

ESCOLHA DE ROTAS A PÉ – MÉTODO E ESTUDO EXPLORATÓRIO

Júlio Celso Borello Vargas

Ana Margarita Larrañaga

Helena Beatriz Betella Cybis

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – PPGEP

Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN

RESUMO

O estímulo aos modos ativos de viagem através de modificações na forma urbana é objeto do planejamento desde que o domínio do transporte motorizado individual se revelou nocivo à sustentabilidade urbana. O interesse pela experiência dos deslocamentos na cidade veio somar-se a este objetivo, extrapolando as análises agregadas de escolha modal e dando atenção às rotas escolhidas pelos pedestres. Este trabalho procura contribuir através de um método baseado no monitoramento de caminhantes com dispositivos GPS e na modelagem de escolha discreta. Um estudo na cidade de Porto Alegre acompanhou indivíduos a pé, associou as características urbanísticas às rotas e estimou modelos de escolha binários para compreender a decisão de utilizar caminhos que não o mais curto, aumentando o esforço da viagem. Os resultados mostram que variáveis espaciais como a hierarquia das vias, a densidade de intersecções e a presença de determinados usos do solo influenciam a utilidade percebida das rotas.

ABSTRACT

Since individual motorized transport proved to be harmful for urban sustainability, the idea of increasing the active travel modes through changes in the form of the city is central to the urban mobility agenda. Beyond the aggregate demand studies, there is now a growing interest on the chosen routes, trying to understand the ways in which people travel on foot and why they take other paths than the shortest/fastest one. This work proposes a method based on assessing actually taken walking trips through GPS devices and on modeling pedestrians' behavior using discrete choice models. A study in Porto Alegre, Brazil, showed that the built environment features play an important role as decision attributes, producing perceived utility and indicating that the road hierarchy, the density of intersections and the presence of commercial land uses do influence the route choice, beyond the simple distance cost.

1. INTRODUÇÃO

Estudos revelam que o uso indiscriminado de veículos automotores no interior das cidades não gera apenas desconforto, mas traz também graves danos à saúde das populações, e prejuízos à economia. A busca pela superação dos problemas de mobilidade deve, portanto, não apenas promover novas tecnologias veiculares e políticas de gerenciamento de demanda inovadoras, mas também reorganizar o espaço das cidades e alterar paradigmas de urbanização em favor dos modos ativos de transporte. Isso significa aumentar a possibilidade de realizar deslocamentos a pé com um modelo de cidade compacta, densa, bem conectada e miscigenada, mas também prover conforto e segurança às caminhadas, aprimorando a qualidade da experiência urbana (Boarnet e Crane, 2001; Frank *et al.* 2006).

No final do século XX o modo a pé passou a receber maior atenção da academia, dos governos e do mercado em função dos benefícios associados ao transporte ativo, especialmente os econômicos e os relativos à saúde da população urbana. Contrastadas com os impactos negativos do transporte motorizado, essas qualidades têm levado a uma busca por um melhor entendimento do fenômeno “caminhar na cidade” e, a partir daí, pelo incremento do modo a pé ao redor do mundo. (Campoli, 2012).

A literatura mostra evidências de que existe influência do ambiente construído sobre o comportamento de viagens, e que alterações no modo de construir cidades podem modificar

os padrões de deslocamento das pessoas (Moudon *et al.* 2006; Amâncio e Sanches, 2008). Para entender essa relação de influência, a maioria dos estudos utilizam modelos que relacionam quantitativamente variáveis de uma e outra dimensão: o *ambiente construído* e o *comportamento de viagem*. A hipótese é que as características do ambiente podem ter impacto sobre a mobilidade de três maneiras principais: diminuindo a quantidade de viagens motorizadas, diminuindo as distâncias das viagens motorizadas e aumentando o *share* das viagens não motorizadas (Ewing e Cervero, 2001).

Os estudos de escolha modal que utilizam os atributos “3D” (densidade, diversidade, desenho) para modelar a relação entre ambiente e comportamento de viagens são dominantes desde a obra de Cervero e Kockelman (1997). No entanto, eles não dão conta de todo o problema da influência do ambiente construído sobre as viagens a pé, pois o sucesso de uma área não pode ser simplesmente medido pela quantidade ou duração das caminhadas, mas também pela qualidade da *experiência* do pedestre (Adkins *et al.*, 2012). Portanto, é necessária uma abordagem ao nível local da rede, onde o ambiente construído não é mais tratado por medidas agregadas de densidade, desenho ou diversidade, mas sim através de métricas desagregadas dos edifícios e da localização precisa dos usos do solo.

O objetivo deste trabalho é analisar as relações entre a forma urbana desagregada e as viagens a pé, buscando dimensionar a influência das características do ambiente construído sobre a *escolha de rota* dos pedestres, especialmente sobre a decisão de utilizar ou não o caminho de menor distância entre origem e destino.

2. MÉTODO E DADOS

Para acessar o comportamento relativo à escolha de rota e suas relações com a forma urbana, estimando o valor desta para as decisões dos indivíduos, o trabalho apresenta um experimento natural de acompanhamento de viagens a pé realizado na cidade de Porto Alegre, utilizando uma abordagem baseada na *Preferência Revelada*, ou seja, dependente da observação direta de comportamento real. O estudo, entretanto, precisou expandir este método, pois, ao contrário das pesquisas de escolha modal onde as alternativas disponíveis para o usuário de transporte são explícitas, a mera observação das caminhadas não permite inferir o *conjunto de escolha* para modelagem.

O método baseia-se, resumidamente, em:

1. Registro das trajetórias de viagens a pé;
2. Construção de conjuntos de rotas alternativas à rota utilizada;
3. Cômputo dos atributos do ambiente nas rotas e
4. Estimação da importância dos atributos para a escolha de rota, utilizando modelos de escolha discreta e a teoria da utilidade.

Um diagrama com a síntese deste método está na Figura 1.

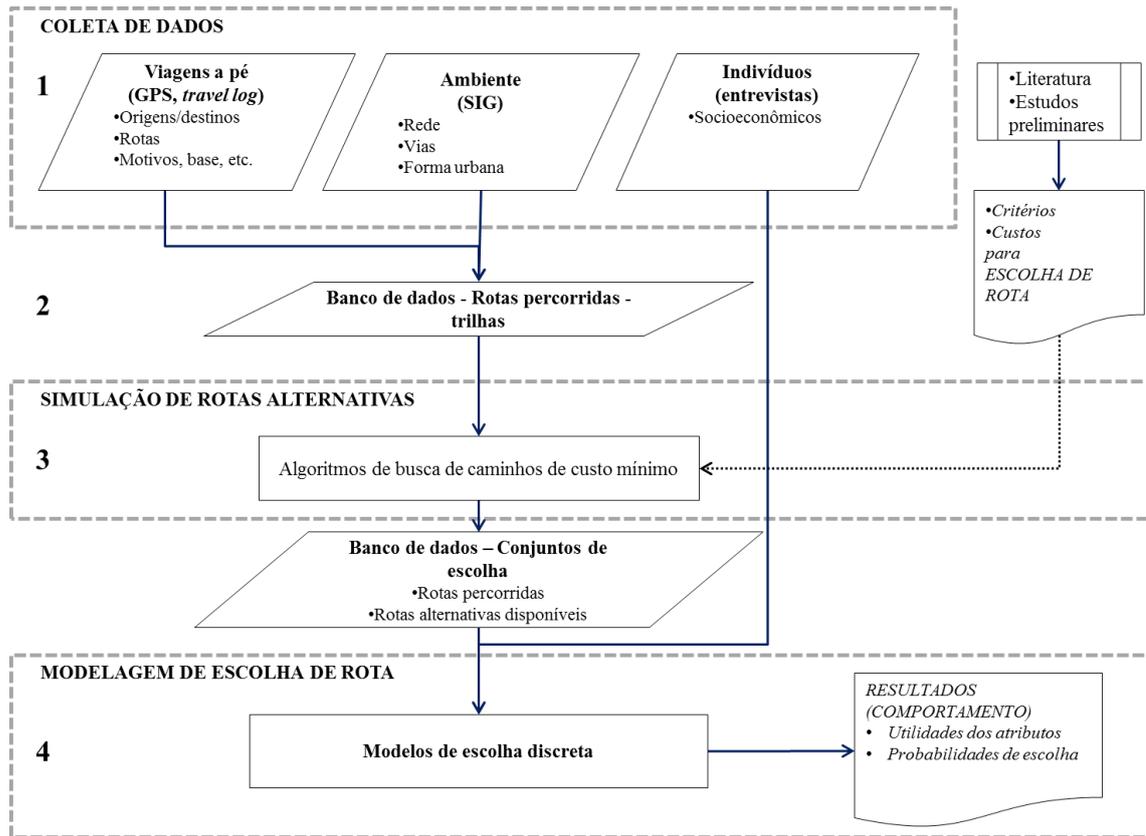


Figura 1: Esquema do método

2.1. Coleta de dados – Trilhas

Para a coleta de dados, os participantes foram aleatoriamente selecionados e solicitados a carregar o dispositivo GPS *Transystem i- Blue 747A+* durante dois dias, registrando todas as viagens realizadas. Para cada indivíduo, foi verificada a repetição da rota para as viagens iguais - mesmo par origem-destino - buscando afastar o eventual viés que pode ser introduzido pela consciência do monitoramento. Não foram encontradas variações significativas, confirmando a constância das rotas escolhidas. Os dados descarregados passaram por análise de erros técnicos e por regras específicas de filtragem, gerando uma amostra total com 160 trilhas a pé realizadas por 44 indivíduos.

A Figura 2 demonstra a filtragem da amostra, desde a totalidade das viagens por todos os modais (imagem da esquerda), passando pelas trilhas a pé extraídas brutas do GPS e chegando às a pé trilhas ajustadas à rede (*mapmatching*).



Figura 2: Etapas de viagens em Porto Alegre.

A rede utilizada é o mapa do sistema viário da cidade de Porto Alegre obtido da plataforma livre *OSM – Open Street Map*. É um grafo planar simplificado onde cada intersecção corresponde a um nó e cada trecho viário corresponde a um arco, sem a duplicidade para representar as calçadas de ambos os lados (Open Street Map, 2013).

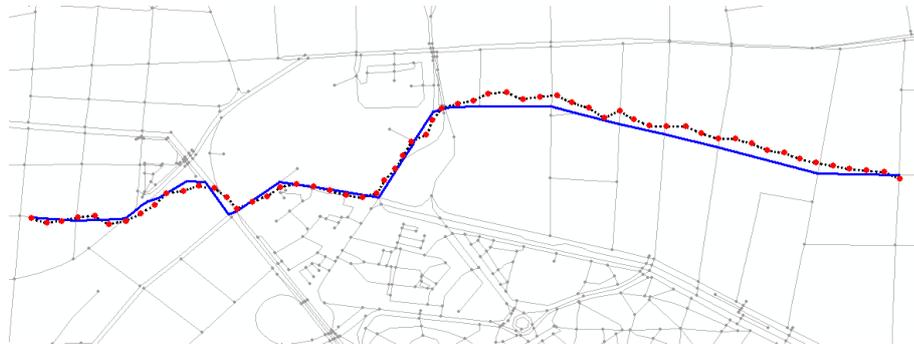


Figura 3: Pontos do GPS, trilha bruta e rota *mapmatched* sobre a rede OSM.

Gerada a trilha que representa a rota realizada, os atributos espaciais das ruas e espaço percorridos foram capturados em SIG e quantificados, gerando as variáveis para as etapas seguintes - *simulação de rotas alternativas e modelagem de escolha*. Os atributos foram organizados em três blocos:

- *Rede*: atributos geométricos e topológicos;
- *Vias*: atributos do sistema viário e do tráfego;
- *Forma Urbana*: atributos de uso, ocupação do solo e morfologia das edificações.



Figura 4: Detalhe das trilhas sobre a rede viária e a forma urbana de Porto Alegre.

2.2. Simulação de rotas alternativas

Os passos da maioria dos algoritmos de geração de conjunto de escolha são os seguintes:

- i. Busca a melhor rota com base em determinadas *restrições*;
- ii. Avalia a rota com base em um conjunto de *critérios*;
- iii. Aceita ou rejeita a rota no conjunto;
- iv. Avalia o conjunto de acordo com determinados *critérios* (Fiorenzo-Catalano, 2007).

Que levam ao seguinte fluxo de procedimentos para gerar os *choice sets* neste estudo:

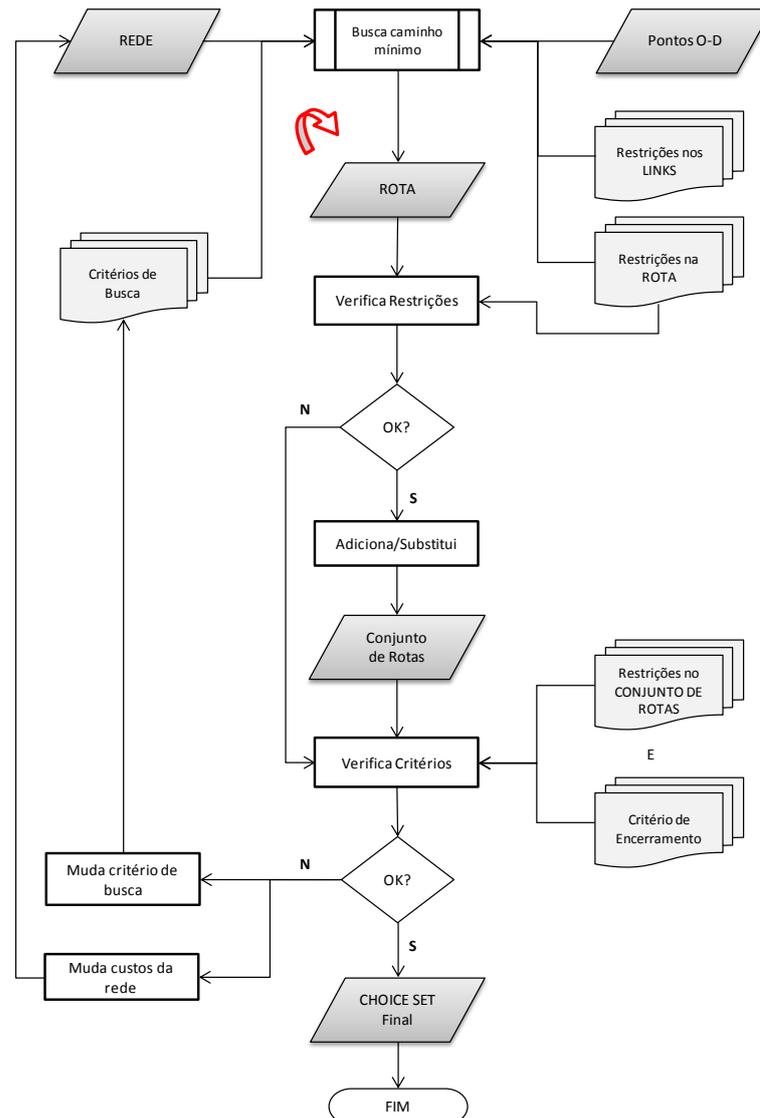


Figura 5: Fluxograma do processo de geração dos *choice sets*. Adaptado de Fiorenzo-Catalano (2007).

Na entrada, os pontos O-D de uma viagem são localizados na rede e, aplicando os critérios (*labels*), busca-se a rota de custo mínimo, considerando as restrições impostas aos *links* e à rota como um todo. Gerada a rota, iniciam-se as etapas de verificação/filtragem: na primeira, cada rota é avaliada de acordo com uma restrição que a inclui no conjunto inicial ou não. A seguir verificam-se restrições ao conjunto de rotas e o critério de terminação. Caso ambos sejam atendidos, o conjunto é considerado o *choice set* final e o processo se encerra. Para a

modelagem *multinomial* deve ser gerado um *choice set* múltiplo, utilizando diversos critérios de busca (declividade, por exemplo) e repetindo o processo ilustrado acima para cada um deles. No caso *binomial* aqui desenvolvido, apenas o custo *distância* foi utilizado, gerando conjuntos com duas alternativas.

Um estudo-piloto foi rodado com uma subamostra de 62 viagens para amparar a definição dos critérios e parametrizar as restrições:

- Tipo de via: *link type* \neq *rodovia*, *via de serviço*, *corredor de ônibus*, *ciclovía*.
- Desvio máximo do caminho mais curto: $DI = < 1,9x$
- Sobreposição de links: *overlap* $= < 78\%$

2.3. Atributos das viagens e dos indivíduos

Os participantes declararam sua idade, sexo, grau de instrução e ocupação e preencheram um diário descrevendo seus deslocamentos durante os dias da pesquisa: o motivo, o modo, a data, os horários de saída e chegada e uma estimativa da distância. Uma variável binária foi criada para caracterizar os indivíduos em relação a seu grau de mobilidade a pé: “caminhante habitual” foi considerado todo o indivíduo com utilização do modo a pé acima de 61% do seu total de viagens (correspondente ao segundo tercil da distribuição).

2.4. Atributos do ambiente

Os atributos espaciais foram selecionados visando a simplicidade da modelagem, sem perda de informação relevante sobre as características do ambiente construído. Uma matriz de correlações entre as principais variáveis contínuas auxiliou na seleção das variáveis, com o objetivo de evitar redundância e multicolinearidade nos modelos.

2.5. Conjuntos de Escolha / *Choice sets*

As viagens a pé foram processadas para gerar os conjuntos de escolha utilizando a *distância* como critério de custo a ser minimizado. Isso gerou o potencial caminho mais curto de cada viagem, chamado de “Caminho Mínimo” (*SP – Shortest Path*). Ele foi comparado com a rota realizada através da checagem da coincidência dos *links* e nós utilizados (*overlap*), recebendo então o atributo “Divergente?” representado por uma variável *dummy*.

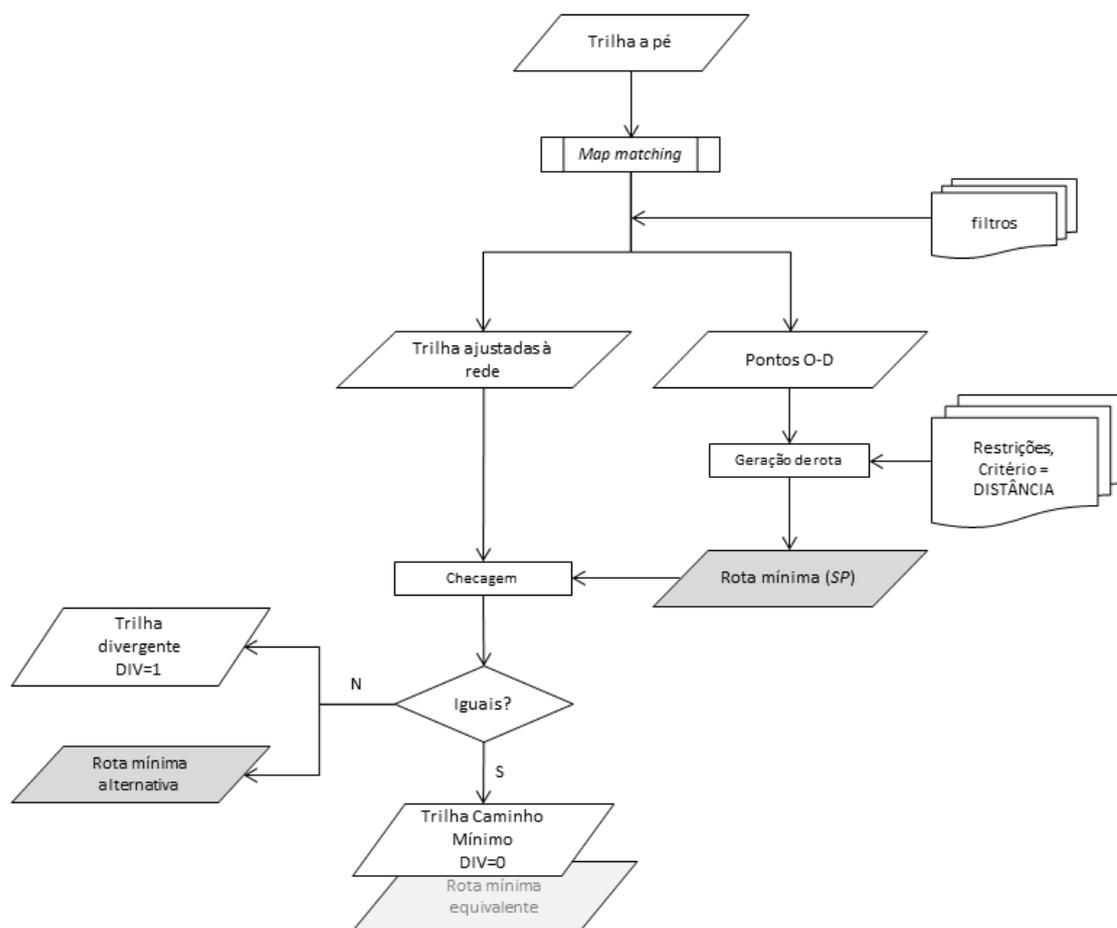


Figura 6: Fluxograma para a geração dos caminhos mínimos e checagem das rotas realizadas.

2.6. Banco de dados

A modelagem utiliza como unidade de análise a viagem e não os indivíduos. Essa é a abordagem mais tradicional em transportes para a estimação com modelos Logit de situações de escolha: a decisão individual de adotar uma alternativa dentre um conjunto. No caso presente, a decisão de escolher uma única rota dentre as alternativas que a rede oferece. Essa distinção entre situação de escolha (*viagem*) e *indivíduo* é relevante, pois existem repetidas viagens feitas pelos mesmos indivíduos – dados em painel (*panel data*).

A variável resposta (escolha) foi codificada conforme acima e os fatores influentes – variáveis explanatórias – são atributos codificados que podem ser específicos de cada alternativa – as características das rotas – ou puramente específicos dos indivíduos ou das viagens, não variando entre as rotas alternativas de uma mesma viagem (Train, 2009).

2.7. Modelos

Um conjunto de modelos Logit Binomiais foi proposto inicialmente com o objetivo de responder à pergunta “*Por que não o caminho mais curto?*”, modelando a escolha entre duas alternativas exaustivas e mutuamente exclusivas: utilizar o caminho mínimo ou uma rota divergente (Foltete e Piombini, 2010).

O interesse é identificar e dimensionar a importância dos atributos espaciais sobre a probabilidade de escolher uma rota divergente do caminho mais curto, quase sempre o mais utilizado para viagens a pé entre origens e destinos pré-estabelecidos e em condições de razoável conhecimento do ambiente (Ben-Akiva *et al.*, 2004; Lima *et al.*, 2016). Cada rota realizada foi comparada com a rota simulada e uma variável binária foi atribuída a cada viagem conforme a sua condição de “*divergente*” (DIV=1) ou “*caminho mínimo*” (DIV=0).

3. RESULTADOS

Os modelos logit binomiais foram estimados com duas diferentes especificações:

- Utilizando diretamente os *atributos* das rotas divergentes e dos caminhos mínimos em sua medida original, controlando as características dos indivíduos e das viagens através da inclusão dessas variáveis (categóricas);
- Utilizando as *diferenças* entre os atributos das rotas divergentes e dos caminhos mínimos, também controlando as características dos indivíduos e das viagens.

Tabela 1: Resultados dos modelos binários (especificação “a”)

Resposta: DIV (0/1)	Coeficientes											
	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Full Model		
Variável	Coef	SE	P-Value	Coef	SE	P-Value	Coef	SE	P-Value	Coef	SE	P-Value
Intercepto	-3,222	0,658	0,000	-3,169	0,651	0,000	-2,902	0,645	0,000	-2,386	0,668	0,000
Airline	0,003	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000
DIF Densidade de links	-4,010	1,210	0,000	-4,580	1,340	0,000	-4,760	1,420	0,000	-5,550	1,500	0,000
DIF % Vias Pedestres	6,550	2,860	0,011	6,100	2,920	0,021	6,070	2,980	0,026	6,320	2,780	0,014
DIF Densidade compras				14,700	9,960	0,079	15,900	10,300	0,063	20,500	10,300	0,018
Dentro do DC 2 - parcialmente (1=fora)	1,764	0,725	0,014	1,642	0,726	0,020	2,238	0,808	0,005	2,163	0,871	0,012
Dentro do DC 3 - totalmente	0,602	0,612	0,326	0,536	0,623	0,380	1,096	0,689	0,111	1,068	0,727	0,141
Habitual 1 (0=não)							-1,423	0,605	0,014	-1,095	0,655	0,087
Access Trip 1 (0=outros motivos)										-2,525	0,995	0,002

O Modelo1 usa apenas atributos da rota e da forma urbana, o Modelo2 acrescenta uma variável *dummy* que representa o status do indivíduo (caminhante habitual ou não) e o Modelo3 (*full model*) adiciona uma variável categórica de três níveis para representar o motivo agregado da viagem: *utilitárias*, *recreacionais* e de *acesso* a transporte motorizado.

A interpretação dos coeficientes é intuitiva: a *distância em linha reta* (*Airline*), a proporção de *vias amigáveis ao pedestre* e a exposição a *áreas verdes* possuem sinais positivos, indicando que o aumento desses atributos nas alternativas aumenta a probabilidade de escolha de uma rota diferente do caminho mais curto. Todas essas variáveis são significativas a 95% ($\alpha=0,05$). A densidade de *links* e a “*direiteza*” da rota (*straightness*) possuem sinais negativos e são também significativas, indicando que quanto mais trechos nas rotas divergentes, menor a probabilidade de a viagem utilizá-las.

Os atributos dos indivíduos (caminhante *habitual*) e da viagem (*motivo agregado*) não se revelaram significativos mesmo com $\alpha = 0,1$.

Tabela 2: Resultados dos modelos binários (b)

Resposta: DIV (0/1) Variável	Coeficientes											
	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Full Model		
	Coef	SE	P-Value	Coef	SE	P-Value	Coef	SE	P-Value	Coef	SE	P-Value
Intercepto	-3,222	0,658	0,000	-3,169	0,651	0,000	-2,902	0,645	0,000	-2,386	0,668	0,000
Airline	0,003	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000
DIF Densidade de links	-4,010	1,210	0,000	-4,580	1,340	0,000	-4,760	1,420	0,000	-5,550	1,500	0,000
DIF % Vias Pedestres	6,550	2,860	0,011	6,100	2,920	0,021	6,070	2,980	0,026	6,320	2,780	0,014
DIF Densidade compras				14,700	9,960	0,079	15,900	10,300	0,063	20,500	10,300	0,018
Dentro do DC 2 - parcialmente (1=fora)	1,764	0,725	0,014	1,642	0,726	0,020	2,238	0,808	0,005	2,163	0,871	0,012
Dentro do DC 3 - totalmente	0,602	0,612	0,326	0,536	0,623	0,380	1,096	0,689	0,111	1,068	0,727	0,141
Habitual 1 (0=não)							-1,423	0,605	0,014	-1,095	0,655	0,087
Access Trip 1 (0=outros motivos)										-2,525	0,995	0,002

O Modelo1 usa apenas as diferenças entre os atributos da rota e da forma urbana (incluindo o pertencimento ao “distrito central” – DC – da cidade ou não), o Modelo2 também, acrescentando a variável “diferença de densidade de locais para compras”, o Modelo3 uma variável binária que representa o status do indivíduo (caminhante habitual ou não) e o Modelo4 (*full model*) adiciona uma nova *dummy* para o motivo da viagem: de acesso a transporte (*access trip*) ou outro.

Os resultados mostram que os coeficientes dos atributos “diferença de distância”, “diferença de proporção de vias pedestres” e “diferença de densidade de locais para compras” são positivos, enquanto a “diferença de densidade de arcos” tem coeficiente negativo. O status individual se mostrou coerente na estimação: o caminhante habitual têm menos chances de utilizar a rota divergente em relação ao indivíduo “motorizado”, indicando que pessoas que caminham frequentemente possivelmente são mais objetivas em suas viagens e procuram fundamentalmente minimizar seu esforço. Também o motivo “acesso ao transporte” mostrou que existe menor probabilidade de uma viagem deste tipo utilizar uma rota alternativa.

Testes de ajuste destes modelos “b” foram realizados, começando pela sua *significância geral*, uma medida que mostra o quanto o modelo com preditoras ajusta melhor do que o modelo apenas com intercepto. A estatística de teste é a diferença entre o resíduo da “desviância” (*deviance*) dos modelos que tem distribuição qui-quadrado com número de graus de liberdade igual à diferença entre os graus de liberdade de ambos, ou seja, o número de preditoras no modelo:

Tabela 3: Testes de ajuste para os modelos binários “b”

Modelo	Chi2 (DIF Deviance null - Model)	GL (DIF null - Model)	P-Value	Log-Likelihood
Modelo 1	53,051	5	0,000	-49,956
Modelo 2	56,145	6	0,000	-48,409
Modelo 3	62,161	7	0,000	-45,400
Full Model	71,945	8	0,000	-40,508

Os valores de qui-quadrado com seus respectivos graus de liberdade e valores-p associados menores do que 0,001 mostram que os modelos se ajustam melhor do que o modelo “vazio”. Esta estatística é muitas vezes chamada de *teste de razão de verossimilhança* (Hosmer, 2013), cujo valor de *log likelihood* está na última coluna da tabela.

A avaliação da influência dos motivos sobre a escolha de rotas, especialmente o motivo “acesso ao transporte” (público ou individual) merece tratamento mais detalhado, tendo em vista a importância das áreas de atendimento de estações de transporte público. Portanto, foi proposta uma análise de sensibilidade para estudar esse tipo de viagem.

Análise de sensibilidade é um tipo de estudo que permite avaliar um modelo e prever probabilidades de escolha conforme a variação dos atributos. Neste caso foi avaliada a sensibilidade da escolha da rota divergente em cada um dos dois “níveis” da variável *access trip* quando mantidos constantes outros atributos: comprimento em linha reta da viagem (*airline*), diferença de densidade de *links* e diferença de proporção de vias pedestres. Um modelo *Logit binário* adicional foi estimado com essas variáveis, conforme abaixo:

Tabela 4: Resultados do modelo binário adicional (Modelo 0).

Variável	Coeficientes Modelo 0		
	Coef	SE Coef	P-Value
Intercepto	-2,189	0,546	0,000
Airline	0,003	0,001	0,000
DIF Densidade de links	-4,221	1,220	0,000
DIF % Vias Pedestres	5,650	2,444	0,020
Access Trip1	-2,048	0,717	0,004

Fixada a distância na média, mantida a diferença de densidade de *links* na média e mantida a diferença na proporção de vias pedestres na média, a probabilidade de escolher a rota divergente é de 0,105 quando a caminhada tiver como motivo o acesso a transporte, contra 0,477 quando não se tratar de *access trip*.

Tabela 5: Probabilidades previstas de escolha da rota divergente

Airline	DIF Densidade de links	DIF % Vias Pedestres	Access_Trip	Prob. Access_Trip
570,200	-0,036	0,006	0	0,478
570,200	-0,036	0,006	1	0,106

A análise foi então realizada variando o atributo *distância* e observando o comportamento das probabilidades de escolha da rota divergente em cada uma das duas categorias de motivo de viagem: acesso a transporte (*access trip = 1*) vs todos os demais motivos (*access trip = 0*).

O gráfico da Figura 7 mostra as curvas de probabilidade prevista com intervalos de confiança. Ele permite perceber que a probabilidade de as *access trips* utilizarem as rotas divergentes só se torna alta a partir de grandes distâncias separando origem e destino. Como exemplo, uma caminhada com distância em linha reta de 833m (aprox. 0,5 milha) tem probabilidade de ocorrer pela rota alternativa ao caminho mínimo em torno de 0,25 quando viagem de acesso, enquanto essa probabilidade é de cerca de 0,70 para os demais motivos.

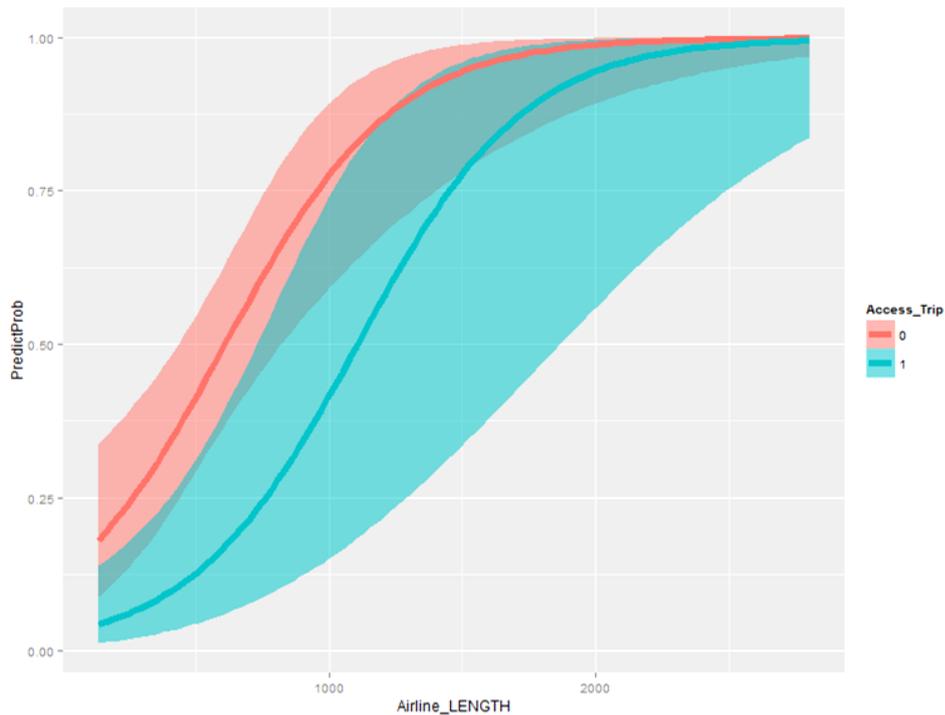


Figura 7: Curvas de probabilidades previstas para escolha da rota divergente

Os resultados obtidos em todos os modelos foram consistentes com a teoria microeconômica e os pressupostos metodológicos. Distância é um atributo importante, mas não o único, corroborando o conceito de que o esforço de viagem não é o responsável isolado pela utilidade de uma rota em ambientes urbanos complexos.

As variáveis socioeconômicas específicas dos indivíduos não se revelaram importantes, o que mostra certa indistinção de preferências entre os diferentes estratos de idade, gênero, ocupação e educação. No entanto, a variável *status do caminhante* surgiu como importante preditora, refletindo, de certa forma, o senso comum: pessoas que utilizam a caminhada como principal modo de deslocamento tendem a se comportar de maneira diferente das demais, escolhendo suas rotas com maior sensibilidade aos atributos do ambiente e desenvolvendo heurísticas para simplificar as escolhas que se repetem cotidianamente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Monitorar indivíduos com dispositivos de posicionamento e modelar suas escolhas espaciais com um conjunto de variáveis que representa de forma consistente o ambiente da cidade é o que foi desenvolvido neste trabalho, produzindo resultados satisfatórios apesar das limitações técnicas e operacionais como, por exemplo, o pequeno tamanho de amostra. Comparando os atributos das rotas e as escolhas dos pedestres, foi possível estimar a utilidade dos elementos do sistema de circulação e da forma urbana. Os resultados indicam que os pedestres consideram diversos fatores, não se fixando apenas a custos como a distância ou as declividades, como poderia ser inferido a partir de uma analogia com o tráfego motorizado. A configuração do sistema viário, representada pelo tamanho dos trechos e a quantidade de intersecções, juntamente com a hierarquia das vias (grau de “pedestrialidade”) parecem ser capazes de influenciar o comportamento dos pedestres. Trabalhos que pretendem modelar comportamento de viagem incorporando dimensões mais elaboradas das características do

ambiente devem ser aprimorados e continuados, articulando a área dos transportes com o planejamento urbano. Definir e introduzir mais variáveis – calçadas, arborização, atratividade visual – é imperioso, bem como refinar os métodos de medição e representação dos atributos da cidade. Também a continuidade da coleta com GPS buscando uma amostragem mais representativa de indivíduos e da distribuição espacial das viagens deve ser uma meta dos estudos futuros, qualificada com questionários que contemplem outras características socioeconômicas – renda, posse de automóvel – e variáveis atitudinais como a familiaridade com o ambiente e frequência de realização das viagens. Finalmente, devem-se explorar os modelos de escolha discreta em todo o seu potencial, empregando formulações logit multinomiais com termos de correção da correlação entre as alternativas, avaliando modelos separados por motivo de viagem ou estratos de indivíduos, bem como outras especificações dos modelos mistos. Este aprofundamento é fundamental para validar a abordagem, aqui apenas enunciada como um exercício de construção metodológica e exploração preliminar de resultados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelo apoio, ao LASTRAN UFRGS e à Universidade de Washington, nas pessoas do Eng. Mark Hallenbeck e da Arq. Anne Vernez-Moudon, pela acolhida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adkins, A.; Dill, J.; Luhr, G.; Neal, M. (2012) Unpacking Walkability: Testing the Influence of Urban Design Features on Perceptions of Walking Environment Attractiveness. *Journal of Urban Design*, v. 17, n. 4, p. 499–510.
- Amâncio, M. A. e Sanches, S. (2008) A forma urbana e as viagens a pé – estudo de caso em uma cidade brasileira de porte médio. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 30, n. 2, p. 147-154.
- Ben-Akiva M. E.; Ramming M. S.; Bekhor, S. (2004) Route Choice Models. In: Schreckenberg M.; Selten R. (eds.) *Human Behaviour and Traffic Networks*. Springer: Berlin, Heidelberg.
- Boarnet, M. G. e Crane, R. (2001) *Travel by Design : The Influence of Urban Form on Travel: The Influence of Urban Form on Travel*. Oxford University Press.
- Cervero, R. e Kockelman, K. (1997) Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v.2, n.3, p.199-219.
- Campoli, J. (2012). *Made for walking: density and neighborhood form*. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy.
- Ewing, R. e Cervero, R. (2001) Travel and the built environment: a synthesis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 1780, n. 1, p. 87–114.
- Florenzo-Catalano, M. S. (2010). *Choice set generation in multi-modal transportation networks*. Delft: Netherlands TRAIL Research School.
- Foltete, J.C. e Piombini, A. (2010). Deviations in pedestrian itineraries in urban areas: a method to assess the role of environmental factors. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v.37, n.4, p.723–739.
- Frank, L. D.; Sallis, J. F.; Conway, T. L.; Chapman, J. E.; Saelens, B. E.; Bachman, W. (2006) Many Pathways from Land Use to Health: Associations between Neighborhood Walkability and Active Transportation, Body Mass Index, and Air Quality. *Journal of the American Planning Association*, v.72, n.1, p.75–87.
- Frejinger, E.; Bierlaire, M.; Ben-Akiva, M. (2009) Sampling of alternatives for route choice modeling. *Transportation Research Part B: Methodological*, v.43, n.10, p.984–994.
- Hosmer, D. W. (2013) *Applied logistic regression*, Wiley series in probability and statistics. 3ed. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Lima, A.; Stanojevic, B.; Papagiannaki, D.; Rodriguez, P.; González, M. C. (2016) Understanding individual routing behaviour. *Journal of the Royal Society Interface* v.13, n° 116. <https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0021>.
- Moudon, A. V.; Lee, C.; Cheadle, A. D.; Garvin, C., Johnson, D.; Schmidt, T. L.; Lin, L. (2006) Operational definitions of walkable neighborhood: theoretical and empirical insights. *Journal of Physical Activity e Health*, v.3, s.1, p.S99-S117.
- Open Street Map. Open Street Map. Acessado em 12 de dezembro de 2013 de <https://www.openstreetmap.org>.
- Train, K. (2009) *Discrete choice methods with simulation*. 2ed. New York: Cambridge University Press.