

PREVISÃO E ANÁLISE DA ESCOLHA MODAL EM CIDADES DE MÉDIO PORTE COM BASE EM MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

RESUMO

A aplicação de modelos com base em dados desagregados constitui importante ferramenta para a análise da repartição modal. Este estudo trata de um modelo de divisão modal com base na pesquisa origem e destino (O/D) realizada numa cidade de médio porte. Para calibrar o modelo de base comportamental será empregado o *software Stastistical Package for Social Sciences* (SPSS). O processo de decisão do consumidor na fase de divisão modal em transportes é baseado em escolhas discretas e reflete características importantes dos sistemas de transportes, das viagens e do nível socioeconômico do consumidor. O “juízo de valor” do consumidor, sobre as alternativas e atributos dos modos de transportes, tornou-se representativo para modelar a demanda por transportes na etapa de divisão modal. O trabalho tratará a etapa de divisão modal com base nos modelos de escolha discreta que, estão fundamentados na teoria econômica do comportamento do consumidor e na teoria da utilidade aleatória.

1 INTRODUÇÃO

Os modelos de escolha discreta que são modelos de base comportamental representam o avanço dos métodos aplicados para calibrar os modelos de divisão modal, sendo possível estimar as probabilidades de escolha dos usuários.

Três tipos de modelos matemáticos têm sido usados para construir funções estocásticas de repartição modal para o comportamento individual, e estes são: análise discriminante, análise probit e análise logit (HUTCHINSON, 1979). Neste trabalho será empregado o modelo logit multinomial.

Nos modelos de escolha discreta, a probabilidade dos indivíduos escolherem uma determinada opção é função das suas características socioeconômicas e da relativa atratividade da opção (ORTUZAR e WILLUMSEN, 1994).

Utilizando-se então, os dados gerados pela pesquisa de origem e destino (O/D) domiciliar realizada em 2002 na cidade de Uberlândia, que considerou as características do sistema de transportes, das viagens e socioeconômicas dos usuários, a proposta desse trabalho é calibrar modelos de divisão modal baseados na teoria econômica do comportamento do consumidor e na teoria da utilidade aleatória, utilizando o *software* SPSS (Stastistical Package for Social Sciences) e dados da pesquisa origem/destino (O/D).

Os objetivos específicos são: estimar as probabilidades de escolha dos usuários por cada modo de transporte considerado na pesquisa O/D, avaliar o padrão de escolha modal para a amostra de 1067 indivíduos, considerando as 65 zonas de tráfego de Uberlândia (MG), mensurar a influência das variáveis sobre o padrão de escolha dos usuários, gerar cenários com base nos atributos das variáveis e definir o perfil do usuário de transporte por cada modal considerado.

2 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho consta de duas etapas principais. A primeira etapa trata a revisão dos aspectos teóricos sobre, o modelo de quatro etapas empregado em

planejamento de transportes (com ênfase na etapa de divisão modal) e dos fundamentos teóricos sobre os quais se assentam o modelo de escolha discreta (fundamentos da microeconomia).

A segunda etapa trata dos aspectos práticos do trabalho, em que será realizada a calibração do modelo de divisão modal e a geração dos cenários. Para o desenvolvimento dessa etapa foi necessário selecionar a amostra para o banco de dados.

2.1 O Banco de Dados

A pesquisa origem/destino (O/D) foi realizada em 2002 pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (FECIV) e a Secretaria Municipal de Trânsito e Transporte (SETTRAN). A amostra representativa foi constituída de 11.901 pessoas entrevistadas, em 3.126 domicílios.

O banco de dados que será utilizado na calibração dos modelos consta de uma amostra estratificada proporcional por zona de tráfego com margem de erro 3% e nível de confiança de 95%, num total de 1067 indivíduos. Nesse tipo de amostragem, o número de elementos a ser selecionado em cada estrato foi calculado da seguinte forma:

$$n1=(N1/N)*n \quad (1)$$

em que n1: tamanho da amostra do estrato;
N1: tamanho da população do estrato;
n: tamanho da amostra sem estratificação;
N: tamanho da população.

Na Tabela 1 foi feito o cálculo da amostra estratificada proporcional para as 65 zonas de tráfego. Observa-se que em alguns casos um único bairro foi dividido em mais de uma zona de tráfego, e nesses casos a amostra selecionada foi proporcional à população da zona e também proporcional ao número de indivíduos entrevistados em cada zona na pesquisa O/D.

Após determinar o tamanho da amostra de cada zona, fez-se a seleção aleatória dos indivíduos para compor o banco de dados. Para essa seleção gerou-se números aleatórios na planilha de cálculo (função aleatório) correspondente ao número do indivíduo no banco de dados da pesquisa O/D.

Feita a seleção da amostra para compor o banco de dados, o passo seguinte foi definir as variáveis que fariam parte deste. O banco de dados da pesquisa O/D possui variáveis explicativas sobre as características das viagens e dos indivíduos pesquisados.

Optou-se por selecionar no banco de dados da pesquisa O/D as seguintes variáveis: tempo de viagem, motivo de viagem, número de viagens realizadas pelo indivíduo, tempo de residência, tipo de domicílio, condição de moradia, nível de instrução, situação familiar, idade, sexo, classe de atividade e renda. Além disso, foram calculadas mais quatro variáveis:

- Uma variável relacionada ao nível socioeconômico do indivíduo com base no critério de classificação socioeconômico ABA/Abipeme (Associação Brasileira dos Anunciantes/Associação Brasileira dos Institutos de Pesquisa de Mercado), com as seguintes classes A1, A2, B1, B2, C1, C2, D e E;

- Duas variáveis considerando o uso e ocupação do solo (densidade populacional e densidade residencial da zona);
- E uma variável considerando o número de viagens/dia com origem nas zonas.

Tabela 1: População e amostra das 65 zonas de tráfego.

ZONA	BAIRRO (S)	POPULAÇÃO	AMOSTRA	ZONA	BAIRRO (S)	POPULAÇÃO	AMOSTRA
1	Centro	8546	15	34	Sta Mônica	33773	19
2	Nossa Sª Aparecida	14916	15	35	Segismundo Pereira	19380	5
3	Cazeca	3623	3	36	Sta Mônica	33773	24
4	Lídice	5612	10	37	Sta Mônica	33773	17
5	Fundinho	3329	6	38	Segismundo Pereira	19380	29
6	Osvaldo Rezende	24211	18	39	Lagoinha	12013	22
7	Martins	11243	9	40	Sta Luzia	4681	9
8	Bom Jesus	5882	11	41	Granada	9060	16
9	Nossa Sª Aparecida	14916	12	42	Laranjeira + São Jorge	43604	77
10	Cazeca	3623	4	43	Jardim Karaíba	2211	4
11	Tabajaras	7637	14	44	Nova Uberlândia		5
12	Daniel Fonseca	5710	11	45	Tubalina + Cidade Jardim	16610	30
13	Osvaldo Rezende	24211	25	46	Jardim das Palmeiras + Jardim Holanda +		
14	Martins	11243	11		Canãa + Panorama	27593	49
15	Bairro Brasil	15303	20	47	Morada Nova		*
16	Bairro Brasil	15303	7	48	Planalto	18237	32
17	Tibery	22583	3	49	Jaraguá	10043	18
18	Tibery	22583	6	50	Chácara Tubalina	4933	9
19	Tibery	22583	31	51	Mansour	9087	16
20	Saraiva	10085	18	52	Jardim Patricia + Dona Zulmira	10377	19
21	Vigilato Pereira	5310	10	53	Luizote de Freitas	22594	15
22	Morada da Colina	2034	4	54	Luizote de Freitas	22594	10
23	Patrimônio	3956	7	55	Luizote de Freitas	22594	15
24	São José + Jardim Brasília	15958	28	56	Taiaman	8729	16
25	Presidente Roosevelt	25087	35	57	Tocantins + Guarani	25697	46
26	Presidente Roosevelt	25087	9	58	Morada do Sol	480	1
27	Maravilha + Pacaembu	16057	29	59	Distrito Industrial	2999	6
28	Residencial Gamado + Esperança	2892	6	60	Minas Gerais	6542	12
29	Sta Rosa	20020	36	61	Buritis	9677	17
30	Cruzeiro do Sul	7008	13	62	Jardim Ipanema	7474	14
31	Marta Helena	11657	21	63	Mansões Aeroporto	1468	3
32	Umuarama	3643	7	64	Dom Almir	4404	8
33	Custódio Pereira	11086	20	65	Morumbi + Alvorada	16799	30
* não censiado					População (2007)	608369	1067

Por fim, selecionada a amostra, as variáveis e o conjunto de escolha que foi dado pelos modos de transportes disponíveis nos dados da pesquisa O/D (ônibus, escolar, automóvel como motorista ou passageiro, van, motocicleta, bicicleta, caminhada e caminhão) o próximo passo foi importar o banco de dados do formato *x/s* para o software SPSS.

2.2 Considerações Sobre o Modelo Empregado

A análise Logit permite calcular a probabilidade da escolha baseado na importância dos atributos e em como eles interferem no processo de avaliação dos usuários (HUTCHINSON, 1979). No software SPSS, pretende-se calibrar um modelo do tipo logit multinomial.

A probabilidade de escolha nesse modelo é calculada com a seguinte expressão:

$$P_h(i) = \frac{e^{\beta V_{ih}}}{\sum_j e^{\beta V_{jh}}} \quad (2)$$

em que $P_h(i)$: é a probabilidade de escolha da alternativa i para o indivíduo h ;

V_{ih} e V_{jh} : as utilidades sistemáticas das alternativas i e j para o indivíduo h , respectivamente;

β : o parâmetro escalar da distribuição de Gumbel $(0, \beta)$ que se aproxima da distribuição normal ($\mu = 0$ e $\sigma = 1$);

C_h : conjunto de alternativas disponíveis para o indivíduo h .

O modelo pode ser usado em situações em que se deseja classificar os sujeitos segundo um conjunto de variáveis preditoras, assumindo-se que a variável dependente, que no caso é a escolha do modo de transporte, deve ser categórica e as variáveis independentes podem ser categóricas ou variáveis contínuas.

O objetivo então será chegar a uma equação para ΔU em função dos atributos, de modo que, ao final tenha-se uma equação de probabilidade em função da variação de um ou mais atributos.

No processo de calibração e ajuste do modelo no *software* Statistical Package for Social Sciences (SPSS) a estimativa dos parâmetros é realizada através de um algoritmo iterativo de máxima verossimilhança, o ajuste por esse método fornece os coeficientes da função utilidade. Os métodos estatísticos considerados para o ajuste do modelo são o coeficiente de determinação (ρ^2), o erro padrão (s_e), o coeficiente de regressão (s_b) e o teste “t”.

3 CONSIDERAÇÕES

Os modelos estão em fase de calibração e ajuste. Estão sendo gerados modelos considerando apenas as variáveis socioeconômicas e de características da viagem, e modelos em que serão introduzidas as variáveis de densidade populacional e residencial, e de número de viagens geradas por zona.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESPINO, R. S.. **Análisis y Predicción de La Demanda de Transporte de Pasajeros: Una Aplicación al Estudio de Dos Corredores de Transporte en Gran Canaria.** Tese de Doutorado. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 2003. 188 p.

HUTCHINSON, B. G.. **Princípios de Planejamento dos Sistemas de Transporte Urbano.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois S. A., 1979, 416 p.

MANSKI, C.. **The Structure of Random Utility Models.** *Theory and Decision*, v. 8, n° 3, p. 229-254, 1977.

Disponível em: <www.sciencedirect.com>

NOVAES, A. G.. **Sistemas de Transportes: Análise da Demanda.** Edgard Blücher Ltda. Vol. 1. São Paulo - SP, 1986, 151 p.

ORTÚZAR, J. de D. e ROMÁN, C.. **El Problema de Modelación de Demanda Desde Una Perspectiva Desagregada: el caso del transporte.** *Eure*, v. 29, n° 88, p. 149-171, 2003.

ORTÚZAR, J. de D. e WILLUMSEN, L. G.. **Modelling Transport.** Inglaterra: John Wiley e Sons Ltda., 1990, 375 p.