior propensão a usar o transporte coletivo ou não motorizado.
- **Sexo:** alguns meios de transporte têm predominância do sexo masculino, como a motocicleta.
- **Emprego:** as empresas pagam aos indivíduos vale transporte, na maioria das vezes como bilhete e não como dinheiro, portanto o emprego deve ter um impacto positivo na escolha do transporte público em relação ao transporte individual.

Uma informação fundamental para a estimação da probabilidade de escolha do indivíduo por um determinado meio de transporte é o custo que ele vai incorrer ao escolher tal meio, que inclui tanto o custo monetário quanto o custo em termos de tempo gasto no deslocamento. A pesquisa OD traz informação sobre a duração dos deslocamentos (tempo em minutos entre a origem e o destino), mas não sobre o custo pecuniário, variável que será criada. Para os modais públicos e o táxi o custo monetário é observável e igual ao valor da tarifa.

$$\text{Custo Taxi} = 3,5 + (2,1 * x) \quad (20)$$

$$\text{Custo Ônibus Município de SP e Trilhos} = 2,3 \quad (21)$$

$$\text{Custo Ônibus EMTU} = 2,75 \quad (22)$$

Para o modal a pé e bicicleta, não há custo monetário, apenas custo de tempo. Para os modais individuais, motocicleta e automóvel o custo monetário não é visível e é preciso estima-lo. Será considerado apenas os

<sup>11</sup> Todas as análises de possíveis efeitos das variáveis consideram tudo mais constante.

custos variáveis de cada viagem, pois este é o custo marginal observado pelo indivíduo e o que importa para a decisão de modal no curto prazo.

Com base em informações do INMETRO estimou-se o rendimento médio dos carros populares no ciclo urbano e com base em informações da ANP calculou-se o preço médio da gasolina entre Agosto de 2007 e Abril de 2008 (período das entrevistas). Com essas informações, o custo de carros e motos foi calculado conforme a fórmula:

$$Custo = \left( \frac{\text{distância (km)}}{\text{tempo (horas)}} / \frac{\text{distância (km)}}{\text{consumo}_{\text{gasolina}} \text{ (litros)}} \right) * p_g (\text{R\$}) * t(\text{horas}) \quad (23)$$

Onde  $p_g$  é o preço da gasolina e  $t$  o tempo da viagem. Para fretados e escolares seguiu-se a mesma conta feita por Lucinda et al. (2013) e Barcellos (2014):

$$Custo \text{ fretados e escolares} = \frac{1,40 * km}{10} \quad (24)$$

A Tabela 2 reporta estatísticas descritivas para os distintos modais, obtidos a partir dos pressupostos adotados.

**Tabela 2: Custo e Tempo por Grupo Modal**

Modo Principal da Viagem	Obs. #	CUSTO POR VIAGEM				DURAÇÃO (HORAS)			
		Média	D.P.	Mín	Máx	Média	D.P.	Mín	Máx
Automóvel	60.835	0,98	1,38	0,00	19,34	0,51	0,43	0,02	4,00
A pé e Bicicleta	49.448	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,24	0,02	4,00
Ônibus	37.504	2,11	0,79	0,01	10,01	0,94	0,61	0,02	5,00
Trilhos	14.973	2,30	0,00	2,30	2,30	1,23	0,67	0,05	4,00
Motocicleta	2.570	0,56	0,57	0,01	4,40	0,43	0,33	0,02	4,00
Táxi	1.134	12,80	9,86	3,64	81,97	0,48	0,37	0,05	3,50
Total	166.464	1,13	1,77	0,00	81,97	0,60	0,55	0,02	5,00

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração própria.

Como no grupo ônibus estão incluídos fretados e escolares, o preço médio é inferior à tarifa da cidade de São Paulo, R\$ 2,30, e da EMTU, R\$ 2,75. O táxi é o modal mais caro, a pé e bicicleta são os mais baratos e automóvel e motocicleta possuem custo marginal inferior ao transporte público. Em relação à duração, o transporte público tem viagens com maior tempo. A duração, ou a variável tempo, será considerada em horas, para harmonizar com o custo, que está em km/horas.

No mixed logit as variáveis específicas dos modais de transporte, custo e tempo, foram consideradas genéricas, o que implica que o aumento de uma unidade de custo ou de tempo tem o mesmo impacto na utilidade do indivíduo  $i$  para os seis grupos modais. Faz sentido supor que o tempo e o custo influenciam a escolha do indivíduo de forma agregada e relativa: há uma ponderação de custo e tempo entre o modal de escolha e os outros possíveis modais. Para qualquer modal, quanto maior o custo, tudo mais constante, menor a probabilidade de escolha de tal modal; o mesmo raciocínio vale para o tempo.

Portanto, no modelo a ser estimado, a porção determinística da utilidade é dada por:

$$V_{i,j} = V(X_{i,j}) + V(S_i) = \gamma + \sum \alpha_x x_{i,j} + \sum \beta_j s_i \quad (25)$$

Onde

$V_{i,j}$  é a porção determinística da função utilidade

$x_{i,j}$  são variáveis de “tempo” e “custo”, por modal, associadas ao deslocamento específico do indivíduo

$s_i$  são variáveis individuais de “renda”, “idade”, idade ao quadrado, e três *dummies* para as condições de “sexo”, “estuda” e “trabalha”;

$\gamma$ , é uma constante,  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros a serem estimados.

A estimação foi feita por máxima verossimilhança, como descrito no item anterior.

### 4.3 Resultados gerais: síntese e discussão

Os resultados da estimação por mixed logit podem ser encontrados na Tabela 3, em três especificações diferentes. Primeiro o modelo foi estimado com todas as viagens; depois, separou-se apenas as viagens motivadas por trabalho e, por fim, as motivadas por estudo. Vale observar que uma viagem enquadra-se na categoria trabalha se seu motivo de origem ou de destino é o trabalho. O mesmo vale para estudo.

O resultado para os coeficientes genéricos de custo e tempo é o esperado: ambos têm impacto negativo sobre a escolha dos modais. Um aumento no tempo ou no custo deve reduzir a probabilidade de escolha de um modal em relação à base, grupo a pé e bicicleta. A magnitude do tempo é muito maior pois estamos trabalhando com horas, e não minutos, para harmonizar com o custo, que está em km/hora. O cálculo da razão entre tempo e custo fornece uma estimativa do valor do tempo implícito no modelo, e podemos comparar esse valor com a renda média dividida por 160 (considerando que uma pessoa trabalha 40 horas por semana em um mês de 4 semanas), portanto o resultado indica valores em R\$ por hora.

**Tabela 3: Resultados da Estimação do modelo Mixed Logit**

	Geral		Trabalho		Estudo	
	Coeficiente (estatística-t)		Coeficiente (estatística -t)		Coeficiente (estatística -t)	
Custo	-0,3457	(-71,109)***	-0,2981	(-47,415)***	-0,5884	(-39,126)***
Tempo	-2,7782	(-122,258)***	-2,5558	(-90,156)***	-3,8355	(-61,519)***
<b>AUTOMÓVEL</b>						
Renda Familiar	0,3482	(119,799)***	0,3080	(69,534)***	0,4409	(80,892)***
Idade	0,0385	(19,648)***	0,1036	(23,674)***	-0,0229	(-6,421)***
Idade^2	-0,0002	(-9,832)***	-0,0009	(-19,027)***	0,0006	(11,681)***
Mulher	-0,3432	(-24,124)**	-0,466	(-21,195)***	-0,2358	(-8,892)***
Estuda	-0,3469	(-15,392)***	-0,0349	(-0,877)	-0,5851	(-14,553)***
Trabalha	0,1763	(9,534)***	-0,6501	(-8,834)***	0,8523	(24,868)***
<b>ÔNIBUS</b>						
Renda Familiar	0,0222	(6,441)***	-0,0926	(-16,383)***	0,2024	(36,149)***
Idade	-0,0079	(-4,204)***	0,0121	(2,792)***	-0,0162	(-4,614)***
Idade^2	0,0002	(7,137)***	-0,0001	(-3,787)***	0,0002	(3,297)***
Mulher	0,1071	(7,547)***	0,2166	(9,992)***	0,0829	(3,477)***
Estuda	0,1146	(5,380)***	0,1288	(3,506)***	1,1417	(29,598)***
Trabalha	0,4979	(26,253)***	0,0582	(0,734)	0,7369	(20,373)***
<b>MOTOCICLETA</b>						
Renda Familiar	0,2155	(25,279)***	0,1704	(16,241)***	0,2544	(11,369)***
Idade	0,1375	(10,972)***	0,1012	(6,163)***	0,1976	(6,174)***
Idade^2	-0,0024	(-13,668)***	-0,0019	(-8,834)***	-0,0029	(-5,857)***
Mulher	-2,4734	(-33,341)***	-2,4507	(-26,729)***	-2,5712	(-15,504)***
Estuda	-0,2393	(-3,654)***	-0,1623	(-1,799)*	-0,0012	(-0,006)
Trabalha	1,2675	(12,759)***	0,5085	(1,687)*	1,9164	(10,342)***
<b>TÁXI</b>						
Renda Familiar	0,3627	(56,032)***	0,3358	(33,229)***	0,4988	(30,337)***
Idade	0,0082	(0,989)	0,0527	(2,752)***	0,0698	(2,523)**
Idade^2	0,0004	(5,606)***	-0,0002	(-1,106)	-0,0003	(-0,873)
Mulher	0,2085	(3,214)***	-0,1461	(-1,388)	0,0846	(0,389)
Estuda	-0,3488	(-2,655)***	0,3324	(1,663)*	1,2059	(4,055)***
Trabalha	0,3798	(4,986)***	-0,1283	(-0,383)	0,5211	(1,923)*
<b>TRILHOS</b>						
Renda Familiar	0,1679	(41,804)***	0,1127	(19,654)***	0,2989	(37,023)***
Idade	0,0383	(12,324)***	0,0096	(1,744)*	0,2066	(20,652)***
Idade^2	-0,0003	(-7,155)***	-0,0001	(-1,905)*	-0,0028	(-17,074)***
Mulher	-0,0414	(-2,043)*	0,0343	(1,252)	-0,2106	(-4,550)***
Estuda	0,2769	(9,263)***	0,2539	(5,638)***	1,5595	(20,642)***
Trabalha	0,7475	(26,030)***	0,1089	(1,035)	0,8307	(14,591)***
Wald chi2(32)	46.988,00		20.764,48		17.686,52	
Prob > chi2	0		0		0	
Log zero	-207326,15		-97.927,039		-56.383,322	
Log convergência	-192963,28		-90.849,664		-51.872,092	
$\rho^2$	0,0069		0,0723		0,0801	
#observações	998.784		447.786		321.198	

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração: própria. Nota: estatisticamente significativa no IC de \*90%, \*\*95%, \*\*\*99%.

**Tabela 4: Valor Implícito do Tempo**

	Geral	Trabalho	Estudo
Modelo	8,04	8,58	6,52
Dados	24,40	24,90	22,11

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração: própria

Como a renda média nos dados gerais é de R\$ 3.904,44 reais e uma pessoa trabalha 40 horas por semana, ou 160 horas por mês, pode-se dizer que, em média, sua hora custa R\$ 24,40. O mesmo raciocínio foi aplicado para recortes da amostra que consideraram a renda média das viagens motivadas por trabalho e por estudo. Considerando os coeficientes do modelo para custo e tempo, e dividindo um pelo outro, obtém-se o valor implícito do tempo. Percebe-se que o valor implícito do tempo no modelo e nos dados é diferente, sendo o primeiro cerca de um terço do segundo. O grupo de viagens motivadas a trabalho dá um valor maior ao tempo do que o grupo de viagens motivadas a estudo, refletindo um custo de oportunidade maior. Esse resultado está em linha com o que aponta a literatura. A valoração que os indivíduos dão ao tempo de trabalho (salário/hora) é superior à valoração dada ao tempo de não trabalho, grupo na qual estão horas dedicadas a lazer, negócios pessoais e deslocamento. A literatura sugere atribuir ao tempo de não trabalho um valor entre 10% e 50% do salário hora para o tempo de trabalho. Mais especificamente em relação ao tempo de transporte, o Banco Mundial recomenda como regra valorar a hora de não trabalho gasta em deslocamento como 30% da renda familiar bruta/hora para adultos, em linha com o resultado encontrado. (DALBEM ET AL., 2010; HADDAD E VIEIRA, 2015).

A interpretação dos coeficientes deve ser feita sempre em relação à alternativa base, que é o grupo de viagens com modal a pé ou bicicleta e considerando tudo mais constante. A análise para o caso da amostra geral (todos os tipos de motivação de viagem), possibilita estabelecer os seguintes resultados estilizados:

- Renda Familiar possui impacto positivo, ou seja, um aumento de renda aumenta a probabilidade de usar qualquer um dos modais em relação à base. Verifica-se que esse aumento é mais forte para automóvel e mais fraco para ônibus.
- Trabalhar aumenta a probabilidade de usar qualquer um dos grupos modais em relação à base. Esse aumento é mais forte para motocicleta, trilhos e ônibus (transporte coletivo integrado por bilhete único), e mais fraco para automóvel, refletindo o fato de que o trabalhador, por receber o vale transporte em bilhete e não em dinheiro, possui um incentivo maior à escolher o transporte coletivo.

No grupo automóvel, na amostra geral, o sinal do coeficiente idade é positivo e  $idade^2$  é negativo, como esperado, indicando um aumento da probabilidade de uso do automóvel com a idade, até um máximo, a partir do qual a idade passa a ter efeito negativo sobre a probabilidade de uso do carro como modal escolhido. Ser mulher e estudar diminui a probabilidade de usar esse modal, ao passo que trabalhar, aumenta. A única diferença no grupo automóvel para viagens motivadas por trabalho para a amostra geral está no fato de que trabalhar diminui a probabilidade de usar o automóvel, corroborando a hipótese de que os trabalhadores recebem vale transporte para usar o sistema público de transporte. Para as viagens motivadas por estudo, a probabilidade de escolha do automóvel é influenciada diferentemente pela idade e  $idade^2$ . Para essas viagens, a probabilidade cai a medida que a idade aumenta, até atingir um mínimo, a partir do qual ela passa a aumentar, indicando que o automóvel para viagens é utilizado por pessoas muito jovens (crianças e adolescentes, como passageiros) ou muito mais velhas. É possível calcular o ponto de inflexão da curva de idade de todos os modais pelo modelo:

$$p_{i,j} = \beta_1 idade + \beta_2 idade^2 \quad (26)$$

$$\frac{\partial p_{i,j}}{\partial idade} = 0 \Rightarrow idade = -\frac{\beta_1}{2 \times \beta_2} \quad (27)$$

Com isso, obtém-se os resultados da Tabela 5.

**Tabela 5: Idade máxima ou mínima por modal**

	Geral	Trabalho	Estudo	Outros
AUTOMÓVEL	96 (máx)	58 (máx)	19 (mín)	108 (máx)
ÔNIBUS	20 (mín)	61 (máx)	41 (mín)	64 (máx)
MOTOCICLETA	29 (máx)	27 (máx)	34 (máx)	28 (máx)

TÁXI	-10 (máx)	132 (máx)	116 (máx)	30 (mín)
TRILHOS	64 (máx)	48 (máx)	37 (máx)	87 (máx)

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração própria.

OBS: no grupo outros estão incluídas viagens motivadas por compras, saúde, lazer e assuntos pessoais. A soma do total de viagens em trabalho, estudo e outros corresponde ao geral.

Em relação à magnitude dos coeficientes, é interessante notar que o fato de trabalhar aumenta a probabilidade de realizar viagens de automóvel pelo motivo estudo. Esse resultado se repete para todos os tipos de modais, indicando que pessoas que trabalham e estudam usam mais meios de transporte motorizados, ou seja, que não a pé ou bicicleta.

No grupo ônibus, para amostra geral, percebe-se um comportamento de idade oposto ao visto no grupo automóvel, ou seja, a probabilidade de realizar alguma viagem de ônibus cai com a idade até atingir um mínimo, a partir do qual ela passa a aumentar. A probabilidade aumenta se o gênero é feminino, se o agente estuda e/ou trabalha. O comportamento das viagens motivadas à estudo é semelhante ao geral, com coeficientes com magnitude maior para trabalho e estudo. Em relação às viagens motivadas à trabalho, vê-se uma inversão no comportamento da idade, ou seja, a probabilidade de escolha de viagem de ônibus pelo motivo trabalho aumentar com a idade até um máximo, a partir do qual passa a declinar - comportamento similar ao verificado para o automóvel.

No grupo motocicleta, percebe-se o mesmo comportamento dos parâmetros para as três regressões feitas, considerando a amostra total e as sub amostras com viagens motivadas por trabalho e estudo. Idade apresenta comportamento igual ao automóvel, ou seja, a probabilidade de usar motocicleta como modal de transporte aumenta com a idade até atingir um máximo, reduzindo a partir de então. O fato do indivíduo ser do sexo feminino reduz consideravelmente a probabilidade de escolha da motocicleta enquanto modal, assim como se ele estuda; condicionado nos demais fatores, o fato de trabalhar aumenta a probabilidade de opção por esse modal.

Em relação ao modal táxi, vários parâmetros são estatisticamente não significantes, especialmente para viagens motivadas a estudo e a trabalho, talvez por conta do número reduzido de observações de escolha desse modal em relação ao todo. Dentre os resultados, é importante ressaltar o papel da renda na escolha desse modal, que é positivo, como seria esperado. Os resultados para *idade* e *idade*<sup>2</sup> indicam que a idade não é um parâmetro importante para explicar a demanda de viagens por esse modal.

Para o grupo trilhos, observa-se que idade tem comportamento semelhante ao grupo automóvel, crescendo até um ponto de máximo para então diminuir. Outro fato curioso desse grupo é que ser mulher diminui a probabilidade de usar esse modal, enquanto no ônibus observa-se resultado contrário.

É interessante comparar os resultados para o grupo de ônibus e trilhos, especialmente para viagens não motivadas por trabalho e por estudo (no grupo outros estão incluídas viagens motivadas por compras, saúde, lazer e assuntos pessoais). Apesar das duas curvas terem o mesmo movimento, o ponto de máximo para ônibus, 64 anos, é inferior ao ponto de máximo para trilhos, 87, indicando que o segundo modal recebe pessoas de mais idade que o primeiro. Isso pode se dar pelo fato da acessibilidade dos ônibus ser menor naquele ano, 2007, se comparado com o sistema de trilhos, que possui elevadores e escadas rolantes.

Os resultados estimados estão em linha com as hipóteses do trabalho e, no geral, são estatisticamente significantes. Foi importante separar as viagens por motivação para entender alguns padrões próprios de comportamento da escolha para o motivo trabalho e para o motivo estudo, que juntas correspondem a 76,78% da amostra. A partir dos coeficientes estimados, pode-se construir tabelas de resposta na probabilidade de escolha dado aumento de custo em um modo de viagem. Nessas tabelas, os valores indicam as mudanças de probabilidade de escolha dos modais (linha) dado um aumento unitário de custo (R\$ 1,00) no modal da coluna.

**Tabela 6: Mudança na probabilidade de escolha dada variação no custo**

CUSTO	A pé e Bici	Automóvel	Ônibus	Motocicleta	Táxi	Trilhos
A pé e Bici	-6,05%	2,53%	2,74%	0,06%	0,06%	0,66%
Automóvel	2,53%	-6,18%	2,18%	0,18%	0,12%	1,16%
Ônibus	2,74%	2,18%	-5,72%	0,08%	0,04%	0,68%
Motocicleta	0,06%	0,18%	0,08%	-0,43%	0,04%	0,11%
Táxi	0,06%	0,12%	0,04%	0,04%	-0,23%	0,01%
Trilhos	0,66%	1,16%	0,68%	0,11%	0,01%	-2,62%

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração: própria

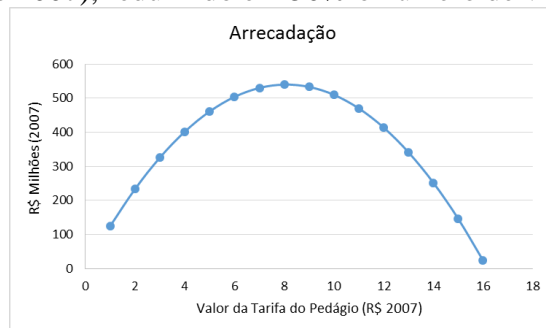
O aumento de custo de todos os modais reduz a escolha dos indivíduos pelo mesmo modal, em proporção similar para a pé e bicicleta, automóvel e ônibus; em menor magnitude para trilhos e em baixa proporção para motocicleta e táxi, indicando alguma inelasticidade de demanda nesses últimos modais.

O foco desse trabalho é entender como o aumento do custo do automóvel diminui a demanda por esse meio e aumenta a demanda pelos outros modais, principalmente os de transporte público coletivo. Assim, cada R\$ 1,00 de tarifação seria responsável por uma redução de aproximadamente 6,18% no fluxo de automóveis, com aumento de 2,18% na demanda por ônibus e 1,16% na demanda por trilhos. É grande o aumento das viagens a pé e de bicicleta, 2,53%.

Em relação à arrecadação, existe uma tarifa ótima, já que a arrecadação responderia à uma função do tipo:

$$\text{Arrecadação} = [1 + t \times (-0,0618)] \times \text{carros}_{t_0} \times t \quad (28)$$

Onde  $t$  é a tarifa cobrada de cada motorista de carro e  $\text{carros}_{t_0}$  é a quantidade de carros que circula antes da implantação do pedágio urbano, 3,6 milhões de veículos (METRO, 2008, p. 17). Note que o valor  $-0,0618$  é um resultado da estimação feita (redução porcentual no número de automóveis para cada aumento unitário (R\$) de custo). O gráfico 5 ajuda a visualizar que para fins de arrecadação a tarifa ótima seria de R\$ 8,10 (em valores de 2007), reduzindo em 50% o número de viagens realizadas com carro.



Fonte: elaboração própria

**Gráfico 4: Função Arrecadação**

Um exercício similar poderia ser feito pelo poder público para, por exemplo, conseguir uma arrecadação que cubra o gasto atual com subsídio para o sistema de ônibus municipais. Segundo dados de dezembro de 2014 (SPTRANS, 2015), a prefeitura gasta, por mês, R\$ 200 milhões com subsídios (reais de dezembro de 2014), ou o equivalente a aproximadamente R\$ 135 milhões em reais de 2007. Assim, para gerar uma receita bruta de igual montante (desconsiderando os custos de implantação e manutenção do sistema) seria necessário a cobrança de um pedágio de R\$ 1,10 (reais de 2007, ou aproximadamente R\$ 1,65 em reais de dezembro de 2014).

No entanto, a tarifa socialmente ótima não é aquela que maximiza a arrecadação, mas a que internaliza de maneira correta os custos externos gerados pelos motoristas do automóvel. Essa é uma estimação bastante complicada e foge ao escopo desse trabalho. Na prática, a tarifa precisa ser aceitável politicamente pela sociedade para poder ser implantada. Deve-se buscar o ponto ótimo, mas muitas vezes o ótimo não é socialmente aceito, e tentando fazer o ótimo acaba-se por não implementar nada.



Suponha, por exemplo, uma tarifa igual a tarifa de ônibus cobrada no ano da pesquisa, 2007. Um aumento de R\$ 2,30 (equivalente a aproximadamente R\$ 3,78 em valores de dezembro de 2015<sup>12</sup>) no custo do automóvel<sup>13</sup> levaria à seguinte situação:

**Tabela 7: Alterações de Escolha com Tarifa de Pedágio Urbano de R\$ 2,30**

	A pé e Bici	Automóvel	Ônibus	Motocicleta	Táxi	Trilhos
Automóvel	5,82%	-14,21%	5,02%	0,42%	0,27%	2,67%
Resultado Líquido	aumento	redução	aumento	aumento	aumento	aumento

Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007. Elaboração: própria

Nota-se que uma tarifa modesta consegue ter um impacto grande na redução do número de carros em circulação, e por consequência lógica, na redução de congestionamento.

Considerando o total de viagens diárias de automóveis na RMSP em 2007, cerca de 10,4 milhões (100%) (METRÔ, p. 38, 2008), aproximadamente 6,07 milhões (58,33%) seriam afetados pelo pedágio urbano, pois esse é o total da proporção de viagens que tem como origem ou destino o Centro Expandido da capital paulista, ou precisam cruzá-lo em seus deslocamentos (discussão feita com a Figura 1: Renda Média por Zona da Pesquisa OD). Uma tarifa de R\$ 2,30 por viagem levaria a uma redução de 14,21% no número total de viagens, ou seja, conseguiria reduzir de circulação automóveis em aproximadamente 862 mil viagens.

## 5. Implantação do pedágio urbano: escolha pública, dificuldades políticas e equidade

É importante discutir com mais profundidade a questão política inerente a um programa de pedágio urbano, que pode ajudar a entender porque projetos desse tipo existem em tão poucas cidades do mundo, quando se mostram economicamente eficientes ao ser implantados.

Política pública implica em escolha pública: normalmente as ações do governo são feitas para maximizar suas chances de se manter no poder, ou seja, suas chances de reeleição. Nesse sentido, o governo responderia à pressão de grupos de interesse. Quanto mais organizado o grupo de interesse, maior a pressão exercida sobre o poder público, como é o caso dos taxistas.

Como existem diversos grupos que irão perder com o pedágio urbano, a pressão que eles conseguem exercer sobre o poder público é grande. No Brasil há a sensação de que a carga tributária é muito elevada e a ideia de um pedágio urbano pode soar como apenas uma nova fonte de arrecadação para a prefeitura. Por isso a importância, demonstrada pelos exemplos internacionais, de vincular a receita do programa a melhorias no transporte, seja para manutenção de vias para os automóveis, seja na expansão da oferta e qualidade do transporte público. Outro ponto fundamental para a aceitação pública é a questão da equidade da tarifa. Um sistema de pedágio urbano afetará subgrupos da população de forma diferente; cada grupo terá uma percepção diferente dos custos e benefícios. A percepção da sociedade como um todo a respeito da equidade e justiça do programa será fundamental para sua implantação e manutenção.

Para se tratar de equidade é preciso identificar ganhadores e perdedores e estimar o ganho e perda de cada grupo, entendendo se no agregado o ganho para a sociedade é positivo. Há uma dimensão vertical que se volta para a os impactos por grupo de renda e características socioeconômicas, com ênfase em justiça e acessibilidade; e há uma dimensão horizontal, que analisa o impacto sobre pessoas dentro um mesmo grupo de renda morando em locais diferentes ou com escolha de modal de viagem diferente. Por trás da questão de equidade está a premissa de quem gera custo ou recebe benefícios deveria pagar conforme.

<sup>12</sup> Considerou-se uma inflação acumulada de 64,49% entre janeiro de 2008 e dezembro de 2015, conforme dados do IBGE.

<sup>13</sup> Acredita-se que o custo político de incluir os taxistas na cobrança do pedágio urbano seria muito alto e poderia inviabilizar o projeto. Os taxistas são um grupo grande e bem articulado, que conseguem defender seus interesses, no caso o não pagamento do pedágio urbano, que seria um custo adicional no serviço oferecido por eles. Se pensarmos em experiências internacionais, vemos que Londres dá isenção aos taxistas, corroborando a hipótese de que esse grupo tem um poder político expressivo.

Além da questão direta do efeito da tarifa sobre a renda e escolha do modal, há alguns efeitos de médio/longo prazo como alterações no preço da terra. Alguns bairros podem tornar-se mais atrativos e outros menos, gerando uma transferência de renda indireta para aqueles que tiverem sua propriedade valorizada. Importante nessa questão de ajuste de médio/longo prazo é como a recita gerada pelo pedágio urbano será gasta na cidade.

É complicado dizer de prontidão quem sairá ganhando e quem sairá perdendo. Considerando uma análise vertical, usuários do automóvel com menor renda deverão ser mais impactados, mas em geral indivíduos com menor renda usarão mais o transporte público, que será beneficiado com investimentos financiados pela receita do pedágio urbano. Em relação à análise horizontal, o impacto em equidade dependerá muito do modelo de projeto adotado: se for do tipo cordão (paga-se apenas para cruzar a fronteira da zona de restrição), aqueles que fazem viagens curtas cruzando o cordão enfrentarão o maior aumento proporcional de custos, enquanto aqueles que fazem longas viagens apenas dentro do cordão serão beneficiados pela redução de congestionamento e melhorias no meio ambiente, como poluição sonora e do ar. Ainda, pode haver valorização das residências localizadas dentro da área de restrição, configurando uma transferência de renda indireta entre aqueles que pagam o pedágio para quem reside dentro da zona de restrição. Em um sistema do tipo zonal (paga-se para circular dentro de uma área), a questão se torna mais complexa, pois todos os indivíduos, inclusive residentes da área, estarão pagando pelo pedágio urbano. Os exemplos internacionais mostram que os residentes da área de restrição costumam receber algum desconto em relação à tarifa base, tornando a questão de transferência indireta de renda ainda mais complexa.

Analisando casos de fracasso, Ison e Rye (2005) montaram uma tabela resumo com os principais fatores de influência na implantação de um sistema de cobrança por congestionamento.

**Tabela 8: Fatores que influenciam a implantação do pedágio urbano**

Ambiente favorável	Severidade do Congestionamento Momento ( <i>timing</i> )
Estratégia clara	Objetivos do Programa Comunicação com a sociedade Equidade e descontos Uso das receitas Transparência e confiança
Tipo de regime de pedágio urbana	Tecnologia Invasão de privacidade
Visão	Corpo único de execução Catalisador para mudanças

Fonte: ISON, RYE, 2005, p. 454

A questão mais sensível para a implantação é a estratégia clara, para que o governo consiga boa comunicação com a sociedade e não fique muito sujeito a pressões de grupos de interesse. No caso de São Paulo fica claro que as zonas com renda mais elevada são as centrais, boa parte delas localizada dentro do polígono do centro expandido. Um sistema de pedágio urbano do tipo cordão aumentaria a disparidade de renda entre aqueles próximos às áreas centrais e aquelas mais próximas à periferia. Portanto, se São Paulo tivesse que optar por um tipo de pedágio urbano, os estudos deveriam ser feitos para um sistema por zona, como funciona atualmente o rodízio municipal de veículos.

A partir daí, seria possível fazer simulações sobre melhorias de acessibilidade e alterações de médio/longo prazo no preço da terra, inclusive considerando alíquotas diferentes de desconto para os residentes da área de restrição. Ainda, o instrumento de simulação de demanda por transporte poderia contribuir para as discussões acerca da tarifa zero na cidade de São Paulo.

## 6. Considerações finais

O presente artigo teve como objetivo estimar a demanda pelos modos de transporte na RMSP para o ano de 2007 com base na Pesquisa Origem Destino e entender como a implantação de um pedágio urbano na região, uma taxa para todos os automóveis que circularem dentro de centro expandido em algum dia útil, impactaria a escolha de modal de transporte dos moradores da RMSP.

O pedágio urbano pode resultar na melhora da alocação de um recurso escasso que é o acesso às vias, reduzindo seu sobre uso, ou seja, o nível de congestionamento. Além disso, gera receita para a prefeitura, que podem ser investidos no sistema de transporte da cidade.

O fortalecimento e sucesso de propostas desse tipo só é possível quando o congestionamento se torna um peso muito grande para ser ignorado e quando os interesses políticos estão alinhados na direção de aceitação da política por parte de todos os grupos de interesse.

A pesquisa OD se mostra um instrumento importante de planejamento de transporte na RMSP, mas possui algumas limitações. Indivíduos possuem padrões de deslocamento diferentes em cada dia útil; seria mais interessante acompanhar cada indivíduo durante uma semana inteira e não apenas um dia útil. Segundo, os padrões de viagens aos finais de semana são muito diferentes do que nos dias úteis; não ter dados para esses dias acaba criando linhas subutilizadas e buracos operacionais de transporte público aos finais de semana, com dificuldade de acesso aos locais de lazer, por exemplo.

As estimações mostraram que as viagens são sensíveis a aumento de custo e tempo, com aumento de custo reduzindo a probabilidade de escolha do modal. Um aumento de R\$ 1,00 no custo do automóvel reduz em 6,18% a probabilidade de escolha desse modal, aumentando em 2,53% as viagens a pé ou bicicleta, 2,18% as viagens de ônibus e 1,16% as viagens de trilhos.

A dinâmica da cidade de São Paulo, que não é exatamente uma cidade monocêntrica, aliado ao jogo político de diversos grupos de interesse fazem com que a implantação do pedágio urbano seja um projeto ambicioso e de difícil articulação.

Apesar do pedágio urbano se mostrar um instrumento importante e poderoso na redução do congestionamento, ainda é preciso estudar o impacto que esse tipo de programa gera em equidade e transferência indireta de renda, como impacto no preço da terra.

## Referências

ANTP; SMT. **Premissas para um plano de mobilidade urbana**. Publicações da ANTP – Documento Técnico. Ed. ANTP, SPTrans e PMSP, São Paulo, 2012.

BARCELLOS, T. M. **Não são só 20 centavos: efeitos sobre o tráfego da Região Metropolitana de São Paulodevido a redução na tarifa de ônibus financiada pelo aumento da CIDE nos combustíveis da cidade de São Paulo**. Programa de Pós Graduação em Economia - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, 2014.

BORINS, S. F. Electronic Road Pricing: an Idea whose Time May Never Come. **Transportation Research. Part B: methodological**. v. 22 p. 37-44, 1988.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics using Stata**. Revised Edition. Stata Press. 2010.

COMPANHIA METROPOLITANO (METRÔ). **Pesquisa Origem Destino – Manual da Pesquisa Domiciliar**. São Paulo. 2007<sup>a</sup>

COMPANHIA METROPOLITANO (METRÔ). **Pesquisa Origem Destino**. São Paulo. 2007<sup>b</sup>

COMPANHIA METROPOLITANO (METRÔ). **Pesquisa Origem Destino - Síntese das Informações**. São Paulo. 2008.

- CURACAO (2007), **Work Package II: State of the Art Report (Draft)**, Coordination of Urban Road User Charging and Organizational Issues, University of Leeds for the EC Curacao Project, U.K., 2007.
- HADDAD, E. A.; VIEIRA, R. S. Mobilidade, acessibilidade e produtividade: nota sobre valoração econômica do tempo de viagem na região metropolitana de São Paulo. **Revista de Economia Contemporânea**, v.19, n.3, p.343-365, set-dez 2015.
- ISON, S.; RYE, T. Implementing Road User Charging: The Lessons Learnt from Hong Kong, Cambridge and Central London. **Transport Reviews**, v. 25, n.4, p. 451-564, July, 2005.
- KTA. **Lessons learned from international experience in congestion pricing**. Final Report. U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Bethesda, Maryland. 2008.
- KOPPELMAN, F. S.; BHAT, C. **A self-instructing course in mode choice modeling: Multinomial and nested logit models**. Technical report, U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration, 2006.
- LINDSEY, R. Do economists Reach a Conclusion on Road Pricing? The Intellectual History of an Idea. **Econ Journal Watch**, v. 3, n. 2, p. 292-379, May 2006.
- LUCINDA, C. R.; MEYER, L. G.; LEDO, B. A. **Urban Road Tax in a Large Emerging Market: Some Brazilian Evidence**. 35º Encontro Brasileiro de Econometria, Foz do Iguaçu, 12 dez. 2013.
- MAY, A. Road Pricing: an International Perspective. **Transportation**, v. 19, n. 4, p. 313-333, 1992.
- MCFADDEN, D. L. **Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Analysis**. Frontiers in Econometrics. Ed. P. Zarembka. New York: Academic Press, 1974.
- MOITA, R. M. S., LOPES, C. E. M. Demanda por Meios de Transporte na Grande São Paulo: Uma Análise de Políticas Públicas. **Insper Working Paper**, São Paulo, 15 Julho 2013.
- MORATO, R. A. **Discussão Econômica sobre a Tarifação de Congestionamentos como Instrumento de Regulação do Tráfego Urbano**. VII Prêmio SEAE, 2012.
- NASH, J. R. **Economic efficiency versus public choice: the case of property rights in road traffic management**. John M. Olin Program in Law and Economics Working Paper Series, Chicago, 2007.
- PACHECO, T. S. **Demanda por transporte na Região Metropolitana de São Paulo e política de pedágio urbano para redução de congestionamento**. Programa de Graduação em Economia - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP, 2015.
- PIGOU, A. C. **The Economics of Welfare**. London: Macmillan, 1920.
- RICHARDS, M. G. **Congestion Charging in London: The Policy and the Politics**. Houndsmill, Basingstoke, Hampshire and New York. 2006.
- SANTOS, G. Urban congestion charging: a comparison between London and Singapore. **Transport Reviews**, v. 25, n. 5, p. 511-534, 2005.
- SANTOS, G. London Congestion Charging. **Urban Affairs**, p. 177-234, 2008.
- SMEED, R. J. **Road Pricing: The Economic and Technical Possibilities**. Ministry of Transport. London. 1964.
- TRAIN, K. **Discrete Choice Methods with Simulation**. 2. ed. New York. Cambridge University Press, 2009.
- TRANSPORT FOR LONDON (TfL). **Central London Congestion charging impact monitoring**, Fourth Annual Report. UK, London. June, 2006.
- VARIAN, H. R. **Microeconomia: princípios básicos**. 4 ed. Elsevier. Cap 33. Rio de Janeiro. 2003.
- WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. 2. ed. The MIT Press. Cambridge, Massachussets. 2002.