

O NOVO MÉTODO DE CALIBRAÇÃO DO MODELO DE OPORTUNIDADES INTERVENIENTES DE SCHNEIDER : APLICAÇÃO PRÁTICA E ANÁLISE COMPARATIVA COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS

Nilo Kühlkamp

Departamento de Matemática – UFSC

Ismael Ulysséa Neto

Departamento de Engenharia Civil - UFSC

RESUMO

O uso de modelos de oportunidades intervenientes na estimativa da demanda de viagens em áreas urbanas apresenta conveniências teóricas que advêm do fato de que estes modelos levam em conta, explicitamente, fatores de atração de viagens nos potenciais destinos (oportunidades de destino) e fatores de competição espacial intervenientes entre destinos alternativos (oportunidades intervenientes). Não considerando a posição espacial relativa das oportunidades intervenientes, o modelo de Morton Schneider trata o efeito da separação espacial entre zonas de tráfego através da identificação de oportunidades (destinos) intervenientes entre as zonas de tráfego. A influência das oportunidades intervenientes sobre a realização das viagens é medida através de um parâmetro de impedância λ . Neste trabalho os autores apresentam uma análise de sensibilidade de um novo método de calibração do modelo de Schneider, baseado no método da máxima verossimilhança, e fazem uma análise comparativa deste método com o método convencional de calibração. Uma aplicação destes métodos de calibração a um mesmo conjunto de zonas de tráfego, revelou que o novo método de calibração, além de oferecer uma interpretação mais consistente ao parâmetro λ , é mais sensível à posição espacial relativa das zonas de tráfego.

ABSTRACT

The use of the conventional intervening opportunities model for estimating O-D trip matrices in urban areas is particularly attractive because such model takes into account pull factors at the destinations (destination opportunities), push factors at the origins and also deterrence factors (intervening opportunities) between zones. Although not taking into account the relative spatial position of traffic zones, the intervening opportunities model 'treats' the spatial deterrence factor by considering the intervening opportunities as the deterrence to be reckoned. In an interwoven pattern of joint influences with the destination opportunities, the effects of spatial separation is weighted by the parameter λ . This paper presents a sensitivity analysis of a new calibration procedure for Schneider's intervening opportunities model, based upon the maximum likelihood principle, comparing it to the conventional calibration procedure. This is done by means of an application of both procedures to a unique simulated zoning system by introducing variations on the number of opportunities being offered in different zones. It is revealed that the new calibration procedure, apart from offering a more consistent interpretation for the parameter λ , it also showed a greater sensitivity to the relative spatial position of the traffic zones (destinations).

1. INTRODUÇÃO

A consecução de uma adequada gestão territorial urbana necessita de uma contínua monitoração da evolução da estrutura e do sistema viário urbanos. Quando o crescimento populacional de uma cidade, e sua correspondente expansão territorial, ocorrem de forma acelerada, problemas de circulação viária (tráfego de veículos) e todos os efeitos colaterais a eles associados, passam a se constituir em foco de preocupação aos órgãos responsáveis pela gestão do espaço urbano. Surge, daí, a necessidade destes órgãos disporem de instrumentos que lhes permitam estimar os impactos da expansão territorial urbana sobre os padrões de distribuição espacial de tráfego que irão prevalecer no sistema viário.

O uso de modelos de oportunidades intervenientes na previsão da demanda de viagens em áreas urbanas apresenta conveniências teóricas que advêm do fato de que estes modelos levam

em conta, explicitamente, fatores de atração de viagens nos potenciais destinos (oportunidades de destino) e fatores de competição espacial, intervenientes entre destinos alternativos (oportunidades intervenientes).

Não considerando a posição espacial relativa das oportunidades intervenientes, o modelo de Morton Schneider (Schneider, 1959) trata o efeito da separação espacial entre zonas de tráfego através de um número médio de oportunidades intervenientes, associado à separação física entre as zonas de tráfego. A influência das oportunidades intervenientes sobre os padrões de realização de viagens é medida através de um parâmetro ' de oportunidade' λ . Assim, o parâmetro de oportunidade λ é usualmente interpretado como sendo a probabilidade de uma oportunidade ser aceita se for considerada.

O modelo convencional de oportunidades de Schneider é dado por:

$$T_{ij} = O_i \cdot k_i \cdot e^{-\lambda W_{ij}} (1 - e^{-\lambda V_j}) \quad (1)$$

onde

T_{ij} = número estimado de viagens com origem na zona i e destino na zona j ,

O_i = número de viagens com origem na zona i ,

λ = probabilidade de uma oportunidade ser aceita se for considerada,

W_{ij} = número de oportunidades intervenientes entre as zonas i e j ,

V_j = número de oportunidades oferecidas pela zona j e

k_i = constante de balanceamento associada à origem i .

2. MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO DO MODELO DE OPORTUNIDADES INTERVENIENTES DE SCHNEIDER

A seguir são mostrados, de forma objetiva, os métodos de calibração do modelo de Schneider (convencional e novo), com os respectivos procedimentos de calibração do parâmetro λ .

2.1 Método convencional

O método convencional de calibração do modelo de Schneider requer a especificação prévia do valor para o parâmetro λ . Ruiter (1967) prescreve duas maneiras de determinar este valor, quais sejam:

a) Através da fórmula

$$\lambda = \frac{1}{4\rho \cdot \bar{r}^2}$$

onde

ρ = densidade média de destinos de viagens, dada em $\frac{\text{destinos de viagens}}{\text{unidade de área}}$ e

\bar{r} = comprimento médio das viagens.

b) A partir da relação

$$\frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_2} = \frac{\sqrt{\lambda_2 \rho_2}}{\sqrt{\lambda_1 \rho_1}}$$

onde

\bar{r}_1 , λ_1 e ρ_1 se referem a uma época ou área para a qual λ_1 já havia sido determinado; e \bar{r}_2 , λ_2 e ρ_2 se referem à época ou área para a qual se deseja determinar o valor de λ_2 .

Percebe-se que, neste método, o parâmetro λ não está explicitamente associado ao número médio de oportunidades por viagem, consideradas pelos viajantes na área de estudo.

2.2 Novo método de calibração

Considerando que as maneiras de determinar λ , vistas acima, não se baseavam em um método estatístico-probabilístico, Kühlkamp e Ulysséa Neto (2003) desenvolveram um novo método de calibração do modelo de Schneider. Neste novo método, um estimador para λ (obtido através do método da máxima verossimilhança) dado pelo inverso do número médio de oportunidades consideradas pelo viajante, por viagem, é utilizado. É importante ressaltar que o número de oportunidades oferecidas é determinado de acordo com o propósito do deslocamento (viagem). Assim, se o propósito é a compra de um produto do tipo 'p', deve-se levar em conta o número de itens do tipo 'p' oferecidos em cada destino alternativo 'j'.

O estimador de máxima verossimilhança encontrado para λ é dado por

$$\lambda = \frac{T}{\sum_{i,j} T_{ij} (W_{ij} + V_j)}, \quad (2)$$

onde

$T = \sum_{i,j} T_{ij}$ = número total de viagens na área de estudo;

T_{ij} = número de viagens entre i e j ;

W_{ij} e V_j = número de oportunidades intervenientes entre i e j e número de oportunidades no destino j , respectivamente.

O novo procedimento de calibração do modelo de Schneider é apresentado a seguir (conjunto de equações), juntamente com o fluxograma de calibração (Figura 1). Neste trabalho vamos nos ater ao procedimento segundo o qual o parâmetro λ não se mantém constante durante o processo de calibração, contrariamente ao que ocorre na calibração tradicional na qual λ é determinado previamente e mantém-se constante. Assim, a matriz de viagens (T_{ij}) será reestimada a cada iteração, juntamente com os valores de k_i .

Naturalmente, assume-se como conhecidos tanto o número de oportunidades V_j oferecidas em cada zona de tráfego j , como os valores de O_i (obtidos mediante um modelo usual de geração de viagens). Também as distâncias $d(i, j)$ das zonas i às zonas j , para toda a área de estudos, são conhecidas. A partir desses dados obtém-se a matriz (W_{ij}) das oportunidades intervenientes. A matriz (W_{ij}) é obtida considerando-se como intervenientes entre as zonas i e j as oportunidades oferecidas pelas zonas l que satisfazem a condição $d(i, l) < d(i, j)$. A condição de interveniência dada pelas distâncias $d(i, j)$, percorridas sobre a rede viária, pode também ser feita considerando os tempos de viagem da zona i para a zona j , $t(i, j)$, ou os custos de viagem, $c(i, j)$.

O processo de calibração inicia-se com a arbitragem de um valor inicial, λ_0 , para λ , pertencente ao intervalo (0, 1). A seguir, os valores das constantes k_i , são calculados através da expressão

$$k_i = \left[\sum_{j=1}^n e^{-\lambda W_{ij}} (1 - e^{-\lambda V_j}) \right]^{-1} \quad (3)$$

Os valores de T_{ij} são, então, determinados através da expressão (1). Na n -ésima iteração um valor de λ , (a saber, λ_n) é calculado pela expressão (2) e comparado com o valor anterior de λ (i.e. λ_{n-1}). Sempre que a diferença entre os valores atual e anterior for igual ou maior do que um número $\varepsilon > 0$, que é tomado tão pequeno quanto se queira, altera-se o valor de λ_n para

$$\text{novo } \lambda_n = \frac{\lambda_n + \lambda_{n-1}}{2} \quad (4)$$

e prossegue-se com uma nova (i.e. $n+1$ -ésima) iteração.

O valor final de λ é alcançado conjuntamente com os valores de k_i e T_{ij} , quando $|\lambda_n - \lambda_{n-1}| < \varepsilon$ e as condições de consistência $\sum_j T_{ij} = O_i$, para todo i , forem atendidas. O

fluxograma do novo método de calibração é reproduzido a seguir.

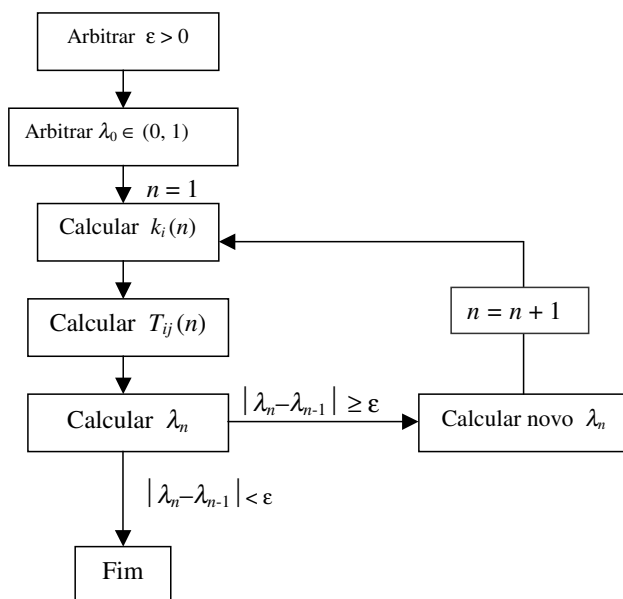


Figura 1 – Fluxograma de calibração do modelo de Schneider (novo método).

O valor inicial para λ pode ser qualquer número do intervalo aberto $(0, 1)$. Porém, a convergência do processo iterativo pode ser acelerada tomando-se como valor inicial para λ o inverso do número $\frac{1}{2} \sum_j V_j$, isto é, $\lambda_0 = \frac{2}{\sum_j V_j}$ (vide Kühlkamp e Ulysséa Neto, 2003).

3. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO (CONVENCIONAL E NOVO) A UM MESMO CONJUNTO DE ZONAS DE TRÁFEGO

Para que uma análise comparativa das matrizes (T_{ij}) de distribuição de viagens obtidas através do modelo de Schneider com a calibração tradicional e com a nova calibração possa ser feita, há a necessidade de utilizar-se um mesmo conjunto de zonas de tráfego. Neste trabalho será feita uma comparação entre o método de calibração convencional que utiliza a fórmula $\lambda = \frac{1}{4\rho \cdot \bar{r}^2}$ e o novo método acima descrito.

A análise de sensibilidade do modelo de Schneider, relativamente à estimativa de (T_{ij}) , com as duas calibrações supra citadas será feita utilizando o Índice de Dissimilaridade utilizado por Thomas (1977), e que é dado pela fórmula

$$ID = \frac{50}{T} \sum_{i,j} |T_{ij} - T'_{ij}|$$

onde

T = número total de viagens observadas no intervalo de tempo considerado;

(T_{ij}) = matriz de distribuição de viagens observadas;

(T'_{ij}) = matriz de distribuição de viagens estimadas pelo modelo.

A utilização do ID para este tipo de análise comparativa se justifica pela razão de o mesmo ser a medida de discrepância entre matrizes mais diretamente interpretável. De fato, o ID com valores variando entre 0 e 100, representa o percentual de viagens estimadas, da matriz (T'_{ij}) , que deveriam ser realocadas para que a matriz observada (T_{ij}) fosse replicada (Ulysséa Neto, 1988).

Na presente análise, o modelo de Schneider, calibrado através dos métodos acima expostos, é aplicado a uma área de estudos simulada (Kühlkamp, 2003), concebida a partir de um conjunto de bairros da cidade de Florianópolis, com 30 zonas de tráfego e abrangendo uma área aproximada de 350 km². Esta área de estudos é representada através do grafo mostrado na Figura 2. Cada zona de tráfego é representada por um nó (quadrado), com seu respectivo número, e os arcos que ligam os nós representam segmentos da rede viária, com suas respectivas extensões em quilômetros. Supondo que as viagens tenham o propósito **compras**, o número de oportunidades oferecidas em cada zona 'j' é dado pelo número de itens, do(s) produto(s) desejado(s), disponíveis em 'j'.

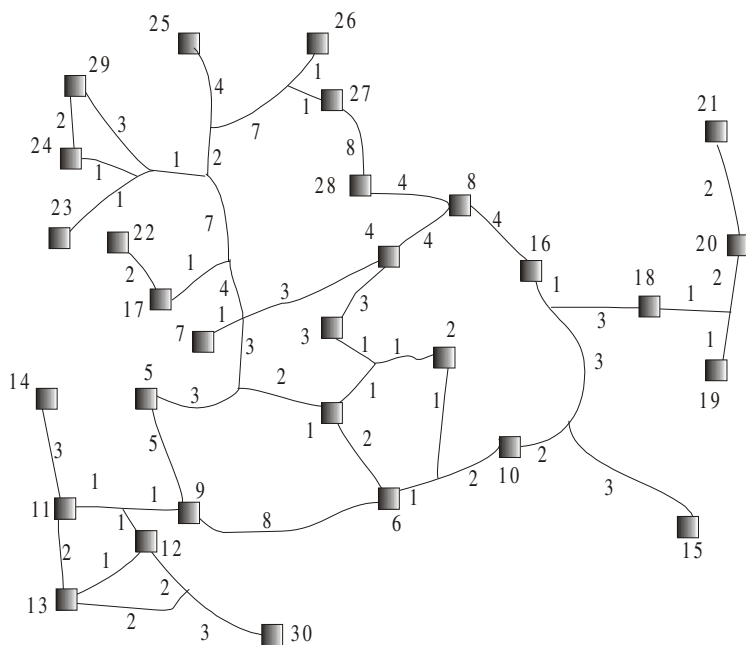


Figura 2 - Representação da área de estudo através de um grafo

A tabela 1 apresenta os números O_i das viagens originadas em cada zona de tráfego i e os números V_j das oportunidades oferecidas em cada uma das zonas j .

Tabela 1: Número de viagens originadas (O_i) e de oportunidades oferecidas (V_j) em cada zona de tráfego (ZT) da área de estudos.

ZT	O_i	V_j	ZT	O_i	V_j
1	6.000	20.000	16	100	100
2	1.200	5.000	17	450	100
3	2.100	100	18	600	200
4	3.000	2.000	19	300	100
5	1.200	500	20	450	100
6	3.000	1.000	21	300	100
7	3.000	200	22	300	100
8	1.500	300	23	1.500	100
9	4.000	60.000	24	2.400	500
10	450	100	25	4.500	1.500
11	4.000	4.000	26	5.000	3.000
12	1.500	200	27	450	100
13	1.000	1.000	28	450	100
14	300	300	29	300	100
15	900	800	30	1500	500

O número total de viagens realizadas na área de estudos, T , pode ser determinado fazendo-se o somatório das viagens originadas nas zonas i , i.e. através de $T = \sum_i O_i = 51.750$.

O modelo de Schneider foi aplicado, com as duas calibrações citadas, em três situações, a saber: (a) a área de estudo já descrita com os dados apresentados na tabela 1, (b) acrescentando 10.000 oportunidades à zona 5 e (c) acrescentando 10.000 oportunidades à zona 8. Isto é, em (b) substitui-se V_5 por $V_5 + 10.000$ e em (c) substitui-se V_8 por $V_8 + 10.000$.

Para aplicar o modelo de Schneider com a calibração tradicional é necessário que se calcule o valor de λ . A partir das distâncias entre os pares de zonas (i, j) obteve-se o comprimento médio (média aritmética simples) de todas as possíveis viagens na área de estudo $\bar{r} = 17$ km, e a partir da Tabela 1 obteve-se o total de 102.200 oportunidades oferecidas na área, com os dados originais. Assim, a densidade média de oportunidades (potenciais destinos de viagens) é $\rho = \frac{102200}{350} = 292$ oportunidades / km² e para o caso (a) a probabilidade λ_0 de uma oportunidade ser aceita, se considerada, para a calibração tradicional é

$$\lambda_0 = \frac{1}{4 \cdot 292 \cdot 17^2} \cong 0,0000029625.$$

Para calcular a probabilidade λ_1 nos casos (b) e (c) observa-se que ao acrescentar 10.000 novas oportunidades à área de estudo, o número de potenciais destinos de viagens passa a ser 112.200. Assim, a densidade média de destinos terminais de viagens passa a ser $\rho = \frac{112200}{350} = 320,57$ oportunidades / km² e a probabilidade λ_1 de uma oportunidade ser aceita, se considerada, para a calibração tradicional nestes dois casos é

$$\lambda_1 = \frac{1}{4 \cdot 320,57 \cdot 17^2} \cong 0,0000026984.$$

Sendo (T_{ij}) , (T'_{ij}) e (T''_{ij}) as matrizes de distribuição de viagens obtidas através do modelo de distribuição de viagens de Schneider com a calibração tradicional aplicado respectivamente à área de estudo na situação original, com o acréscimo de 10.000 oportunidades na zona 5 e com o acréscimo de 10.000 oportunidades na zona 8, obtém-se, respectivamente

$$\sum_{i,j} |T_{ij} - T'_{ij}| = 10.526,69$$

$$\sum_{i,j} |T_{ij} - T''_{ij}| = 10.292,54$$

e
$$\sum_{i,j} |T'_{ij} - T''_{ij}| = 10.967,29.$$

Assim, os índices de dissimilaridade para estes três casos são respectivamente

$$ID_{05} = \frac{50}{T} \sum_{i,j} |T_{ij} - T_{ij}'| = \frac{50}{51750} \cdot 10.526,69 \cong 10,170715$$

$$ID_{08} = \frac{50}{T} \sum_{i,j} |T_{ij} - T_{ij}''| = \frac{50}{51750} \cdot 10.292,54 \cong 9,9444831$$

e

$$ID_{58} = \frac{50}{T} \sum_{i,j} |T_{ij}' - T_{ij}''| = \frac{50}{51750} \cdot 10.967,29 \cong 10,596415$$

Sejam (T_{nij}) , (T_{nij}') e (T_{nij}'') as matrizes de distribuição de viagens obtidas através do modelo de distribuição de viagens de Schneider com a nova calibração, aplicado respectivamente à área de estudo na situação original, com o acréscimo de 10.000 oportunidades na zona 5 e com o acréscimo de 10.000 oportunidades na zona 8. Os valores de λ para os quais os processos iterativos para a obtenção das matrizes (T_{nij}) , (T_{nij}') e (T_{nij}'') se estabilizaram, são respectivamente $\lambda_{n0} = 0,00001916$ $\lambda_{n5} = 0,00001912$ e $\lambda_{n8} = 0,00001932$.

Para estas matrizes de distribuição de viagens obtém-se

$$\sum_{i,j} |T_{nij} - T_{nij}'| = 12.214,97$$

$$\sum_{i,j} |T_{nij} - T_{nij}''| = 11.856,7$$

e

$$\sum_{i,j} |T_{nij}' - T_{nij}''| = 14.338,96.$$

Portanto, os índices de dissimilaridade para estes três casos são respectivamente

$$ID_{n05} = \frac{50}{T} \sum_{i,j} |T_{nij} - T_{nij}'| = \frac{50}{51750} \cdot 12.214,97 \cong 11,801903$$

$$ID_{n08} = \frac{50}{T} \sum_{i,j} |T_{nij} - T_{nij}''| = \frac{50}{51750} \cdot 11.856,7 \cong 11,455749$$

e

$$ID_{n58} = \frac{50}{T} \sum_{i,j} |T_{nij}' - T_{nij}''| = \frac{50}{51750} \cdot 14.338,96 \cong 13,854068.$$

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os índices de dissimilaridade entre as matrizes de distribuição de viagens estimadas através da calibração tradicional e do novo método, relativamente às três situações acima (variações), são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Índices de dissimilaridade entre as matrizes de distribuição de viagens obtidas pelo modelo de Schneider, com a calibração tradicional e a nova calibração, aplicado à área de estudo original e acrescentando 10.000 oportunidades na zona 5, na zona 8 e em ambas as zonas (5 e 8).

Situações da área de estudo usadas para obter os índices	Original e com $V_5 + 10.000$	Original e com $V_8 + 10.000$	$V_5 + 10.000$ e $V_8 + 10.000$
Índices de dissimilaridade quando usada a calibração tradicional (ID)	10,170715	9,9444831	10,596415
Índices de dissimilaridade quando usada a nova calibração (ID _n)	11,801903	11,455749	13,854068
Variação percentual dos índices	+ 16,03%	+ 15,19%	+ 30,74%

Observa-se que as variações verificadas nos índices de dissimilaridade, neste contexto, não devem ser interpretadas como medida de precisão dos métodos e sim como um indicativo de sensibilidade dos mesmos em relação às mudanças efetuadas no número de oportunidades intervenientes nas zonas 5 e 8. Isto é, valores mais elevados de ID significam maior sensibilidade às mudanças acima mencionadas.

A maior sensibilidade, em relação à posição relativa de novas oportunidades a serem introduzidas na área de estudo, que o modelo de Schneider apresenta quando aplicado com a nova calibração, em comparação à sensibilidade que ele apresenta quando aplicado com a calibração tradicional, se deve aos valores diferentes da probabilidade λ para os diversos casos. Na verdade, ao se observar a expressão utilizada para calcular matriz (T_{ij}) de distribuição de viagens estimada pelo modelo de Schneider, i.e.

$$T_{ij} = O_i \cdot k_i \cdot e^{-\lambda W_{ij}} (1 - e^{-\lambda V_j}),$$

nota-se que, mantidos constantes os outros parâmetros que constam no modelo, alterando o valor de λ espera-se uma mudança nos valores de T_{ij} .

No caso da calibração tradicional a probabilidade $\lambda_1 = 0,0000026984$ é a mesma para os casos (b) e (c) e assim, a menos dos erros de arredondamento do processador, o valor do índice de dissimilaridade entre as matrizes de distribuição de viagens obtidas nestes dois casos se deve unicamente às variações nos números de viagens com destino nas zonas 5 e 8 provocadas pelas respectivas alterações nos números de oportunidades oferecidas nestas zonas.

Por outro lado, com o novo método de calibração o incremento de 10.000 oportunidades em zonas distintas levará a valores distintos de λ e, conseqüentemente, a uma maior variação nos índices de dissimilaridade. Isto demonstra que o novo processo de calibração introduz uma maior sensibilidade ao modelo de oportunidades intervenientes, com respeito a modificações nos padrões de distribuição espacial das oportunidades. Isto é particularmente importante quando se pretende analisar alternativas de crescimento urbano, como por exemplo a escolha da localização de um novo polo atrator de tráfego, mediante uma análise dos efeitos que o mesmo causará sobre os volumes de tráfego nas vias em sua área de influência.

A Tabela 2 mostra, ainda, que o incremento de 10.000 oportunidades na zona 5 e de 10.000 oportunidades na zona 8, concomitantemente, é sentido de forma ainda mais drástica pelo novo método de calibração pois que a variação no índice de dissimilaridade é maior que nos dois casos precedentes.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se um novo procedimento de calibração do modelo de oportunidades intervenientes de Schneider, centrado num novo procedimento iterativo de determinação do parâmetro de oportunidade λ . O novo procedimento revelou a existência de uma relação entre o parâmetro λ e o número médio de oportunidades por viagem, permitindo uma maior compreensão do relacionamento entre o sistema de atividades (oportunidades), o sistema viário (impedância) e os padrões de deslocamento de pessoas (matrizes de origem-destino) em áreas urbanas.

A aplicação do modelo de Schneider, utilizando-se o procedimento convencional de calibração e o novo procedimento, a um mesmo conjunto simulado de zonas de tráfego, permitiu que a sensibilidade dos procedimentos alternativos fosse testada em relação a modificações procedidas no número de oportunidades oferecidas em diferentes zonas. O novo procedimento de calibração levou à estimativa de matrizes de viagem cujas 'distâncias' em relação à matriz original, obtida sem os acréscimos de oportunidades, foram maiores (ID maiores). Considerando que os acréscimos de oportunidades foram de igual valor (10.000 oportunidades), pôde-se concluir que a maior variação apresentada pelo novo método de calibração deveu-se a uma maior sensibilidade deste às diferentes posições espaciais relativas das zonas que experimentaram os acréscimos de oportunidades.

Assim, a partir dos resultados obtidos, conclui-se que além de oferecer uma interpretação mais consistente do parâmetro λ , o novo método de calibração mostrou-se mais sensível às variações no número de oportunidades oferecidas em zonas distintas, permitindo afirmar que ele é mais apropriado do que o método tradicional, na análise de efeitos decorrentes de modificações do uso do solo em áreas urbanas. Infere-se daí, a necessidade de uma retomada e uma revigoração dos modelos de oportunidades intervenientes, para serem utilizados como ferramentas de análise espacial urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kühlkamp, N. (2003) Modelo de oportunidades intervenientes, de distribuição de viagens, com ponderação das posições relativas das oportunidades. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFSC. 197 p.
- Kühlkamp, N. e Ulysséa Neto, I. (2003) *Modelos de oportunidades intervenientes de distribuição de viagens: Um novo método de calibração do modelo de Schneider*. Transportes, v. XI, n. 1, p. 19-23.

- Ruiter, E. R. (1967) *Toward a better understanding of the intervening opportunities model*. Transportation Research, v.1, p. 47-56.
- Schneider, M. (1959) *Gravity models and trip distribution theory*. Papers and Proceedings of the Regional Science Association, v. 5, p. 51-56.
- Thomas, R.W. (1977) *An interpretation of the journey-to-work on Merseyside using entropy maximizing methods*. Environment and Planning A, v.9, p. 817-834.
- Ulysséa Neto, I. (1988) The development and testing of a non-recursive aggregate passenger travel demand modelling approach. Tese de doutorado. University of Bristol. UK. 318p.

Nilo Kühlkamp
Departamento de Matemática , Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa postal 476 – CEP 88040-900 – Florianópolis, SC, Brasil

Ismael Ulysséa Neto (ecv1iun@ecv.ufsc.br)
Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa postal 476 – CEP 88040-900 – Florianópolis, SC, Brasil