

CALCULO DE ELASTICIDADE PARA O VALOR DO TEMPO DE UMA RODOVIA PEDAGIADA

Alessandro Martins Alves

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, São domingos, Niterói
alessandro.martinsalves@yahoo.com.br

Thiago Graça Ramos

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, São domingos, Niterói
tgramos@globo.com

Marco Antonio Farah Caldas

Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, São domingos, Niterói
mafcaldas@uol.com.br

RESUMO

Com o passar dos anos, o tráfego nas grandes capitais tem aumentado bastante. Esse crescimento acontece pelo aumento da frota de carros, ônibus e caminhões nas grandes capitais. Diante disso é necessário encontrar novas alternativas e soluções para solucionar os congestionamentos oriundos de um excessivo número de veículos, assim como prover uma melhora na qualidade de vida dos moradores desses centros urbanos.

O valor do tempo gasto com a locomoção para exercer suas atividades, vem ganhando cada vez mais importância devido à necessidade das pessoas em transferir o tempo gasto nesses traslados para outras atividades de seu interesse.

O presente estudo tem como intuito fazer uma análise da elasticidade do preço, visando identificar até que ponto as pessoas pagariam a mais para ter um tempo de espera menor na passagem pelo pedágio.

PALAVRAS CHAVE. Aplicações a Logística e Transportes, Modelos de escolha discreta, Valor do Tempo, Trânsito, Elasticidade.

ABSTRACT

Over the years, traffic jam has increased in large capital so huge. This growth is by increasing the fleet of cars, trucks and buses in major capitals. It is vital to seek for new alternatives and solutions in order to decrease traffic jams caused by the excessive numbers of cars and the set of variables concerning commuters quality of life, such as pollution, driving stress and theirs value of time.

The value of time in urban transport is becoming more and more important due to the necessity of people saving time for using it in other activities.

This study focuses for this article is the estimation for elasticity price-demand to evaluate the choice for our sample.

KEYWORDS. Applications to Logistics and Transportation, Discrete Choice Models, Value of Time, Traffic Jam ,Price-elasticity.

1. INTRODUÇÃO

Congestionamentos e problemas no trânsito são assuntos cada vez mais evidentes, principalmente em áreas urbanas. Com o passar dos anos, o tráfego nas grandes capitais tem aumentado de forma colossal. Esse crescimento acontece pelo aumento da frota de carros, ônibus e caminhões nas grandes capitais. Diante dessa situação, cada cidade toma providências de forma a se adequar e tentar diminuir o tempo perdido no trânsito pelos seus moradores.

A qualidade das rodovias e vias que, em sua grande maioria, apresentam condições precárias é outro problema. Diante da incapacidade do Estado de tomar conta das novas estradas e vias, mantendo-as conservadas de maneira mais adequada, eles estão concedendo o direito para que concessionárias possam explorar trechos, repassando assim, a obrigatoriedade da manutenção das mesmas.

Para fazer isso, as concessionárias fazem uso da cobrança de tarifas. Esse fato é mostrado mais claramente quando observamos que o Brasil ultrapassou os EUA no número de quilômetros controlados pela iniciativa privada, segundo matéria publicada na Revista do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA, 2002). Porém atualmente existe uma legislação que obriga as concessionárias a assumir rodovias vicinais, quando assumem uma grande rodovia.

Segundo relatórios publicados pela ANTT (Agência Nacional de Transporte Terrestre), as concessionárias têm feito o seu trabalho de forma bem satisfatória, pois a qualidade do serviço prestado ao cliente tem sofrido melhorias.

Existem algumas obrigatoriedades impostas pelo Estado no momento da concessão, que são fiscalizadas pela ANTT, quais sejam:

- Manutenção das pistas;
- Reboque 24 horas para o usuário no caso de qualquer emergência;
- Melhoria da sinalização, em alguns casos fazendo uso de painéis eletrônicos;
- Serviços de atendimento ao cliente através de telefones e site;
- Telefones disponibilizados a cada quilômetro na rodovia;
- Outros serviços, pagos pela tarifa cobrada do usuário.

Diante desse cenário, o presente estudo almeja quantificar o valor do tempo dos usuários de uma rodovia pedagiada que liga duas grandes cidades do Estado do Rio de Janeiro, para avaliar o retorno financeiro de obras a serem realizadas com o intuito de diminuir o tempo de permanência na rodovia.

A maior perda de tempo por parte dos usuários ocorre no horário do *rush*, próximo às cabines de cobrança de tarifas. Portanto, os maiores beneficiados por tais reduções no tempo de espera do atendimento são as pessoas que fazem viagens durante esse horário, para ir ao trabalho ou faculdades, colégios e outras atividades diárias.

A metodologia utilizada são os modelos de escolha discreta, em função de sua capacidade de captar preferências de forma bastante adequada às diversas formas de pensar do entrevistado.

Além da parte de modelos de escolhas discretas será elaborado a parte relacionada a elasticidade onde será feito um cálculo relacionando a variação de preço e a probabilidade da pessoa escolher aquela opção, na opção haverá variação entre possuidores de pedágios automático e o tempo de espera.

2. OBJETIVO

Este estudo visa à criação de uma medida de valor do tempo para os usuários dessa rodovia. Isso será feito através da comparação de cenários onde existem melhorias operacionais nos horários de *rush*.

O artigo tem um foco bem mais direto na parte de elasticidade, pois seria de grande valia, ver o real interesse dos usuários da rodovia em migrar para o sistema de pedágio automático e o uso de elasticidade preço-demanda pode ser bastante útil.

3. CAUSAS, CONSEQÜÊNCIAS E PIORES TRÂNSITOS DO MUNDO

Um dos principais fatores dos grandes congestionamentos é o crescimento acelerado dos centros urbanos sem o devido acompanhamento e adaptação das vias e meios de transporte público. Essa deficiência no transporte público faz com que haja um aumento do número de carros particulares nas rodovias e, conseqüentemente, uma elevação nos congestionamentos em virtude da falta de adaptação das vias.

Segundo Sugiyama et al. (2008), outro motivo para os congestionamentos é a diferença entre as velocidades dos motoristas, gerando um efeito borboleta, ou seja, quando um grupo de motoristas encontra outro com velocidade inferior, são obrigados a diminuir sua velocidade.

Sugiyama et al. também cita a ineficiência dos sistemas de transportes das cidades, fazendo com que as pessoas sejam obrigadas a utilizar carros para fazer o traslado do trabalho para casa com maior freqüência.

Diante dessas causas, algumas conseqüências podem ser observadas para os congestionamentos nas grandes cidades. Dentre elas, pode-se destacar o desgaste/stress dos motoristas e a conseqüente perda de tempo do seu dia no trânsito. Essa grande perda temporal faz com que as pessoas deixem de produzir.

Com essa diminuição na produção, diversos setores da economia são afetados. Estimativas do FHWA (1984), citadas em NCHRP (1998), indicam que os custos dos congestionamentos de tráfego urbano atingem, nos Estados Unidos, valores anuais superiores a dois bilhões de dólares. Enquanto no Brasil, alguns estudos, como por exemplo, Indriunas et al. (2007), demonstram que existe uma grande desaceleração na economia decorrente do tempo perdido nos congestionamentos, tanto que existem cálculos que indicam valores anuais da ordem de 350 milhões de reais para a cidade de São Paulo e de 5 milhões de reais para Porto Alegre.

4. CONCESSÃO DE RODOVIAS

Para tentar diminuir os custos com a manutenção de estradas, o Estado, cada vez mais, concede para empresas especializadas o direito de administrar rodovias, porém, o número de concessões supera em muito outros países, que também cedem à administração de suas rodovias.

Essa forma de exploração de rodovias deveria ser supervisionada por algum órgão controlador, porém a ANTT, não consegue efetuar sua função de forma competente e isso acaba se refletindo em pesquisa divulgada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea, 2006), onde mostra que de 1995 a 2005 o preço dos pedágios subiu 45% acima da inflação em alguns trechos de estradas federais, o que não deveria ocorrer, uma vez que os aumentos de tarifa devem ser autorizados.

Além das brigas com as concessionárias de serviço público, existe a briga com o Estado, já que muitas pessoas consideram o pedágio uma forma de bi-tributação, devido à existência de impostos que deveriam ser utilizados para a conservação das estradas e rodovias do país, quais sejam: o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) para os Estados e Contribuição sobre Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) para o Governo Federal.

Na corrente daqueles que entendem ser bi-tributação, há clara equiparação entre tarifa e taxa utilizando-se de súmula do Supremo Tribunal Federal, pelo que, sendo o pedágio uma taxa que sofre a incidência da mesma base de cálculo do imposto, há cristalina lesão ao dispositivo constitucional e federal.

Segundo este entendimento, as empresas privadas, na prática, só poderiam cobrar pedágio em dois casos: se tivessem investido na construção da estrada (o tempo seria estabelecido em contrato) ou quando a estrada recebe investimento do Banco Mundial ou do Banco Interamericano de Desenvolvimento, pois essas entidades exigem que a rodovia ou estrada seja privatizada, logo, nestes dois casos não seria uma forma de bi-tributação.

Em diversas cidade do mundo, o uso do pedágio teria o intuito de diminuir o uso de veículos automotores, ou restringir o seu uso em determinadas áreas cobrando uma determinada tarifa, esse uso é bastante comum em Londres, Cingapura, Estocolmo e Milão. Essa prática é bastante eficiente, pois acaba por inibir o uso constante de carros e estimula o uso de transporte coletivo, visto que essa tarifa onera o uso de veículos automotores. Nova Iorque é outra cidade que pretende implementar o sistema.

Fica evidente que a cobrança de tarifa de pedágio e a concessão de rodovias a grupos particulares é um tópico bastante complicado e que gera muita polêmica no mundo empresarial, jurídico e econômico.

5. TEORIA DO CONSUMIDOR

A preferência é algo bastante peculiar, visto que a opinião dos indivíduos de um grupo não necessariamente conseguirá reproduzir àquela da população ou, até mesmo, de parte da desta da qual o grupo faz parte.

Essa grande dificuldade em se definir e medir a preferência é um assunto freqüentemente abordado, pois os indivíduos estão com cada vez mais opções na hora de fazer suas escolhas.

Essa diversidade de alternativas torna mais complexa a vida do consumidor, pois o mesmo fica em dúvida para saber qual produto escolher; ou pode até saber, em uma primeira instância, qual será o produto, mas não sabe quais características específicas ele deve ter, como, por exemplo, na escolha de: carros, TV a cabo, apartamentos, etc.

Segundo a teoria clássica do consumidor onde, com a sua quantidade de recursos disponíveis, ele tenta fazer com que sua utilidade atinja o nível máximo, é necessário que essa formulação seja transformada numa equação para que os cálculos sejam efetuados, isto pode ser visto na equação 5.1.

$$\text{Max}U(x) \text{ sujeito a } p.x \leq Y \quad (1)$$

Onde:

$U(x)$ – utilidade de um determinado recurso;

P – é o vetor de preços de cada commodities;

X – vetor quantitativo de commodities;

Y – Renda disponível.

Em determinadas situações, as quais não serão mencionadas no estudo, a utilidade pode ser solucionada utilizando o teorema de Lagrange (equação 2).

$$L = U(x) + \lambda(Y - px) \quad (2)$$

Para que a equação acima atinja o ponto de máximo é necessário que seja calculada a primeira derivada e igualar a zero, e isso está apresentado no conjunto de equação 3.

$$\partial U / \partial x_i = \lambda \cdot p_i \quad (i=1,n)$$

$$Y = p.x \quad (3)$$

A função utilidade U , quando vista como uma função das quantidades das commodities escolhidas, é conhecida como uma função direta de utilidade, e efetivamente assume preços e rendas fixas. No entanto, como resultado do processo de maximização, é possível encontrar o valor das commodities em função do preço e da renda disponível. Então, através da substituição dos valores na função original, obtém-se a função de utilidade indireta, vista em termos de preços e renda. Esta representa a utilidade máxima que pode ser obtida para uma condição de preço e renda fornecidos.

De uma forma geral a função utilidade é direta quando os seus argumentos são commodities e é considerada indireta quando seus argumentos são preço e renda.

6. ELASTICIDADE

A sensibilidade do consumidor em relação ao preço é uma ferramenta muito importante na hora da definição de estratégias para as empresas, pois em função de uma determinada atitude do consumidor, a empresa pode alterar o seu preço para cima ou para baixo. Para isso uma análise da elasticidade preço-demanda pode ser bastante relevante e importante na tomada de decisão.

Segundo Krishnamurthi & Raj (1988) a abordagem tradicional do cálculo de elasticidade preço-demanda, onde tem-se a variação da quantidade demanda pela variação de preço, nem sempre é eficiente, pois em muitos casos existem fatores externos na escolha do consumidor como: marca, tamanho de embalagem e o efeitos de promoções.

Em função destes efeitos diversificados a qual o consumidor está exposto será utilizado a probabilidade de escolha de um grupo de respondentes em diversas ocasiões diferentes. Segundo Ben-Akiva e Lerman (1985) para o Logit o cálculo da elasticidade se dará com a formulação:

$$\mathcal{E}_{\log it} = \frac{\partial(prob)}{\partial(preço)}$$

O uso das diferenças de probabilidade, se explica, pois como não será calculada a derivada da função de demanda, será necessário calcular de outra forma. Para isso utiliza-se de forma direta as funções utilidades:

$$U_p = U(x_p, y_i)$$

Onde:

$U_p \Rightarrow$ Isso, como a utilidade é um conceito latente composto por componentes aleatórios e determinísticos, faz-se necessário considerar que o consumidor irá sempre escolher a opção que tem a maior utilidade para ele, dentre todas as possíveis, o que as vezes pode não ocorrer em função da não coerência dos indivíduos.

7. TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS DE PREFERÊNCIA

As duas formas de coletas de dados são a preferência revelada e preferência declarada.

A técnica de preferência declarada é de grande valia, quando se deseja observar as reações do consumidor no que se refere a produtos e opções que não existem em seu cotidiano. Para que isso seja feito de forma eficaz, deve-se criar uma série de cenários e o entrevistado fará sua escolha em cada um deles.

Como exemplo, pode-se citar a inserção de uma nova embalagem de refrigerante no mercado; para isso, precisa-se saber se ela será bem aceita. Diante desse tipo de situação, criam-se cenários, com variações de preço, embalagens ou até mesmo marca.

De acordo com cada cenário, o consumidor fará a sua escolha ou, até mesmo, não escolher nenhuma das opções, caso nenhuma seja de seu agrado.

Para efetuar tal escolha, o decisor levará em consideração alguns aspectos de grande relevância:

- Racional: quando o entrevistado fatalmente irá considerar aspectos financeiros para tomar a sua decisão;
- Subjetivo: quando o consumidor levará em consideração aspectos de difícil mensuração, como suas preferências pessoais e aspectos psicológicos.

Segundo Caldas (1995) o método de escolha binária possui uma eficiência maior que as ordenações e a avaliação através dos *ratings*. Essa técnica de coleta de dados tem a vantagem de conseguir captar muito bem a opinião do consumidor, principalmente quando são feitas mudanças sutis em alguns quesitos como: preço, embalagem, tamanho do produto, etc.

A técnica de preferência revelada se caracteriza por reproduzir a escolha do entrevistado de forma real, pois as opções apresentadas são as que existem no seu cotidiano. Dessa forma, é como se o consumidor chegasse a um mercado, olhasse a gôndola onde os produtos estão expostos, pegasse o produto, levasse para o caixa e posteriormente para casa.

Diante da situação real, pode-se observar que as escolhas são procedimentais; logo, se perde um pouco do comportamento do consumidor, pois, se o mesmo precisa de um produto e não tem nenhuma marca de seu agrado, este fará a substituição por qualquer outra.

Para que se consiga chegar às preferências, os procedimentos são:

O decisor escolhe uma das opções, se a mesma for à preferida; em seguida, são apresentadas outras opções e ele vai fazendo suas escolhas conforme as que melhor lhe convém. Além disso, o seu produto predileto pode não ser apresentado nas escolhas, o que fará com que o entrevistado substitua o produto.

Uma vantagem desse tipo de dado é que ele consegue captar, de forma bastante eficiente, os comportamentos agregados à preferência geral, ou seja, diante da falta do produto, consegue-se captar o tipo de substituição que o tomador de decisão irá fazer.

Para que isso seja bem fundamentado, faz-se necessário respeitar os 3 axiomas de preferência revelada (Richter, 1966).

O WARP (*weak axiom of revealed preference*) ou axioma fraco da preferência revelada, que é uma condição necessária, mas não suficiente, para que a escolha do indivíduo seja consistente com a teoria da utilidade; para que isso aconteça, é preciso utilizar o axioma forte da preferência revelada – SARP (*strong axiom of revealed preference*).

O SARP enuncia: - Se a alocação X é preferência revelada em relação a Y, então Y nunca será preferência revelada em relação a X. A robustez deste axioma decorre de uma definição que pressupõe a transitividade das relações de preferência, que redefine PR (Preferência Revelada) da seguinte forma: se uma alocação A é preferência revelada direta em relação a B; B é a preferência revelada direta em relação a C; C é a preferência revelada em relação a Z; e, A e Z não tem o mesmo valor, então A é preferência revelada em relação a Z.

O SARP é uma ferramenta importante para a econometria, na confirmação de que o indivíduo que realiza a decisão tem um comportamento racional, fazendo-a consistente com a teoria neoclássica da utilidade. No entanto SARP é um pouco restritivo, por requerer que as preferências sejam estritamente convexas Afriat (1967) e Varian (1982 apud Miller e Andreoni, 1998) propõem um axioma geral que apresenta as condições necessárias e suficientes para que uma estrutura de preferência revelada propicie a existência de uma função utilidade, seja o axioma geral da preferência revelada ou GARP (*generalized axiom of revealed preference*):

8. VALOR DO TEMPO

O valor do tempo é um assunto de suma importância neste estudo, pois, será em função dele que serão elaborados alguns cenários para avaliação dos entrevistados em suas escolhas do dia-a-dia e para isso será verificado a forma como alguns autores calculam este valor.

Segundo Kruesi (1997), o valor do tempo que é economizado em uma atividade pode ser utilizado em alguma outra trazendo ganhos pessoais para o indivíduo como: fazer um trabalho remunerado, fazer algo que possa proporcionar melhora em sua saúde ou gerar-lhe prazer.

Já para Cury (2004), o tempo é um atributo irrecuperável; logo, qualquer melhoria que vise a redução do tempo de viagem deve ser colocada em prática de forma primordial pelos governantes. As mudanças implicariam em mais tempo para o trabalhador ficar com seus pares, mais tempo para o lazer e o ócio.

Em Cury (2006), a economia do tempo de viagem, resultante de melhorias no transporte público, é de extrema relevância, pois, cada hora reduzida em congestionamentos, por meio de investimento em transporte público inteligente corresponde a 1 ano e 2 meses a mais de vida para as pessoas.

Além dos efeitos pessoais, que englobam o lazer e a saúde, existe um aspecto monetário, pois uma grande perda de tempo durante o dia influirá, de forma bastante decisiva, nos ganhos financeiros.

A definição monetária do valor do tempo é algo bastante complexo, tanto que existem muitos autores dissertando sobre o assunto e, cada um assume uma posição com relação ao mesmo.

Shaw (1992) conclui que o valor do tempo de uma pessoa em qualquer atividade irá variar entre zero e o seu salário-hora de mercado.

Em contraponto Small (1992), no entanto, menciona vários estudos que estabeleceram o valor do tempo de viagem e o salário-hora (bruto) de mercado para viagens pendulares rumo ao trabalho, \. Small sugere que a relação “valor do tempo / salário-hora (bruto)” varia de 20% a 100% nas cidades industrializadas e até mais de 100% entre grupos populacionais. Outro ponto levantado é que 50% do salário-hora bruto seria um valor aceitável do tempo de viagem para ser usado como balizador na avaliação de projetos de transporte.

9. DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS E NÍVEIS

Foram levados em consideração alguns fatores importantes para o órgão controlador (ANTT) e outros fatores que são importantes para a concessionária, a saber: valor do pedágio, valor da mensalidade do pedágio automático, tempo de espera,

As variáveis selecionadas foram:

- Valor do pedágio pago por passagem;
- Valor da mensalidade, paga pelo usuário de pedágio automático;
- Tempo de espera pelo usuário para ultrapassar a cancela.

Após a seleção das variáveis, outro passo importante foi a definição dos níveis de cada um dos atributos.

As variáveis “valor do pedágio” e “valor da mensalidade”, para os usuários de pedágio automático, foram definidas de acordo com as regras da ANTT, pois a mesma limita os aumentos a um determinado percentual.

Já em relação ao “tempo de espera”, foi utilizado o estudo de De Paula (2006) na definição dos níveis desse atributo.

Diante do exposto, os níveis para cada atributo ficaram da seguinte forma:

- Valores do preço do pedágio: R\$3,50 por passagem e R\$4,20 por passagem;
- Valores da mensalidade: Sem mensalidade; R\$5,00 por mês e R\$10,00 por mês;
- Tempo de espera para passar pelo pedágio: 1 Minuto; 3 Minutos e 5 Minutos;

10. ANÁLISE DE RESULTADOS

Serão apresentadas abaixo as análises dos modelos de escolha discreta para a amostra, ou seja, os coeficientes, as estatísticas de validação do modelo e outras formas de auxiliar na tomada de decisão.

Tabela 1- Anova para o Total da Amostra

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Teste
(Intercept)	310.418	0,36012	8.620	< 2e-16	Significativo
PRECO	-0,39182	0,09151	-4.282	1,86E-05	Significativo
MENSAL	-0,32322	0,06633	-4.873	1,10E-06	Significativo
TEMPO	-0,92131	0,0747	-12.333	< 2e-16	Significativo

Na tabela 1, pode-se observar que todos os coeficientes são significativos. As pessoas dão uma importância maior ao tempo que as demais variáveis do modelo, pois o seu coeficiente é o que tem o maior valor. Isto era algo esperado, pois na atualidade quanto menos tempo se gasta com deslocamento para o trabalho ou faculdade, mais tempo você terá para se dedicar a sua tarefa.

Além da análise dos coeficientes, são necessárias algumas análises com base em estatísticas de teste, para validar o modelo, que são:

Um teste que pode ser utilizado como validador é o AIC (Akaike, 1974 apud Liew & Mahendran, 2003) onde quanto maior o valor da estatística, mais adequado o modelo está.

Agora vamos apresentar uma outra forma de validação do modelo que é o teste da razão de verossimilhança, onde é verificada de forma conjunta se todos os parâmetros são válidos utilizando como Estatística uma Qui-Quadrado com k graus de liberdade. Esta estatística é calculada da seguinte forma:

$$\xi(0) = 2(\xi(\beta) - \xi(0))$$

Mais uma estatística de teste que poderia ser utilizada é o pseudo-coeficiente de determinação (Mcfadden, 1974), onde calcula-se a relação de informação que é perdida, quando alguma variável do modelo é retirada. Para esse cálculo é utilizada a equação:

$$\rho^2 = 1 - \frac{\xi(\beta)}{\xi(0)} \quad (4)$$

Para o modelo ajustado com a redução dos graus de liberdade do modelo tem-se:

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{\xi(\beta) - K}{\xi(0)} \quad (5)$$

Após a breve explanação sobre os testes que validarão do modelo, pode-se mostrar os valores encontrados dos testes para os dados totais. Os dados encontrados para os testes acima citados são:

AIC = 4876.7, logo o modelo pode ser utilizado, pois como seu valor é bastante alto logo está bem adequado;

Razão de verossimilhança, onde $\xi(0) = 5087.7$ e o $\xi(\beta) = 4868.7$, logo, o valor da razão de verossimilhança é igual a 438, o que significa que o modelo também passa pelo teste da razão de verossimilhança.

ρ^2 (utilizando as Deviances apresentadas acima). Com isso o valor encontrado é 0.043045 e observa-se que, para que um modelo seja considerado adequado o ρ^2 pode estar entre 0.1 e 0.2. Como o valor encontrado foi abaixo desse o modelo é bastante adequado.

Uma nova análise que pode ser feita é a probabilidade de escolha de uma opção e a utilidade da mesma, para isso será apresentada a tabela 2.

Tabela 2 - Utilidades e Probabilidades de Escolha de Cada Opção

Opção	Constante	Preço	Mensal	Tempo	Utilidade	Probabilidade
1	1	1	1	3	-0,375	0,407
2	1	1	2	2	0,223	0,556
3	1	1	2	1	1,145	0,759
4	1	1	3	1	0,822	0,695
5	1	1	3	2	-0,100	0,475
6	1	2	1	2	0,155	0,539
7	1	2	2	2	-0,168	0,458
8	1	2	3	1	0,430	0,606

Ao observar a tabela 2, percebe-se que a opção 3, tem a maior probabilidade de escolha, principalmente por ter a menor faixa de preço e o menor tempo de espera. Outro ponto que pode ser percebido é que as maiores probabilidades de escolha estão atreladas diretamente ao tempo, pois quando o tempo é o menor ele tem mais chance de ser escolhido. Isso porque o tempo tem um peso maior do que o valor pago pelos usuários, tanto em termos de mensalidade do pedágio automático, quanto em preço por passagem no pedágio.

Com base no resultado do modelo, torna-se possível calcular o valor do tempo para o usuário da rodovia pedagiada que liga duas grandes cidades do Estado do Rio de Janeiro.

O cálculo do valor do tempo é algo bastante utilizado e estudado, principalmente nos dias atuais, e, uma formulação bastante utilizada para o cálculo é a da equação (Lam e Small, 2001):

$$VT = \frac{\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{preço})}}{\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{tempo})}} \quad (6)$$

Onde:

$\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{Tempo})}$ é a derivada da função em relação do tempo;

$\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{Preço})}$ é a derivada da função em relação ao preço de algum produto ;

No presente trabalho, não existem apenas 2 variáveis importantes no modelo. Com isso, faz-se necessária uma adaptação da forma de cálculo. Será inserido mais um termo na equação, que visa captar a importância do pagamento da mensalidade de um dispositivo utilizado para não ter que enfrentar as filas do pedágio manual. Logo, a formulação que será utilizada será a seguinte:

$$VT = \frac{\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{preço})} + \frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{mensalidade})}}{\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{tempo})}} \quad (7)$$

Onde:

$\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{Tempo})}$ é a derivada da função em relação do tempo;

$\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{Preço})}$ é a derivada da função em relação ao preço do pedágio ;

$\frac{\partial(\text{Função})}{\partial(\text{mensalidade})}$ é a derivada da função em relação ao preço da mensalidade do dispositivo automático ;

N é o número de vezes que o usuário passa pela cancela de pedágio automático;

Após a explanação de como será feito o cálculo para o valor do tempo para os não-usuários de pedágio automático e para o usuário de pedágio automático, e, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Valor do tempo pela posse do dispositivo do pedágio automático

Posse de Dispositivo	Valor do tempo (Em R\$)
Não possui	0,43
Possui	0,78

Pode-se observar na tabela 3 que o usuário de pedágio automático tem um valor praticamente dobrado. E isso é algo relevante, pois o tempo que este usuário consegue ganhar com o pedágio automático é bastante significativo, e o valor que ele paga por mês acaba sendo válido.

Como no trabalho em questão possui diversas variáveis e níveis, o cálculo da elasticidade foi feito para cada tempo de espera e valor de mensalidade, como ilustrado na tabela abaixo:

Tabela 4 – Elasticidade por posse de onda livre e valor da mensalidade

	Mensalidade R\$0,00	Mensalidade R\$ 5,00	Mensalidade R\$ 10,00
Sem Onda Livre			
1 Min	-0,41	-0,52	-0,64
3 Min	-0,75	-0,88	-1,01

5 Min	-1,11	-1,21	-1,30
Com Onda Livre			
1 Min	-0,34	-0,36	-0,39
3 Min	-0,65	-0,68	-0,71
5 Min	-1,02	-1,05	-1,08

Vale ressaltar que o valor -0.41 significa que a cada aumento de 1% no preço, os entrevistados perdem, em média, 0.41 pontos de sua preferência por essa alternativa.

Tempos maiores de espera denotam maiores perdas em preferência em função do aumento de preço. Do mesmo modo, maiores valores de mensalidade acarretam maiores perdas na preferência.

11. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve o intuito de apresentar os conceitos dos modelos de escolha discreta no cálculo do valor do tempo. Este tipo de estudo é bastante adequado, pois consegue captar de forma bem eficaz as características de escolha entre as alternativas do entrevistado, possibilitando assim, modelar escolhas em conjuntos com alternativas hipotéticas. Este estudo também vislumbrou a questão multidisciplinar, que foram utilizadas no cálculo de valor do tempo e modelos de escolha discreta.

No modelo de escolha discreta, pode-se perceber que o modelo total foi bastante adequado, uma vez que conseguiu passar em todos os testes estatísticos utilizados para a validação do modelo.

A conclusão é que o primeiro critério dos usuários ao escolher um atributo é o tempo, pois, ao observar as probabilidades de escolha de cada opção, vemos que as 3 primeiras com maior chance de ser escolhida são as que possuem o tempo de 1 minuto de espera para ultrapassar a cancela.

Em relação ao valor do tempo percebe-se que apenas a posse do sistema de pedágio automático quase duplica o valor do tempo do indivíduo, pois são estes que se preocupam em não ficar aguardando na fila para ser atendida no pedágio manual.

Ao utilizar a elasticidade preço-demanda, percebeu-se que aumentos tanto no tempo de espera, quanto na mensalidade do pedágio automático impacta diretamente na preferência do entrevistado.

Para trabalhos futuros, seria importante um aumento na base de dados, para que pudessem ser feitas análises mais profundas, como por exemplo, identificar segmentos de usuários, ou mesmo filtrar os dados por alguma informação demográfica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Afriat, S. N.** (1967). *The Construction of a Utility Function from Expenditure Data*. International Economic Review 8, 67-77.
- Akaike, H. A.** (1979). *A Bayesian Extension of the Minimum AIC procedure of Autoregressive Model Fitting*. Biometrika, 66 (2), 237-242.
- Ben-Akiva, M. & Lerman, S.** (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Caldas, M.A.F.** (1995). *Assessing the Efficiency of Revealed and Stated Preference Methods for Modelling Transport Demand*. Cranfield, 180p. Tese (PhD) – Cranfield University.
- Cury, M. Q.** *Tempo é Vida não Dinheiro*, Jornal do Brasil, Rio de Janeiro, 27 de julho de 2004. ([HTTP://www.marcusquintella.com.br/interno.php?submod=artigos&arquivos=1&conteudo=noticias](http://www.marcusquintella.com.br/interno.php?submod=artigos&arquivos=1&conteudo=noticias)), 26/08/07
- Cury, M. Q.** (2006), *A Desprezada Inflação do Tempo*. Jornal do Brasil, Rio de Janeiro, 06 de dezembro de 2006 ([HTTP://www.marcusquintella.com.br/interno.php?submod=artigos&arquivos=1&conteudo=noticias](http://www.marcusquintella.com.br/interno.php?submod=artigos&arquivos=1&conteudo=noticias)), dezembro 2006
- De Paula, M. B.** (2006). *Modelo de Simulação de Eventos Discretos Aplicados ao Planejamento e Operação de Rodovias*, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- FHWA.** (1984). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Washington, D.C.

- Indriunas, L., Neves, A.C.,** Como funciona o trânsito. (<http://pessoas.hsw.uol.com.br/trânsito.htm>), 2007.
- IPEA.** Concessões e melhorias ficam à mercê de disputa por lucro. (http://www.ipea.gov.br/003/00301009.jsp?ttCD_CHAVE=1653) , 2006.
- Krishnamurthi, L. & Raj, S.P.** (1988). *A model of brand choice and purchase quantity price sensitivities*. Marketing Science, 7(1), 1-20.
- Lam, T. C. & Small, K. A.** (2001), *The Value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment*. Transportation research, part E 231-251.
- Liew, K. S.; Mahendran. S.** (2003) *The Performance pf AICC as an Order Selection Criterion in ARMA Time Series Models*. GE, Growth, Math Methods 0307003, Economics Working Paper Archive at WUSTL.
- Marcel K. Richter** (1966). *Revealed preference theory*. Econometrica, 34(3): 635–645.
- McFadden; D.** (1974). *Conditional logit analysis of qualitative choice behavior*. In *frontiers in Econometric*. Nova Iorque; Academic Press, ed. P. Zarembka, 105-142.
- Miller; Jonh. H.; Andreoni, J.** (1998). *Giving According to GARP: An Experiment on Rationality and Altruism*. University of Wiscosin.
- NCHRP – National Cooperative Highway Research Program** (1998) - *HOV Systems Manual*. Washington, D.C. - National Academy Press.
- Revista Confea** (2002). *Carga Pesada*, (http://www.confea.org.br/revista/materias/edicao_12/materia_03/materia.asp), Dezembro de 2002.
- Richter, Marcel. K.** (1966). *Revealed Preference Theory*. Econometrica. 34(3):635-645.
- Shaw, W. D.** (1992). *Searching for the Opportunity of an Individual's Time*. Land Economics. P. 107-115
- Small, K.** (1992). *Urban Transportation Economics*. Second Edition. Harwood Academic Publishers.
- Sugiyama, Y., Fukui, M. Kikuchi, M., Hasebe, K. Nakayama, A., Nishinari, K. Tadaki, S. Yukawa, S.** (2008). *Traffic jams without bottlenecks — Experimental evidence for the physical mechanism of the formation of a jam*. New Journal of Phisics.