

RELAÇÕES ENTRE PARTICIPAÇÃO EM ATIVIDADES, CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, USO DO SOLO E PADRÕES DE VIAGENS URBANAS

Cira Souza Pitombo

Eiji Kawamoto

Universidade de São Paulo/ Escola de Engenharia de São Carlos

Orlando Strambi

Universidade de São Paulo/ Escola Politécnica

RESUMO

Este trabalho se propõe a encontrar relações entre padrões de viagens e três grupos de variáveis: (1) características socioeconômicas; (2) participação em atividades; e (3) fatores do meio (especificamente uso do solo). Baseou-se nos dados da Pesquisa Origem-Destino de 1997 da Região Metropolitana de São Paulo. Foram extraídas duas sub-amostras de trabalhadores, caracterizadas por setor econômico (indústria e comércio). Com utilização conjunta de técnicas de Análise Multivariada, foi possível encontrar relações entre variáveis envolvidas (Árvore de Decisão) e mensurar a significância estatística das variáveis independentes (Regressão Linear Múltipla). Através dos resultados obtidos, analisou-se a influência dos três grupos de variáveis na sequência de viagens: (1) variáveis socioeconômicas (Renda familiar, Usa Vale Transporte, N° de automóveis no domicílio) afetam principalmente a sequência de modos de transporte; (2) participação em atividades (Estuda, Trabalha) interfere na sequência de atividades; e, (3) variáveis de uso do solo influenciam a sequência de destinos escolhidos.

ABSTRACT

The purpose of this work is to find relationships between travel patterns and three groups of variables: (1) socioeconomic characteristics; (2) activity participation; and (3) environmental attributes (particularly land use). The research was based on data from the Origin-Destination survey carried out in the São Paulo Metropolitan Area in 1997, from which two sub-samples of working individuals were extracted, according to economic sector (industry and commerce). Applying Multivariate Analysis techniques, it was possible to find relationships between the concerned variables (Decision Tree) and to measure the statistical significance of the independent variables (Multiple Regression). The results allow the analysis of the influence of the three groups of variables on travel/activity patterns: (1) socioeconomic variables (Household Income, Transit Voucher use, Car-ownership) affect the sequence of travel modes; (2) activity participation (Study, Work) has an effect on the sequence of trip purposes; and (3) land use variables influence the sequence of chosen destinations.

1. INTRODUÇÃO: CONTEXTUALIZANDO O TEMA

Os indivíduos deslocam-se no meio urbano considerando suas necessidades de realizar atividades fora do domicílio, suas próprias características individuais, atributos domiciliares e características do seu meio. Tornou-se então um dos objetos da Análise de Viagens baseada em Atividades investigar as variáveis que interferem nas escolhas dos padrões de viagens. Foi sugerida a influência de três fatores principais nos itinerários de viagens realizados pelos indivíduos (Strathman e Dueker, 1995; Bhat e Singh, 2000): (1) participação em atividades; (2) características socioeconômicas; e (3) fatores do meio (adensamentos residenciais, proximidade entre localidades, cobertura espacial da rede de transporte, etc.).

1.1 Características socioeconômicas e participação em atividades

A influência das características socioeconômicas e da participação das pessoas em diversas atividades na formação de padrões de viagens vem sendo estudada ao longo dos anos (Ye et al, 2007; Lu e Pas, 1999). De fato, na literatura predomina a afirmação de que características dos deslocamentos pessoais podem ser determinadas pelo sexo, posse de automóveis (Strambi et al, 2004; McGuckin e Murakami, 1999), papel do indivíduo no domicílio e alocação de tarefas (Simma e Axhausen, 2001) e participação em atividades (classificadas geralmente como subsistência, lazer, saúde, compras, etc.).

Contudo, deve-se ressaltar que características socioeconômicas e participação em atividades são apenas partes de um conjunto de variáveis que permite explicar o comportamento concernente à escolha do padrão de viagens. Assim como a posse de automóveis influencia a escolha

modal, características como distribuição das atividades no meio urbano e facilidade de acesso a determinadas atividades interferem nas escolhas dos diferentes destinos. O meio onde os indivíduos residem, ou trabalham, intuitivamente, exerce influência no processo de tomada de decisões para realização de diversos padrões de viagens urbanas.

1.2 Fatores do meio

Fatores do meio urbano como redes de infra-estrutura viária, a localização das diversas atividades nas cidades, densidades, uso do solo influenciam o comportamento de viajantes urbanos. No presente trabalho são propostas variáveis de uso do solo (definidas aqui como distribuição espacial e intensidade de atividades por setor econômico).

A constatação de que políticas de uso do solo podem influenciar o comportamento relacionado a viagens é proveniente da observação da correlação entre tais variáveis. Diversos trabalhos corroboram a afirmação de que uso do solo (caracterizado como densidades urbanas, cidades compactas ou não, maior ou menor dispersão de atividades no meio urbano, etc.) possui alta correlação com comportamento relacionado a viagens, principalmente considerando escolha modal (Cervero e Radisch, 1996; Ewing, 1995). A Figura 1 sintetiza três grupos de variáveis que afetam decisões individuais referentes a viagens (seja na escolha modal, dos destinos, ou nos motivos de viagem).

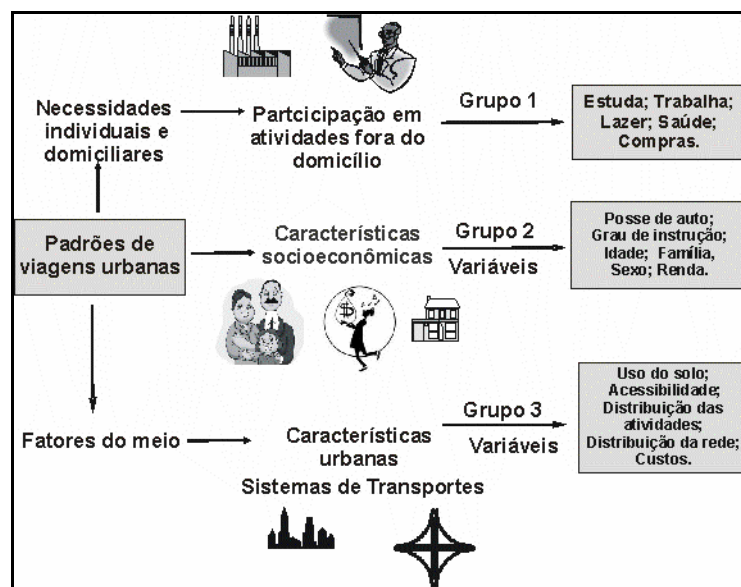


Figura 1 Grupos de variáveis x comportamento relacionado a viagens

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho proposto é encontrar relações entre padrões de viagens urbanas (variável dependente) e os três grupos de variáveis independentes discutidos anteriormente: (1) participação em atividades; (2) características socioeconômicas e; (3) fatores do meio (distribuição e intensidade de atividades, definidas aqui como variáveis de uso do solo).

Para se atingir o objetivo do presente trabalho, foram realizadas sete etapas que serão sumariadas nas próximas seções. Vale destacar a importância de duas etapas que correspondem respectivamente às seções 7 e 8:

- Parte 1 (Análise exploratória – Aplicação de Árvore de Decisão (AD)) - Encontrar relações *a priori* desconhecidas e;

- Parte 2 (Análise confirmatória – Aplicação de Regressão Linear Múltipla (RLM)) - Ratificar as relações encontradas, mensurando a contribuição das variáveis e trazendo inferência estatística à análise.

3. ESCOLHA DAS TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS (AM)

O conjunto de técnicas estatísticas conhecidas como Análise Multivariada de Dados (AM), permite ao pesquisador sintetizar a complexidade dos dados, detectando padrões, relações e outras particularidades e auxiliando o desenvolvimento de hipóteses e modelos adequados.

As técnicas de AM classificam-se em dois grandes grupos: (1) Técnicas de AM confirmatórias; (2) Técnicas de AM exploratórias. As primeiras podem ser consideradas extensões de técnicas estatísticas tradicionais (regressão linear simples – regressão linear múltipla; ANOVA – MANOVA). A rigor, esse conjunto inclui muitas outras técnicas, tais como Análise Fatorial, Regressão Logística Multinomial e etc. São técnicas predominantemente confirmatórias, sendo que a inferência estatística é a sua base.

O segundo grupo citado tem como principal objetivo extrair informação válida, previamente desconhecida, a partir de grandes bases de dados. Técnicas exploratórias permitem que pesquisadores explorem modelos analíticos não necessariamente fundamentados na inferência estatística. Tais métodos, na maioria das vezes, permitem uma estimação empírica ao invés de suposição estatística. Cita-se como exemplo de técnicas de AM exploratórias Redes Neurais Artificiais, Árvores de Decisão, Algoritmos Genéticos.

A aplicação conjunta dos dois tipos de técnicas pode trazer benefícios e resultados mais interessantes. Técnicas exploratórias permitem encontrar relações e modelos inicialmente desconhecidos. Enquanto que as confirmatórias podem mensurar o nível de ajuste dos modelos, ou a significância das variáveis envolvidas.

No presente trabalho foram utilizadas duas técnicas de AM: (1) Árvore de Decisão (AD): para encontrar relações entre as variáveis dependente e independentes; e (2) Regressão Linear Múltipla (RLM): para trazer inferência estatística ao estudo.

4. ESTUDO DE CASO: REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

O estudo é baseado nos dados da Pesquisa Origem-Destino (O-D) da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), realizada em 1997, por meio de entrevista domiciliar, pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (METRÔ-SP). Na época, a RMSP contava com uma população de aproximadamente 17 milhões de habitantes, distribuídos em 39 municípios.

A região foi subdividida em 389 zonas de tráfego. A pesquisa domiciliar levantou dados socioeconômicos e características das viagens realizadas. O banco de dados da RMSP é composto originalmente de 98.780 indivíduos.

A fase de tratamento de dados incluiu as seguintes etapas: **(1)** Eliminação de dados incompletos; **(2)** Eliminação de indivíduos que tenham realizado uma ou mais de quatro viagens, com intuito de limitar a complexidade da análise (4.080 indivíduos/4,13% da amostra inicial); **(3)** Eliminação dos indivíduos que não tenham tido como origem e destino final a residência; **(4)** Eliminação dos indivíduos que não viajaram no dia anterior ao da pesquisa.

Partindo-se da hipótese de que a distribuição de atividades no meio urbano interfere nos deslocamentos individuais, realizou-se uma análise da distribuição espacial de empregos industriais e comerciais na área de estudo, apresentada na próxima subseção.

4.1 Distribuição geográfica de atividades econômicas

Observa-se que no caso de empregos na indústria (Figura 2), há uma concentração maior em algumas regiões: (1) Pimentas, Rodovia Presidente Dutra e Guarulhos; (2) grande ABCD; e (3) zonas pertencentes aos municípios de Barueri e Osasco. Apesar de se verificar uma leve concentração nas zonas centrais, pode-se afirmar que há basicamente três pólos industriais.

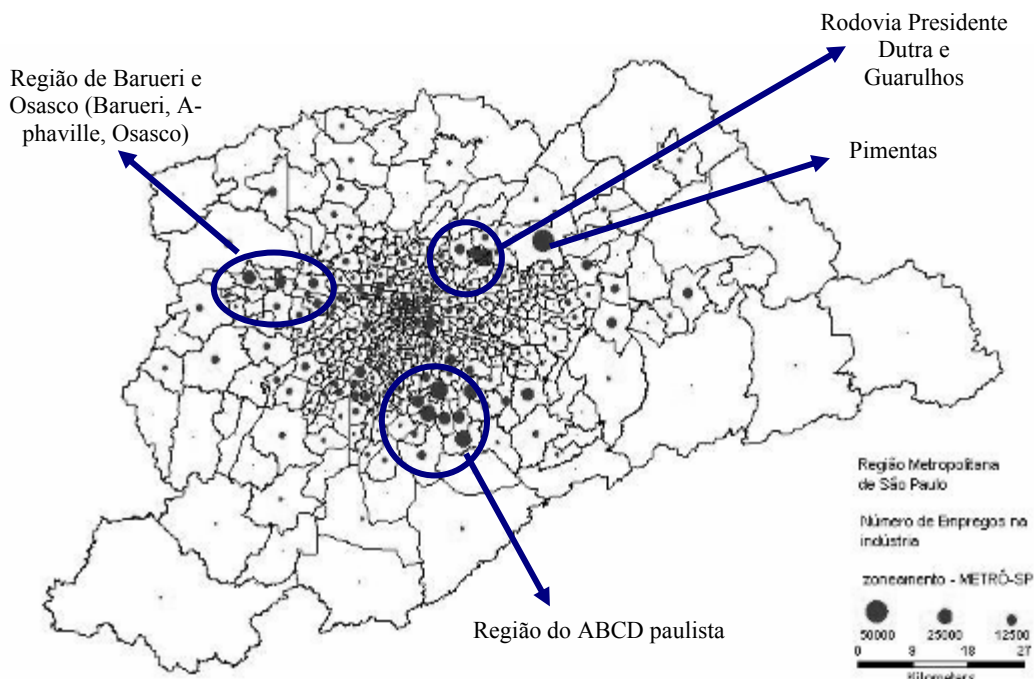


Figura 2 Distribuição de empregos na indústria. Fonte: METRÔ-SP

No caso de empregos no setor comercial (Figura 3), há forte concentração de tais atividades na região central. Também observa-se grande número de empregos em tal atividade na região do ABCD paulista e em mais quatro pólos: (1) Itaquaquecetuba, Suzano e Mogi das Cruzes; (2) Guarulhos e Vila Galvão; (3) Carapicuíba, Jardim Veloso e Santo Antônio; e (4) região um pouco a sudoeste do centro, abrangendo principalmente Jardim São Luís, Centro Empresarial e Vila Santa Catarina. Nota-se que a atividade comercial é relativamente dispersa pela RMSP e possui basicamente seis pólos de concentração de empregos.

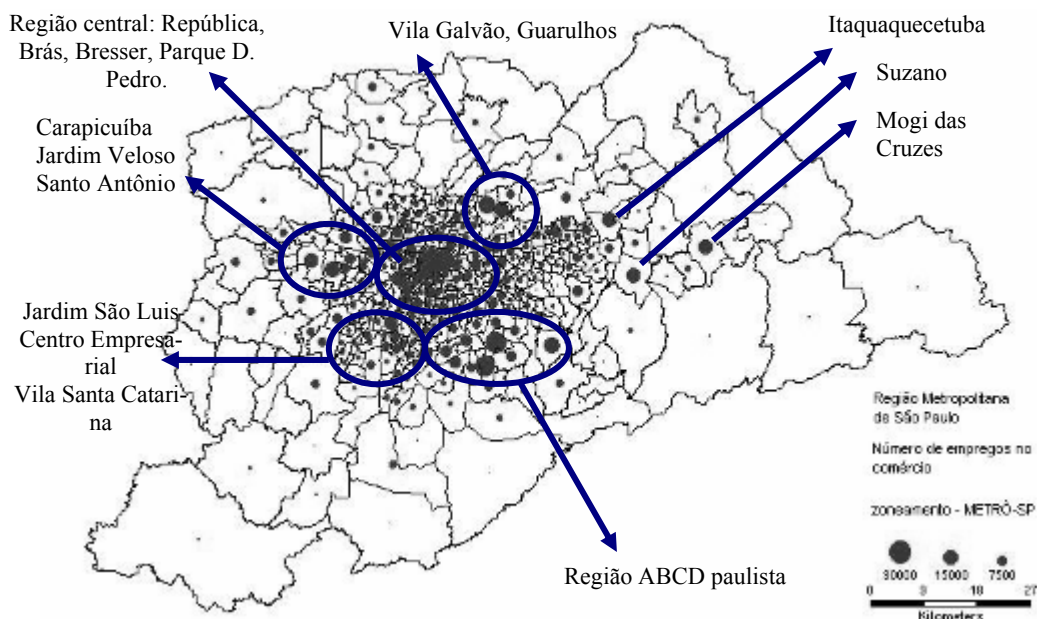


Figura 3 Distribuição de empregos no comércio. Fonte: METRÔ-SP

Observando-se a distribuição geográfica do número de empregos nos dois setores econômicos, verificou-se que empregos no setor industrial concentram-se em alguns pólos principais da região de estudo, enquanto que há oferta de empregos no setor comercial distribuída por toda a região. Assim, optou-se por fazer uma análise separada por setor econômico para melhor investigação dos resultados.

Após tratamento dos dados, foram utilizadas duas sub-amostras, provenientes da amostra original, caracterizadas pelo setor de emprego dos indivíduos: (1) trabalhadores no setor industrial; (2) trabalhadores no setor comercial.

O intuito era evidenciar a possível influência do uso do solo comparando os dois casos específicos. Espera-se que o uso do solo exerça maior influência no caso dos industriários, pois se constata que há uma relativa concentração do número de empregos na indústria em determinadas zonas de tráfego.

5. VARIÁVEIS INDEPENDENTES

Conforme o objetivo principal da pesquisa, as variáveis independentes (categóricas ou numéricas) utilizadas no trabalho pertencem a três grupos principais de variáveis: (1) características socioeconômicas; (2) participação em atividades; e (3) características de uso do solo. As variáveis pertencentes aos dois primeiros grupos foram escolhidas com base na literatura, bem como disponibilidade de dados:

(A) Socioeconômicas: Renda Familiar (R\$); N° de automóveis no domicílio; Posição do indivíduo no domicílio (1: chefe; 2: cônjuge; 3: filho; 4: parente; 5: empregada; 6: visitante); Total de pessoas no domicílio; Grau de instrução (1: Não alfabetizado; 2: Pré-escola; 3: 1º grau incompleto; 4: 1º grau completo; 5: 2º grau incompleto; 6: 2º grau completo; 7: superior incompleto; 8: superior completo); Sexo; Idade; Usa Vale Transporte.

(B) Participação em atividades de subsistência: Trabalha (1: Assalariados; 2: Autônomos; 3: Não Trabalha); Estuda (1: Não Estuda; 2: Pré-escola; 3: 1º / 2º / 3º graus; 4: outros).

As variáveis do terceiro grupo, descritas detalhadamente a seguir, foram propostas baseadas nos princípios do modelo de oportunidades intervenientes (Schneider, 1959).

5.1. Variáveis de uso do solo

Para elaboração das variáveis de uso do solo, partiu-se do princípio adotado no modelo de oportunidades intervenientes, que admite que numa área urbana todas as viagens são tão curtas quanto possível, sendo apenas longas o necessário para atingirem o destino aceitável mais próximo, onde o propósito do viajante é satisfeito. Neste trabalho, as variáveis de uso do solo foram representadas em termos de grau de “oportunidade acumulada” por faixa de distância.

Qual o significado do termo grau de “oportunidade acumulada”? No presente trabalho, “oportunidade” refere-se à oferta de empregos por setor econômico. Considerando as duas sub-amostras adotadas neste trabalho, o termo “oportunidade” representa “Parcela (em %) do total de empregos na indústria” (para o caso de industriários) e “Parcela (em %) do total de empregos no comércio” (para o caso de comerciários). Assim, acumularam-se tais parcelas de empregos em faixas de distância, consideradas entre o centróide da zona de residência até centróides das zonas localizadas a: 5 km, 10 km, 15 km e 20 km, gerando desta forma o termo “oportunidade acumulada”.

A Figura 4 (a, b e c) exemplifica a proposta das variáveis de uso do solo. A zona de origem é a central “A” (sombreada). Na etapa (a) estão representados os valores das “oportunidades” em (%) em cada zona, assim como distâncias em linha reta a partir do centróide de “A”. Em

(b) são mostrados os cálculos das “oportunidades acumuladas” para cada uma das quatro faixas de distância. Finalmente, na etapa (c) são ilustradas as variáveis de uso do solo propostas a partir da zona de tráfego A.

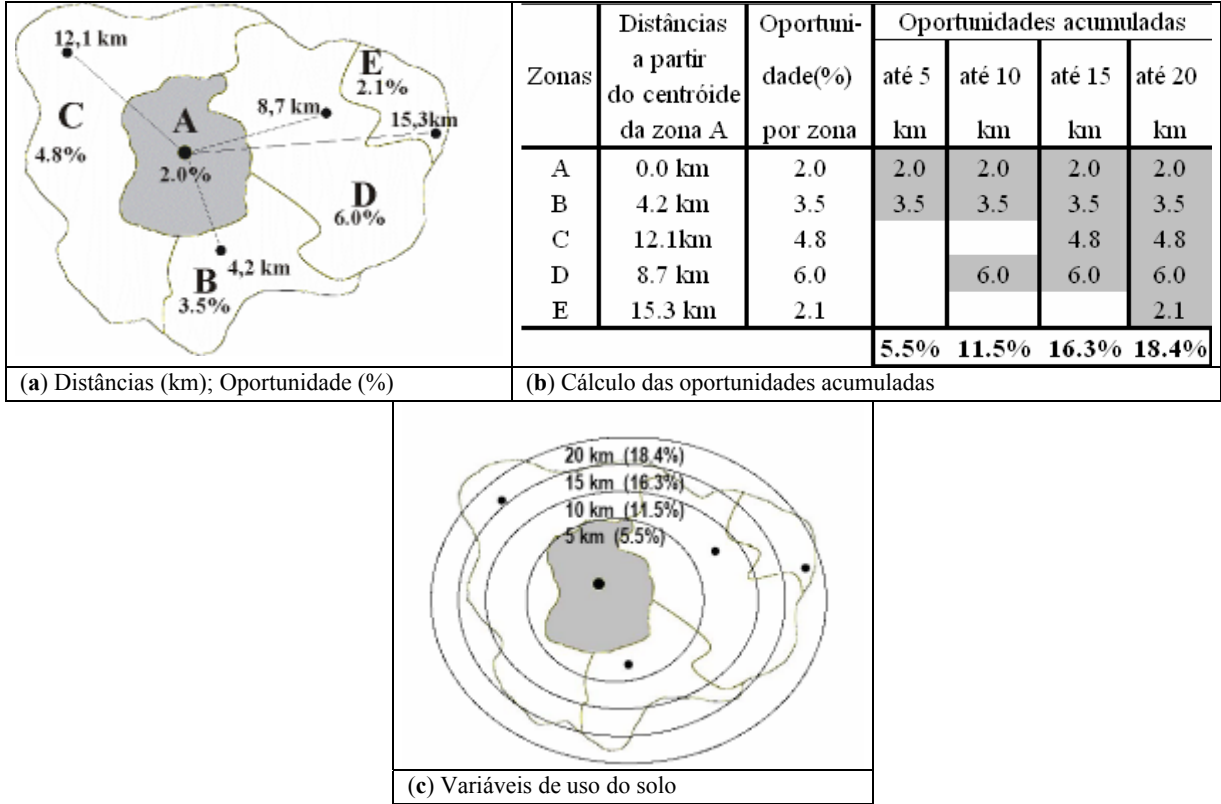


Figura 4 Proposta do conjunto de variáveis de uso do solo

Este conjunto de variáveis de uso do solo aqui definidas representam basicamente a distribuição e intensidade de atividades no meio urbano (Oportunidade acumulada na indústria até 5 km da zona da residência, Oportunidade acumulada na indústria até 10 km da zona da residência e assim sucessivamente).

6. VARIÁVEL DEPENDENTE

Neste estudo, a finalidade é representar as seqüências de viagens realizadas, segundo os motivos de viagem, modos de transporte e destinos escolhidos pelos indivíduos no período de um dia. Para que os padrões de viagens representem os atributos propostos, foram realizadas as seguintes etapas: (1) representação da seqüência de atividades ou motivo de viagem, (2) representação da seqüência de modos principais utilizados, (3) representação da seqüência de destinos, (4) obtenção dos padrões finais – combinação das etapas anteriores. Os atributos de viagem são agrupados e representados através de letras e números conforme a Tabela 1.

Tabela 1 Agrupamento dos atributos de viagem para codificação dos padrões

Motivo de viagem	(H) Residência; (W) Trabalho; (S) Escola; (A) outras atividades
Modo de transporte	(P) Particular; (T) Coletivo; (N) Não motorizado
Destinos	(1) até 5 km do centróide da zona do domicílio ; (2) 5 a10 km do centróide da zona do domicílio; (3) 10a 15 km do centróide da zona do domicílio; (4) mais de 15 km do centróide da zona do domicílio.

Desta forma, as categorias da variável dependente são representadas por códigos alfa-numéricos, que correspondem à seqüência dos atributos de viagens mencionados.

Assim, na primeira etapa, os padrões de viagens, representados por uma sequência de letras (H, W, S, A), indicam as atividades realizadas pelos indivíduos ao longo do dia e a ordem cronológica em que as atividades são desenvolvidas (p.ex: **HSH: casa – escola – casa**).

Analogamente, na etapa subsequente, as letras (P, T, N) indicam o modo de transporte principal utilizado nas viagens (p.ex: **NP: Não motorizado (1ª viagem) - Particular (2ª viagem)**).

Na terceira etapa, os padrões de viagens referentes aos destinos foram representados por números (1, 2, 3 e 4), cujos Algarismos expressam as distâncias do centróide da zona de domicílio até o centróide da zona de destino. O primeiro e último números caracterizam a origem e destino final (no caso, a residência), sempre representados pelo número 1 (p.ex: **1421 - Representa indivíduos que saíram inicialmente do domicílio (1) e realizaram três viagens: 1º destino – localiza-se a uma distância acima de 15 km do centróide da zona de residência (4); 2º destino - situa-se entre 5 e 10 km do centróide da zona de residência (2) ; e 3º destino – residência (1)**).

A partir da codificação atribuída nas etapas iniciais, os padrões finais foram representados por três conjuntos de caracteres: o primeiro, referente à sequência de atividades (**HWAH**, por exemplo), o segundo correspondente à sequência dos modos de viagens (**TTT**, por exemplo) e o terceiro correspondente à sequência de destinos (**1121**, por exemplo). Assim, obtém-se o padrão final **HWAH TTT 1121** ilustrado na Figura 5.

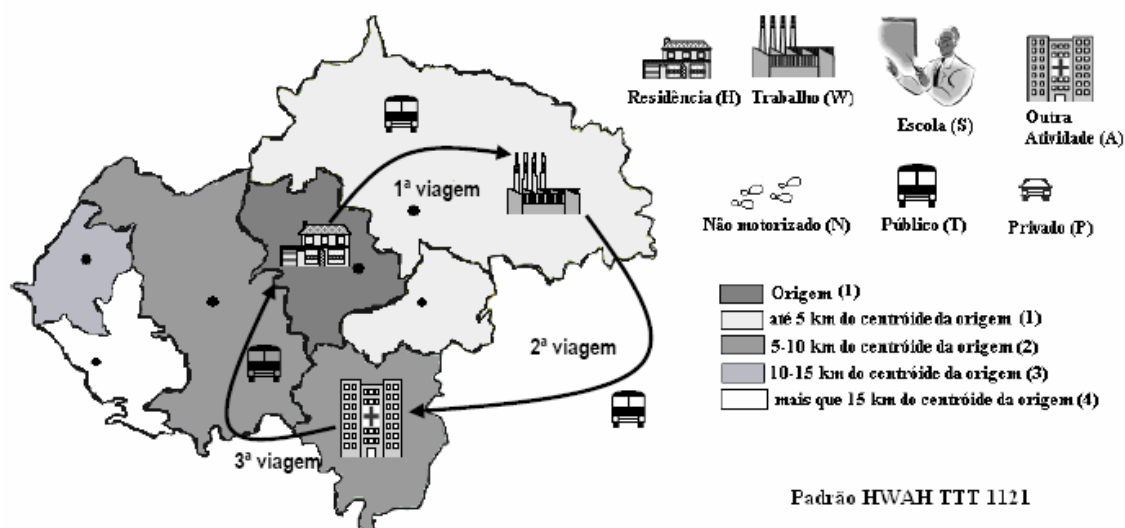


Figura 5 Representação do padrão HWAH TTT 1211

Após representação das categorias da variável dependente, houve eliminação daqueles indivíduos que realizavam padrões de viagem menos frequentes em cada uma das amostras devido à limitação de 128 categorias de variáveis dependentes do *software* utilizado. Finalmente, foram obtidas duas sub-amostras: (A) Industriários – 4.102 indivíduos; e (B) Comerciantes – 6.043 indivíduos.

7. PARTE 1: ANÁLISE EXPLORATÓRIA

Nesta etapa da análise foram processadas duas Árvore de Decisão (AD) através do *software* S-Plus 6.1. Utiliza-se uma variante do algoritmo do CART (*Classification and Regression Tree*), que estabelece uma relação entre variáveis independentes e variável dependente. O algoritmo é ajustado mediante sucessivas divisões binárias no conjunto de dados, de modo a tornar os subconjuntos resultantes cada vez mais homogêneos, em relação à variável depen-

dente. Essas divisões são representadas por uma estrutura de árvore binária, sendo que cada nó corresponde a uma divisão.

Assim, partiu-se das amostras de industriários e comerciários, 128 categorias de variável dependente (padrões de viagens) e das variáveis independentes numéricas e categóricas que fazem parte dos três grupos de variáveis mencionados no trabalho. As árvores, ilustradas na Figura 6, foram geradas com desvio mínimo de 0.15, apresentando como resultado final 10 folhas (industriários) e 8 folhas (comerciários).

Assim, para o caso de industriários observaram-se as seguintes relações entre as variáveis envolvidas: (1) Características socioeconômicas (N° de automóveis no domicílio - AUT; Renda Familiar - RF; Usa Vale Transporte - VTRA) influenciam predominantemente a sequência de modos de transportes utilizados; (2) Participação em atividades (Estuda) influencia a sequência de atividades e; (3) Uso do solo (Oportunidade acumulada na indústria até um raio de 5 km da residência (IND 5 km); Oportunidade acumulada na indústria até um raio de 10 km da residência (IND 10 km); Oportunidade acumulada na indústria até um raio de 15 km da residência (IND 15 km)) exercem influência na sequência de destinos.

Para o caso de comerciários observam-se as mesmas relações entre características socioeconômicas e escolha da sequência de modos de transporte, no entanto, verifica-se a seleção de mais uma variável referente à participação em atividades (Trabalha). Esta variável exerce influência na escolha da sequência de motivos de viagem. Ela teve poder discriminante devido a características da amostra, pois há maior número de trabalhadores autônomos no setor comercial. Além disso, verifica-se seleção de apenas uma das variáveis de uso do solo na amostra de comerciários (COM 5 km). No caso de trabalhadores no setor comercial, as variáveis de uso do solo não interferem tanto na escolha da sequência de destinos. Este resultado já era esperado, uma vez que empregos no setor comercial estão bastante dispersos e não se observam pólos de concentração tão demarcados como no caso do setor industrial.

Pode-se citar alguns exemplos de como cada variável se relaciona ao comportamento de viagens em ambas as amostras ou em alguns dos dois casos especificamente:

- (1) Indivíduos que residem em domicílios com automóveis possuem maior tendência a utilizar automóveis (PP) para realizar suas viagens;
- (2) Indivíduos que possuem Vale Transporte (variável que também pode ser caracterizada indiretamente como de custo de transporte) utilizam com maior frequência transporte público (TT). Verificam-se casos específicos, em ambas as amostras, de indivíduos que optam pelo uso de transporte público para realização de viagens longas (141), mesmo quando possuem automóveis no domicílio. Nestes casos, considerando a distância a ser percorrida (mais que 15 km), o custo da viagem provavelmente será menor com a utilização de transporte público (tarifa de transporte público fixa – especificamente para a RMSP). Estes casos estão destacados na Figura 6;
- (3) Indivíduos com maiores rendas utilizam mais frequentemente automóveis para realização de viagens (Para o caso de industriários, por exemplo, indivíduos com renda familiar superior ou igual a R\$ 2970 utilizam automóvel - “PP” - com maior predominância);
- (4) Especialmente no caso de industriários, indivíduos que residem em zonas de tráfego com poucas oportunidades de empregos nas suas proximidades (IND 5 km < 3.22%, por exemplo) tendem a realizar viagens mais longas ao trabalho (HWH TT 141);
- (5) Os comerciários realizam, com maior frequência, viagens curtas (“111”). Pode-se explicar tal resultado com base na maior dispersão geográfica de atividades comerciais na RMSP. Pro-

vavelmente, indivíduos que trabalham no setor do comércio residem próximos aos seus respectivos locais de trabalho;

(6) Em ambas as amostras, a variável “Estuda” influencia a sequência de atividades. Observa-se que aqueles indivíduos que estudam, além de trabalhar nos setores industrial ou comercial, realizam predominantemente seqüências de atividades relacionadas ao trabalho e ao estudo.

Desta forma, na etapa exploratória do trabalho foram analisados os resultados obtidos com o processamento das árvores para as duas amostras. Verificou-se influência de algumas variáveis independentes nas seqüências de viagens realizadas pelos indivíduos (seja na seqüência de atividades, na seqüência de modos de transporte ou na seqüência de destinos). Quanto ao conjunto de variáveis de uso do solo ora proposto, verificou-se a maior influência de tais variáveis nas amostras compostas por industriários. Este fato justifica-se pela concentração geográfica de oferta de empregos na indústria na RMSP.

Visando corroborar tais afirmações e buscando associar inferência estatística às variáveis independentes, a próxima etapa do método consiste na aplicação da Regressão Linear Múltipla (RLM) para estimação de parâmetros que comprovem a contribuição das variáveis independentes na realização de determinados padrões de viagens. Observa-se na Figura 6 as árvores obtidas para cada amostra e apenas o padrão de viagem mais freqüente em cada folha. Dentro dos retângulos estão representados os valores das variáveis selecionadas para partição dos dados, bem como a seqüência de atributos de viagem influenciada pelas respectivas variáveis (por exemplo, “AUTO = 0” implica no uso de transporte público ou modo não motorizado – “TT” ou “NN” ou “NNNN”).

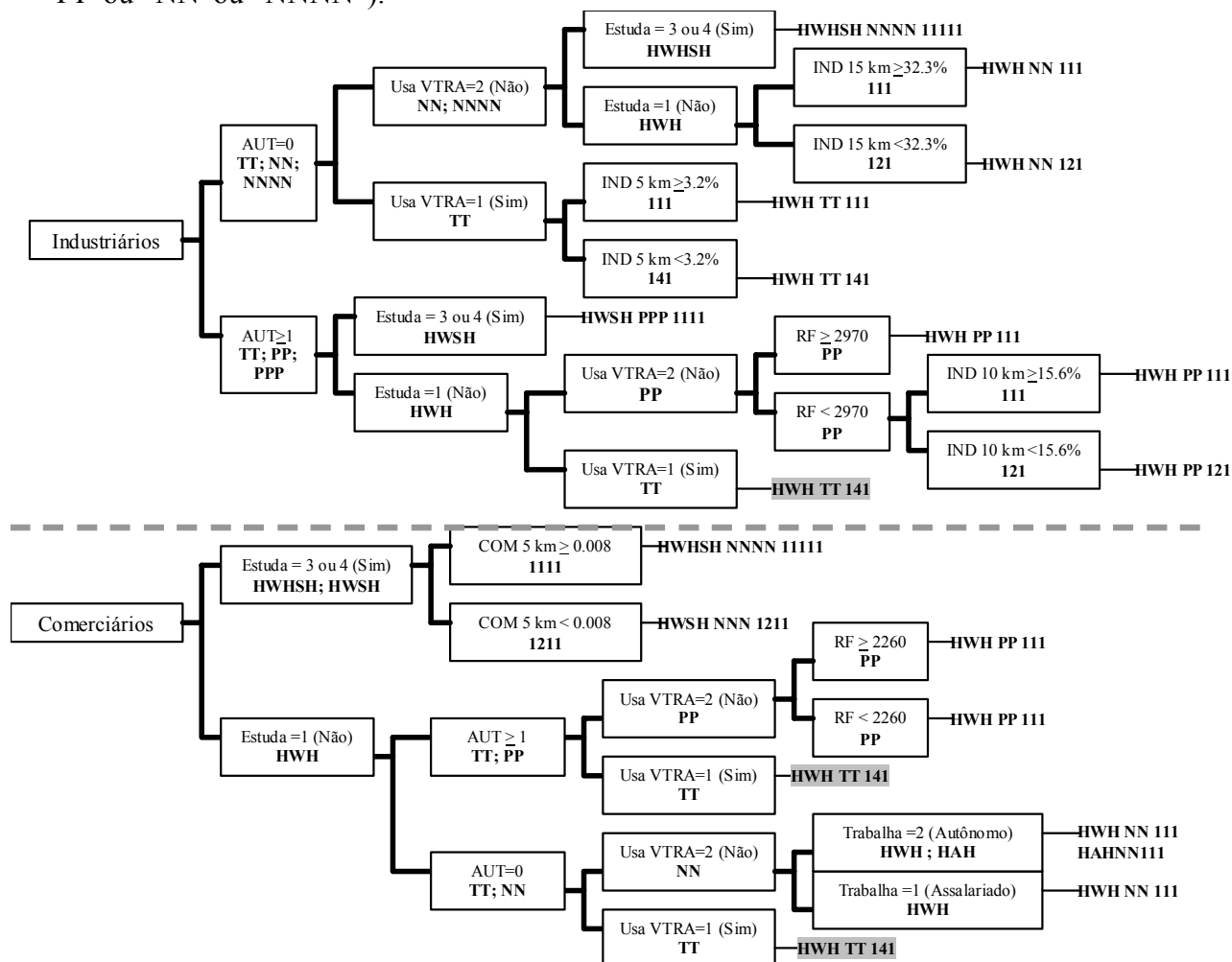


Figura 6 AD obtidas para industriários e comerciários

8. PARTE 2: ANÁLISE CONFIRMATÓRIA

Neste trabalho, a aplicação da RLM deu-se em conjunto com a AD. Para obtenção dos resultados nesta fase confirmatória foram realizadas as seguintes etapas: (1) Discretização das variáveis independentes; (2) Representação das variáveis dependentes; (3) Análise de correlação entre variáveis; (4) Obtenção de modelos lineares e análise dos resultados.

Na primeira etapa foi realizada a discretização das variáveis independentes. As variáveis contínuas foram divididas em classes com o intuito de reduzir o efeito da eventual não-linearidade na relação entre variáveis independentes e variável dependente. Cada classe foi associada a uma variável *dummy* e os valores para escolha das classes das variáveis *dummy* foram obtidos com a aplicação da AD. Desta forma a variável IND 5 km, por exemplo, que antes era uma variável contínua, torna-se uma variável binária, assumindo os seguintes valores: (A) IND 5 km < 3.2% (0); (B) IND 5 km ≥ 3.2% (1). Este processo foi repetido considerando todas as variáveis independentes selecionadas pela AD, bem como os valores resultantes para partição dos dados.

Para representação das variáveis dependentes considera-se o seguinte exemplo: (1) Observa-se o indivíduo 1, pertencente à amostra de industriários; (2) No processamento da AD, o indivíduo 1 é classificado como pertencente ao nó terminal 8; (3) As pessoas que compõem a folha 8 possuem a probabilidade de 0.22 de realizar o padrão HWH TT121, por exemplo; (4) Essa probabilidade de realizar o padrão HWH TT121 (0.22) seria o valor da variável dependente – “y” – correspondente ao indivíduo 1. Neste trabalho foi considerada a probabilidade de ocorrência (variando de 0 a 1), para cada indivíduo das amostras, de três padrões de viagem: HWH TT 141; HWH NN 111 e HWH PP 111. Assim, são obtidos três modelos lineares por amostra (seis no total), onde as variáveis dependentes são as probabilidades de ocorrência por indivíduo de cada um dos três padrões de viagem adotados.

Representadas as variáveis independentes (*dummy*) e as variáveis dependentes (numérica – 0 a 1), fez-se uma análise de correlação entre todas as variáveis envolvidas. Variáveis independentes altamente correlacionadas foram descartadas dos modelos. Desta forma, se duas variáveis independentes tinham alta correlação, era descartada da análise aquela (dentre as duas altamente correlacionadas) que possuía menor correlação com a variável dependente.

A Tabela 2 traz cada um dos seis modelos lineares obtidos, valores de R e R², coeficientes associados a cada uma das variáveis, bem como a estatística t.

Tabela 2 Resultados da aplicação da RLM

Indústria (4.102 indivíduos)										
	cte	AUT	VTRA	RENDA	ESTUDA	IND 5 km	IND 10 km	IND 15 km	R	R ²
HWH TT141	B	0,261	-0,009	-0,109	-0,025	-0,048				
	t	145,850	-9,980	-56,560	-9,090	-16,920			0.934	0.725
HWH NN111	B	0,077	-0,133	0,175	-0,770	-0,360	0,026		0.951	0.784
	t	39,640	-61,780	81,370	-25,330	-11,260	12,690			
HWH PP111	B	-0,021	0,102	0,047	0,031	-0,045		0,020	0.920	0.716
	t	-22,680	101,940	47,300	22,000	-30,627		20,672		
comércio (6.043 indivíduos)										
	cte	AUT	VTRA	RENDA	ESTUDA	TRABALHA	COM 5 km		R	R ²
HWH TT141	B	0,199	-0,002	-0,132	-0,019	-0,107	-0,009	0,044		
	t	100,240	-28,740	-103,830	-15,290	-74,070	-8,130	23,330	0.885	0.783
HWH NN111	B	0,114	-0,087	0,149	-0,026	-0,043	-0,012	-0,026	0.845	0.713
	t	44,170	-59,560	89,380	-16,520	-22,910	-8,160	-10,740		
HWH PP111	B	-0,033	0,106	0,065	0,034	-0,063	-0,005	0,008	0.864	0.746
	t	-14,370	74,680	44,330	24,400	-38,080	-3,550	3,740		

AUT=0 - (0) e AUT ≥ 1 - (1); VTRA=1 (usa) - (0) e VTRA=2 (não usa) - (1); RENDA (IND) < 2970 - (0) e RENDA (IND) ≥ 2970 - (1); RENDA (COM) < 2260 - (0) e RENDA (COM) ≥ 2260 - (1); ESTUDA=1(Não) - (0); ESTUDA>1 (Sim) - (1); TRABALHA = 1 (Assalariado) - (0); TRABALHA=2 (Autônomo) - (1); IND 5 km < 3.2; -(0); IND 5 km > 3.2 - (1); IND 10 km < 15.6; - (0); IND 10 km ≥ 15.6 - (1); IND 15 km < 32.3 - (0); IND 15 km > 32.3 - (1); COM 5 km < 0.008; - (0); COM 5 km ≥ 0.008 - (1).

Pode-se afirmar que todos os seis modelos obtidos foram considerados bons, com valores de R^2 variando de 0,713 (modelo HWHNN111 da amostra de comerciários) a 0,784 (modelo HWHNN111 da amostra de industriários). Por exemplo, 78,4% da variância da variável dependente (probabilidade de cada um dos indivíduos pertencente à amostra de industriários escolher o padrão de viagem HWHNN111) é explicada pelas variáveis independentes incluídas no modelo.

Analisando cada uma das variáveis independentes individualmente, verifica-se que foram consideradas significativas, com valores relativamente altos da estatística t associados a cada uma delas. Além disso, todos os valores dos coeficientes estimados para cada variável foram coerentes. A seguir é descrita a contribuição observada de cada uma das variáveis envolvidas na realização dos três padrões de viagens considerados (HWHTT141; HWHNN111 e HWHPP111).

(1) Socioeconômicas:

1.1 N° de automóveis no domicílio (AUT): o fato de haver pelo menos um automóvel no domicílio (valor um para a variável AUT), contribui negativamente para realização do padrão HWHTT141 e HWHNN111. Foi visto que indivíduos trabalhadores que residem em domicílios onde há pelo menos um automóvel, realizam predominantemente viagens utilizando transporte particular motorizado. Assim, os coeficientes estimados para a variável AUT assumem valores positivos para o padrão de viagem onde se observa uso de automóvel, como no modelo HWHPP111 (.102 e .106). No entanto, verifica-se uma contribuição negativa pequena desta variável considerando o padrão HWHTT141 (-.009 e -.002). Isto corrobora a afirmação mencionada anteriormente que para realização de viagens mais longas (“141”) muitas vezes os indivíduos optam pelo transporte público, mesmo quando possuem automóveis.

1.2 Usa Vale Transporte (VTRA): O não uso de Vale Transporte (valor um para a variável VTRA) contribui fortemente para não realização do padrão HWHTT141 (-.109 e -.132), por isso encontra-se um valor alto e negativo para os coeficientes estimados para a variável em ambas as amostras. Foi vista a importância desta variável na escolha da sequência de modos de transportes, especialmente modo de transporte público. O valor estimado do coeficiente para esta variável ratifica o que foi dito anteriormente a respeito dos resultados obtidos com a AD. São encontrados valores positivos para os coeficientes estimados para a referida variável no caso dos modelos associados aos padrões de viagem com uso de modo privado ou não motorizado (HWHPP111, HWHNN111);

1.3 Renda Familiar (RENDA): Foi dito anteriormente que indivíduos com maiores rendas possuem uma maior tendência ao uso de automóvel. Assim, o fato de indivíduos possuírem rendas familiares superiores ou iguais a R\$ 2970 (industriários) ou R\$ 2260 (comerciários) - (valor um para a variável RENDA) contribui negativamente para realização dos padrões HWHTT141 e HWHNN111. Pode-se verificar valores positivos de coeficientes para os modelos referentes ao padrão HWHPP111 (onde há uso de automóvel na sequência de viagens).

(2) Participação em atividades:

2.1 Estuda: Os resultados obtidos com a AD sugerem que indivíduos que estudam (além de trabalharem no setor industrial ou comercial) realizam seqüências de atividades relacionadas ao trabalho e ao estudo. Desta forma, o fato de os indivíduos participarem em atividades de estudo (valor um para a variável ESTUDA) contribui de forma negativa para a realização dos três padrões, pois neste caso os únicos motivos das viagens são TRABALHO/RESIDÊNCIA;

2.2 Trabalha: Caso a variável assumo valor um (ou seja, “trabalhadores autônomos”), esta contribui negativamente para realização dos três padrões. Trabalhadores autônomos podem realizar outras atividades não relacionadas ao trabalho com maior freqüência, devido a possível não necessidade de realizar viagens diárias ao trabalho. Provavelmente, se fossem obtidos

modelos associados a diferentes seqüências de atividades (como HAH ou HAHWH, por exemplo), os valores obtidos fossem positivos.

(3) Uso do solo: O alto valor do coeficiente estimado para tal variável no modelo HWHTT141(industriários) explicita a sua importância principalmente na escolha de destinos. Indivíduos que residem em zonas com maior oportunidade acumulada na indústria ($IND\ 5\ km \geq 3.22\%$) possuem uma forte tendência a escolher destinos próximos. Assim, caso a variável “IND 5 km” tenha valor um (ou seja, $IND\ 5\ km \geq 3.22\%$), esta contribui fortemente de maneira negativa para realização do padrão HWHTT141 (onde as viagens têm distâncias superiores a 15 km). Considerando a amostra de comerciários, a variável de uso do solo não teve uma contribuição tão forte. O maior valor de coeficiente estimado foi 0,044 para a variável “COM 5 km” no modelo HWHTT141.

9. CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que o objetivo principal, que é analisar o comportamento individual subjacente ao encadeamento de viagens sob a perspectiva dos três grupos de variáveis principais, foi atingido. Com utilização conjunta de técnicas de AM, exploratórias e confirmatórias, foi possível encontrar relações entre variáveis envolvidas (AD) e, finalmente, ratificar tais relações e mensurar a significância estatística das variáveis independentes (RLM).

Através dos resultados obtidos, pôde-se analisar a influência dos três grupos de variáveis na seqüência de viagens: (1) variáveis socioeconômicas (Renda familiar, Usa Vale Transporte, Nº de automóveis) afetam principalmente a seqüência de modos de transporte utilizados; (2) participação em atividades (Estuda, Trabalha) interfere na seqüência de motivos de viagem; e, enfim, (3) variáveis de uso do solo (Oportunidade acumulada por faixas de distância a partir do centróide da zona de residência) influenciam a seqüência de destinos escolhidos. Espera-se que o presente trabalho constitua uma contribuição ao meio acadêmico, tanto em termos de representação da intensidade e distribuição geográfica das atividades no meio urbano (variáveis de uso do solo), quanto em relação à investigação da influência de um conjunto de variáveis nos deslocamentos dos indivíduos.

Além disso, considerando que na RMSP vem ocorrendo um aumento do emprego no setor terciário, em detrimento dos empregos no setor industrial, os resultados indicam que devem ocorrer mudanças no padrão de deslocamentos dos indivíduos, haja vista as diferenças de comportamento relativo à escolha de destinos observadas entre trabalhadores dos dois setores devido à distribuição geográfica de tais atividades.

AGRADECIMENTO: A FAPESP e ao CNPQ, pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhat, C.R.; S.K Singh. (2000) A comprehensive daily activity-travel generation model system for workers. *Transportation Research Part A*, v.34, p.1-22.
- Cervero, R.; C. Radisch (1996) Pedestrian versus automobile oriented neighborhoods. *Transport Policy*, v.3, p.127-141.
- Ewing, R. (1995) Beyond density, mode choice, and single-purpose trips. *Transportation Quarterly*, v. 49, p. 6-23.
- Lu, X.; E.I. Pas (1999) Socio-demographics, activity participation and travel behavior. *Transportation Research Part A*, v.33, p.1-18.
- Mcguckin N.; E. Murakami (1999) Examining trip-chaining behavior: Comparison of travel by men and women. *Transportation Research Record*, ISSN 0361-1981, nº 1693, p. 79-85.
- Schneider, M. (1959) Gravity models and trip distribution theory. *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, v.5, p.51-56.
- Simmma, A.; K.W. Axhausen, (2001) Within household allocation of travel: the case of upper Austria. *Transportation Research record*, ISSN 0361-1981, nº 1752, p. 69-75.
- Strathman, J.G.; K.J Dueker, K.J. (1995) *Understanding Trip Chaining. 1990 NPTS Special Reports on Trip and Vehicle Attributes*. Report FHWA-PL-95-033.
- Strambi, O.; K.M Vespucci; K. Van de Bilt (2004) *Analysis of the evolution of classes of individual patterns and their relation to socio-demographic and economic variables*. IN: 83RD Annual Meeting of Transportation Research Board, 2004, Washington, D.C. Compendium of Papers CD-ROM.
- Ye, X.; R.M. Pendyala.; G. Gottardi, (2007) An exploration of the relationship between mode choice and complexity of trip chaining patterns. *Transportation Research Part B*, v.41, p.96-113.