



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Amâncio, Marcelo Augusto; da Penha Sanches, Suely

A forma urbana e as viagens a pé - estudo de caso em uma cidade brasileira de porte médio

Acta Scientiarum. Technology, vol. 30, núm. 2, 2008, pp. 147-154

Universidade Estadual de Maringá

Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226522004>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# A forma urbana e as viagens a pé – estudo de caso em uma cidade brasileira de porte médio

Marcelo Augusto Amâncio\* e Suely da Penha Sanches

Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, km 235, 13565-905, São Carlos, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: marceloaamancio@yahoo.com.br

**RESUMO.** Este trabalho examina o relacionamento entre diversas características da forma urbana e o comportamento de viagem em uma cidade brasileira de porte médio, usando modelos de escolha modal que consideram os modos de transporte a pé e por automóvel particular. A fim de avaliar a influência marginal das variáveis que medem a forma urbana sobre a opção modal, dois modelos do tipo *logit* foram calibrados. O primeiro modelo (básico) inclui apenas uma variável socioeconômica (disponibilidade de automóvel) e o comprimento da viagem a ser realizada. O segundo modelo (expandido) inclui, além das variáveis do modelo básico, informações sobre as características da forma urbana nos setores de origem das viagens. Conforme o esperado, os modelos sugerem que maior diversidade de usos do solo e melhor permeabilidade nas zonas de origem das viagens aumentam a probabilidade de viagens a pé. Por outro lado, a densidade de ocupação na zona de origem não apresentou efeito significativo na opção pela caminhada.

**Palavras-chave:** pedestres, viagens a pé, modelo *logit*, TransCad, forma urbana.

**ABSTRACT. The urban form and foot travel – a case study in a mid-size brazilian city.** This paper examines the relationship between several features of urban form and travel behavior in a mid-size Brazilian city, using modal choice models that consider walking and private automobile as the means of transportation. In order to evaluate the marginal influence of urban form variables on modal choice, two logit-type models were calibrated. The first model (basic) includes only a socioeconomic variable (automobile availability) and the trip length. The second model (expanded) includes, in addition to the variables of the basic model, information on the characteristics of urban form in the areas of trip origin. As expected, the models suggest that a greater diversity of soil uses and better permeability in the areas of trip origin increase the probability of foot travel. On the other hand, occupation density in the area of trip origin showed no significant effect over the choice for walking.

**Key words:** pedestrian, foot travel, logit model, TransCad, urban form.

## Introdução

O relacionamento entre o ambiente construído e o comportamento individual de viagens tem sido uma área de pesquisa bastante explorada nos últimos anos. Planejadores urbanos têm analisado novos conceitos conhecidos por “Novo Urbanismo”, “Vizinhanças Amigáveis” e “Desenvolvimento Orientado para Transporte Coletivo” visando promover formas urbanas cujos atributos incentivem o uso de modos de transporte alternativos ao automóvel particular (Cervero, 2002).

Diferentes características das viagens urbanas, como a frequência, os modos de transporte utilizados, o comprimento e o tempo gasto têm sido estudados para várias configurações de zonas urbanas (Frank e Pivo, 1995; Handy, 1996; Cervero e Kockelman, 1997), para vários padrões de uso do

solo (Greenwald e Boarnet, 2001; Crane e Crepeau, 1998; Kitamura *et al.*, 1997) e para vários padrões de sistema viário (Cervero e Kockelman, 1997).

Estes estudos são importantes porque se constituem na fundamentação teórica e empírica que pode auxiliar os planejadores urbanos na tomada de decisão sobre políticas de uso do solo urbano. No entanto, a grande maioria deles trata de cidades de países desenvolvidos, especialmente dos Estados Unidos. Uma das exceções é o trabalho de Zegras (2004), realizado para a cidade de Santiago do Chile.

Embora alguns pesquisadores sejam pessimistas quanto à possibilidade de características da forma urbana poderem afetar a demanda de transporte nos países em desenvolvimento (Ingram, 1998), o Banco Mundial, em sua recém-lançada estratégia de

transporte urbano (World Bank, 2002) identifica a necessidade de ênfase em políticas e instrumentos relacionados à ocupação urbana que influenciem a escolha modal, beneficiando o transporte coletivo e os transportes não-motorizados. A operacionalização desta ênfase depende de um melhor entendimento do relacionamento entre a forma urbana e o comportamento de viagens nos países em desenvolvimento.

Nesse sentido, este trabalho examina a associação entre diversas características da forma urbana e o comportamento de viagem em uma cidade brasileira de porte médio, usando um modelo de escolha modal que considera os modos de transporte a pé e por automóvel particular.

Foram incluídas, na análise, apenas as viagens curtas, com até 2,0 km de comprimento (cerca de 30 min. de caminhada). As viagens curtas têm sido objeto de várias políticas de transporte urbano que visam atrair, para as caminhadas, os usuários de automóvel (Mackett, 2003). Embora a definição de viagem curta varie muito (alguns trabalhos consideram como curtas viagens de até 8,0 km), considerou-se que, para as condições de uma cidade brasileira de porte médio, o limite aceitável deveria ser um comprimento de viagem de 2,0 km.

### A forma urbana e as viagens a pé

A literatura que analisa o comportamento de viagens em relação ao ambiente construído tem aumentado consideravelmente na última década (Badoe e Miller, 2000; Polzin, 2004; Moudon *et al.*, 2005). A premissa básica destes estudos é que as características locais da forma urbana podem influenciar o comportamento de viagens de três modos básicos: (1) reduzindo o número de viagens motorizadas; (2) aumentando a parcela de viagens não-motorizadas; e (3) reduzindo as distâncias de viagem em veículos motorizados.

Muitos destes estudos sugerem que a presença de certos atributos da forma urbana, como a mistura de usos do solo e maiores densidades urbanas, está relacionada com maior número de viagens não-motorizadas (Greenwald e Boarnet, 2001; Frank e Pivo, 1995; Handy, 1996; Kitamura *et al.*, 1997; Rajamani *et al.*, 2005). Alguns pesquisadores (Cervero and Kockelman, 1997; Srinivasan, 2002) incorporaram explicitamente medidas desses atributos ou incluíram fatores compostos para representar um indicador de conveniência para pedestres em equações de regressão ou modelos de divisão modal calibrados para prever o comportamento de viagens.

A questão do relacionamento entre o ambiente

construído, o comportamento de viagens e a saúde pública tem sido também objeto de estudo (Handy *et al.*, 2002; Rodríguez e Joo, 2004). A conclusão dos estudos realizados permite inferir que a combinação de forma urbana e sistemas de transporte que incentivem as caminhadas e o uso da bicicleta ajudam a criar comunidades mais ativas, saudáveis e amigáveis.

Cervero (2002), Schwanen e Mokhtarian (2005) e Cao *et al.* (2005) sugerem que uma abordagem alternativa para a análise da influência da forma urbana sobre os modos de transporte utilizados deveria incluir, além das variáveis socioeconômicas e de uso do solo, um bloco de variáveis relacionadas a atitudes e estilo de vida dos indivíduos. Os autores argumentam que muitos indivíduos optam por residir em áreas mais densas e com uso do solo diversificado, justamente para poderem utilizar mais facilmente os modos de transporte não-motorizados.

Esses estudos ajudaram a esclarecer alguns pontos sobre a influência da forma urbana sobre a demanda de transporte. No entanto, os resultados não são conclusivos. Algumas das análises sugerem que características como maiores densidades, usos do solo mistos e um desenho do sistema viário com maior conectividade, realmente, provocam diminuição no índice de motorização e no uso do automóvel e aumentam o uso do transporte coletivo e do modo a pé. Outras análises chegaram à conclusão de que essas características provocam impacto muito fraco. A razão desses resultados contraditórios é atribuída a metodologias mal definidas, a pouca disponibilidade de dados e a modelos não muito bem especificados (Boarnet e Crane, 2001a; Badoe e Miller, 2000; Cervero, 2002).

Em resumo, algumas ambiguidades empíricas e teóricas ainda permanecem com relação ao impacto da forma urbana sobre a realização de viagens não-motorizadas. A presença de usos mistos, melhor conectividade das vias e maiores densidades de ocupação parece incentivar os modos não-motorizados de transporte. Por outro lado, as evidências com relação a outras características da forma urbana, tais como a presença de calçadas, a largura das calçadas e a topografia, são inconclusivas (Cervero, 2002).

### Variáveis que Caracterizam a Forma Urbana

Uma análise da literatura sobre a influência da forma urbana na opção por determinado modo de transporte permite identificar diversas características que podem ser utilizadas para explicar a opção pelo modo a pé. Estas características são, em geral,

classificadas em três grupos: densidade, diversidade de usos do solo e desenho das vias, conhecidos como os 3Ds do ambiente construído (Cervero e Kockelman, 1997; McNally e Kulkarni, 1997).

### Variáveis relacionadas à densidade urbana

Frequentemente, as medidas de densidade populacional e de usos não-residenciais são utilizadas para análise do comportamento de viagem (Cervero e Kockelman, 1997; VTPI, 2000; Boarnet e Crane, 2001b). Uma das vantagens apontadas para o uso dessas variáveis é a facilidade com que as informações para sua estimativa podem ser coletadas.

Áreas com altas densidades estão associadas à maior concentração de atividades, tanto residenciais quanto comerciais, e facilitam aos habitantes da região a realização de suas atividades diárias usando modos de transporte não-motorizados (modo a pé ou bicicleta).

A variável utilizada, neste trabalho, para representar o aspecto de densidade de uma zona urbana foi a densidade de ocupação (Equação 1).

$$Docup_i = \frac{AC_i}{A_i} \quad (1)$$

em que:

$Docup_i$  = densidade de ocupação do setor censitário  $i$ ;

$AC_i$  = área construída no setor censitário  $i$  (ha);

$A_i$  = área do setor censitário  $i$  (ha).

### Variáveis relacionadas à diversidade de usos do solo

A diversidade (mistura) de usos do solo refere-se à proximidade das atividades residenciais, de comércio e serviços, diminuindo a distância entre a origem e o destino das viagens. Alguns estudos indicam que o aumento da diversidade de uso do solo incentiva a substituição de viagens de automóvel por viagens a pé (Arruda, 2000; Boarnet e Crane, 2001b; Cervero e Kockelman, 1997; Shriver, 1997; Sun *et al.*, 1998).

A variável utilizada, neste trabalho, para medir a diversidade de uso do solo é o Índice de Entropia. Este índice avalia a distribuição da área construída entre as diferentes categorias de usos do solo dentro de uma determinada região e pode ser estimado por meio da Equação (2).

$$E_i = - \sum_{j=1}^k (p_{ji})(ln p_{ji}) \quad (2)$$

em que:

$E_i$  = índice de entropia no setor censitário  $i$ ;

$p_{ji}$  = parcela da área construída ocupada pelo uso do solo  $j$  no setor  $i$ ;

$k$  = número de categorias de uso do solo consideradas (residencial, comercial e industrial).

O índice de entropia pode variar entre 0 (homogeneidade - existe apenas um tipo de uso do solo no setor) e 1 (heterogeneidade - o setor é ocupado por parcelas iguais de todos os usos do solo considerados).

### Variáveis Relacionadas ao Desenho das Vias

Neste artigo, utiliza-se o termo “Desenho das Vias” para representar a forma e o padrão do sistema viário. Mantém-se, no entanto, o termo desenho das vias para remeter ao conceito dos 3Ds do ambiente construído (Cervero e Kockelman, 1997; McNally e Kulkarni, 1997).

O desenho das vias é uma característica de grande importância na motivação para o uso do modo a pé na realização das viagens urbanas diárias. Verificou-se, na literatura pesquisada, que vários estudos apontam o padrão viário em forma de grelha como sendo o mais eficiente para incentivar as viagens a pé, por oferecer maior variedade de opções de rotas. Esta forma de sistema viário é associada às zonas com características “tradicionalis”, que tornam mais atraentes o transporte coletivo e os modos não-motorizados, ao contrário de zonas “modernas”, com muitos *cul-de-sacs*, que dificultam as caminhadas (Alan, 2001; Boarnet e Crane, 2001b; Cervero e Kockelman, 1997).

Uma das maneiras de medir a relação entre o desenho das vias e a opção modal de transporte é o Índice de Permeabilidade, que tem sido usado para medir a maior ou menor facilidade de deslocamento dos pedestres em uma cidade. Este índice representa a relação entre a distância em linha reta e a distância real que o pedestre deve percorrer entre a origem e o destino de sua viagem (Equação 3).

$$Ip_i = \frac{dd_i}{dr_i} \quad (3)$$

em que:

$Ip_i$  = índice de permeabilidade para pedestres no setor censitário  $i$ ;

$dd_i$  = distância direta média (em linha reta) entre as interseções no setor censitário  $i$ ;

$dr_i$  = distância real média (pelo caminho mais curto) entre as interseções no setor censitário  $i$ .

O índice pode variar de 0 a 1. Se o *IP* for igual a 1, o ambiente é perfeitamente adequado ao pedestre, permitindo que este caminhe diretamente ao seu destino, percorrendo o caminho mais curto.

## Material e métodos

Para aplicação desses conceitos, foi realizado um estudo de caso na cidade de São Carlos, Estado de São Paulo, uma cidade de porte médio, com cerca de 200 mil habitantes. Os dados referentes à forma urbana foram coletados em nível de setor censitário e foram mapeados e analisados utilizando as ferramentas disponíveis no software TransCAD (Caliper, 1996).

Foram utilizadas três bases cadastrais digitalizadas: do sistema viário, dos setores do cadastro imobiliário urbano e dos setores censitários. As informações contidas no cadastro imobiliário da cidade de São Carlos (referentes ao ano de 2003) foram utilizadas para a estimativa das densidades de ocupação e das diversidades de uso do solo nos setores censitários. Neste cadastro, os imóveis urbanos são divididos em três categorias principais de uso: residencial, comercial (que inclui serviços) e industrial. Assim sendo, para o cálculo dos Índices de Entropia, foram considerados apenas três tipos de uso do solo.

As informações referentes às viagens foram obtidas por Arruda (2005) por meio de diários de viagem. Do banco de dados gerado a partir desse levantamento de dados foram extraídas as viagens com até 2,0 km de comprimento. A Tabela 1 apresenta as características gerais dessas viagens.

**Tabela 1.** Características gerais das viagens.

Motivo	Número de viagens	Modo	Número de viagens
Trabalho	80 (15,0%)	Automóvel	340 (63,8%)
Estudo	117 (22,0%)	A pé	193 (36,2%)
Compras	56 (10,5%)		
Assuntos pessoais	51 (9,6%)		
Volta para casa	179 (33,5%)		
Leva e traz	30 (5,6%)		
<b>TOTAL</b>	<b>513 (100,0%)</b>		

Pode-se verificar que apenas dois modos de transporte foram utilizados nas viagens: o modo a pé e o automóvel (como motorista e como carona), porque as viagens por transporte coletivo e por bicicleta foram eliminadas quando se excluíram as viagens com mais de 2,0 km.

Dos 245 setores censitários da cidade de São Carlos, 65 apareceram com setores de origem das viagens com até 2,0 km. A Tabela 2 apresenta o resumo estatístico das características desses setores e

das viagens incluídas na análise.

Não foi feita nenhuma estratificação com relação ao motivo das viagens, porque o número de viagens por alguns motivos ficaria muito pequeno (Tabela 1). Os modelos calibrados consideraram todos os motivos.

**Tabela 2.** Características das viagens e dos setores censitários.

	Média	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão
Características das viagens				
Comprimento da viagem (km)	0,94	0,10	2,00	0,53
Disponibilidade de automóvel (*)	0,87	0,20	2,60	0,53
Características dos setores de origem das viagens				
Área (ha)	13,49	2,36	52,29	8,28
Densidade de ocupação	0,41	0,07	0,86	0,19
Entropia	0,37	0,04	0,99	0,20
Permeabilidade	0,76	0,59	0,89	0,07

(\*) número de autos no domicílio do indivíduo dividido pelo número de moradores habilitados para dirigir.

Foram calibrados modelos de escolha modal do tipo *logit* binomial, para analisar o relacionamento entre as características da forma urbana e a opção pelo modo a pé para viagens curtas (Equação 4).

$$P_{pe} = \frac{\exp(U_{pe})}{\exp(U_{pe}) + \exp(U_{auto})} \quad (4)$$

em que:

$U_{pe}$  = probabilidade de escolha do modo a pé;

$U_{pe}$  = utilidade do modo a pé;

$U_{auto}$  = utilidade do modo automóvel.

Foram calibrados dois modelos a fim de avaliar a influência marginal das variáveis do ambiente construído sobre a opção modal. O primeiro modelo (básico) inclui apenas uma variável socioeconômica (disponibilidade de automóvel) e o comprimento da viagem a ser realizada. O segundo modelo (expandido) inclui, além das variáveis do modelo básico, informações sobre as características da forma urbana nos setores de origem das viagens.

Assim sendo, no modelo básico, as utilidades dos modos automóvel e a pé foram definidas conforme as Equações 5 e 6.

$$U_{auto} = Const + \alpha \times D_{auto} \quad (5)$$

$$U_{pe} = \beta \times C \quad (6)$$

em que:

$U_{auto}$  = utilidade do modo automóvel;

$U_{pe}$  = utilidade do modo a pé;

$D_{auto}$  = disponibilidade do automóvel;

$C$  = comprimento da viagem (km);

Const,  $\alpha$  e  $\beta$  = constante e coeficientes a serem calibrados.

Para o modelo expandido, as utilidades são descritas nas Equações 7 e 8.

$$U_{auto} = \text{Const} + \alpha \times D_{auto} \quad (7)$$

$$U_{pe} = \beta_1 \times C + \beta_2 \times docup + \beta_3 \times entrop + \beta_4 \times permeab \quad (8)$$

em que:

$docup$  = densidade de ocupação no setor de origem da viagem;

$entrop$  = entropia no setor de origem da viagem;

$permeab$  = permeabilidade no setor de origem da viagem;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  e  $\beta_4$  = coeficientes a serem calibrados.

## Resultados e discussão

A Tabela 3 apresenta o resultado da calibração do modelo básico e a Tabela 4 apresenta o resultado para o modelo expandido. Para o ajuste desses modelos, foram utilizadas as ferramentas disponíveis no software TransCad.

**Tabela 3.** Resultado da calibração do modelo básico.

Variável	Modo automóvel		Modo a pé	
	Coeficiente	Estatística t	Coeficiente	Estatística t
Const	-1,9971	-6,8267	-	-
Dauto	0,4232	2,1071	-	-
C (comprimento)	-	-	-2,6218	-10,1389
	Número de casos = 533			
Estatísticas do modelo	Chi-quadrado = 196			
	$p^2 = 0,2652$			

O modelo básico, apresentado na Tabela 3, que inclui apenas as variáveis  $Dauto$  (disponibilidade de automóvel) e  $C$  (comprimento da viagem), produziu resultado consistente com a teoria e com a expectativa. Verifica-se que a disponibilidade de automóvel está positivamente associada à utilidade do modo automóvel. Um aumento no valor dessa variável aumenta a probabilidade de escolha do automóvel. Por outro lado, o comprimento da viagem está negativamente associado à utilidade do modo a pé. Viagens mais longas diminuem a probabilidade de opção pela caminhada.

Quando as variáveis relacionadas à forma urbana são incluídas (modelo expandido, apresentado na Tabela 4), os impactos das variáveis  $Dauto$  e  $C$  não se alteram (ambas mantêm o sinal esperado e a significância). O efeito da mistura de usos do solo (variável  $entrop$ ) é significativo e positivo, indicando que um aumento na mistura de usos na zona de

origem da viagem está associado com um aumento na probabilidade de o indivíduo optar pelo modo a pé.

Do mesmo modo, o efeito da permeabilidade (variável  $permeab$ ) é significativo e positivo. A probabilidade de opção pelo modo a pé é maior para viagens com origem em setores mais permeáveis.

Estes dois resultados são consistentes com o esperado e com a teoria. A única variável de forma urbana que se mostrou não-significativa no modelo calibrado é a densidade de ocupação. Este resultado é surpreendente, porque se esperava que a probabilidade de opção pelo modo a pé fosse bastante influenciada pela densidade de ocupação da zona de origem da viagem (que representa mais oportunidades e destinos de viagens). No entanto, este resultado é consistente com o encontrado por Zegras (2004) para Santiago do Chile. Também no modelo chileno, a densidade (populacional) não se mostrou significativa na opção pelo modo a pé.

**Tabela 4.** Resultado da calibração do modelo expandido.

Variável	Modo automóvel		Modo a pé	
	Coeficiente	Estatística t	Coeficiente	Estatística t
Const	-1,9971	-6,8267	-	-
Dauto	0,4232	2,1071	-	-
C (comprimento)	-	-	-2,6218	-10,1389
<i>docup</i>	-	-	0,9207	1,4137
<i>entrop</i>	-	-	2,9777	4,1961
<i>permeab</i>	-	-	9,7823	4,7994
Estatísticas do modelo	Número de casos = 533 Chi-quadrado = 226 $p^2 = 0,3072$			

A comparação dos resultados obtidos com os modelos básico e expandido permite avaliar o efeito da inclusão das variáveis de forma urbana na expressão da utilidade do modo a pé. De maneira geral, o modelo expandido é estatisticamente melhor que o modelo básico. A estatística  $p^2$ , que avalia o ajuste do modelo, é maior para o modelo expandido. Também a estatística chi-quadrado, que avalia o poder de previsão do modelo, é maior para o modelo expandido.

Os ajustes dos modelos (medidos pelas estatísticas  $p^2$ ) são razoáveis. No entanto, é preciso considerar que modelos desse tipo costumam apresentar baixos níveis de ajuste (Zegras, 2004; Zhang e Kukadia, 2005). Para que o ajuste fosse considerado muito bom, o valor de  $p^2$  deveria ser superior a 0,4 (Ortúzar e Willumsen, 1994).

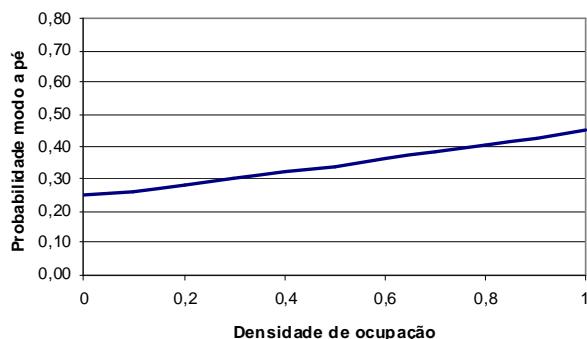
Estes ajustes apenas razoáveis podem ser derivados do fato de que foram omitidas do modelo

algumas variáveis que influenciam as viagens a pé, como a segurança, a seguridade e a qualidade do ambiente para pedestres (Ferreira e Sanches, 2001). Também podem ser por problemas com os dados, particularmente as variáveis de forma urbana utilizadas, que foram representadas de forma muito agregada (em nível de setor censitário). Os setores censitários incluídos na análise têm área média de cerca de 14 hectares, chegando até a 52 hectares. Assim sendo, as variáveis de forma urbana representam as características médias desses setores, e não as características efetivas em nível de vizinhança.

### Análise da sensibilidade do modelo

Foram estimadas as probabilidades de opção pelo modo a pé, para avaliar a sensibilidade dos resultados do modelo com relação aos valores das variáveis de forma urbana, alterando-se o valor dessas variáveis, dentro das faixas de valores encontrados para os setores censitários da cidade de São Carlos (Tabela 2).

A Figura 1 ilustra a probabilidade de escolha do modo a pé, em função da densidade de ocupação. Para a estimativa da utilidade dos modos, todas as variáveis foram consideradas em seus valores médios, exceto a densidade, que variou entre 0 e 1.



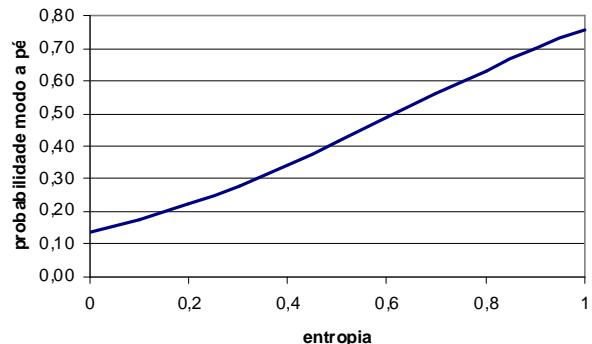
**Figura 1.** Variação da probabilidade de opção pelo modo a pé em função da densidade de ocupação.

Conforme indicado pelo modelo calibrado e pela Figura 1, o efeito de alterações na densidade de ocupação sobre a opção pelo modo a pé é pequeno. É necessária uma variação muito grande (não-realística) da densidade para que se observe uma variação significativa da utilização do modo a pé.

A Figura 2 ilustra a probabilidade de escolha do modo a pé, em função da entropia. Para a estimativa da utilidade dos modos, todas as variáveis foram consideradas em seus valores médios, exceto a entropia, que variou entre 0 e 1.

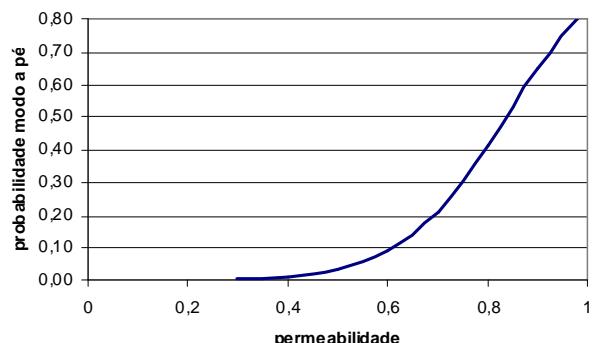
A Figura 2 apresenta que a mistura de usos do solo nas zonas de origem das viagens tem influência

positiva na opção pelo modo a pé. Verifica-se que pequenas alterações na variável entropia produzem variações relativamente significativas na opção pelas caminhadas.



**Figura 2.** Variação da probabilidade de opção pelo modo a pé em função da entropia.

A Figura 3 ilustra a probabilidade de escolha do modo a pé, em função da permeabilidade. Para a estimativa da utilidade dos modos, todas as variáveis foram consideradas em seus valores médios, exceto a permeabilidade, que variou entre 0 e 1.



**Figura 3.** Variação da probabilidade de opção pelo modo a pé em função da permeabilidade.

Conforme indicado pelo modelo calibrado e apresentado na Figura 3, verifica-se que as variações mais significativas na probabilidade de opção pelo modo a pé são causadas por alterações na permeabilidade da zona de origem das viagens. As zonas que têm o sistema viário com configuração em forma de grelha (permeabilidade próxima de 1) são mais propensas a incentivar as caminhadas.

### Conclusão

Este artigo apresentou os resultados de uma análise que procurou avaliar a influência das características da forma urbana sobre a opção pelo modo de transporte a pé em uma cidade brasileira de porte médio.

Foram utilizados modelos de escolha discreta do tipo *logit* para verificar o relacionamento entre as características da forma urbana e o comportamento de viagem dos indivíduos. O primeiro modelo (básico) inclui apenas uma variável socioeconômica (disponibilidade de automóvel) e o comprimento da viagem a ser realizada. O segundo modelo (expandido) inclui, além das variáveis do modelo básico, informações sobre as características da forma urbana nos setores de origem das viagens (densidade de ocupação, índice de entropia e índice de permeabilidade).

Ao analisar a sensibilidade dos dois modelos para as viagens de até 2,0 km, pode-se inferir que setores com características que priorizam os pedestres podem encorajar as viagens realizadas a pé. Conclui-se, portanto, que o ambiente construído pode interferir na opção individual por um modo de transporte, em especial o modo a pé.

Vale ressaltar que o crescente interesse por formas sustentáveis de urbanização faz com que o estudo das formas urbanas e suas influências na demanda de transporte adquira importância cada vez maior. Assim sendo, o modelo calibrado pode ser ainda mais útil se forem incluídas outras variáveis descriptivas da forma urbana.

## Referências

- ALLAN, A. Walking as a local transport modal choice in Adelaide. *World Transp. Pol. Pract.*, Adelaide, v. 7, n. 2, p. 44-51, 2001.
- ARRUDA, F. *Integração dos modos não-motorizados nos modelos de planejamento dos transportes*. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)–Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.
- ARRUDA, F. *Aplicação de um modelo baseado em atividades para análise da relação uso do solo e transportes no contexto brasileiro*. 2005. Tese (Doutorado em Transportes), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BADDOE, D.; MILLER, E. Transportation-land-use interaction: empirical findings in North America, and the implications for modeling. *Transp. Res. Transport Environ. Part D*, Oxford, v. 5, n. 3, p. 235-263, 2000.
- BOARNET, M.; CRANE, R. *Travel by design: the influence of urban form on travel*. Oxford: University Press, 2001a.
- BOARNET, M.; CRANE, R. The influence of land use on travel behavior: specification and estimation strategies. *Transp. Res. General. Part A*, New York, v. 35, n. 5, p. 823-845, 2001b.
- CALIPER. *TransCAD: users' guide*. Massachusetts, 1996.
- CAO, X. et al. The influences of the built environment and residential self-selection on pedestrian behavior. *Transportation Research Board (TRB)*, 84<sup>th</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 2005. CD-ROM.
- Washington, D.C., 2005. CD-ROM.
- CERVERO, R. Built environment and mode choice: toward a normative framework. *Transp. Res. Trans. Environ Part D*, Oxford, v. 7, n. 8, p. 265-284, 2002.
- CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3 Ds: density, diversity and design. *Transp. Res. Trans. Environ. Part D*, Oxford, v. 2, n. 4, p. 119-219, 1997.
- CRANE, R.; CREPEAU, R. Does neighborhood design influence travel? A behavioral analysis of travel diary and GIS data. *Transp. Res. Trans. Environ. Part D*, Oxford, v. 3, n. 6, p. 225-238, 1998.
- FERREIRA, M.; SANCHES, S. Índice de qualidade das calçadas: IQC. *Rev. Transp. Públ*, São Paulo, v. 23, n. 91, p. 47-60, 2001.
- FRANK, L.; PIVO, G. Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single-occupant vehicle, transit and walking. *Transp. Res. Rec.*, Washington, D.C., v. 2, n. 1466, p. 42-50, 1995.
- GREENWALD, M.; BOARNET, M. Built environment as a determinant of walking behavior: analyzing non-work pedestrian travel in Portland, Oregon. *Transp. Res. Rec.*, Washington, D.C., v. 4, n. 1780, p. 33-42, 2001.
- HANDY, S. Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior. *Transp. Res. Trans. Environ. Part D*, Oxford, v. 2, n. 5, p. 151-165, 1996.
- HANDY, S. et al. How the built environment affects physical activity - views from urban planning. *Am. J. Prev. Med.*, New York, v. 23, n. 2S, p. 64-73, 2002.
- INGRAM, G. Patterns of metropolitan development: what have we learned? *Urban Studies*, Essex, v. 35, n. 7, p. 1019-1035, 1998.
- KITAMURA, R. et al. A micro-analysis of land use and travel in five neighborhoods in the San Francisco Bay Area. *Transportation*, Amsterdam, v. 24, n. 9, p. 125-158, 1997.
- MACKETT, R.L. Why do people use their cars for short trips? *Transportation*, Amsterdam, v. 30, p. 329-349, 2003.
- MCNALLY, M.; KULKARNI, A. Assessment of influence of land use-transportation system on travel behavior. *Transp. Res. Rec.*, Washington, D.C., v. 7, n. 1607, p. 105-115, 1997.
- MOUDON, A. et al. Land use and transportation: operationalizing the relationship with a transportation-efficient land use mapping index. *Transportation Research Board (TRB)*, 84<sup>th</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 2005. CD-ROM.
- ORTÚZAR, J.D.; WILLUMSEN, L. *Modelling transport*. London: John Wiley & Sons, 1994.
- POLZIN, S. *The relationship between land-use, urban form and vehicle miles of travel: the state of knowledge and implications for transportation planning*. Florida: Center for Urban Transportation Research, University of South Florida, 2004.
- RAJAMANI, J. et al. Assessing the impact of urban form measures in non-work trip mode choice after controlling for demographic and level-of-service effects. *Transportation Research Board (TRB)*, 82<sup>th</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 2005. CD-ROM.

- RODRÍGUEZ, D.; JOO, J. The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment. *Transp. Res. Trans. Environ. Part D*, Oxford, v. 9, n. 8, p. 151-173, 2004.
- SCHWANEN, T.; MOKHTARIAN, P. What affects commute mode choice: neighborhood physical structure or preferences toward neighborhoods? *J. Transp. Geogr.*, London, v. 13, n. 6, p. 83-99, 2005.
- SHRIVER, K. Influence of environmental design on pedestrian travel behavior in four Austin neighborhoods. *Transp. Res. Rec.*, Washington, D.C., v. 9, n. 1578, p. 66-75, 1997.
- SRINIVASAN, S. Quantifying spatial characteristics of cities. *Urban Studies*, Essex, v. 39, n. 11, p. 2005-2038, 2002.
- SUN, A. et al. Household travel, household characteristics, and land use. *Transp. Res. Rec.*, Washington, D.C., v. 4, n. 1617, p. 10-17, 1998.
- VTPI-Victoria Transport Policy Institute. *Land-use impacts on transport: how land-use patterns affect travel behavior*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute, 2000. Disponível em: <<http://www.vtpi.org>>. Acesso em: 3 mar. 2005.
- WORLD BANK. *Cities on the move: a world bank urban transport strategy review*. Washington, D.C., 2002.
- ZEGRAS, P. The influence of land use on travel behavior: empirical evidence from Santiago de Chile. *Transportation Research Board (TRB)*, 83<sup>th</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 2004. CD-ROM.
- ZHANG, M.; KUKADIA, N. Metrics of urban form and the modifiable areal unit problem. *Transportation Research Board (TRB)*, 84<sup>th</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 2005. CD-ROM.

*Received on January 06, 2006.*

*Accepted on May 13, 2008.*