

ESTATÍSTICA ESPACIAL APLICADA A MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA POR TRANSPORTE NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA/ES

Valéria da Cruz Ribeiro

Adelmo Inácio Bertolde

Programa de Pós Graduação em Transportes - Mestrado em Engenharia Civil
Universidade Federal do Espírito Santo

RESUMO

Nas pesquisas de demanda por transporte, de grande importância para o planejamento e gerenciamento urbano, há a necessidade de realização de estudos específicos para obter informações operacionais que possam identificar fatores que influenciam na produção e na atração de passageiros. Devido à relação entre transporte e espaço as técnicas que incorporam alguma estrutura de dependência espacial na previsão da demanda de passageiros podem ser mais adequadas do que aquelas usuais. Tal dependência espacial pode ser incorporada às previsões a partir da construção de modelos de regressão com efeitos espaciais, permitindo, inclusive, considerar efeitos espaciais locais. O presente relatório apresenta um breve resumo sobre a metodologia que será utilizada para a realização de uma dissertação de mestrado, cuja proposta é a utilização de modelos de regressão espaciais para a previsão de demanda por transportes no município de Vitória – Espírito Santo. Nos modelos de regressão espaciais é possível modelar o número de viagens de uma particular área considerando a demanda das áreas vizinhas, possibilitando a redução dos erros nas estimativas obtidas.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como motivação a dissertação de Lopes (2005), cujo tema relacionava o efeito da dependência espacial em modelos de previsão de demanda por transportes. Um dos fatores importantes ao se estudar a quantidade de viagens demandada entre origem e destino é o efeito da estrutura espacial das variáveis envolvidas. Nesse sentido, definimos como objetivo principal deste trabalho a modelagem da demanda por transportes para o município de Vitória/ES, a fim de verificar se tal demanda pode ser melhor explicada considerando-se efeitos de dependência espacial no número de viagens realizadas.

2. MODELOS DE DEMANDA DE VIAGEM POR TRANSPORTE

A demanda de transporte tem como característica ser:

- Altamente diferenciada: Ela pode variar com a hora do dia, com o dia da semana, propósito da viagem, tipo de carga, com o tipo de transporte oferecido.
- Derivada, isto é, as pessoas viajam para satisfazer uma necessidade em seu destino.
- Concentrada em poucas horas do dia nas áreas urbanas, particularmente nas horas de pico

A previsão do número de viagens produzidas e atraídas é determinada por meio de relações matemáticas estabelecidas, principalmente, entre o uso do solo e os padrões de deslocamentos para as condições presentes. Essas informações são adquiridas através da coleta de dados. Antes da coleta é necessário, porém, que se defina a área de estudo. Como a pesquisa é no âmbito de transportes, define-se a área de estudo em zonas de tráfego.

Diversas são as técnicas capazes de prever o número de viagens produzidas e atraídas (modelos de regressão linear convencional, fatores de crescimento, relação tráfego e uso do solo e análise de categorias). Esta previsão é obtida, em geral, por meio da regressão linear

convencional (simples ou múltipla), em que o objetivo principal é analisar a influência de um ou mais fatores independentes agindo simultaneamente no total das viagens.

3. ESTATÍSTICA ESPACIAL

Os princípios básicos da análise espacial consistem em entender de que forma os dados procedentes dos fenômenos ocorridos no espaço se organizam e qual a relação existente entre eles (Henrique, 2004). Segundo Teixeira (2003), pode-se definir análise espacial como qualquer sistema que torna possível a apresentação, manipulação, análise, inferência e estimação de dados espaciais. Dados espaciais por sua vez são caracterizados no espaço em função de um sistema de coordenadas absolutas ou relativas.

Devido à relação entre transporte e espaço, as técnicas que podem ser as mais adequadas para a previsão da demanda de passageiros são as que utilizam Análise Espacial. O primeiro passo é escolher o modelo inferencial a ser utilizado. A hipótese mais comum é supor que as áreas são diferenciadas e que cada uma delas possui uma “identidade” própria. Do ponto de vista estatístico, isto implica em que cada área apresenta uma distribuição de probabilidade distinta das demais. A alternativa é supor que o fenômeno estudado apresenta continuidade espacial, formando uma superfície. Neste caso, as áreas são consideradas apenas um suporte para coleta de dados e o modelo inferencial desconsidera os limites de cada área. Um exemplo da utilização da análise espacial pode ser encontrado nas seguintes pesquisas: Queiroz (2003), onde o autor analisa geograficamente os dados de acidentes de trânsito em Fortaleza – CE; Santos (2006), que realiza um estudo com os dados de acidentes de trânsito na cidade de São Carlos através de SIG e estatística espacial; Krempi (2004), analisou a acessibilidade da cidade de Bauru – SP e Perini (2008), que por sua vez realizou um diagnóstico espacial de acessibilidade da cidade de Vitória – ES.

Alguns trabalhos que tratam do assunto são: Anselin (1997), que refere-se a ESDA (Exploratory Spatial Data Analysis), uma vez que podem ser consideradas uma extensão da EDA (Exploratory Data Analysis). As técnicas ESDA são apresentadas na forma de índices, que medem a associação espacial (Índice de Moran), gráfico de espalhamento (Moran Scatterplot) e mapas (Box map). Sua função é auxiliar na identificação de agrupamentos de objetos, cujos atributos possuem valores altos e baixos, áreas de transição e casos atípicos. Segundo Câmara et al. (2002), um aspecto fundamental na análise exploratória espacial é a caracterização da dependência espacial, que mostra como os valores estão correlacionados no espaço. Uma maneira de visualizar a dependência espacial é através do diagrama de espalhamento de Moran.

3.1 Modelos de Regressão Espaciais

Constatada a dependência espacial, a utilização de modelos de regressão linear convencional torna-se inválida, pois é pouco provável que o pressuposto de os erros serem não correlacionados seja verdadeiro. Dessa forma, recorre-se a modelos alternativos que incorporem estruturas espaciais, sendo estes denominados de modelos de regressão com efeitos espaciais.

Câmara *et al.* (2004) afirmam que, quando o processo é não-estacionário, necessariamente utiliza-se modelos de regressão com efeitos espaciais locais, os quais permitem um melhor entendimento do processo espacial.

Modelos de regressão espacial permitem o estabelecimento das relações entre as variáveis, levando em conta os efeitos espaciais, o que pode aumentar o poder explicativo dos modelos. A geração de superfícies é uma maneira eficiente de apreensão visual dos padrões espaciais. Para estimar o quanto um valor observado em uma área depende dessa mesma variável nas localizações vizinhas, são utilizados índices de autocorrelação. O índice de autocorrelação global é aplicado na caracterização local, para examinar padrões em grande número de áreas com mais detalhes.

4. META – ESTUDO DE CASO

Devido à relação entre transporte e espaço, as técnicas que podem ser as mais adequadas para a previsão da demanda de passageiros são as que incorporam a estrutura de dependência espacial no modelo de previsão de demanda por viagens.

O objetivo principal desta dissertação é a aplicação de um modelo de previsão de demanda de viagem utilizando técnicas de estatística espacial juntamente com ferramentas de planejamento de transporte, de modo a obter previsões mais precisas do que aquelas obtidas por modelos estatísticos tradicionais. Um estudo de caso será realizado com os dados obtidos na cidade de Vitória/ES, considerando o município dividido em 13 regiões de tráfego.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anselin, L. (1997) *Exploratory Spatial Data Analysis Linking SpaceStat and Arc View*. In: FISCHER, M. M. and GETIS, A. Recent Developments in Spatial Analysis - Spatial Statistics, Behavioural Modelling and Computation Intelligence. Berlin, Germany: Springer.
- Câmara, G.; Carvalho, M. S.; Cruz, O. G.; Correa, V. (2002a). Análise Espacial de áreas, Em: Análise Espacial de Dados Geográficos, Eds. Fuks, S.D.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A. M. V – Divisão de Processamento de imagens – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos – Brasil – Disponível em <http://www.dpi.inep.br/gilberto/livro/analise/> Acesso em 10 de Julho de 2009
- Câmara, G.; Monteiro, A. M.; Duck, S.; Carvalho, M. S. (2004) *Análise Espacial e Geoprocessamento*. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Análise Espacial de dados Geográficos. Planaltina, Brasília DF: Ed. Embrapa Cerrado.
- Henrique, C. S. (2004). Diagnostico Espacial da Mobilidade e da Acessibilidade dos Usuários do Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 165 fl.
- Krempi, A.P. Explorando recursos de estatística espacial para análise da acessibilidade da cidade de Bauru. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Lopes, S. B. (2005) Efeitos da dependência espacial em modelos previsão de demanda por transportes. São Carlos: EESC/USP. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Perini, F. R. C. "Diagnóstico Espacial da Acessibilidade dos Usuários do Sistema Municipal de Transporte Coletivo da Cidade de Vitória". Dissertação de Mestrado. PPGE/UFES, 2008.
- Queiroz, M. P. (2003). Análise Espacial dos Acidentes de Trânsito do Município de Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 124 fl.
- Santos, L. (2006) Análise dos Acidentes de Trânsito no Município de São Carlos Utilizando SIG e Ferramentas de Análise Espacial. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. UFSCar. São Carlos.

Teixeira, G. L. (2003) Uso de dados Censitários para Identificação de zonas Homogêneas para planejamento de Transportes Utilizando Estatística Espacial - Dissertação de Mestrado, Publicação T. DM.-010A/03 – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília – DF- 155p.

Valéria da Cruz Ribeiro (valeriadacruz@yahoo.com.br)

Adelmo Inácio Bertolde (adelmo@cce.ufes.br)

Programa de Pós Graduação em Transportes - Mestrado em Engenharia Civil

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo