

# AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE DISPOSIÇÃO A PAGAR DE USUÁRIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO INTERMUNICIPAL ATRAVÉS DE TÉCNICA DE PREFERÊNCIA DECLARADA – UM ESTUDO DE CASO

**José Expedito Brandão Filho**

**Carlos Felipe Grangeiro Loureiro**

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes - PETRAN

Universidade Federal do Ceará - UFC

**Rinaldo Azevedo Cavalcante**

Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará

## RESUMO

As técnicas de preferência declarada permitem uma boa estimativa da disposição a pagar (*willingness to pay*) por alterações em serviços. No processo de avaliação de alternativas, a disposição a pagar é útil para explicitar, de maneira simplificada, o nível de preferência das alternativas. Nesse trabalho foi realizada uma estimativa da disposição a pagar por variações em atributos de transporte (tempo de viagem, padrão de conforto dos ônibus e modos) para uma ligação intermunicipal, entre Fortaleza e um município no interior do Ceará. As estimativas foram segmentadas em dois grupos de usuários: ônibus ou van. Para os usuários dos ônibus, observou-se que eles estão mais dispostos a pagar por melhoria nos serviços. Para os usuários das vans, observou-se a pequena importância dada aos serviços por ônibus, sendo mais valorizados os serviços por trem e por van. Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas nos valores de tempo entre os dois grupos.

## ABSTRACT

Stated preference techniques allow a good estimation of the willingness to pay for services changes. In the alternative evaluation process, the willingness to pay is useful to explicit, in a simple way, the preference level of the alternatives. In this work it was conducted an estimation of the willingness to pay for changes in transport attributes (travel time, bus comfort standards and travel modes) for an intercity link, between Fortaleza and a county in the hinterland of Ceara. The estimations were segmented in two users groups: bus and van. For the bus users was observed that they are more willing to pay for services improvements. For the van users was observed the small importance associated with the bus service, with a major valorization of train and van services. There were not detected significant statistical differences in the value of time between the two groups.

## 1. INTRODUÇÃO

As técnicas de preferência declarada - PD, quando associadas com os modelos de escolha discreta, são bastante utilizadas na avaliação do comportamento dos usuários dos serviços de transportes. Alguns estudos recentes vêm demonstrando que para a estimativa da demanda é necessária a utilização conjunta com dados de preferência revelada (Louviere *et al.*, 2000). Entretanto, o uso de técnicas PD permite uma boa estimativa de valorações relativas, ou seja, de relações entre os coeficientes dos atributos (Kroes e Sheldon, 1988).

Diante disso, os modelos discretos de escolha utilizando técnicas de preferência declarada estão sendo bastante utilizados para a estimativa da quantidade que um indivíduo está disposto a pagar para obter algum benefício de uma ação específica (Louviere *et al.*, 2000). Em um simples modelo linear, onde cada atributo em um função utilidade é associado com um coeficiente, a razão de dois coeficientes, onde um está associado com um atributo associado com o preço pago, é uma estimativa da disposição a pagar (*willingness to pay*), mantendo todas as outras possíveis influências constantes.

Este trabalho analisa a disposição a pagar de usuários de serviços de transporte intermunicipal em uma ligação entre Fortaleza e um município no interior no Ceará. A análise buscou estimar a disposição a pagar para variações no tempo de viagem (valor do tempo) e nas

características dos serviços de transporte ofertados (associado com o veículo, a lotação e a presença ou não de ar-condicionado). A análise foi segmentada em dois grupos de usuários (por ônibus e por vans) para verificar a diferença de comportamento entre os dois grupos de usuários. Este trabalho foi realizado dentro do escopo do Plano Diretor e Operacional de Transporte Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará (PDOTIP-CE).

## 2. MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

### 2.1. Conceituação

Os modelos de escolha discreta têm se destacado como ferramentais de grande contribuição na tentativa de explicar o comportamento de escolha de determinados indivíduos diante de um conjunto disponível de alternativas em vários mercados consumidores. Baseados nos princípios da Teoria Microeconômica do Consumidor e nos conceitos de probabilidade, os Modelos de Escolha Discreta possuem como principal postulado a seguinte sentença (Ortúzar e Willumsem, 1994): “a probabilidade de um indivíduo escolher uma dada opção é função de suas características socioeconômicas e a relativa atratividade da opção, formada através do conhecimento acerca de suas características”. Partindo desses conceitos, os referidos autores mostram que a função que representa o grau de preferência de uma alternativa para certo indivíduo, chamada de utilidade, deve ser definida em função dos valores dos atributos das alternativas e das características socioeconômicas do indivíduo, como mostra a expressão a seguir:

$$U_{in} = U(z_{in}, S_n) \quad (1)$$

em que  $U_{in}$ : Utilidade de uma alternativa  $i$  para um indivíduo  $n$ ;  
 $z_{in}$ : Vetor dos atributos relevantes da alternativa  $i$ ;  
 $S_n$ : Vetor das características socioeconômicas do indivíduo  $n$ ;

Uma vantagem marcante dos Modelos de Escolha Discreta é a abordagem de preferências intransitivas dos indivíduos, ou seja, preferências diferentes entre indivíduos de mesmas características socioeconômicas. Por isso, a utilidade é tratada como uma variável aleatória, formada por uma componente determinística, também chamada de sistemática, e outra aleatória, que reflete as “irracionalidades” da escolha de um indivíduo. Dessa forma, a utilidade de uma alternativa  $i$  para um indivíduo  $n$  ( $U_{in}$ ) pode ser representada pela seguinte expressão:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (2)$$

em que  $U_{in}$ : Utilidade global de uma alternativa  $i$  para um indivíduo  $n$ ;  
 $V_{in}$ : Componente sistemática da utilidade de uma alternativa  $i$  para um indivíduo  $n$ ;  
 $\varepsilon_{in}$ : Componente aleatória da utilidade de uma alternativa  $i$  para um indivíduo  $n$ .

A representação mais comum das componentes determinísticas é sob a forma linear, definidas a seguir:

$$V_{in} = \beta_0 + \beta_1 x_{in1} + \beta_2 x_{in2} + \beta_3 x_{in3} + \dots + \beta_k x_{ink} \quad (3)$$

em que  $x_{ink}$ : Atributo  $k$  da alternativa  $i$  para o indivíduo  $n$ ;  
 $\beta_0$ : Constante Específica da Alternativa;  
 $\beta_k$ : Peso relativo do atributo  $x_{ink}$  na composição da função utilidade.

As Constantes Específicas da Alternativa (ASC's) são parâmetros que representam todos os efeitos de escolha da alternativa que não estão incluídos nos efeitos dos atributos definidos. É relacionada com a componente  $\varepsilon_{in}$  da utilidade. Os termos aleatórios, por sua vez, podem ser interpretados sob várias hipóteses simplificadoras e formas de distribuição de probabilidade.

## 2.2. Modelo *Multinomial Logit*

A partir da década de 1960, pesquisadores têm buscado formas mais apropriadas para distribuição dos termos aleatórios, como mencionado no tópico 2.1, além de hipóteses que simplifiquem e aperfeiçoem a modelagem da complexa decisão de escolha. O modelo *Multinomial Logit* (MNL) é o mais simples de escolha discreta, descritos por Train (2003) e Ben-Akiva e Lerman (1985); porém, sua aplicação tem sido de larga escala em vários estudos técnicos e científicos, proporcionando resultados satisfatórios e com manipulação computacional amigável. O modelo MNL parte da hipótese simplificadora de que os erros aleatórios das alternativas são independentes e identicamente distribuídos (iid's). Isto quer dizer que “o erro de uma alternativa  $i$  não provém nenhuma informação ao analista sobre os erros de uma alternativa  $j$ ” (Louviere *et al.*, 2000). A partir deste conceito, Ben-Akiva e Lerman (1985) demonstram que o cálculo de probabilidade de escolha do modelo MNL é dada pela expressão a seguir:

$$P_n(i) = \frac{e^{\mu V_{in}}}{\sum_{j \in A(n)} e^{\mu V_{jn}}} \quad (4)$$

em que  $P_n(i)$ : Probabilidade de escolha de uma alternativa  $i$  por um indivíduo  $n$ ;  
 $A(n)$ : Conjunto de alternativas  $j$  disponíveis para o indivíduo  $n$ ;  
 $V_{in}$ : Utilidade sistemática de uma alternativa  $i$  para um indivíduo  $n$ ;  
 $V_{jn}$ : Utilidade sistemática de uma alternativa  $j$  para um indivíduo  $n$ ; e  
 $\mu$ : Fator de escala (No MNL, é geralmente normalizado para um).

O método mais comum de estimação de modelos MNL é o chamado “Método de Ajuste por Máxima Verossimilhança” (MAMV), que visa a obter a maximização de uma função chamada de verossimilhança,  $L$ , através do seguinte produtório:

$$L = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} P_{ni}^{y_{in}} \quad (5)$$

em que  $L$ : função de verossimilhança;  
 $P_{ni}$ : Probabilidade do indivíduo  $n$  escolher a alternativa  $i$ ;  
 $y_{in}$ : 1 (se a alternativa  $i$  é escolhida); 0 (caso contrário);  
 $C_n$ : conjunto de escolha;  
 $N$ : tamanho da amostra.

Os principais parâmetros obtidos da estimação, que avaliam a qualidade do modelo, são os seguintes (Ben-Akiva e Lerman, 1985):

- $L(0)$  e  $L(c)$ : valor da função logarítmica de verossimilhança quando todos os parâmetros são zero e quando somente a constante específica da alternativa é incluída, respectivamente;
- $L(\beta)$ : valor máximo da função logarítmica de verossimilhança;

- $-2(L(c) - L(\beta))$ : estatística utilizada para testar a hipótese nula de que todos os parâmetros são zero; é assintoticamente distribuída  $\chi^2$  com  $k - J + 1$  graus de liberdade, onde  $k$  é o número de coeficientes na função de utilidade e  $J$  é o número de alternativas;
- $\rho_{zero}^2$ : informal “goodness-of-fit”. Mede a fração do valor de verossimilhança explicado pelo modelo, definido como  $1 - \left( \frac{L(\beta)}{L(0)} \right)$ .

### 2.3. Tipos de Dados de Escolha Discreta

Os tipos de dados mais comuns aplicados em estudos do comportamento de escolha de indivíduos diante de um conjunto de alternativas competitivas são os dados de Preferência Revelada (PR) e Preferência Declarada (PD). Os dados de PR são caracterizados por escolhas já realizadas pelos usuários de um determinado produto ou serviço, dentre um conjunto de alternativas existentes. De acordo com Louviere *et al.* (2000), os dados de PR têm como principal característica o fato de apresentarem o equilíbrio atual do mercado, cuja informação é essencial para a realização de previsão de demanda, pois reflete a tendência atual de particionamento de mercado (*market share*). No entanto, os dados de PR possuem sérias limitações, dentre as quais é possível destacar:

- Presença de altas correlações entre os efeitos dos atributos que definem a função de utilidade;
- Ocorrência de erros de medição das variáveis explicativas do modelo;
- Não permite avaliar impacto de políticas recentes nas preferências dos indivíduos, além de não permitir a inclusão de alternativas ainda não existentes no mercado;

A principal consequência dessas limitações é a impossibilidade de obter parâmetros consistentes de Disposição a Pagar (*Willingness To Pay*), essenciais à avaliação de políticas. Neste sentido, surgem os dados de PD para preencher essas lacunas.

## 3. TÉCNICA DE PREFERÊNCIA DECLARADA

### 3.1. Conceituação

De acordo com Louviere *et al.* (2000), a utilização de dados de Preferência Declarada (PD) teve início na década de 70, em pesquisas da área de marketing, e vem evoluindo, sobretudo na área de transportes, mais particularmente em pesquisas sobre as decisões de viagens. Atualmente, os dados de PD têm uma utilização bastante vasta em quaisquer pesquisas de avaliação do comportamento do consumidor diante de características de produtos ou serviços. De acordo com Pearmain *et al.* (1991), as principais vantagens da utilização dos dados de PD podem ser assim destacadas:

- a) Permite a detecção das preferências dos indivíduos diante de cenários hipotéticos para o mercado em estudo, o que permite a inclusão de novas alternativas;
- b) Possibilita a manipulação dos atributos e seus valores pelo analista, de modo que os erros provenientes dos dados de PR, referentes à correlação entre as variáveis sejam evitados;
- c) Facilita a inclusão de variáveis qualitativas, como por exemplo conforto e segurança.

Segundo Caldas (1995), a técnica mais comum de Preferência Declarada é aquela que guarda um conceito mais geral que aquele referido aos experimentos de Análise Conjunta. De acordo com Green e Srinivasan (1978), o desenvolvimento da Teoria de Análise Conjunta envolveu psicologia aplicada, teoria de decisão e conceitos de econometria, aplicadas à descrição da

racionalidade. A Teoria da Análise Conjunta é baseada em uma abordagem que analisa a reação de respondentes diante de várias situações de escolha, baseando-se em um conjunto de atributos e seus respectivos coeficientes estimados. A técnica de preferência declarada, por sua vez, inclui julgamentos de preferência acerca de situações hipotéticas. Este tipo de técnica PD é também chamado por Kocur *et al.* (1982) de *Direct Utility Assessment* – DUA. É sob o aparato dessa técnica que o presente trabalho foi desenvolvido.

### **3.2. Projeto Experimental de Preferência Declarada**

Nos experimentos de PD, cada alternativa dentro do conjunto de escolha é representada como um pacote de diferentes atributos. O pesquisador define as alternativas – hipotéticas ou não – de maneira que o efeito individual de cada atributo possa ser estimado sem estar correlacionado com outro. Isso é possível graças ao uso de ferramentas de elaboração de projeto experimental, assegurando que as variações dos atributos em cada pacote sejam estatisticamente independentes umas das outras (Kocur *et al.*, 1982). Ortúzar e Willunsem (1994) definem alguns aspectos principais para a construção e aplicação de um projeto experimental:

- Identificar os atributos chaves de cada alternativa e a construção de pacotes de opções. Os principais atributos devem estar presentes e as opções devem ser plausíveis e realistas para o indivíduo respondente;
- Projetar de maneira que as opções apresentadas aos respondentes os facilitem expressar suas preferências. A forma de apresentação das alternativas deve ser plausível, dentro do contexto de experiência dos respondentes, e de fácil entendimento;
- Desenvolver uma estratégia de amostragem a ser seguida, que assegure um rico e representativo conjunto de dados; e
- Conduzir apropriadamente o levantamento, incluindo a supervisão e os procedimentos de controle de qualidade, como pesquisa piloto e treinamento prévio dos pesquisadores.

As etapas de elaboração de um projeto experimental estão detalhadas a seguir.

#### *3.2.1. Seleção dos Atributos e Níveis*

Essa etapa visa escolher os atributos que refletem os principais efeitos que condicionam as preferências dos usuários de um determinado produto em serviço. No entanto, o número de atributos selecionados tem um limitante. A restrição consiste no número máximo de atributos que não torna a entrevista fatigante para o entrevistado. Essa quantidade deve ser avaliada pelo analista em uma pesquisa piloto. De qualquer maneira, a prática recomenda o uso de, no máximo, quatro atributos.

#### *3.2.2. Formação das alternativas e dos cartões de escolha*

Uma vez definidos os atributos, as etapas de formação e combinação das alternativas são momentos chave para o sucesso de todo um estudo. De acordo com Kroes e Sheldon *et al.* (1988), não basta para o analista o conhecimento de todos os procedimentos técnicos necessários para a execução da pesquisa. É preciso perspicácia, conhecimento das características da área de estudo e sensibilidade, para que sejam formuladas alternativas hipotéticas claras, plausíveis e realistas, sempre relacionadas ao nível atual de experiência do entrevistado. Com relação à apresentação de alternativas condizentes com a realidade do entrevistado, os experimentos de PD trazem grandes benefícios, pois os mesmos permitem a customização dos valores contidos no questionário de acordo com as características

socioeconômicas do entrevistado, de modo que os questionários sejam direcionados para aquele tipo de indivíduo. Não teria sentido, por exemplo, um indivíduo de renda baixa estar diante de alternativas com altas tarifas de transporte.

Para a formação de alternativas, tendo em mãos os atributos e seus respectivos níveis, é utilizado um ferramental que garante uma das principais exigências de um experimento de PD: a ortogonalidade dos atributos. Segundo Pearmain *et al.* (1991), a ortogonalidade é uma propriedade que permite que todos os efeitos, principais ou de interação, possam ser estimados isoladamente, sem multicolinearidade entre si.

De acordo com Louviere *et al.* (2000), a ortogonalidade que deve ser buscada refere-se à diferença entre os níveis dos atributos de cada uma das alternativas consideradas em uma situação de escolha. Ou seja, as alternativas devem ser combinadas de modo que as diferenças dos atributos tenham a menor correlação possível. Uma das maneiras de viabilizar a construção destas alternativas é através da utilização de planos fatoriais (*Master Plans*). Segundo Pearmain *et al.* (1991), os planos fatoriais conduzem a uma combinação de atributos que refletem os seguintes efeitos:

- Efeitos principais, ou seja, efeitos individuais de cada atributo, também chamados de efeitos de primeira ordem; e
- Efeitos de interação entre os atributos, classificados em 2ª ordem – interação entre dois atributos – e 3ª ordem – interação entre três ou mais atributos.

Quando são consideradas todas as combinações possíveis entre os níveis de todos os atributos, tem-se um Projeto Fatorial Completo - PFC. O número de combinações é dado por:

$$NC = \prod n_i^{a_i} \quad (6)$$

em que

NC: Número de Combinações possíveis;

n: i-ésimo atributo;

a: número de níveis do i-ésimo atributo.

A utilização de um PFC conduz a um experimento de PD que englobe todas combinações possíveis. Contudo, existem sérios problemas com a utilização de um PFC quando o número de níveis e atributos aumenta. Por exemplo, um experimento com o conjunto de cinco atributos, cada um com quatro níveis, possui um número total de  $4^5 = 1024$  combinações, cada uma representando uma alternativa a ser considerada no experimento de PD. Levando em conta o grande número de combinações, existem alternativas de projeto de experimento que reduzem o número de opções, refletindo apenas os efeitos de interesse e ao mesmo tempo mantendo um nível aceitável de ortogonalidade. Pearmain *et al.* (1991) apresentam cinco alternativas, apresentadas a seguir. A aplicação de uma dessas alternativas depende dos propósitos do experimento de PD.

#### a) Projetos Fatoriais Fracionários

Alternativa mais importante e mais utilizada dentre os projetistas de experimentos de PD, o uso de um Projeto Fatorial Fracionário – PFF permite considerar apenas alguns dos efeitos que se acreditam como essenciais para a análise do mercado, desprezando-se os demais. Kocur *et al.* (1982) apresentam um catálogo que apresenta uma série de PFF's, a partir do número de níveis e atributos e dos efeitos de interesse. Esse trabalho também lista diferentes tipos de PFF, classificando-os como “Planos de Resolução”, os quais são concebidos de modo

a obter os efeitos de interesse do analista. Com a utilização de um PFF, os outros efeitos não considerados são assumidos como negligíveis. Sobre este aspecto, Louviere *et al.* (2000) declaram que mais problemático é o “*uso de projetos que permitem a identificação de somente efeitos principais, assumindo-se nulos os efeitos de todas as interações*”. Entretanto, um estudo realizado por Dawes e Corrigan (1974), *apud* Louviere *et al.* (2000), demonstrou que a não consideração de efeitos de ordem maior que dois não traz erros apreciáveis, pois os efeitos principais contabilizam com aproximadamente 70 a 90% da variância explicada.

b) Remoção de Alternativas Dominantes e Dominadas

Essa abordagem permite somente a redução de um limitado número de opções, utilizando-se o princípio da dominância entre as alternativas. Uma alternativa é chamada de “dominante” quando os valores de todos os atributos da função de utilidade são melhores que os demais. Por outro lado, uma alternativa é “dominada” quando os valores de todos os atributos da função de utilidade são piores que os demais. Assim, um respondente atento sempre escolhe a alternativa dominante e descarta as demais. O problema com essa abordagem consiste na exclusão das alternativas dominantes e dominadas, não sendo possível identificar os entrevistados que escolhem as alternativas aleatoriamente. No entanto, é comum utilizar em um experimento um cartão com esta característica, chamado de “cartão de controle”, onde é possível verificar uma situação desse tipo.

c) Formação de “Blocos” de Alternativas

A terceira abordagem sugere a divisão de alternativas formadas a partir de um Projeto Fatorial Completo em conjuntos de alternativas, chamados de “blocos”. Em cada bloco, as alternativas são combinadas de modo que sejam formados os cartões de PD. A cada entrevistado, é apresentado qualquer um dos blocos de cartões de PD. O método da divisão das alternativas em blocos é baseado na hipótese de que as preferências dos usuários da amostra são suficientemente homogêneas, de modo que os efeitos possam ser combinados na etapa de estimação dos modelos. Inevitavelmente, diferenças entre indivíduos aumentarão os erros associados com os resultados.

d) Fixação de um Atributo Comum em Experimentos Separados

A fixação de um atributo comum em experimentos separados é utilizada quando o experimento contém um número considerável de atributos, tornando às vezes inviável a elaboração de um projeto experimental contemplando todos eles. Por exemplo, é possível dividir o conjunto formado pelos atributos “Modo de Transporte”, “Tempo de Viagem”, “Tempo de Espera” e “Custo da Tarifa” e “Nível de Serviço” em dois sub-conjuntos, cada um dos quais contendo o atributo “Custo da Tarifa”. Assim, poder-se-ia realizar dois projetos experimentais: um contemplando os atributos “Modo de Transporte”, “Tempo de Viagem” e “Custo da Tarifa”; e outro contendo os atributos “Nível de Serviço”, “Tempo de Espera” e “Custo da Tarifa”. Essa prática diminui as combinações do projeto fatorial e facilita a aplicação do experimento.

e) Definição dos Atributos em Termos de Diferença entre Alternativas

Nessa abordagem, os atributos são definidos como diferenças entre alternativas. Por exemplo, em um conjunto de escolha formado pelos modos “ônibus”, “automóvel” e “trem”, o analista não define valores absolutos de custo de viagem para cada um dos modais, e sim valores relativos, tomando como base o valor de um dos modais. Ou seja, tomando como base o custo do automóvel, os níveis definidos podem ser “custo de automóvel mais R\$10,00” e

“Custo do automóvel mais R\$15,00”. Essa abordagem é geralmente aplicada quando se deseja elaborar um projeto experimental fixando-se uma alternativa do conjunto de escolha, com seus valores reais. Assim, considerando um exemplo em que se têm 3 atributos – Modo de Viagem, Tempo de Viagem e Custo da Tarifa - resultando em 27 alternativas no Projeto Fatorial Completo, a fixação de uma alternativa reduz o número de combinações para 9 alternativas (3 atributos com dois níveis cada).

#### 4. ESTUDO DE CASO

##### 4.1. Planejamento do Experimento de PD

A aplicação da pesquisa de preferência declarada realizada foi projetada com o objetivo de avaliar o comportamento de escolha de usuários de transporte público intermunicipal de uma ligação de Fortaleza a Baturité, uma cidade no interior do estado distante 93 km da capital. Foram abordados usuários de dois modos de transporte: ônibus e van, ambos de sistemas regulamentados de transporte público intermunicipal de passageiros.

O planejamento partiu da definição da seleção de três atributos: Modo de Transporte, Custo da Tarifa e Tempo de Viagem. Os níveis dos atributos estão apresentados na Tabela 1. A definição dos níveis “Tempo de Viagem” e “Custo da Tarifa” partiu de variações dos valores atuais apresentados pelas operações dos ônibus e vans na referida linha. As definições dos modos de transporte são baseadas em dois objetivos: identificar a importância relativa de serviços diferenciados de ônibus, segundo aspectos de lotação e presença de ar-condicionado, e avaliar o comportamento de escolha diante de uma alternativa, no caso do serviço ferroviário, que atualmente não é disponível para os usuários do par O/D Fortaleza-Baturité.

**Tabela 1:** Níveis dos Atributos.

ATRIBUTOS	NÍVEL 01	NÍVEL 02	NÍVEL 03	NÍVEL 04
Modo de Transporte	Ônibus Classe A (com ar-condicionado e todos sentados)	Ônibus Classe B (sem ar-cond. e poucos passageiros em pé)	Van (sem ar-cond.)	Trem (sem ar-cond. e todos sentados)
Tempo de Viagem	1h30min	2h15min	3h	-
Custo da Tarifa	R\$7,00	R\$9,00	R\$11,00	-

O número de atributos e níveis definidos possibilita a formação de 36 alternativas, o que permite 620 combinações de alternativas, ou seja, a formação de 620 cartões. Neste sentido, com a utilização de um projeto fatorial fracionário, foram definidos 34 cartões de PD, divididos em seis blocos, da seguinte forma: quatro blocos com seis cartões e dois blocos com cinco cartões. Sendo assim, em cada entrevista era apresentado um bloco de cartão. O planejamento de levantamento de dados definiu que o número de coleta de entrevistas com a apresentação de cada bloco deveria ser em quantidades o mais aproximado possível. O levantamento de dados foi realizado nos terminais rodoviários dos municípios de Fortaleza e Baturité, obtendo um total de 101 entrevistas com os usuários de ônibus, o que corresponde a 560 observações PD válidas e 91 entrevistas com os usuários de vans, que fornece um total de 517 observações PD válidas. Os tamanhos de ambos os segmentos correspondem a um grau de confiança de 95% e a um erro amostral de aproximadamente 4,5%. No total, as 192 entrevistas realizadas correspondem a 1.088 observações de PD.

## 4.2. Resultados do Modelo

Foram estimados dois modelos de escolha para refletir, separadamente, o comportamento de escolha dos usuários de vans e de ônibus. Dessa forma, as funções de utilidade foram estimadas considerando-se uma especificidade para cada segmento. Para o segmento de ônibus, as constantes específicas da alternativa (ASC's) foram estimadas tendo com referência a alternativa "Ônibus Classe A". Em relação ao segmento de vans, as ASC's foram estimadas em relação à alternativa van. Dessa forma, as funções de utilidade estão apresentadas a seguir:

### Usuários de Ônibus

$$V_{on\_A} = \beta_{TV}TV + \beta_{CT}CT \quad (7)$$

$$V_{on\_B} = ASC_{on\_B} + \beta_{TV}TV + \beta_{CT}CT \quad (8)$$

$$V_{van} = ASC_{van} + \beta_{TV}TV + \beta_{CT}CT \quad (9)$$

$$V_{trem} = ASC_{trem} + \beta_{TV}TV + \beta_{CT}CT \quad (10)$$

### Usuários de Vans

$$V_{on\_A} = ASC_{on\_A} + \beta_{TV}TV + \beta_{CT}CT \quad (11)$$

$$V_{on\_B} = ASC_{on\_B} + \beta_{TV}TV + \beta_{CT}CT \quad (12)$$

$$V_{van} = \beta_{TV}TV + \beta_{CT}CT \quad (13)$$

$$V_{trem} = ASC_{trem} + \beta_{TV}TV + \beta_{CT}CT \quad (14)$$

em que  $V_{on\_A}$ ,  $V_{on\_B}$ ,  $V_{van}$  e  $V_{trem}$ : Funções de utilidade dos modais ônibus classe A, ônibus classe B, van e trem, respectivamente;  
 $TV$  e  $CT$ : atributos Tempo de Viagem e Custo da Tarifa, respectivamente;  
 $\beta_{TV}$ ,  $\beta_{CT}$ : coeficientes dos atributos TV e CT; e  
 $ASC_{on\_A}$ ,  $ASC_{on\_B}$ ,  $ASC_{van}$  e  $ASC_{trem}$ : Constante específica das alternativas ônibus classe A, ônibus classe B, van e trem, respectivamente.

Os resultados dos coeficientes das funções de utilidade estão apresentados na Tabela 2. A Tabela 3, por sua vez, apresenta algumas estatísticas para a avaliação da performance dos modelos.

**Tabela 2:** Estimativas dos Coeficientes das Funções de Utilidade

Ônibus					
Parâmetros	$\beta_{TV}$	$\beta_{CT}$	$ASC_{on\_b}$	$ASC_{van}$	$ASC_{trem}$
Estimativa	-0,0242	-0,3260	-1,0670	-1,3600	-0,7306
Desvio Padrão	0,0024	0,0530	0,1950	0,2200	0,1920
Estatística "t"	-10,1	-6,1	-5,5	-6,2	-3,8
Van					
Parâmetros	$\beta_{TV}$	$\beta_{CT}$	$ASC_{on\_a}$	$ASC_{on\_b}$	$ASC_{trem}$
Estimativa	-0,0211	-0,2691	0,0394	-0,0862	0,4139
Desvio Padrão	0,0021	0,0460	0,1970	0,1830	0,1790
Estatística "t"	-9,9	-5,8	0,2	-0,5	2,3

**Tabela 3:** Estatísticas de Avaliação da Performance de Estimação do Modelo

Segmento	N	$\rho_{zero}^2$	$-2 \times (L(\beta) - L(c))$
Van	517	0,242	-160,3
Ônibus	560	0,303	-194,3

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, grande parte dos coeficientes dos parâmetros da função de utilidade foi estimada com valores significativos. Os sinais dos

atributos de tempo e custo são negativos, como já esperado, pois refletem a redução da atratividade da alternativa com o aumento dos valores de ambos os atributos. A Tabela 3, por sua vez, apresenta as estatísticas  $-2 \times (L(\beta) - L(c))$  e  $\rho_{zero}^2$ . Os valores dos testes de razão de máxima verossimilhança rejeitam a hipótese nula, com grau de confiança de 95%, de que os coeficientes dos atributos das utilidades são nulos. Os valores de  $\rho_{zero}^2$  se mostram satisfatórios, refletindo a qualidade na estimação dos modelos.

A realização de um teste estatístico de igualdade dos modelos acusou que ambos são diferentes. Esse resultado é refletido, sobretudo, pelas diferenças entre as ASC's. Em relação ao modelo representativo dos usuários de vans, as estimativas de  $ASC_{on_b}$  e  $ASC_{van}$  não foram significativas. No entanto, a  $ASC_{trem}$  foi estimada com valor significativo. Com respeito aos usuários de ônibus, todas as constantes estimadas são significativas, e de sinal negativo. Isso indica que os usuários preferem o modo "Ônibus Classe A" aos demais. As conseqüências dos valores e significância dos atributos estimados são observadas na aplicação do modelo, mostrado a seguir.

### 4.3. Aplicação do Modelo

Uma das principais aplicações dos resultados dos modelos de preferência declarada é na determinação de valores de disposição a pagar dos usuários, definidos a seguir:

- VTV: Valor do Tempo de Viagem. Disposição a Pagar do usuário para obter uma redução do tempo de viagem. É calculado pela seguinte expressão:

$$VTV = \frac{\beta_{TV}}{\beta_{CT}} \times 60 \text{ (R\$/hora)} \quad (11)$$

- WTP (k – w): Disposição a pagar (*willingness to pay*) do usuário, para migrar do modo k para o w, sendo k e w quaisquer dos modos de transporte definidos no experimento de PD. É calculada pela seguinte expressão:

$$WTP(k - w) = \frac{ASC_k}{\beta_{CT}} \text{ (R\$)} \quad (12)$$

O desvio padrão dos valores de disposição a pagar pode ser calculado a partir de uma expressão que fornece o valor da variância da razão entre duas variáveis, como mostra a expressão a seguir (Benjamin e Cornell, 1970):

$$\text{var}\left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right) = \frac{\text{var } \beta_1}{\beta_2} + \frac{\beta_1 \times \text{var } \beta_2}{\beta_1^4} - 2 \times \frac{\beta_1}{\beta_1^3 \beta_2} \times \text{correl}(\beta_1, \beta_2) \times \sqrt{\text{var } \beta_1 \times \beta_2} \quad (13)$$

A estatística t, que reflete a significância estatística do coeficiente, é dada pela razão entre a média da estimativa e o seu desvio padrão. A Tabela 4 apresenta os resultados estatísticos dos valores de WTP. Em relação ao segmento dos usuários de ônibus, os resultados indicam que os respondentes preferem o serviço ônibus classe A, estando dispostos a pagar uma quantia financeira para adquirir esse benefício. Percebe-se que a maior quantia se refere à preferência do Ônibus Classe A em detrimento da van. Levando em conta que alguns usuários de ônibus percebem o modo van como um transporte inseguro e desconfortável, é bastante provável que as características de conforto e segurança podem estar influenciando na preferência destes usuários em relação ao Ônibus Classe A. Em relação ao modo trem, os valores de WTP mostram esse modo mais "preferível" que a van e o ônibus classe B.

**Tabela 4: Resultados dos Valores de Disposição a Pagar**

Ônibus				
Estatísticas	VTV -R\$/hora	WTP (On_b – On_a) -R\$	WTP (Van – On_a) -R\$	WTP (Trem – On_a) -R\$
Estimação	4,45	3,27	4,17	2,24
Desvio Padrão	0,85	0,80	0,96	0,69
Estatística t	5,25	4,09	4,36	3,24
Van				
Estatísticas	VTV -R\$/hora	WTP (On_a – Van) -R\$	WTP (On_b – Van) -R\$	WTP (Trem – Van) -R\$
Estimação	4,70	-0,15	0,32	-1,54
Desvio Padrão	0,93	0,73	0,68	0,72
Estatística t	5,04	-0,20	0,47	-2,15

Já com relação aos usuários de vans, percebe-se que as disposições a pagar dos usuários para migrar para os modos ônibus não são significativas, refletidas pelo valor da estatística t. Isso implica que as características de conforto e segurança contidas nos modos ônibus não são suficientes para atrair os usuários de vans. Portanto, há outras variáveis que permitem explicar a preferência dos usuários pela van, como o tempo de viagem e a flexibilidade do transporte por van. Com relação ao modo trem, os usuários mostram certa preferência de migração para este modo, refletido pelo valor de WTP significativo.

Analisando-se os valores de VTV, percebe-se que o valor referente aos usuários das vans é maior que o valor referente aos usuários dos ônibus. Entretanto, o teste de média leva a aceitar a hipótese nula de que os valores de tempo são iguais (teste t igual a 0,20). Comparando-se as características socioeconômicas de ambos os segmentos, constata-se que as rendas familiares médias são praticamente iguais (3,7 salários mínimos para o segmento de ônibus e 3,6 salários mínimos para o segmento de vans). Além do mais, os motivos de viagem são também semelhantes. Os percentuais de viagens por motivo trabalho e lazer correspondem a 37% e 34% para o segmento de ônibus e 35% e 36% para o segmento de vans, respectivamente. Esse resultado mostra a possibilidade de aplicar apenas um VTV para ambos os segmentos em aplicações de estudos econômicos e de modelagem de transporte. Estimando-se um modelo com os dados conjuntos de usuários de ônibus e van, o Valor do Tempo de Viagem estimado é de R\$4,57/hora, o que corresponde atualmente a US\$2,13/hora. Esse valor corresponde ao VTV dos usuários de transporte público intermunicipal, sem distinção de nível de renda, motivo de viagem ou modo de transporte.

O trabalho de Arruda (1996) apresenta uma análise comparativa entre valores de tempo de viagem de alguns trabalhos realizados. Dentro desse conjunto, o VTV que mais se assemelha com o VTV obtido no estudo é baseado no trabalho de Senna (1994), o qual obteve um valor de US\$1,66/hora, para 1994. O estudo de Senna (1994) foi realizado na Região Metropolitana de Porto Alegre, abordando assim usuários de transporte metropolitano. Embora o VTV obtido no presente trabalho não seja relacionado com transporte metropolitano, a curta distância entre as cidades e a predominância dos motivos de viagem por estudo e trabalho (aproximadamente 40%) fazem com que a ligação estudada apresente algumas características metropolitanas. No entanto, a ausência das características socioeconômicas dos usuários entrevistados no trabalho de Senna (1994) e as diferentes épocas de realização das entrevistas reduzem a confiabilidade na comparação entre os parâmetros de VTV.

## 5. CONCLUSÕES

Diante dos aspectos apresentados nesse trabalho, percebe-se o grande potencial de aplicação dos dados de preferência declarada. Vários estudos vêm apresentando comparações com outros métodos e destacam os benefícios provenientes do uso da técnica PD, sobretudo para a avaliação de alternativas ainda não existentes no mercado, como foi realizado nesse trabalho abordando o modo trem. Ou seja, a técnica permite a obtenção de parâmetros econométricos essenciais à tomada de decisão. De acordo com os resultados apresentados, o principal aspecto a destacar é a existência de diferenças entre os comportamentos de escolha dos usuários de ônibus e usuários de vans. Enquanto que os primeiros dão uma importância considerável ao conforto, os usuários de vans não dão relevância a este atributo. É importante salientar que o levantamento realizado e apresentado nesse trabalho apresenta resultados de aplicação limitada, embora de grande utilidade. A realização de uma análise mais aprofundada, envolvendo elasticidade de demanda, é possível apenas com a utilização de dados de preferência revelada, em conjunto com os dados de PD.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arruda (1996) Valor do Tempo de Viagem para Avaliação de Projetos de Transportes no Brasil: Um Estudo Crítico-Comparativo. In: Confederação Nacional do Transporte. (Org.). Transporte em Transformação : Trabalhos Vencedores do Prêmio CNT. 1a ed. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1997, v. I, p. 52-71.
- Ben-Akiva, M., Lerman, S. (1985) Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. 7a ed. Cambridge, MIT Press, USA.
- Caldas, M.A. (1995) Assessing the Efficiency of Revealed and Stated Preference Methods for Modelling Transport Demand. Ph.D. Thesis. School of Management, Cranfield University.
- Dawes, R; Corrigan, B (1974) Linear Models in Decision Making. Psychological Bulletin 81, pp 95-106.
- Green, P.E.; Srinivasan, V. (1978) Conjoint Analysis in Marketing: New Development with Implications for Research and Practice. Journal of Marketing, 54(4), pp 3-19.
- Kocur, G.; Adler, T.; Ryman; W. (1982) Guide to Forecasting Travel Demand with Direct Utility Assessment. Resource Policy center, Dartmouth College, Hanover, NH.
- Kroes, E. P.; Sheldon, R. J. (1988) Stated Preference Methods: An Introduction. Journal of Transport Economics and Policy, v. XXII, n.1, p.11-25.
- Permain, D.; Swanson, J.; Kroes, E.; Bradley, M. (1991) Stated Preference Techniques: A Guide to Practice. Steer Davies Gleave and Hague Consulting Group.
- Louviere, J.J., Hensher, D.A., Swait, J.D. (2000) Stated Choice Methods – Analysis and Application. 1a ed. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ortúzar, J. De D. E Willumsen, L. G. (1994) Modelling Transport. 3a ed. John Wiley & Sons Ltd.
- Senna (1984) User's Response to Travel Time Variability. PhD Thesis. University of Leeds, England.
- Train, K. E. (2003) Discrete Choice Methods with Simulation. University of California, Berkeley Benefit. Environment and Planning, 9, 285-344, 1977.

---

José Expedito Brandão Filho ([ebrandao@det.ufc.br](mailto:ebrandao@det.ufc.br))

Rinaldo Azevedo Cavalcante ([racavalcante@yahoo.com.br](mailto:racavalcante@yahoo.com.br))

Carlos Felipe Grangeiro Loureiro ([felipe@det.ufc.br](mailto:felipe@det.ufc.br))