

AGLOMERAÇÕES URBANAS E OFERTA DE TRANSPORTES

Gustavo Garcia Manzato
Antônio Néelson Rodrigues da Silva

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar conurbações (ou regiões urbanas homogêneas) no estado de São Paulo, através da aplicação de duas vertentes da Análise Espacial: a estatística espacial e uma estratégia de modelagem espacial baseada na comparação de informações oriundas de diferentes entidades espaciais, em níveis diversos de informação. Através de técnicas de análise exploratória de dados espaciais, como por exemplo, o gráfico de Moran, é possível delimitar regiões que podem ser consideradas como uniformes, em relação a uma variável analisada. Em seguida, através da comparação desses aglomerados urbanos identificados anteriormente com a evolução da rede rodoviária no estado ao longo do tempo (ainda que em instantes discretos) serão analisadas as possíveis inter-relações entre essas zonas urbanas homogêneas e a oferta de transportes. Ao permitir a identificação de padrões e a projeção de tendências, este tipo de análise pode ser útil para o planejamento urbano e regional.

ABSTRACT

The objective of this paper is to identify conurbations (or homogeneous urban regions) in the state of São Paulo through the application of two branches of Spatial Analysis: spatial statistics and a modeling strategy based on the comparison of information from different spatial entities and at distinct levels. Through exploratory spatial data analysis techniques, such as the Moran scatterplot, it is possible to identify uniform regions regarding a particular variable. Next, through the comparison of the previously identified urban conurbations with the patterns of change of the road network during a certain time frame (that can be represented in discrete instants of time), the relationships between the homogeneous urban regions and the transportation supply shall be analyzed. This type of analysis shall be useful for urban and regional planning, given its potential for patterns recognition and trends projection.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as regiões metropolitanas constituem espaços privilegiados para onde confluem pessoas e bens. Uma das abordagens recorrentes na discussão da formação de espaços metropolitanos reside na tensão entre as vertentes econômica, demográfica e social, materializada na concorrência pelo espaço disponível. Esta problemática tem sido abordada de diferentes formas e uma delas é a análise simples da morfologia espacial. Sabe-se que a composição do território é uma das formas mais diretas de avaliar a formação e alteração destes espaços e, neste sentido, a análise da expansão urbana é por si só um excelente indicador. Além disso, os modelos clássicos de explicação da organização do território sempre se basearam na não coincidência entre áreas residenciais, de trabalho e de consumo ou lazer, que interagem entre si através de meios de comunicação (Silva e Vala, 2001). Por esse motivo, a mobilidade humana nas suas diversas formas tem implicações na configuração do território e as redes de transporte funcionam como meios de mobilidade entre os diferentes espaços de vivência social, servindo desta forma como canais de expansão urbana. A análise profunda da mobilidade populacional constitui um requisito essencial à definição e implementação de uma estratégia territorial de desenvolvimento devido aos impactos territoriais que comporta, resultando e contribuindo para a estruturação do sistema urbano da região (Oliveira e Rodrigues, 2001).

Um dos desafios enfrentados atualmente pelos planejadores e administradores urbanos é o fato de que os limites das áreas urbanizadas frequentemente diferem dos limites administrativos oficiais do município em que estão inseridas. Essas regiões geralmente

ultrapassam os limites de uma simples cidade e abrangem municípios vizinhos, entretanto são menores que a divisão administrativa superior (os Estados, por exemplo). Surge, então, a necessidade de procurar novas fronteiras para a resolução de problemas relativos à expansão urbana. Em alguns casos, os governos centrais procuram resolver os conflitos derivados da proximidade excessiva existente entre municípios que se encontram nas condições geográficas referidas. Em outras situações é criado um nível administrativo intermediário que corresponde a um governo metropolitano, o qual deverá possuir as competências, a aptidão e os processos necessários para fazer frente aos desafios que surjam a este nível. Contudo, a definição das fronteiras destas regiões metropolitanas não é normalmente fácil, principalmente devido a incompatibilidades entre interesses políticos e econômicos das partes envolvidas. (Ramos e Silva, 2003a e 2003b; Ramos *et al.*, 2004). Este não é um problema recente e pode-se encontrar na literatura propostas de métodos para delimitações de regiões metropolitanas. Ferrão e Vala (2001), por exemplo, mostram algumas aplicações desses métodos nas áreas metropolitanas portuguesas de Lisboa e Porto, através de características relativas à distribuição das construções ou da densidade populacional na região em estudo.

2. JUSTIFICATIVA COM SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

Ramos e Silva (2003a e 2003b), além de citarem algumas referências recentes que procuram rever os padrões de delimitação de áreas metropolitanas, também apresentam estudos nessa área. Os autores apresentaram uma proposta de nova delimitação da área metropolitana do noroeste de Portugal baseada na evolução socioeconômica observada a partir dos dados dos Censos de 1991 e 2001. Os trabalhos exploram duas vertentes da Análise Espacial: a Estatística Espacial e a Modelagem Espacial, as quais constituem juntas uma opção para evitar os confrontos permanentes que podem resultar dos critérios políticos essencialmente subjetivos.

2.1. Análise espacial

Ramos (2002) define Análise Espacial como a coleção de técnicas matemático-computacionais que operam sobre conjuntos de dados georreferenciados. Estas técnicas englobam desde operações de sobreposição de camadas de informação (*overlays*), às álgebras definidas para operar sobre representações digitais de mapas e estatísticas espaciais, que derivam da estatística tradicional, porém procuram considerar o lugar geográfico da ocorrência da variável observada como informação significativa. A necessidade de quantificação da dependência espacial presente nesse conjunto de geodados levou ao desenvolvimento da chamada estatística espacial.

O índice de Moran (I) é a estatística mais difundida e, conforme Anselin (1995) e também Lopes (2005), fornece uma medida geral da associação espacial existente em um conjunto de dados, testando se as áreas conectadas apresentam maior semelhança quanto ao indicador estudado do que o esperado em um padrão aleatório. Bailey e Gattrel (1995) explicam que nas técnicas de análise exploratória de dados espaciais (ESDA) estão presentes três elementos básicos: uma matriz de proximidade espacial (W), um vetor de desvios (Z) e um vetor de médias ponderadas (W_z). O índice de Moran pode ser descrito em função desses elementos com seu valor calculado através da Equação (1).

$$I = \frac{Z'W_z}{Z'Z}; \text{ em que o expoente t define vetor transposto} \quad (1)$$

Além dos índices presentes nas técnicas de ESDA, outras formas para a apresentação de dados podem ser: o gráfico de espalhamento de Moran e o mapa de espalhamento de Moran. Câmara *et al.* (2002) esclarecem que o diagrama de espalhamento de Moran é uma maneira adicional de se visualizar a dependência espacial. É construído com base nos valores normalizados, permitindo analisar o comportamento da variabilidade espacial. A idéia é comparar a distribuição espacial de uma variável com a média de sua vizinhança, construindo um gráfico bidimensional de Z por W_z . Este gráfico é subdividido em quatro quadrantes através da delimitação a partir dos valores nulos de cada eixo, podendo-se identificar quatro zonas distintas, normalmente definidas como quadrantes um (Q1), dois (Q2), três (Q3) e quatro (Q4).

2.2. Modelagem espacial

O planejamento regional e urbano tem recorrido crescentemente a modelos dinâmicos para gerar cenários múltiplos de apoio à decisão. A explicação para o seu sucesso se deve à correspondência destas simulações com alguns dos fenômenos estudados e à possibilidade de compreender dinâmicas entre elementos. Um grupo de modelos que está presente em algumas das mais recentes aplicações são os Autômatos Celulares (CA). O conceito base para a sua aplicação preconiza que é possível extrair padrões regionais através do comportamento local de um reduzido número de elementos. Da observação desses comportamentos individuais podem ser extraídos grupos que categorizam padrões, formas e intensidades no espaço e no tempo. A característica que torna os CA atrativos deve-se ao fato de possuírem um atributo de espaço (funciona em um “universo”), e embora os elementos sejam conhecidos (na medida em que são definidos pelo utilizador), o comportamento é independente. À semelhança do mundo real, o tempo e as dinâmicas entre elementos assumem características que variam de local para local, são imprevisíveis e complexas. Do mesmo modo, num CA, cada elemento (célula) comporta-se individualmente e os resultados são imprevisíveis, assumindo ao nível global padrões diversos. Assim, é possível simular ao longo do tempo e no espaço um mundo “Autômato Celular” que pretende ser o reflexo da realidade (Silva, 2002; Pedrosa e Câmara, 2002).

3. OBJETIVOS

- Identificar regiões urbanas homogêneas no estado de São Paulo utilizando técnicas de análise espacial.
- Desenvolver um modelo de previsão da evolução de aglomerados urbanos utilizando modelagem espacial.
- Analisar a evolução da oferta de transportes e a sua inter-relação com as áreas metropolitanas.

4. METODOLOGIA

A primeira etapa do estudo será o desenvolvimento da análise espacial dos dados de densidade populacional no estado de São Paulo. Esses dados são referentes aos Censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizados nos anos de 1991 e 2000.

A segunda etapa do trabalho será o desenvolvimento de um modelo de previsão com o objetivo de identificar o surgimento e/ou a evolução de possíveis regiões metropolitanas no futuro. Este modelo será baseado nas transições observadas nos dois períodos passados em análise (1991 e 2000). Os dados relativos ao gráfico de Moran serão utilizados para identificar

a importância relativa dos quadrantes a que pertencem os vizinhos, estabelecendo-se desta forma regras de transição entre os quadrantes.

A terceira e última etapa deste trabalho será a análise do comportamento dos aglomerados urbanos existentes no Estado de SP identificados na primeira etapa, comparados à evolução da oferta de transportes. A principal fonte de dados para essa análise serão as informações relativas à rede rodoviária do estado, as quais serão extraídas das bases de dados do Departamento de Estradas de Rodagem (DER), no período em questão.

5. RESULTADOS ESPERADOS

- Identificação de surgimento e/ou evolução de aglomerados urbanos em regiões distintas da área metropolitana de São Paulo;
- Identificação da existência de uma relação entre a evolução de regiões metropolitanas e a oferta de transportes.

Agradecimento

Os autores agradecem à agência CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) o apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anselin, L. (1995) Local indicators of spatial association – LISA, *Geographical Analysis*, v. 27, p.93-115.
- Bailey, T. e Gattrel, A. C. (1995) *Interactive Spatial Data Analysis*. London: Longman.
- Câmara, G.; Carvalho, M. S.; Cruz, O. G.; Correa, V. (2002). Análise de Dados de Áreas, *In: Análise Espacial de Dados Geográficos*, eds. Fuks, Druck, S.; 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.inpe.br/gilberto/livro/analise/> Acesso em 11 de set. de 2004.
- Ferrão, J. e Vala, F. (2001) Delimitação das aglomerações metropolitanas de Lisboa e Porto com base no critério de continuidade de espaço construído. *Revista de Estudos Regionais – Região Lisboa e Vale do Tejo*, n. 2, p. 7-35.
- Lopes, S. B. (2005) Efeitos da dependência espacial em modelos de previsão de demanda por transporte. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 137 p.
- Oliveira, C. e Rodrigues, D. (2001) Mobilidade e Território da Região de Lisboa e Vale do Tejo: Pistas para uma Análise Integrada. *Revista de Estudos Regionais – Região Lisboa e Vale do Tejo*, n. 3, p. 43-65.
- Pedrosa, B. M.; Câmara, G. (2002). Modelagem Dinâmica e Geoprocessamento, *In: 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: www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/ Acesso em 11 de set. de 2004.
- Ramos, F. R. (2002) Análise Espacial de Estruturas Intra-urbanas: o Caso de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, SP. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/teses/fred/> Acesso em: 11 de set. de 2004.
- Ramos, R.A.R. e Silva, A.N.R. (2003a) A Data-driven Approach for the Definition of Metropolitan Regions, CD-ROM *Proceedings of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management* – Reviewed Papers. Sendai, Japão.
- Ramos, R.A.R. e Silva, A.N.R. (2003b) Um contributo para a delimitação da área metropolitana do noroeste de Portugal. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, p. 61-82.
- Ramos, R.A.R.; Silva, A.N.R. e Miranda V. P. (2004) Comparação de metodologias de análise espacial para definição de zonas urbanas homogêneas. Disponível em: www.igeo.pt/IGEO/portugues/servicos/CDI/biblioteca/PublicacoesIGP_files/ESIG_2004/p050.pdf Acesso em: 12 de set. de 2004.
- Silva, A. A. e Vala, F. (2001) Acessibilidades e Construção na Área Metropolitana de Lisboa, 1991-2001. *Revista de Estudos Regionais – Região Lisboa e Vale do Tejo*, n. 3, p. 25-40.
- Silva, E. A. (2002) Cenários da Expansão Urbana na Área Metropolitana de Lisboa. *Revista de Estudos Regionais – Região Lisboa e Vale do Tejo*, n. 5, p. 23-41.