

## Proposta de uma metodologia de avaliação do efeito barreira

### Dominique Mouette

Professora, doutora, Instituto Presbiteriano Mackenzie, Faculdade de Engenharia, Departamento de Transporte e Trânsito da Prefeitura Municipal de São Carlos  
e-mail: dmouette@mackenzie.com.br

### Jaime Waisman

Departamento de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
e-mail: sistran@sistransp.com.br

Os sistemas de transportes e o tráfego de veículos ocasionam uma série de impactos ambientais. Um dos elementos grandemente afetados é o pedestre, que muitas vezes tem sua rota ou caminho obstruídos pelos sistemas de transporte ou pelo tráfego de veículos. Neste trabalho, definiu-se o termo efeito barreira para denotar as restrições ou a inibição do deslocamento a pé, ocasionadas pelo tráfego e pela via de circulação. Elaborou-se um modelo sistêmico com os elementos de influência, elementos causadores e os impactos decorrentes. O modelo foi validado através de uma pesquisa de campo, cujos dados foram analisados e interpretados através da análise de correspondência múltipla (ACM). Em seguida, desenvolveu-se um método de avaliação, através da aplicação conjunta da ACM e da teoria de *fuzzy logic*.

Ao caminhar o indivíduo está totalmente exposto ao meio ambiente que o circunda, interage com o tráfego e com as características arquitetônicas e paisagísticas locais. Portanto, a qualidade da caminhada é uma consequência direta não apenas das condições das calçadas e das áreas destinadas a pedestres, mas também do tráfego e nível de distúrbio decorrente deste, além das características urbanas e arquitetônicas locais e dos estabelecimentos presentes na via.

O tráfego de veículos causa uma série de distúrbios e desconfortos ao pedestre. Morton-Willians (1978) cita que os pedestres, ao se referirem às sensações provocadas pelo tráfego utilizam termos como “perturbados”, “incomodados”, “irritados” ou “preocupados”. Estas avaliações mostram que o tráfego é uma fonte de distúrbio e nem sempre o indivíduo tem pleno discernimento dos elementos que o desagradam.

A literatura referente às características ambientais sensíveis aos pedestres cita como importantes elementos de avaliação a poluição atmosférica, a poluição sonora, a intrusão visual, a emissão de fumaça e poeira e o conflito veículo/pedestre ou risco de ocorrer um aci-

dente (Road Traffic and the Environment, 1972; Morton-Willians, 1978; Hopkinson, May e Turvey, 1987; May e Hopkinson, 1992).

De acordo com as pesquisas acima citadas, um dos impactos decorrentes dos sistemas de transportes refere-se à restrição da liberdade de circulação de parte da população que não utiliza veículos motorizados e pode ser prejudicada pelo tráfego e/ou pela via de circulação dos veículos.

## O EFEITO BARREIRA

À restrição ao deslocamento a pé denominou-se efeito barreira. Para melhor situar o objeto de pesquisa, definiu-se o termo efeito barreira para denotar as restrições ou inibições ocasionadas pelo tráfego e pela via de circulação, gerando uma impedância ao livre movimento dos pedestres entre os dois lados da via. Além das barreiras físicas decorrentes do tráfego de veículos e da via, o risco ao qual o pedestre está exposto ao caminhar, sobretudo no momento de efetuar a travessia da via, constitui outro elemento significativo à queda de mobilidade dos pedestres.

Os impactos do efeito barreira são decorrentes do fato de que ao dificultar o acesso do pedestre ao “outro lado” da via reduz-se o nível de acessibilidade a todos os locais e estabelecimentos presentes do lado oposto ao do pedestre. Além disso, o tráfego e a via podem dificultar a movimentação de elementos da população, reduzindo a mobilidade destes.

O efeito barreira pode ser resultante da implantação de uma nova via, da alteração do sistema de transporte existente ou simplesmente decorrente do acréscimo de tráfego. De qualquer modo, a intensidade dos impactos depende das características do tráfego e das vias da região afetada, bem como das atitudes e comportamentos dos diferentes grupos populacionais, que variam de acordo com o meio urbano no qual estão inseridos e conforme a idade e o sexo do indivíduo.

Na ocorrência do fenômeno do efeito barreira podem-se definir três grandes grupos de variáveis: os elementos causadores, os elementos de influência e os impactos decorrentes. Os elementos causadores são o tráfego de veículos e a via de circulação; os elementos de influência referem-se às características da população e do meio urbano. Dentre os impactos decorrentes, os mais imediatos e facilmente perceptíveis são a redução da acessibilidade aos locais e estabelecimentos de interesse e da mobilidade dos pedestres.

A necessidade de adaptação por parte da população acarreta alterações nos padrões de viagem e, conseqüentemente, nas atitudes e nos comportamentos, o que por sua vez reflete-se nas relações sociais e com o meio ambiente, podendo, inclusive, alterar a estrutura urbana. Os vários impactos do efeito barreira formam uma cadeia, podendo ser classificados em níveis distintos, de acordo com o grau de interação existente entre eles. Neste trabalho, definiram-se três níveis: primário, secundário e terciário.



www.antp.org.br

Os impactos primários são conseqüências diretas do sistema de transportes e referem-se à alteração na acessibilidade e mobilidade. São os efeitos mais imediatos e facilmente perceptíveis. São impactos primários: a insegurança causada pelo tráfego, o risco de acidentes e atropelamentos, a dificuldade de cruzar a via, o aumento da distância percorrida e o aumento no tempo de viagem.

Os impactos secundários resultam das alterações na acessibilidade aos locais de interesse e na mobilidade dos indivíduos afetados. Sua amplitude vai além da área ao redor da via em questão. Os impactos secundários são: as alterações nos deslocamentos a pé, nas viagens motorizadas, nas viagens com a finalidade de acompanhar outro indivíduo com mobilidade restrita, as viagens suprimidas, as alterações nas atividades realizadas e no hábito de caminhar no bairro, as alterações de rota, um menor conhecimento do bairro, alteração no número de contatos pessoais e no uso dos locais e estabelecimentos de interesse presentes no bairro.

O último nível de impactos, o terciário, refere-se às alterações na estrutura urbana, atingindo diversos bairros ao redor da via, ou mesmo a periferia da cidade. Estes impactos não foram abordados neste estudo.

## MODELO

A partir da classificação acima proposta, elaborou-se um modelo baseado em uma estrutura hierárquica em cinco níveis: os elementos causadores e mais quatro níveis de impactos, sendo os impactos secundários separados em três níveis. Os elementos de influência não foram incorporados ao modelo, mas são analisados de forma complementar. Determinaram-se os grupos de impactos de acordo com suas características, considerando as relações mais intensas e significativas, visando sistematizar e facilitar o estudo e a compreensão do fenômeno. O modelo desenvolvido e avaliado encontra-se esquematizado na figura 1.

- **Nível 1 - elementos causadores:** referem-se às características da via e do tráfego. Analisaram-se a velocidade e o volume médio do tráfego, a composição do tráfego (porcentagem de veículos pesados) e fatores agravantes (quantidade de veículos estacionados).
- **Nível 2 - impactos diretos:** são os impactos primários, causados pelo tráfego e pela via, resultando em uma impedância ao movimento. Podem-se considerar como impactos diretos as alterações na segurança durante o cruzamento da via, a facilidade/dificuldade de cruzar a via, o retardamento provocado pelo tráfego e aquele decorrente da estrutura viária.
- **Nível 3 - impactos nos padrões de viagens:** resultam das alterações na acessibilidade e na mobilidade; são impactos as alterações nas escolhas modais, na forma de deslocamento (sozinho ou acompanhado) e na quantidade de viagens realizadas tanto motorizadas quanto a pé.



[www.antp.org.br](http://www.antp.org.br)

- **Nível 4 - impactos no comportamento:** correspondem às alterações decorrentes das mudanças nos padrões de viagens; entre eles, podem-se citar alterações na quantidade de atividades realizadas pelos indivíduos, no hábito de caminhar no bairro e as mudanças de rota.

- **Nível 5 - impactos nas relações sociais:** decorrem das alterações nos padrões de viagens e no comportamento da população; são impactos as alterações no número de contatos pessoais na vizinhança, nos limites de vizinhança e no uso dos locais e estabelecimentos de interesse presentes no bairro e na área de vizinhança conhecida pelo cidadão.

Os elementos de influência considerados são a idade e o sexo dos indivíduos. Definiram-se três faixas etárias: crianças - 8 a 11 anos; adultos - de 18 a 64 anos; idosos - mais de 64 anos. O grupo dos adultos foi subdividido em três subgrupos: acompanhantes - adultos que necessitam efetuar viagens com a finalidade de acompanhar outro indivíduo com mobilidade restrita; pais - adultos pais ou responsáveis por crianças; não acompanhantes - demais adultos. As crianças com menos de 8 anos não foram analisadas por não poderem caminhar desacompanhadas, nem a população na faixa entre 12 e 17 anos. Constatou-se que este último grupo necessita de uma pesquisa específica, não tendo sido possível obter informações satisfatórias através da aplicação de questionários.

## AVALIAÇÃO

Muitos dos impactos acima citados são descritos na literatura, entretanto não existem muitas pesquisas ou investigações que permitam concluir que determinados fenômenos realmente ocorrem. Visando detectar a ocorrência ou não dos impactos mencionados, foi realizada uma pesquisa de campo em dois grupos populacionais residentes em áreas distintas da cidade de Leeds, Inglaterra; a área 1, pertencente ao bairro 1 e a área 2, pertencente ao bairro 2. Ambas as regiões são bairros residenciais com expressivo comércio e serviço locais, servindo as necessidades básicas de saúde, educação, lazer e abastecimento da população.

O levantamento das características da população foi efetuado a partir de levantamento de dados pertencentes ao Censo de 1991. A velocidade, volume e composição do tráfego foram medidos nas vias em estudo através de equipamentos específicos. As características da via e do meio urbano foram levantadas através de pesquisa e observação do local.

A área 1 tem uma população de aproximadamente 3.800 pessoas, distribuídas em 1.650 residências; 58% da população têm entre 16 e 65 anos, os idosos representam 16% e as crianças entre 0 e 15 anos, 25%. O tráfego na via 1 tem uma velocidade média de 34 km/h e um fluxo médio de 1.200 veículos por hora, sendo que 8% deles são veículos pesados.

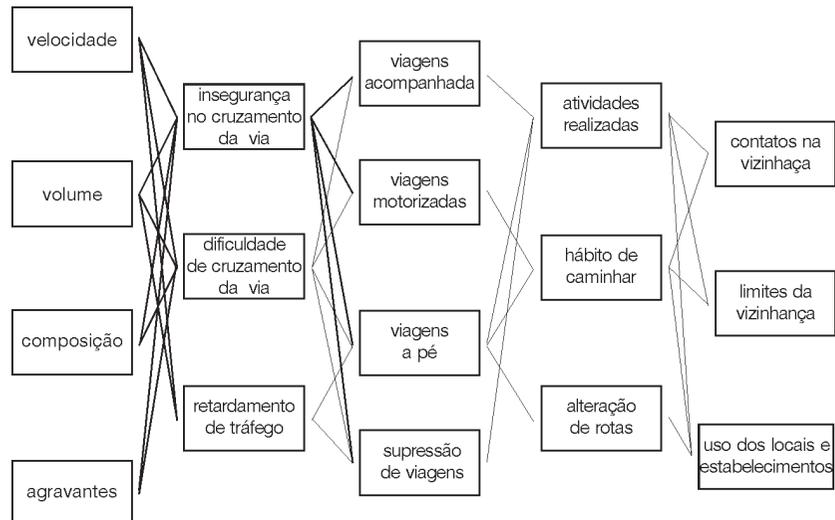
A área 2 tem em torno de 1.500 indivíduos em 725 residências; 65% têm entre 16 e 65 anos, os idosos representam 18% da população e as crianças entre 0 e 15 anos, 19%. O tráfego na via 2 circula a uma velocidade média de 38 km/h, com um fluxo médio de 1.100 veículos por hora, sendo que 8% são de veículos pesados.

Os impactos primários e secundários foram avaliados a partir de pesquisa efetuada junto à população selecionada. Aplicaram-se questionários à população residente no entorno da via em estudo. Os questionários utilizados foram entregues aos alunos das escolas primárias e aos respectivos pais ou responsáveis. Também foram distribuídos questionários nas residências da região em estudo.

Para identificar o grau de satisfação e o comportamento da população, perguntou-se aos adultos e os idosos sua opinião sobre o bairro, a via, o tráfego, as atividades pessoais, as atitudes em relação às crianças, as viagens de acompanhamento e sua localização espacial. As crianças foram indagadas sobre o bairro, o tráfego, suas atividades e a localização espacial.

Como a maioria das variáveis não pode ser quantificada, foram adotadas escalas de avaliação linguística; no caso do indivíduo efetuar uma opção foram apresentadas as possíveis alternativas e não uma escala. As variáveis, as perguntas correspondentes e as codificações utilizadas nas análises encontram-se nos quadros 1 e 2.

**Figura 1**  
**Modelo desenvolvido**



**Quadro 1**  
**Variáveis do modelo, com as perguntas e respostas - questionário das crianças**

Variável	Pergunta	Respostas
Velocidade	Se acha o tráfego veloz	♦ não / um pouco ♦ médio ♦ bastante / muito
Volume	Se acha que tem muito tráfego na via	♦ não / um pouco ♦ médio ♦ bastante / muito
Composição	Se tem medo de cruzar devido aos ônibus e caminhões	♦ não / um pouco ♦ médio ♦ bastante / muito
Agravantes	Se é mais difícil cruzar a via com veículos estacionados	♦ não / um pouco ♦ médio ♦ bastante / muito
Insegurança na travessia	Se tem medo de cruzar a via	♦ sim ♦ às vezes ♦ não ♦ não cruza
Dificuldade na travessia	Como cruza a via	♦ sozinho / com criança ♦ em condições especiais ♦ com adulto
Retardamento de tráfego	Se demora para atravessar a via	♦ sempre ♦ às vezes ♦ nunca
Viagens acompanhadas	Se alguém a acompanha a certos locais porque você não pode cruzar a via	♦ sempre ♦ às vezes ♦ nunca
Viagens a pé	Aonde vai, se cruza a via	♦ nenhum lugar ♦ só do mesmo lado em que mora ♦ de ambos os lados da via
Atividades realizadas	Quantidade de atividades que realiza	♦ nenhuma / poucas ♦ média ♦ muitas
Alteração de rotas	Se costuma fazer contornos para evitar a via	♦ sempre ♦ às vezes ♦ nunca
Contatos na vizinhança	Número de amigos que tem	♦ poucos ♦ médio ♦ muitos
Limite de vizinhança	Se inclui o outro lado da via no mapa de vizinhança	♦ sim ♦ não
Uso dos locais vizinhança	Quantidade de locais que frequenta	♦ nenhum / poucos ♦ médio ♦ muitos



[www.antp.org.br](http://www.antp.org.br)

**Quadro 2**  
**Variáveis do modelo e perguntas dos questionários dos adultos**

Variável	Pergunta	Respostas	Variável	Pergunta	Respostas
Velocidade	Opinião sobre a velocidade do tráfego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito ruim</li> <li>• ruim</li> <li>• média</li> <li>• boa / muito boa</li> </ul>	Viagens a pé	Se costuma caminhar quando necessita ir à via em estudo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nunca / raramente</li> <li>• às vezes</li> <li>• frequentemente</li> <li>• sempre</li> </ul>
Volume	Opinião sobre o volume de tráfego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito ruim</li> <li>• ruim</li> <li>• média</li> <li>• boa / muito boa</li> </ul>	Viagens suprimidas	Quantidade de atividades que ficou impossibilitado de realizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito pouca</li> <li>• pouca</li> <li>• média</li> <li>• bastante / muita</li> </ul>
Composição	Opinião sobre a quantidade de ônibus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito ruim</li> <li>• ruim</li> <li>• média</li> <li>• boa / muito boa</li> </ul>	Atividades realizadas	Quantidade de atividades realizadas entre as listadas no questionário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito pouca</li> <li>• pouca</li> <li>• média</li> <li>• muita</li> </ul>
Agravantes	Opinião sobre a quantidade de veículos estacionados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito ruim</li> <li>• ruim</li> <li>• média</li> <li>• boa / muito boa</li> </ul>	Hábito de caminhar	Quantidade de deslocamentos que costuma realizar a pé no bairro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• baixo</li> <li>• médio</li> <li>• alto</li> </ul>
Insegurança na travessia	Opinião sobre a segurança do tráfego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito baixa</li> <li>• baixa</li> <li>• média</li> <li>• alta / muito alta</li> </ul>	Alteração de rotas	Quantidade de contornos que faz para evitar a via ou quantidade de rotas que teve que alterar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito baixa</li> <li>• baixa</li> <li>• média</li> <li>• alta / muito alta</li> </ul>
Dificuldade no cruzamento	Opinião sobre a facilidade de cruzar a via	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito baixa</li> <li>• baixa</li> <li>• média</li> <li>• alta / muito alta</li> </ul>	Contatos na vizinhança	Se frequenta a casa de amigos no bairro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sim</li> <li>• não</li> </ul>
Retardamento de tráfego	Opinião sobre o tempo necessário a travessia da via	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito baixo</li> <li>• baixo</li> <li>• médio</li> <li>• alto / muito alto</li> </ul>	Limite de vizinhança	Se inclui o outro lado da via no limite de vizinhança	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sim</li> <li>• não</li> </ul>
Viagens acompanhadas	Quantidade de viagens para acompanhar outro indivíduo com baixa mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muito pouca</li> <li>• pouca</li> <li>• média</li> <li>• bastante / muita</li> </ul>	Uso dos locais na vizinhança	Quantidade de locais que frequenta entre os listados no questionário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nenhum / pouco</li> <li>• médio</li> <li>• muito</li> </ul>
Viagens motorizadas	Modo de deslocamento casa - trabalho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• carro</li> <li>• ônibus</li> <li>• outros</li> </ul>			

## VALIDAÇÃO DO MODELO

A interpretação dos dados e validação do modelo foram efetuadas separadamente para cada um dos cinco grupos populacionais definidos: não acompanhantes, idosos, acompanhantes, pais e crianças. Os dados coletados na pesquisa de campo foram analisados, avaliados e interpretados utilizando-se a análise de correspondência múltipla (ACM), método estatístico multifatorial que lida com variáveis nominais e permite a análise de uma grande quantidade de variáveis simultaneamente.

Através da ACM efetuou-se a análise do modelo proposto (figura 1) para cada um dos grupos populacionais. As relações de intensidade foram testadas e avaliadas para cada grupo populacional. Conforme esperado, uma vez que os indivíduos possuem reações distintas frente ao tráfego de acordo com suas características, as análises indicaram diferenças nas relações de intensidade entre as variáveis dos diversos grupos populacionais. Apresentaremos aqui os principais resultados; as análises e interpretações encontram-se detalhados em Mouette (1998).

Na população adulta de não acompanhantes, obteve-se uma fraca correlação entre os impactos diretos e a geração de viagens sugerindo que, no caso deste estudo e da população pesquisada, os adultos não acompanhantes são pouco vulneráveis ao efeito barreira, não apresentando fortes alterações na geração e nos padrões de viagem em função dos impactos do tráfego. Entretanto, há fortes indícios de que maiores quantidades de deslocamentos a pé e menor uso do automóvel levam a uma maior interação com a vizinhança, refletindo-se em mais atividades realizadas, maior uso dos estabelecimentos e locais de interesse e maior quantidade de contatos na vizinhança.

De acordo com a análise de frequência, a população de idosos considera as características do tráfego ruins e os impactos fortes. Apesar da opinião negativa a respeito do tráfego, a grande maioria dos idosos costuma se deslocar a pé, sempre que necessita ir a algum local de interesse ou realizar atividades na vizinhança. A mesma análise indica que a maioria dos idosos realiza poucas atividades e frequenta muito poucos locais.

Os fatos relacionados acima são indicativos de uma forte intensidade do efeito barreira nesta população. A análise demonstrou que os idosos possuem uma mobilidade restrita e também sugere a existência de dificuldades de acesso a muitos locais de interesse, dificuldade que parece estar associada a uma opinião negativa sobre o tráfego e à percepção de fortes impactos na acessibilidade e na mobilidade. O



fato dos indivíduos costumarem ir a pé à via parece não indicar uma alta mobilidade, mas sim falta de outra alternativa, o que pode, inclusive, estar ocasionando uma supressão de atividades e redução no uso dos estabelecimentos e locais de interesse.

As correlações existentes entre as variáveis indicaram que os acompanhantes, em muitos casos, sofrem impactos decorrentes do efeito barreira. A necessidade de acompanhar outros indivíduos que apresentam uma mobilidade restrita pode ocasionar alterações no hábito da caminhar, no número de atividades e dos locais que eles freqüentam e impossibilitar a realização de outros deslocamentos. A intensidade dos impactos mostrou-se associada à quantidade de viagens de acompanhamento que necessitam ser realizadas.

A interpretação dos resultados mostrou que quanto maior o número de viagens de acompanhamento, maior o número de atividades na vizinhança e o uso dos locais e estabelecimentos de interesse. Este fenômeno pode ser decorrente do fato das viagens de acompanhamento estarem muito vinculadas a pequenos deslocamentos no bairro, levando os indivíduos que acompanham a aumentar a freqüência de uso dos locais e estabelecimentos da vizinhança e das atividades realizadas no bairro. Este fato merece uma maior investigação, para que seja possível obter maiores esclarecimentos sobre estas associações.

Já os pais, enquanto indivíduos adultos, não estão muito sujeitos ao efeito barreira. Os impactos estão fracamente relacionados aos deslocamentos a pé ou motorizados. Assim como para os adultos não acompanhantes, os padrões de viagens e as variáveis de comportamento e relações sociais mostram-se muito correlacionadas, indicando que os padrões de viagens interferem nestes dois grupos de variáveis. Como pais ou acompanhantes este grupo de indivíduos é diretamente afetado. As viagens de acompanhamento e a supressão de viagens estão associadas à segurança de tráfego e à dificuldade de cruzar a via. A supressão de viagens e as viagens de acompanhamento também se mostraram associadas à quantidade de atividades realizadas, interferindo deste modo nas atividades dos pais. A necessidade de acompanhar outros indivíduos que apresentam mobilidade restrita pode ocasionar alterações nos hábitos e no número de atividades e de locais que eles freqüentam e impossibilitar a realização de outros deslocamentos. A intensidade dos impactos mostrou-se associada à quantidade de viagens deste tipo que necessitam ser realizadas.

Assim como para o grupo dos acompanhantes, a interpretação dos resultados para os pais mostrou que quanto mais viagens de acompanhamento, maior o número de atividades na vizinhança e o uso dos locais e estabelecimentos de interesse e maior a supressão de atividades (viagens).



[www.antp.org.br](http://www.antp.org.br)

A análise e interpretação da ACM referente às crianças indicou que este grupo é fortemente afetado pelo efeito barreira. Uma opinião negativa sobre as características do tráfego leva à insegurança no cruzamento da via e à dificuldade de efetuar-lo, fato que aumenta o número de deslocamentos acompanhados e a redução de viagens a pé. A baixa mobilidade ocasiona uma redução nas atividades, nos limites de vizinhança e no uso dos locais e estabelecimentos de interesse.

Ao contrário do esperado, a quantidade de contatos na vizinhança feitos pelas crianças mostrou-se negativamente correlacionada com as atividades realizadas, sendo que este fato merece uma maior investigação.

Ao comparar-se os cinco grupos, pode-se concluir que as crianças e os idosos são muito mais suscetíveis ao efeito barreira do que os demais grupos populacionais. Os adultos mostraram-se pouco vulneráveis, mas sofrem várias conseqüências quando necessitam acompanhar outro indivíduo que apresenta mobilidade restrita, fato evidente na análise dos acompanhantes e dos pais.

### APLICAÇÃO DE FUZZY LOGIC

Cada um dos grupos populacionais definidos foi avaliado de acordo com o modelo proposto e validado pela ACM. As relações de intensidade entre as variáveis, definidas pela ACM, podem ser perfeitamente vistas como relações de pesos. O modelo *fuzzy* pressupõe que as variáveis de um nível hierárquico influenciam a ocorrência das variáveis do nível adjacente através de uma regra de inferência. Na elaboração deste modelo devem-se definir os conjuntos, as variáveis *fuzzy*, as respectivas funções de pertinência, os pesos entre as variáveis de níveis adjacentes e as regras de inferência adotadas.

Definiram-se cinco conjuntos *fuzzy*, os quais correspondem aos níveis hierárquicos do modelo proposto: conjunto I - características do tráfego e da via; conjunto II - impactos na acessibilidade e na mobilidade; conjunto III - impactos nos padrões de viagem; conjunto IV - impactos no comportamento; conjunto V - impactos nas relações sociais. As variáveis do conjunto I são as independentes e baseiam-se nos dados coletados nos locais de pesquisa; as variáveis dos demais conjuntos baseiam-se nos questionários aplicados.

Na definição das variáveis *fuzzy* utilizaram-se dois tipos de funções de pertinência. Se a variável do modelo é uma variável quantificável determinaram-se os limites superior e inferior do domínio e estabeleceu-se uma função linear que leve estes valores para o intervalo,

transformando a variável clássica (do modelo proposto) em variável *fuzzy*. Se a variável é nominal, e no modelo está representada por alternativas ou por uma escala linguística, particionou-se o intervalo em intervalos iguais, cada um deles representando uma das possíveis alternativas da variável. Todas as variáveis do modelo proposto referentes aos conjuntos II a V são nominais e foram, portanto, transformadas em variáveis *fuzzy* através dessa partição do intervalo [0,1]. A função de pertinência atribui um valor, no intervalo [0,1], à variável *fuzzy* indicando a possibilidade da variável assumir um valor V.

Para as variáveis dos conjuntos *fuzzy* de II a V, utilizaram-se as funções de pertinência descritas abaixo, de acordo com o número das possíveis alternativas das variáveis. Caso uma variável não se enquadre nessas funções de pertinência, elas são especificadas no quadro 3, bem como as funções que levam as variáveis do primeiro nível do modelo às variáveis *fuzzy* do conjunto I.

Se  $X = \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow [0,1]$ , tal que  
 muito baixa  $\in [0.0, 0.2[$       baixa  $\in [0.2, 0.4[$       média  $\in [0.4, 0.6[$   
 alta  $\in [0.6, 0.8[$       muito alta  $\in [0.8, 1.0]$ .

Se  $Y = \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow [0,1]$ , tal que  
 baixa  $\in [0.0, 0.33[$       média  $\in [0.33, 0.66[$       alta  $\in [0.66, 1.0]$ .

Se  $Z = \{\text{baixa, alta}\} \rightarrow [0,1]$ , tal que  
 baixa  $\in [0.0, 0.50[$       alta  $\in [0.50, 1.00]$ .

No quadro 3 estão relacionadas as variáveis do modelo, as variáveis *fuzzy* correspondentes e as funções de pertinência utilizadas.

O cálculo dos pesos entre as variáveis foi baseado em conceitos da ACM. Considerou-se como o peso entre duas variáveis a proximidade das alternativas correspondentes de cada variável. Ao efetuar-se esta correspondência entre variáveis está se inferindo que se uma variável possui um valor alto, a variável associada do nível adjacente também possui um valor alto; se for baixa a outra também terá um valor baixo.

A proximidade entre duas variáveis corresponde à soma dos indivíduos que possuem simultaneamente as alternativas muito baixa/baixa, média e alta/muito alta para ambas as variáveis em questão. Os resultados obtidos foram divididos pelo total de respostas válidas para transpor o resultado no intervalo [0,1], necessário à teoria de *fuzzy logic*.

Definidos os pesos entre as variáveis, o último passo refere-se à determinação da regra de inferência, que fornece a função que determina as variáveis de um nível em função do nível anterior.

O modelo pode ser visto como uma série de vetores de variáveis (cada conjunto *fuzzy* e as respectivas variáveis formam um vetor). O

vetor de um dado nível decorre do vetor do nível anterior, sendo que entre eles há uma relação de intensidade. As relações de intensidade, correspondentes aos pesos calculados pela proximidade de duas variáveis, determinam uma matriz de pesos entre duas variáveis de níveis adjacentes. Desse modo, a partir da adoção do produto escalar entre o vetor de intensidade das variáveis de um nível e a matriz de pesos correspondente, determina-se uma regra de inferência.

O produto escalar *fuzzy* entre um vetor e uma matriz pode ser definido pela transformação max-min, definida como (Roman e Bassanezi, 1988):

Dados  $f \in F(X)$  e  $g \in G(Y)$  define-se seu **produto cartesiano** por  
 $(f \times g)(x,y) = f(x) \wedge g(y), \forall (x,y) \in X \times Y$ .

E uma **transformação max-min** como

$$(w_1, w_2, K, w_m) \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \Lambda & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \Lambda & a_{2m} \\ M & M & & M \\ a_{n1} & a_{n2} & \Lambda & a_{nm} \end{pmatrix} = (w_1, w_2, K, w_m)$$

onde,  $u_i = v_{k=1}^n (w_k \wedge a_{ki})$  e  $v = \max \quad \wedge = \min$ .

e a regra de inferência está determinada.

**Quadro 3**  
**Relação entre as variáveis do modelo, as variáveis *fuzzy* e as funções de pertinência**

Variável do modelo	Variável <i>fuzzy</i>	Regra de inferência
<b>Nível 1</b>		
Conjunto <i>fuzzy</i> I		
Velocidade - $V_R$	Velocidade de tráfego é alta - $V_F$	$V_R \in [0, 100] \rightarrow V_F \in [0, 1]$ $V_F = V_R/100$
Volume - $F_R$	Volume de tráfego é alto - $F_F$	$F_R \in [0, 1800] \rightarrow F_F \in [0, 1]$ $F_F = F_R/1800$
Composição - $C_R$	Presença de tráfego pesado é alta - $C_F$	$C_R \in [0, 30\%] \rightarrow C_F \in [0, 1]$ $C_F = C_R/30$
Agravantes - $A_R$	Presença de agravantes é alta - $A_F$	$A_R \in \{\text{ausente, ligeiro, mediano, grave}\} \rightarrow$ $\rightarrow \{[0.0, 0.25]; [0.25, 0.50]; [0.50, 0.75];$ $[0.75, 1.0]\} \rightarrow A_F \in [0, 1]$
<b>Nível 2</b>		
Conjunto <i>fuzzy</i> II		
Insegurança - $I_R$	Insegurança no cruzamento é alta - $I_F$	$I_{RA} \in \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow I_{FA} \in [0, 1]$ $I_{RC} \in \{\text{não tem medo de cruzar a via, às vezes tem medo, tem medo/não cruza}\} \rightarrow$ $\rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow I_{FC} \in [0, 1]$

Continua



www.antp.org.br

Quadro 3 (continuação)

Variável do modelo	Variável fuzzy	Regra de inferência
Nível 2	Conjunto fuzzy II	
Dificuldade - $D_R$	Dificuldade no cruzamento é alta - $D_F$	$D_{RA} \in \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow D_{FA} \in [0, 1]$ $D_{RC} \in \{\text{cruza sozinho ou com outra criança, em condições especiais, não cruza}\} \rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow D_{FC} \in [0, 1]$
Retardamento - $R_R$	Retardamento de tráfego é alto - $R_F$	$R_{RA} \in \{\text{muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto}\} \rightarrow R_{FA} \in [0, 1]$ $R_{RC} \in \{\text{nunca demora, às vezes demora, sempre demora}\} \rightarrow \{\text{baixo, médio, alto}\} \rightarrow R_{FC} \in [0, 1]$
Nível 3	Conjunto fuzzy III	
Viagens acompanhadas - $VA_R$	Frequência de viagens acompanhadas é alta - $VA_F$	$VA_{RA} \in \{\text{muito pouca, pouca, média, bastante, muita}\} \rightarrow \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow VA_{FA} \in [0, 1]$ $VA_{RC} \in \{\text{nunca, às vezes, sempre}\} \rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow VA_{FC} \in [0, 1]$
Viagens motorizadas - $VM_R$	Frequência de viagens motorizadas é alta - $VM_F$	$VM_{RA} \in \{\text{outros, ônibus, carro}\} \rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow VM_{FA} \in [0, 1]$
Viagens a pé - $VP_R$	Redução de viagens a pé é alta - $VP_F$	$VP_{RA} \in \{\text{sempre, frequentemente, raramente, às vezes, nunca}\} \rightarrow \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow VP_{FA} \in [0, 1]$ $VP_{RC} \in \{\text{em ambos os lados, só do mesmo lado, nenhum lugar}\} \rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow VP_{FC} \in [0, 1]$
Viagens suprimidas - $VS_R$	Frequência de viagens suprimidas é alta - $VS_F$	$VS_{RA} \in \{\text{muito pouca, pouca, média, bastante, muita}\} \rightarrow \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow VS_{FA} \in [0, 1]$
Nível 4	Conjunto fuzzy IV	
Atividades realizadas - $CA_R$	Redução de atividades realizadas é alta - $CA_F$	$CA_{RA} \in \{\text{muita, bastante, média, pouca, muito pouca}\} \rightarrow \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow CA_{FA} \in [0, 1]$ $CA_{RC} \in \{\text{muitas, média, nenhuma/poucas}\} \rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow CA_{FC} \in [0, 1]$
Hábito de caminhar - $CH_R$	Redução do hábito de caminhar é alta - $CH_F$	$CH_{RA} \in \{\text{alto, médio, baixo}\} \rightarrow CH_{FA} \in [0, 1]$
Alteração de rotas - $CR_R$	Frequência de alteração de rota é alta - $CR_F$	$CR_{RA} \in \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow CR_{FA} \in [0, 1]$ $CR_{RC} \in \{\text{nunca, às vezes, sempre}\} \rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow CR_{FC} \in [0, 1]$

Continua

Quadro 3 (continuação)

Variável do modelo	Variável fuzzy	Regra de inferência
Nível 5	Conjunto fuzzy V	
Contatos na vizinhança - $RC_R$	Redução nos contatos na vizinhança é alta - $RC_F$	$RC_{RA} \in \{\text{sim, não}\} \rightarrow \{\text{baixa, alta}\} \rightarrow RC_{FA} \in [0, 1]$ $RC_{RC} \in \{\text{muito, médio, pouco}\} \rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow RC_{FC} \in [0, 1]$
Limites de vizinhança - $RL_R$	Redução nos limites de vizinhança é alta - $RL_F$	$RL_{RA} \in \{\text{inclui o outro lado, não inclui o outro lado}\} \rightarrow \{\text{baixa, alta}\} \rightarrow RL_{FA} \in [0, 1]$ $RL_{RC} \in \{\text{inclui o outro lado, não inclui o outro lado}\} \rightarrow \{\text{baixa, alta}\} \rightarrow RL_{FC} \in [0, 1]$
Uso dos estabelecimentos e locais de interesse - $RU_R$	Frequência de alteração de rota é alta - $RU_F$	$RU_{RA} \in \{\text{nenhum/pouco, médio, muito}\} \rightarrow \{\text{muito baixa, baixa, média, alta, muito alta}\} \rightarrow RU_{FA} \in [0, 1]$ $RU_{RC} \in \{\text{nenhum/pouco, médio, muito}\} \rightarrow \{\text{baixa, média, alta}\} \rightarrow RU_{FC} \in [0, 1]$

(\*) FA: variável fuzzy referente à população adulta.

FC: variável fuzzy referente à população infantil.

RA: variável do modelo proposto referente à população adulta.

RC: variável do modelo proposto referente à população de crianças.

### Aplicação do modelo

A aplicação do modelo consiste em calcular, a partir das variáveis independentes (variáveis de tráfego), os vários impactos de cada nível hierárquico, de acordo com a matriz de pesos definida entre os níveis e a regra de inferência determinada.

Definindo-se cada nível hierárquico como um vetor de variáveis, aplica-se, então, a regra de inferência que consiste no produto escalar *fuzzy* deste vetor pela matriz de pesos deste nível com o nível adjacente. Determina-se, desse modo, o valor do vetor de variáveis do nível adjacente e repete-se o procedimento até a determinação das variáveis *fuzzy* do último nível hierárquico do modelo.

O procedimento utilizado encontra-se exemplificado através da explicação de todas as etapas para o grupo de crianças do bairro 2. De acordo com os valores levantados para as variáveis de tráfego e as funções de pertinência definidas, determinou-se o vetor de intensidade de tráfego para o bairro 2 (as matrizes de pesos foram definidas utilizando os valores das variáveis do bairro 2):

Variáveis de tráfego	Vetor de intensidade
Velocidade	0.38
Volume	0.66
Composição	0.26
Fatores agravantes	0.33



www.antp.org.br

Efetuada-se o produto escalar do vetor de tráfego pela matriz de pesos dos níveis hierárquicos I e II, tem-se:

$$\max\text{-min} \begin{vmatrix} 0.38 & 0.66 & 0.26 & 0.33 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0.43 & 0.30 & 0.36 \\ 0.25 & 0.20 & 0.22 \\ 0.60 & 0.57 & -- \\ 0.38 & 0.40 & -- \end{vmatrix} =$$

$$\max \begin{vmatrix} \min(0.43 \ 0.38) & \min(0.30 \ 0.38) & \min(0.36 \ 0.38) \\ \min(0.25 \ 0.66) & \min(0.20 \ 0.66) & \min(0.22 \ 0.33) \\ \min(0.60 \ 0.26) & \min(0.57 \ 0.26) & -- \\ \min(0.38 \ 0.33) & \min(0.40 \ 0.33) & -- \end{vmatrix} =$$

$$\begin{vmatrix} \max(0.38 \ 0.25 \ 0.26 \ 0.33) & \max(0.30 \ 0.20 \ 0.26 \ 0.33) & \max(0.36 \ 0.22) \\ 0.38 & 0.33 & 0.36 \end{vmatrix}$$

e obtém-se o vetor *fuzzy* dos impactos na acessibilidade e mobilidade:

Impactos na acessibilidade e mobilidade	Vetor de intensidade
Insegurança	0.38
Dificuldade	0.33
Retardamento	0.36

Realizando-se novamente o produto escalar do vetor intensidade dos impactos na acessibilidade e mobilidade pela matriz de pesos dos níveis II e III, tem-se:

$$\max\text{-min} \begin{vmatrix} 0.38 & 0.33 & 0.36 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0.48 & 0.42 \\ 0.40 & 0.45 \\ -- & 0.40 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.38 & 0.38 \end{vmatrix}$$

e obtém-se o vetor *fuzzy* dos impactos nos padrões de viagens:

Impactos nos padrões de viagens	Vetor de intensidade
Viagens de acompanhamento	0.38
Viagens a pé	0.38

Efetuada-se o produto escalar do vetor de impactos nos padrões de viagens pela matriz de pesos dos níveis III e IV, tem-se:

$$\max\text{-min} \begin{vmatrix} 0.38 & 0.38 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0.27 & -- \\ 0.51 & 0.37 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.38 & 0.37 \end{vmatrix}$$

e obtém-se o vetor *fuzzy* dos impactos no comportamento da população:

Impactos no comportamento	Vetor de intensidade
Atividades realizadas	0.38
Alteração de rotas	0.37

Efetuada-se o produto escalar do vetor de impactos no comportamento pela matriz de pesos dos níveis IV e V, tem-se:

$$\max\text{-min} \begin{vmatrix} 0.38 & 0.37 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0.42 & 0.34 & 0.40 \\ -- & -- & 0.24 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.38 & 0.34 & 0.38 \end{vmatrix}$$

e obtém-se o vetor *fuzzy* dos impactos nas relações sociais:

Impactos nas relações sociais	Vetor de intensidade
Contatos na vizinhança	0.38
Limite de vizinhança	0.34
Uso dos locais e estabelecimentos	0.38

Chega-se assim ao último nível hierárquico do modelo.

Os resultados obtidos para cada grupo populacional e para cada bairro estão apresentados na tabela 1.

### Validação do modelo *fuzzy*

Como forma de verificar a eficácia do modelo *fuzzy* desenvolvido e sua validade, compararam-se os valores calculados com os fornecidos pela pesquisa de campo. A comparação desses dois grupos de valores necessita de um valor correspondente ao grau de pertinência de cada variável avaliada pela pesquisa de campo em relação à variável *fuzzy* correspondente. Adotou-se como o grau de pertinência para as variáveis do modelo proposto o valor esperado das variáveis avaliadas pela pesquisa de campo e para as variáveis *fuzzy* os resultados obtidos na aplicação do modelo e discriminados na tabela 1. Na tabela 2 foram relacionados os valores esperados de cada variável, de acordo com o grupo populacional e para cada um dos bairros avaliados.

Ao compararem-se os valores esperados das variáveis obtidos pela pesquisa de campo e os resultados fornecidos pelo modelo *fuzzy*, observa-se uma redução nos valores da maior parte das variáveis. Ao contrário do que inicialmente imaginado, este fato não invalida o modelo *fuzzy* desenvolvido, reforçando sua grande utilidade e eficiência na avaliação dos impactos decorrentes do efeito barreira. As variáveis sofrem um decréscimo em seus valores em função dos pesos entre as variáveis dos níveis adjacentes que têm menor valor do que



o valor esperado das variáveis. Isso ocorre pelo fato de que, no cálculo dos pesos através do número de indivíduos que possuem simultaneamente modalidades com a mesma intensidade de impacto para duas variáveis relacionadas, eliminaram-se, em parte, outros elementos que influenciam essas variáveis.

Analisando-se os deslocamentos motorizados, este fenômeno torna-se claro. Para a população adulta do bairro 1, o valor esperado para a frequência de viagens motorizadas é alto, 0.64, enquanto que o valor estimado pelo modelo *fuzzy* é de 0.35. Ao analisar-se a frequência cruzada das variáveis viagens motorizadas, insegurança na travessia da via, dificuldades no cruzamento e retardamento de tráfego, observa-se que um grande número de indivíduos efetua uma grande quantidade de viagens motorizadas, e muitos deles não consideram as variáveis de impactos ruins, fato que pode indicar que a utilização do automóvel está fortemente vinculada a uma série de outros fatores não considerados na pesquisa deste trabalho. Entretanto, o modelo *fuzzy*, ao comparar modalidades de intensidades semelhantes, eliminou parcialmente estas interferências e evidenciou de que forma as variáveis de impactos estão interferindo na quantidade de deslocamentos motorizados realizados pela população.

Ao compararem-se os resultados, observa-se que as maiores diferenças entre os valores coletados e os valores estimados relacionam-se ao último nível hierárquico. Este nível também corresponde ao nível de ligações mais fracas comprovadas pela ACM. Este fato pode estar evidenciando uma maior necessidade de estudos e análises destas relações, buscando-se um maior isolamento de outros elementos que podem estar influenciando a variável.



www.antp.org.br

**Tabela 1**  
Valores de pertinência das variáveis do modelo *fuzzy*

Variável do modelo proposto	Variável fuzzy	Bairro 1				Bairro 2					
		Crianças	Idosos	Adultos	Pais	Acompanhantes	Crianças	Idosos	Adultos	Pais	Acompanhantes
Insegurança	I	0.34	0.59	0.58	0.60	0.60	0.37	0.62	0.59	0.49	0.55
Dificuldade	D	0.30	0.41	0.58	0.60	0.60	0.28	0.68	0.64	0.59	0.60
Retardamento	R	0.34	0.23	0.38	0.34	0.51	0.48	0.57	0.54	0.59	0.53
V. acompanhamento	VA	0.34	---	---	0.38	0.37	0.41	---	---	0.53	0.44
V. motorizadas	VM	---	---	0.37	0.43	0.36	---	---	0.66	0.66	0.71
V. a pé	VP	0.34	0.43	0.38	0.34	0.41	0.48	0.32	0.28	0.46	0.31
V. suprimidas	VS	---	---	---	0.32	0.23	---	---	---	0.30	0.42
Atividades realizadas	CA	0.34	0.35	0.38	0.38	0.37	0.38	0.44	0.51	0.52	0.57
Hábito de caminhar	CH	---	0.43	0.38	0.37	0.36	---	0.30	0.47	0.53	0.47
Alteração de rotas	CR	0.34	0.43	0.13	0.10	0.41	0.38	0.38	0.36	0.19	0.24
Contatos na vizinhança	RC	0.34	0.27	0.38	0.38	0.37	0.38	0.60	0.64	0.67	0.70
Limites de vizinhança	RL	0.34	0.27	0.38	0.38	0.37	0.61	0.36	0.55	0.48	0.55
Uso dos locais e estabelecimentos	RU	0.34	0.27	0.38	0.38	0.34	0.56	0.71	0.75	0.74	0.75

Tabela 2  
Valores esperados das variáveis avaliadas pela pesquisa de campo

Variável do modelo proposto	Bairro 1					Bairro 2					
	Variável fuzzy	Crianças	Idosos	Adultos	Pais	Acompanhantes	Crianças	Idosos	Adultos	Pais	Acompanhantes
Insegurança	I	0.37	0.62	0.59	0.49	0.55	0.39	0.58	0.64	0.67	0.63
Dificuldade	D	0.28	0.68	0.64	0.59	0.60	0.30	0.54	0.59	0.64	0.64
Retardamento	R	0.48	0.57	0.54	0.59	0.53	0.49	0.46	0.47	0.49	0.55
V. acompanhamento	VA	0.41	---	---	0.53	0.44	0.38	---	---	0.57	0.48
V. motorizadas	VM	---	---	0.66	0.66	0.71	---	---	0.64	0.59	0.57
V. a pé	VP	0.48	0.32	0.28	0.46	0.31	0.45	0.31	0.27	0.32	0.21
V. suprimidas	VS	---	---	---	0.30	0.42	---	---	---	0.39	0.39
Atividades realizadas	CA	0.38	0.44	0.51	0.52	0.57	0.42	0.40	0.54	0.67	0.61
Hábito de caminhar	CH	---	0.30	0.47	0.53	0.47	---	0.42	0.47	0.57	0.47
Alteração de rotas	CR	0.38	0.38	0.36	0.19	0.24	0.35	0.31	0.24	0.26	0.36
Contatos na vizinhança	RC	0.38	0.60	0.64	0.67	0.70	0.40	0.62	0.64	0.73	0.74
Limites de vizinhança	RL	0.61	0.36	0.55	0.48	0.55	0.61	0.61	0.57	0.50	0.59
Uso dos locais e estabelecimentos	RU	0.56	0.71	0.75	0.74	0.75	0.56	0.83	0.81	0.78	0.84



www.antp.org.br

## CONCLUSÕES

Através do modelo proposto, validado e avaliado, conclui-se que o fenômeno do efeito barreira realmente desencadeia uma série de impactos na população residente ao redor da via cujas características de tráfego ocasionam alguma impedância ao livre movimento dos pedestres. As análises mostraram que os grupos populacionais mais atingidos são as crianças e os idosos, seguidos dos adultos que necessitam acompanhar outro indivíduo cuja mobilidade está prejudicada.

O modelo proposto, composto de cinco níveis hierárquicos, nos quais foram considerados as características do tráfego, os impactos na acessibilidade e na mobilidade, nos padrões de viagens, no comportamento da população e nas relações sociais, incorporou uma série de elementos ao estudo e avaliação do fenômeno, ampliando as possibilidades de identificação e avaliação dos impactos na população, contribuindo dessa forma para o estudo e compreensão do efeito barreira.

A aplicação da análise de correspondência múltipla (ACM) aos dados coletados, visando validar o modelo proposto, foi extremamente valiosa, indicando a existência de correlações múltiplas e analisando simultaneamente um grande número de variáveis e indivíduos. As ACM's efetuadas mostraram a existência de correlações entre a maioria das variáveis pertencentes ao modelo e avaliadas. Estas informações permitiram não apenas a comprovação das relações propostas no modelo, mas também a determinação da intensidade dessas correlações, quais são mais influentes na decisão da população e quais têm pouca interferência.

A aplicação conjunta da teoria de *fuzzy logic* e da ACM para a avaliação do modelo foi extremamente satisfatória. Através dos valores das variáveis *fuzzy* fornecidos pelo modelo, é possível estimar de que modo a população está reagindo a determinadas características de tráfego e quais as magnitudes dos impactos decorrentes do efeito barreira. Além disso, os resultados mostraram que, através da regra de inferência, é possível isolar parte de outros componentes que influenciam o comportamento e as atitudes da população que não as variáveis consideradas no modelo desenvolvido.

Os resultados obtidos na avaliação do modelo, através da aplicação de teoria de *fuzzy logic* e da ACM conjuntamente, mostraram ser este procedimento uma ferramenta útil e eficaz na avaliação dos impactos decorrentes do efeito barreira, sendo inclusive simples e de fácil aplicação. O modelo revelou-se uma boa metodologia de avaliação do efeito barreira, englobando uma série de impactos, inclusive nos padrões de deslocamento e no comportamento da população, proporcionando uma análise mais abrangente do que os métodos de avaliação e os indicadores apresentados na literatura sobre o tema.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- APPLEYARD, D. *Liveable streets*. Los Angeles, USA: University of California Press, 1981.
- APPLEYARD, D. Transportation as a social environment: can we change a tradition? In P. Stringer and H. Wenzel (ed.). *Transportation planning for a better environment*. New York, USA: Plenum Press, 1976.
- BENZECRI, J. P. et al. *L'analyse des données: II. L'analyse des correspondances*. Paris, France: Dunod, 1976.
- BOER, E. de. Estimating severance caused by main roads. In H. A. Beker and A. L. Porter. Utrechtq (ed.). *Impact assessment today*: vol. 1. Uitgeverij Jan van Arkel, 1986.
- BOER, E. de. Severance: European approach of a negative impact of thoroughfares. Highway: *Proceedings of seminar L*, 251-162, PTRC European Transport, University of Sussex, UK, 1991.
- CARTHY, T. et al. *Risk and safety on the roads: perceptions and attitudes*. Newcastle Upon Tyne, UK: AA Foundation for Road Safety Research, 1993.
- CLARK, L. M. et al. The appraisal of community severance. *Transport and Road Research Laboratory*, TRRL - CR 135, 1991.
- DAVIS, A. Liveable streets through environmental capacity limits. *Proceedings of the 20th summer annual meeting of PTRC European Transport, Highway and Planning - Environmental Issue*, 1992, pp.103-114.
- DoE - DEPARTMENT OF ENVIRONMENT. *Report of the Urban Motorways Team to the Urban Motorways Committee*. London, UK: Department of the Environment, 1973.
- DoT - DEPARTMENT OF TRANSPORT. *Design Manual for Roads and Bridges*. vol. 11. London, UK: Department of Transport, 1993.
- DoT - DEPARTMENT OF TRANSPORT. *Manual of Environmental Appraisal*. London, UK: Department of Transport, Assessments and Policy Division, 1983.
- DUBOIS, D., e PRADE, H. What are fuzzy rules and how to use them. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 84, 1996, pp. 169-185.
- ENGWICHT, D. *Towards an eco-city: calming the traffic*. Sydney, Austrália: Envirobook, 1992.
- ESCOFIER, B., e PAGÈS, J. *Analyse factorielle simple et multiple: objectifs, méthodes et interprétation*. Paris, France: Dunod, 1988.
- FRUIN, J. J. *Pedestrian: planning and design*. New York, UK: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.
- GEIPOT - EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE. *Diretrizes ambientais para o setor de transportes*. Brasília, DF: Ministério dos Transportes e das Comunicações, 1992.
- HILLMAN, M. et al. Unfreedom road, In E. de Boer (ed.). *Transport sociology: social aspects of transport*, New York, USA: Pergamon Press, 1986, pp. 183-189.
- HILLMAN, M., ADAMS, J. e WHITELLEGG, J. *One false move... A study on children's independent mobility*. London, UK: Policy Studies Institute, 1990.
- HILLMAN, M. One false move... An overview of the findings and issues they raise, In M. Hillman (ed.). *Children, transport and the quality of life*. London, UK: Policy Studies Institute, 1993, pp. 7-18.



[www.antp.org.br](http://www.antp.org.br)

- LASSIÈRE, A. *The environmental evaluation of transport plans*. London. UK: Crown Copyright, 1976.
- LEE, T., e TAGG, S. The social severance effect of major roads. In P. Stringer and H. Wenzel (ed.). *Transportation planning for a better environment*. New York, USA: Plenum Press, 1976.
- LOIR, C. Les effets de coupure des voies routières et autoroutières en milieu urbain. *CETUR - Transport, Urbanisme e Plannification*, vol. 4, 1983, pp. 33-54.
- MAY, A. D., e HOPKINSON, P. G. Perception of the pedestrian environment. *Transport and Road Research Laboratory*, TRRL - CR 148, 1992.
- METROPOLITAN RESEARCH TRANSPORT UNIT. *Breaking point: the severance by road schemes of routes used by cyclists, equestrians and ramblers*. UK: Cyclists' Touring Club. 1993.
- MORTON-WILLIAMS, J., HEDGES, B. e FERNANDO, E. *Road traffic and the environment*. London, UK: Crown Copyright, 1978.
- MOUETTE, D. Utilização do método de análise hierárquica no processo de tomada de decisão no planejamento de transporte urbano: uma análise voltada aos impactos ambientais. Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia de Transportes, Faculdade de Engenharia Elétrica, Unicamp, 1993.
- MOUETTE, D. Evaluating goals and impacts of two metro alternatives by the AHP. *Journal of Advanced Transportation*, vol. 30, 1996, pp. 23-35.
- ROAD TRAFFIC AND THE ENVIRONMENT. *Social and community research report*. London, UK: Social and Community Planning Research, 1972.
- ROMAN H. E. e BASSANEZI, R.C. Optimizacion de diagnóstico medico. *Anais do Encontro Interdisciplinar de Ecologia Matemática*. Rio de Janeiro, Brasil, 1988, pp. 115-124.
- SACTRA - STANDING ADVISORY COMMITTEE ON TRUNK ROAD ASSESSMENT. *Assessing the environmental impact of road schemes*. London, UK: Department of Transport. HMSO. 1992.
- YAGER, R. R. e FILEV, D. P. *Essentials of fuzzy modelling and control*. New York, USA: John Willey & Sons, 1994.
- ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, vol. 8, 1965, pp. 338-353.