

## **ANÁLISE DAS RELAÇÕES CAUSAIS PRESENTES NAS DECISÕES DIÁRIAS SOBRE MOBILIDADE INDIVIDUAL: MUDAR DE MODO DE TRANSPORTE**

**Luis Alberto Noriega Vera**

Departamento de Engenharia de Transportes

Escola Politécnica da USP

**Jaime Waisman**

Departamento de Engenharia de Transportes

Escola Politécnica da USP

Sistran Engenharia

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta os resultados da análise do comportamento dos usuários de automóveis através da técnica multivariada denominada equações estruturais. Esta técnica de análise simultânea dos diferentes aspectos comportamentais, do perfil socioeconômico e da distância média semanal percorrida por modo e motivo da viagem foi útil para identificar os diferentes efeitos dessas variáveis nas decisões dos usuários de automóveis quanto à necessidade de satisfazer sua mobilidade individual. Também demonstrou a importância do automóvel para o seu usuário, fornecendo elementos para a formulação de políticas públicas que visem limitar o uso de automóveis na cidade.

### **ABSTRACT**

This paper presents the main results from an analysis of car user behaviour using a multivariate technique named structural equation modelling. This simultaneous analysis technique of different behavioural aspects, socioeconomic profile and weekly distance travelled by mode and motive was useful to identify the effects of these variables in the decision making process regarding the satisfaction of car user individual mobility needs. In addition it is showed the importance of automobiles for their users and presented parameters to be used in the formulation of urban public policies.

### **1. INTRODUÇÃO**

Enquanto ato de consumo, o transporte é influenciado por uma série de decisões que não se limitam a um único momento, como no caso do consumo de um bem. As decisões dos indivíduos, algumas delas acompanhadas de certo grau de subjetivismo, devem considerar os motivos, a atratividade dos locais de destino, a disponibilidade de modos, entre outros (Novaes, 1986). Essas informações de natureza variada têm como premissa a racionalidade. Embora Novaes aponte a subjetividade das ações, ele observa que as decisões adotadas pressupõem um conhecimento adequado dos usuários sobre as características dos modos alternativos (id. *ibid.*), mas a falta de informações pode limitar as decisões que os indivíduos adotam diariamente, tornando necessário o complemento desses dados com pesquisas comportamentais e atitudinais. Novaes (1986) e Richardson et al. (1995) observam que esse tipo de pesquisas permite a avaliação de possíveis mudanças de comportamento, isto é, servem como subsídio ao planejamento operacional em transporte e não à previsão da demanda.

Do ponto de vista do transporte individual, a subjetividade que caracteriza a demanda por esse modo de transporte torna o seu dimensionamento algo mais complexo. O uso habitual do automóvel dá ao seu usuário uma alternativa que assegura conforto, economia de tempo e flexibilidade de horários e rotas nas suas viagens até o trabalho, escola ou locais de lazer. A percepção do usuário de automóveis pode levá-lo a identificar uma série de benefícios maiores do que os custos causados pelos congestionamentos. A posse de um automóvel, muito além de um simbolismo, em termos de liberdade, *status* e independência, tornou-se uma necessidade, tendo pouca relevância o fato de ele ser considerado um dos principais poluidores do meio ambiente.

Segundo Jensen (1999), a necessidade do automóvel é influenciada por elementos do contexto político, econômico, cultural e social. Estes elementos afetam o estilo de vida das pessoas. A restrição de seu uso pode ser aceita sempre que ela não afete o orçamento familiar do seu usuário e as consequências dela não limitem excessivamente a sua liberdade e independência.

Este estudo tem o objetivo de identificar a relação causal existente entre aspectos de caráter subjetivo, tais como “crenças”, “valores”, “normas sociais”, “fatores facilitadores e ou limitadores do uso de algum modo de transporte”, além do “perfil socioeconômico” e a “distância semanal percorrida por modo de transporte e motivo da viagem”, e o comportamento adotado pelos usuários de automóveis visando preservar a sua mobilidade individual utilizando algum dos modos de transporte existentes.

## **2. CAUSALIDADE EM MODELOS COMPORTAMENTAIS NA ÁREA DE TRANSPORTE**

Um modelo conceitual no qual possam ser estabelecidas relações causais entre os diferentes aspectos determinantes de um comportamento deve ser validado através de técnicas que possibilitem a correta identificação do efeito dessas variáveis sobre o comportamento em estudo. Dentre as técnicas de análise existentes e da natureza das variáveis em estudo, duas delas mostram-se capazes de analisar a causalidade dos diferentes aspectos comportamentais, que afetam as decisões de mobilidade individual. Essas duas técnicas são a regressão múltipla e as equações estruturais.

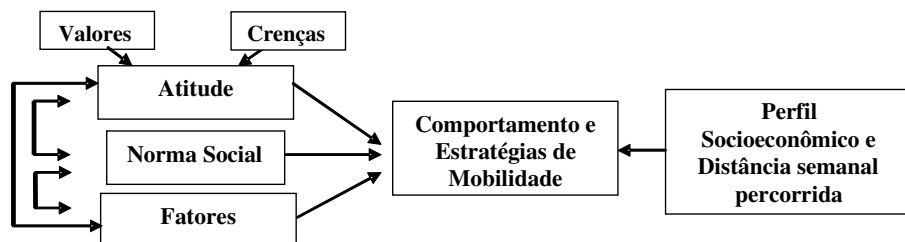
As duas técnicas multivariadas fornecem algumas estimativas que possibilitam o entendimento da relação causal entre a variável estudada, “comportamento” e as variáveis explicativas:

- “crença” em relação a um determinado comportamento, como a opinião sobre o transporte;
- “normas sociais” que indicam ao indivíduo a pertinência da realização de determinada ação;
- “fatores facilitadores e/ou limitadores” (como informações, produtos ou serviços alternativos, tempo, dinheiro, habilidades e oportunidades) que influenciam a adoção de um determinado comportamento;
- “distância semanal percorrida”, em quilômetros, pelos usuários de automóveis, considerados os diferentes modos de transporte e motivos das viagens (foi usado o logaritmo da distância semanal percorrida para reduzir o efeito da diversidade de respostas obtidas);
- “valores” vinculados com a personalidade de pessoas conservadoras, auto-motivadas, preocupadas com outros e egoístas; e
- “perfil socioeconômico” (renda e posse de automóvel no domicílio, que foi elevada à segunda potência para eliminar o efeito das respostas obtidas).

A figura 1 apresenta o modelo conceitual proposto para validação no presente trabalho.

A qualidade de ajuste de modelos analisados através da regressão pode ser assegurada através da escolha de um número de variáveis suficiente para entender as relações causais, observando-se a ocorrência de multicolinearidade entre variáveis dependentes, além dos coeficientes F, de determinação e de correlação (Neter e Wasserman, 1974; Hair et al., 1998). Ainda assim, o

modelo de regressão linear apresenta-se limitado ao predizer uma relação de cada vez, e não simultaneamente, como propõe o modelo conceitual apresentado. Diante dessa limitação, a análise feita através da regressão múltipla foi complementada com a modelagem das equações estruturais. Essa técnica é compatível com o propósito do presente estudo, por possibilitar a identificação das diferentes interações existentes entre as variáveis estatisticamente significativas, melhorando a predição do modelo proposto.



**Figura 1:** Modelo Conceitual Proposto

## 2.1 Principais aspectos dos modelos de equações estruturais

A Modelagem de Equações Estruturais (*Structural Equations Modelling* – SEM) é uma técnica de análise que vem sendo utilizada em pesquisas em áreas como Psicologia, Sociologia e Biologia, além da área de Transportes. Ela é reconhecida pela sua capacidade de determinar as relações entre as diferentes variáveis usadas para predizer um determinado comportamento. As variáveis são de três tipos: as endógenas (ou dependentes), as exógenas (ou independentes) e as latentes (variáveis obtidas a partir da combinação de diversas variáveis para formação de uma variável considerada não observada).

A determinação das variáveis dependentes (a palavra está no plural pois algumas variáveis independentes tornam-se dependentes em determinado momento do processamento das suas inter-relações), é feita através da estimação de equações de regressão múltipla interdependentes, em separado e simultaneamente. A determinação em separado e simultaneamente acontece com o uso de sub-modelos, de mensuração e estruturais. Nesse processo, são feitas estimativas dos modelos de mensuração, tanto de variáveis exógenas como de endógenas, e estrutural, que estima as relações causais entre as variáveis simultaneamente (Golob, 2003).

A necessidade de estimar por separado e simultaneamente as relações causais entre as variáveis na validação do modelo conceitual proposto requer o uso da técnica de equações estruturais. Esse modelo propõe-se a representar as diferentes relações causais entre as variáveis para poder entender a importância de cada uma delas.

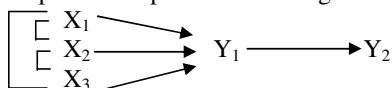
O uso progressivo e o aperfeiçoamento da técnica influenciaram a denominação usada ao longo dos anos para identificar esta técnica. Na opinião de Bentler (1986), a sua origem corre em paralelo ao aperfeiçoamento da técnica de análise fatorial; afinal, as equações estruturais recorrem à análise fatorial para a estimação de variáveis não observadas (variáveis latentes). Posteriormente, passou a ser denominada análise de encaminhamento (*path analysis*) (Duncan, 1966); (Li, 1975), e, finalmente, equações estruturais, como consequência do

avanço das técnicas de análise estatística em conjunto com o uso do computador (Farias, 1998).

## 2.2 Representação das relações causais

A adequada identificação e representação de um modelo conceitual é fundamental para o uso das equações estruturais. A representação é feita através de um diagrama de encaminhamento, daí o uso inicial do conceito análise de encaminhamento, e dos sub-modelos de mensuração e estrutural.

O diagrama pode ser representado da seguinte maneira:



Nesse diagrama observam-se as relações causais das variáveis  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$  em relação à variável  $Y_1$  e também a relação existente entre  $Y_1$  e  $Y_2$ . Nesse modelo podem ser observados os três tipos de variáveis: as variáveis endógenas:  $Y_1$  e  $Y_2$ ; as variáveis exógenas:  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  e  $Y_1$  e a variável  $Y_1$ , que pode ser considerada a variável latente. A variável  $Y_1$  é incluída no diagrama como variável endógena e exógena, pois num primeiro momento ela é estimada pelas variáveis  $X$ 's e num segundo momento ela será determinante para estimar a variável  $Y_2$ . Ela é uma variável latente, pois o coeficiente resultante da interação entre as variáveis exógenas  $X$ 's resultará na variável  $Y_1$ .

## 2.3 Modelos de mensuração e estrutural

A partir do diagrama desenhado na subseção anterior, o modelo estrutural resultante identifica dois tipos de variáveis principais, as variáveis endógenas e as exógenas.

O modelo estrutural seria representado da seguinte maneira:

$$\begin{array}{lcl}
 Y_1 & \longrightarrow & X_1, X_2, X_3 \\
 Y_2 & \longrightarrow & Y_1
 \end{array}$$

servindo de base para definir o modelo de mensuração, o qual apresenta coeficientes ( $b_{jm}$ ) similares a aqueles obtidos através da regressão múltipla. Os coeficientes obtidos são padronizados, diminuindo o impacto das diferentes escalas utilizadas para medir as variáveis. A esses coeficientes são somados os coeficientes de erro de mensuração ( $\epsilon_i$ ).

O modelo estrutural seria representado da seguinte maneira:

$$\begin{array}{l}
 Y_1 = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \epsilon_1 \\
 Y_2 = b_4Y_1 + \epsilon_2
 \end{array}$$

Cabe destacar que no modelo de mensuração as duas técnicas, análise fatorial e regressão múltipla, têm relevância na definição das dimensões e coeficientes estruturais que possibilitarão a investigação da relação entre variáveis exógenas e a variável endógena, isto é, se uma explica a outra.

Um detalhe em relação às dimensões usadas para determinar uma variável específica, aspecto que a assemelha à técnica de análise fatorial, é que nas equações estruturais o pesquisador tem controle sobre as dimensões que comporão as diferentes variáveis, isto é, não se trata de uma

análise fatorial exploratória. O pesquisador decide quais as dimensões necessárias e realizará uma análise fatorial confirmatória em relação a essa pré-definição (Hair et al., 1998).

## **2.4 O processo de modelagem**

No processo de modelagem foram usados dois pacotes estatísticos, o SPSS versão 8.0 e o Statistica versão 5.0. Os resultados obtidos foram extraídos de uma matriz de correlação, podendo utilizar também uma matriz de covariância. No caso da primeira matriz, que é a mais usada, ela é um meio de identificar as relações de causa e efeito existentes entre as variáveis latentes (variáveis que não foram medidas, mas obtidas a partir do uso de variáveis ou dimensões conhecidas), e as variáveis exógenas e endógenas. Segundo Sörbom e Jöreskog (1982) seu uso mais intenso deve-se à facilidade de interpretação dos resultados quando comparada com a matriz de covariância, a qual deu origem a esta técnica (Hair et al., 1998).

Como parte das decisões em relação ao método necessário para estimar as equações estruturais, optou-se pela estimativa de Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood - ML*), que em estudos com amostras de tamanhos maiores que 100 e menores que 200 casos apresenta sensibilidade moderada diante de algumas medidas de ajuste dos modelos obtidos através desta técnica (id. *ibid.*). Dependendo do pacote estatístico utilizado, existe a possibilidade de se usar outros tipos de estimativas, como a estimativa dos mínimos quadrados generalizados ou dos não-ponderados, entre outros, mas, como comentado por Golob (2003), a decisão quanto ao uso de um tipo de estimativa das equações estruturais depende do efeito do tamanho da amostra sobre a distribuição normal.

É importante destacar que a qualidade do modelo depende de alguns indicadores, como no caso das medidas de ajuste. Elas são divididas em medidas de ajuste absoluto, medidas de ajuste incremental e medidas de ajuste parcimonioso. Essas medidas de ajuste possibilitam o entendimento do ajuste do modelo como um todo (modelo estrutural e de mensuração) e a comparação entre dois modelos; contudo, elas são determinadas a critério do pesquisador (Hair et al., 1998).

Dada a natureza qualitativa das variáveis utilizadas, os diferentes modelos obtidos foram avaliados segundo determinadas medidas de ajuste, que a critério do pesquisador, foram suficientes para determinar a qualidade de ajuste dos modelos obtidos, mesmo que não representassem o ótimo (Bentler, 1982). Também foram consideradas as medidas de ajuste absoluto determinantes da relação entre a matriz de correlação e o modelo obtido. A adoção dessas medidas respondeu ao mesmo princípio vinculado com a amostra estudada.

Assim, a observação da relação entre o qui-quadrado e os graus de liberdade, que deve apresentar um nível mínimo de 1,0 e máximo de 3,0 (id. *ibid.*), é determinante na reprodução da relação causa-efeito através dos dados usados (Bentler, 1982). Outros índices adotados estabelecem a qualidade de ajuste, mas são observados critérios rígidos sobre o nível mínimo ou máximo (Hair et al., 1998). Por exemplo, o GFI (*goodness of fit index*), indica um melhor ajuste global caso o índice obtido esteja mais próximo de um, e as raízes quadráticas média e de aproximação, que também não pré-estabelecem limites máximos, consideram a representatividade da amostra e da população, isto é se o modelo e a matriz de correlação ajustam-se adequadamente.

Também é importante frisar que esta técnica não exclui os resultados obtidos anteriormente, mas mostra a sua flexibilidade diante da natureza qualitativa das variáveis analisadas. Isto é, o pesquisador pode testar variações do modelo inicial proposto com o fim de identificar quê combinação de variáveis se comporta melhor em relação às medidas de ajuste usadas. Como comentado, esta estratégia não representa a procura por um modelo que atinja o ótimo (Bentler, 1982; Hair et al., 1998).

### **3. VALIDAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL PROPOSTO**

Considerando a existência de reações diferentes dos usuários de automóveis quando são implantadas políticas públicas que visam limitar a sua mobilidade individual, foi usado um referencial teórico que permitisse identificar os fatores condicionantes das decisões adotadas pelos indivíduos quando defrontados com diversas situações, como a redução da mobilidade ou do consumo de água e energia. Foram identificados modelos que vêm utilizando aspectos de caráter subjetivo, tais como “valores”, “crenças”, “normas sociais” e “fatores facilitadores e/ou limitadores”, e objetivos, como “perfil socioeconômico” dos indivíduos e “distância semanal percorrida” por modo de transporte e motivo da viagem, para entender o comportamento dos usuários de automóveis em relação à sua mobilidade na cidade e à possibilidade de mudança de comportamento em relação ao seu padrão de mobilidade. Esses modelos de caráter multidisciplinar enfatizam conceitos da Psicologia, Economia, Sociologia e Educação, enriquecendo a análise comportamental (Noriega e Waisman, 2003; Noriega, 2004).

No trabalho as variáveis independentes ou exógenas foram: “distância semanal percorrida”, “crenças”, “valores”, “norma social”, “fatores facilitadores e/ou limitadores”, “renda média familiar” e “posse de automóveis no domicílio”, e a dependente ou endógena foi a “estratégia de mobilidade individual”. Também foram identificadas variáveis latentes: “atitude”, “norma social” e “fatores facilitadores e/ou limitadores”. Essas variáveis latentes são variáveis obtidas a partir da existência de dimensões específicas que as identificam. No caso da variável latente “atitude”, as dimensões das variáveis “valores” e “crenças” foram usadas para obter o coeficiente de correlação da mesma, enquanto que as dimensões específicas das variáveis “norma social” e “fatores facilitadores e/ou limitadores” serviram para definir o coeficiente de correlação usado para identificar a inter-relação com as variáveis endógenas “comportamento” e “estratégia de mobilidade individual”. A variável latente “perfil socioeconômico” inclui a variável “renda média familiar mensal” e “posse de automóveis no domicílio”.

#### **3.1 Mudança de modo de transporte, de coletivo para individual e vice-versa**

O estudo, realizado na cidade de São Paulo entre junho e agosto de 2002, contou com a participação de 176 pessoas escolhidas intencionalmente. Sendo um estudo exploratório, a amostra usada foi considerada suficiente. Desse total, 124 são do sexo masculino e 52 do sexo feminino, pertencentes à faixa etária entre 19 e 30 anos (104 – 59,1%) e possuem ou estão cursando o ensino superior (133 – 75,6%). Os participantes exercem diversas atividades, dentre as quais destacam-se os estudantes (58 – 33,0%) e empregados (46 – 26,1%). A renda média mensal familiar dos participantes da pesquisa foi superior a 6 salários mínimos (162 – 94,7%), considerando que à época da pesquisa de campo o salário mínimo (SM) era de R\$ 200,00.

Eles são proprietários de, no máximo, cinco automóveis, sendo que naqueles domicílios com renda mensal média superior a 6,0 SM existe um automóvel e nos domicílios com renda

média familiar mensal de 12,0 a 48,0 SM existem dois e três automóveis (a existência do quarto e quinto automóveis é mais freqüente em famílias com renda média mensal superior a 24,0 SM).

Em uma semana de 7 dias no município de São Paulo, 38,6% dos participantes indicaram que usam o ônibus e 33,2% usam o metrô e/ou trem como modos alternativos de transporte. Um dado adicional apontado pelos participantes é que 75,0% deles disseram usar a bicicleta ou andar a pé para exercitar-se. Os principais motivos das viagens realizadas são: trabalho (95,0 %), escola (72,0%) e lazer (34,4%).

Diante da necessidade de reduzir o número de variáveis utilizadas para medir os diferentes aspectos comportamentais, foi usada a análise fatorial (Morrison, 1967; Hair et al., 1998). Para a redução das variáveis utilizou-se a “análise dos componentes principais” (Hair et al., 1998), considerando uma carga fatorial mínima de correlação igual a 0,60. Também foi usado o algoritmo de rotação ortogonal Varimax, baseado na maximização dos coeficientes de correlação das variáveis mais correlacionadas (Dillon et. al., 1994).

Foram identificadas dimensões específicas para cada uma das variáveis do modelo, dentre as quais destacam-se:

- “crenças”, duas dimensões: crenças dos participantes quanto à escassez de água, energia elétrica e gasolina e à necessidade deles em relação ao uso do automóvel para suas atividades diárias;
- “norma social”, duas dimensões: ações empreendidas pelos participantes da pesquisa isentas de influência de normas, regulamentos ou de regras sociais e ações que os participantes da pesquisa identificaram não ser influenciadas parcialmente por normas sociais;
- “valores”, duas dimensões: valores de pessoas conservadoras e pessoas abertas à mudança e preocupadas (autotranscendentes na opinião de Schwartz, 1994);
- “estratégias de mobilidade”, duas dimensões: uso freqüente do automóvel, pois nos últimos cinco anos mudaram do modo de transporte coletivo para o individual, e mudanças de curto/médio prazo, no que diz respeito ao trabalho e vida dos participantes.

Em relação ao modelo de mudança de modo de transporte, o modelo da figura 2 apresenta os principais resultados necessários para análise da incidência de variáveis comportamentais, do perfil socioeconômico e de distância semanal percorrida na adoção de estratégias, que possibilitem as pessoas manterem ou alterarem o seu comportamento, adotando diferentes estratégias de mobilidade na cidade.

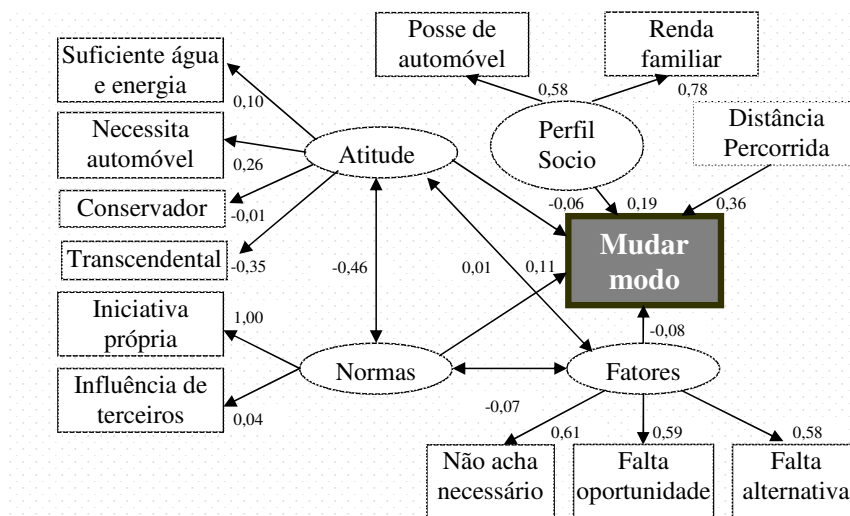
O modelo apresenta um qui-quadrado igual a 120,106 com graus de liberdade de 59 e um nível descritivo (*p-level*) igual a 0,000. Em relação aos indicadores de ajuste absoluto tem-se:

- a relação entre o qui-quadrado e os graus de liberdade é de 2,04, considerada dentro dos limites da normalidade;
- o índice de qualidade de ajuste foi de 0,905, também considerado bom;
- os índices das raízes dos erros quadráticos médio e de aproximação são 0,089 e 0,076.

Esses indicadores de ajuste absoluto apontaram a boa qualidade de ajuste do modelo.

Os resultados também apontaram a importância das variáveis “perfil socioeconômico” (0,19) e “distância semanal percorrida” (0,36) como principais determinantes da estratégia adotada.

Comparado ao modelo de uso preferencial de automóvel testado por Noriega (2004), este modelo apresenta relação semelhante de ambas variáveis em relação à variável endógena. Nele, a renda média familiar mensal (0,78) tem forte correlação com a variável “perfil socioeconômico”. Este aspecto pode estar relacionado com a melhoria de vida experimentada pelas pessoas, algo apontado como motivo para indicar a possibilidade de mudança do transporte coletivo para o individual. Efeito similar é observado na “posse de automóveis no domicílio” (0,58), provavelmente porque essa melhoria de vida pode estar representada pela maior disponibilidade de automóveis no domicílio do participante da pesquisa.



**Figura 2:** Modelo de Equações Estruturais sobre a Mudança de Modo de Transporte

As demais variáveis têm pouca representatividade neste modelo. Mesmo tendo baixa representatividade, algumas das dimensões contidas em cada uma das variáveis comportamentais podem influenciar a mudança de modo de transporte individual para o coletivo. Esse é o caso da crença sobre a necessidade de usar o automóvel (0,26) e o efeito indireto do valor transcendental (-0,35). Essas dimensões indicam a predisposição das pessoas em usar preferencialmente o automóvel. A análise do impacto dessas dimensões nas decisões dos usuários de automóveis é complementada pela incidência da variável “norma social”, que representa o hábito (iniciativa própria = 1,00) de usar o automóvel frequentemente; isto é, as decisões adotadas não necessariamente sofrem a influência de terceiros (0,04).

A partir dos resultados desse modelo, considerou-se importante testar novas configurações das variáveis comportamentais, as quais apresentaram pouco efeito sobre a decisão de mudar de modo de transporte. Nesse sentido, optou-se por fazer uma nova modelagem dos dados desta estratégia adotando os seguintes critérios:

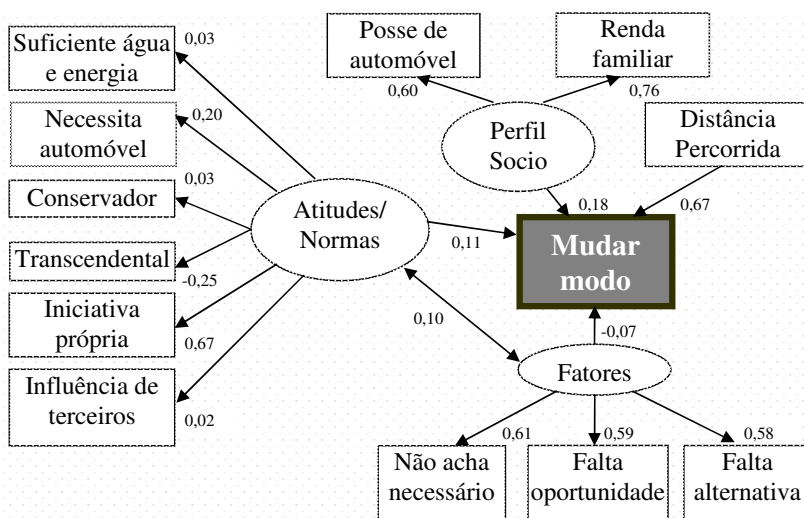
- agrupar as dimensões das variáveis latentes “atitude” e “norma social”;
- agrupar todas as variáveis comportamentais num único grupo; e
- considerar na modelagem somente as variáveis comportamentais, excluindo as variáveis “perfil socioeconômico” e “distância semanal percorrida”.



Diante dos critérios apontados, procedeu-se à nova modelagem dos dados segundo cada um dos critérios. Os resultados desses procedimentos são apresentados a seguir.

### 3.2 Modelos alternativos da decisão de mudar o modo de transporte para alterar a mobilidade individual

O modelo obtido com a adoção do primeiro critério, agrupamento das variáveis “atitudes” e “norma social” é apresentado na figura 3. Esse modelo apresenta um qui-quadrado de 121,077 e graus de liberdade de 62 (o nível descritivo é 0,000). Comparativamente ao modelo anterior, este modelo apresenta a razão entre o qui-quadrado e os graus de liberdade menor (1,95), assim como os demais indicadores de ajuste absoluto. A diminuição de 2,05 para 1,95 é considerada uma melhor qualidade do ajuste, pois embora haja uma margem maior em relação ao indicador, um melhor ajuste indica uma maior aproximação do limite inferior igual a 1 e menor que 2 (Latif, 2000).

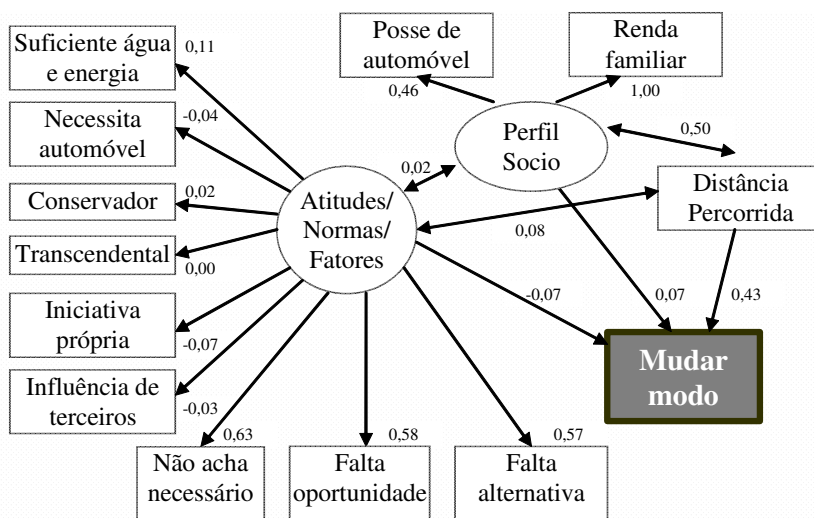


**Figura 3:** Modelo Alternativo de Mudança de Modo de Transporte – Agrupando as Variáveis Atitudes e Norma Social

O critério adotado aumenta a representatividade do novo agrupamento, representado pelas dimensões comportamentais vinculadas às variáveis “atitudes” e “norma social”. O efeito indireto e pouco representativo da variável “fatores facilitadores e/ou limitadores” não variou em relação ao modelo anterior. Neste modelo as variáveis que compõem o “perfil socioeconômico” e “distância semanal percorrida” ainda são representativas e possíveis fortes condicionantes das decisões de adotar a estratégia de mudança de modo de transporte individual para o coletivo.

Em relação ao segundo critério adotado, o agrupamento de todas as variáveis comportamentais numa única variável, o procedimento resultou no modelo da figura 4. Ele apresenta uma melhor qualidade de ajuste em relação à razão entre o qui-quadrado (94,306) e os graus de liberdade (61), que é de 1,55. O nível descritivo é 0,003 e a raiz de erro quadrático

médio de aproximação está abaixo do nível estabelecido (0,05). A qualidade de ajuste do modelo impossibilita a aceitação dos resultados obtidos. Esse procedimento provocou uma diminuição da representatividade do “perfil socioeconômico” e das variáveis comportamentais, restringindo a variável “distância semanal percorrida”.



**Figura 4:** Modelo Alternativo de Mudança de Modo de Transporte – Agrupando as Variáveis Comportamentais numa Única Variável

Finalmente, foi feita a modelagem do último critério adotado para buscar uma melhoria na identificação dos condicionantes do comportamento dos indivíduos, utilizando somente as variáveis comportamentais. Esse procedimento não obteve resultados satisfatórios, pois o seu ajuste ficou abaixo do limite inferior (0,99), além de apresentar correlações maiores que 1 e -1 (Hair et al., 1998).

A elaboração de procedimentos adicionais possibilitou a adoção de critérios de agrupamento de variáveis que apresentassem uma baixa representatividade e que, por esse agrupamento, a nova variável latente pudesse contribuir na análise dos fatores condicionantes das decisões diárias que as pessoas adotam para melhorar a sua mobilidade individual. O modelo da figura 3 mostrou uma contribuição moderada do binômio atitude/norma social, facilitando a interpretação do comportamento que as pessoas poderiam apresentar quando defrontadas com políticas públicas que restrinjam a sua mobilidade individual.

### 3.3 Comparação com modelo obtido através da regressão múltipla

As variáveis mais importantes incluídas no modelo de regressão múltipla são representadas no quadro 1. No caso do “perfil socioeconômico” foi obtido “coeficiente-beta” igual a 0,341. Esse modelo confirmou a importância da variável “fatores facilitadores e/ou limitadores”, pois somente ela foi incluída no modelo junto com as variáveis “perfil socioeconômico” e “distância semanal percorrida”. A importância desta variável comportamental é consistente com as premissas dos estudos de Mohktarian e Salomon (1994) quanto à capacidade de resposta de alguns aspectos de caráter subjetivo, neste caso específico a percepção dos

indivíduos em relação às oportunidades que eles possuem para empreender determinada ação ou adotar algum comportamento.

<b>Variável Dependente</b>	<b>Mudança de modo de transporte.</b>		
<b>Variáveis Independentes</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>t</b>	<b>Beta</b>
Constante	-3,170	-5,115	
<b>Fatores Facilitadores e/ou Limitadores</b>			
Não acha necessário	-0,167	-1,678	-0,166
<b>Distância semanal percorrida</b>			
Automóvel	0,368	3,563	0,355
<b>Perfil socioeconômico</b>			
Renda Familiar	0,341	3,423	0,341
$R^2 = 0,308$ ( $R^2$ ajustado = 0,279)			
$F = 10,552$ ( $p = 0,000$ )			
$N = 75$			

**Quadro 1:** Mudança de Modo de Transporte Individual para Coletivo – Regressão Múltipla

Comparativamente ao modelo de equações estruturais, este modelo mostra somente uma das variáveis consideradas subjetivas, o que demonstra a importância das variáveis de natureza subjetiva para complementar a análise do comportamento dos usuários de automóveis.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem através de equações estruturais revelou-se uma técnica multivariada capaz de identificar o impacto, em menor ou maior grau, dos aspectos de caráter subjetivo, tais como as “crenças”, “valores”, “normas sociais” e “fatores facilitadores e/ou limitadores”, além do perfil socioeconômico e a distância semanal média percorrida por modo e motivo da viagem. Os modelos resultantes da aplicação desta técnica reforçaram o caráter exploratório do estudo e possibilitaram que o pesquisador reagrupasse as variáveis de forma a atingir uma boa qualidade de ajuste e adequada explicação da variável dependente, partindo das relações causais existentes com as variáveis independentes. Os indicadores de qualidade e demais testes necessários são condicionantes da aceitação de um ou outro modelo.

A opinião dos usuários em relação à mudança de modo de transporte, de individual para coletivo, é considerada inviável, pois eles percebem que a necessidade de satisfazer a sua mobilidade individual é limitada pela carência da infra-estrutura urbana. Duas outras variáveis também são destacadas, a renda média familiar e a distância semanal média percorrida. Essas variáveis também demonstram a forte dependência das pessoas pelo seu automóvel nas suas atividades diárias devido, principalmente, às maiores distâncias percorridas na semana usando automóvel e à aquisição de um automóvel nos últimos anos resultante da melhoria do seu poder de aquisitivo.

Quanto às normas sociais e atitudes, existe uma ambigüidade entre a opinião dos usuários de automóveis e as ações empreendidas, pois mesmo conhecendo-se o impacto do automóvel no meio ambiente urbano eles não abrem mão da utilização desse modo de transporte. Também apontaram que algumas ações foram adotadas por iniciativa própria sem influência de normas sociais ou instrumentos que regem seu comportamento; contudo, a existência do rodízio mudou o comportamento dos usuários de automóveis que passaram a gerenciar os horários de

entrada ou saída de casa ou do trabalho, sem abrir mão das outras vantagens propiciadas pelo automóvel.

O conhecimento dos impactos de cada uma dessas variáveis no comportamento dos usuários de automóveis é determinante para identificar a reação que eles teriam caso fosse adotada alguma política restritiva do uso do automóvel em uma cidade como São Paulo. Algumas políticas públicas restritivas ou punitivas teriam impacto imediato, mas não duradouro. São necessários instrumentos complementares em horizontes de tempo diferentes. A combinação de instrumentos punitivos, como o pedágio urbano, e de convencimento, como as campanhas informativas, poderiam desestimular o uso diário do automóvel visando a redução dos congestionamentos na cidade.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsa de estudos de doutorado concedida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bentler, P.M. (1982) Multivariate analysis with latent variables: causal modeling. In: Fornell, C. (ed.). *A second generation of multivariate analysis*. Volume 1: Methods. New York: Praeger, p.121-177.
- Bentler, P.M. (1986) Structural modeling and psychometrika: an historical perspective on growth and achievements. *Psychometrika*, v.51, n.1, p.35-51, March.
- Dillon, W. R. et al. (1994) *Marketing Research in a Marketing Environment*. Irving: Illinois. 760p.
- Duncan, O.D. (1966) Path analysis: sociological examples. *The American journal of sociology*, v.72, n.1, p.1-16, July.
- Farias, S. A. de. (1998) Avaliação simultânea dos determinantes da satisfação do consumidor: um estudo no segmento da terceira idade. 218p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Golob, T.F. (2003) Structural equation modeling for travel behavior research. *Transportation Research*, v.37B, n.1, p.1-25, January.
- Hair, J. et al. (1998) *Multivariate data analysis*. New Jersey: Prentice Hall. 730p.
- Jensen, M. (1999) Passion and heart in transport - a sociological analysis on transport behavior. *Transport Policy*, v.6, n.1, p.19-33, January.
- Latif, S. A. (2000) Modelagem de equações estruturais. 2000. 183p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Li, C. C. (1975) *Path analysis – a primer*. California: Boxwood press, 346p.
- Mokhtarian, P. L.; Salomon, I. (1994) Modeling the choice of telecommuting: setting the context. *Environment and Planning*, v.26A, n.5, p.749-766.
- Morrison, D. (1967) *Multivariate statistical methods*. New York: McGraw-Hill. 338p.
- Neter, J.; Wasserman, W. (1974) *Applied linear statistical models: regression, analysis of variance and experimental design*. Illinois: R. Irwin, 842p.
- Noriega Vera, L.A.; Waisman, J. (2003) Contribuição das teorias comportamentais na adoção de políticas urbanas que restringem o uso do automóvel. *Anais do Congresso da Associação Nacional de Transporte Público*, 14, Vitória, 14-17 outubro.
- Noriega Vera, L.A. (2004) Aspectos relevantes do comportamento de usuários de automóveis: um estudo sob a ótica do consumo sustentável. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Novaes, A. G. (1986) *Sistemas de transportes*. V. I. São Paulo: Edgard Blücher, 424p.
- Richardson, A. et al. (1995) *Survey methods for transport planning*. Melbourne: Eucalyptus press., 459p.
- Schwartz, S. H. (1994) Are there universal aspects in the structure and contents of human values? *Journal of Social Issues*, v.50, n.4, p.19-45, Winter.
- Sörbom, D.; Jöreskog, K.G. (1982) The use of structural equation models in evaluation research. In: Fornell, C. (ed.). *A second generation of multivariate analysis*. Volume 1: Methods. New York: Praeger, p.381-418.

### Endereço dos autores

Universidade de São Paulo  
Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Transportes  
Cidade Universitária, São Paulo, S.P.

lalberto@usp.br  
sistran@sistran.com.br