

## ANÁLISE ESPACIAL MULTIVARIADA DE DADOS SOCIOECONÔMICOS E DE TRANSPORTES NA DEFINIÇÃO DE REGIÕES URBANAS HOMOGÊNEAS

**Victor Luan Caciatore de Souza**

**Gustavo Garcia Manzato**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)

Faculdade de Engenharia de Bauru

### RESUMO

O objetivo deste projeto de pesquisa é analisar a definição de Regiões Urbanas Homogêneas (RUHs) por meio da combinação de dados socioeconômicos e de transportes. Inicialmente, os dados socioeconômicos a serem explorados se referem à distribuição populacional (tanto em termos absolutos como na forma de densidade por área) e ao produto interno bruto (PIB). Já os dados relativos a transportes compreendem a oferta de infraestrutura rodoviária e o número de viagens pendulares. Esses dados serão organizados na escala municipal, empregando-se os municípios do estado de São Paulo como estudo de caso. O método está baseado em ferramentas de estatística espacial, mais especificamente na análise exploratória multivariada de dados espaciais. Em termos de resultados, espera-se obter a inter-relação entre dados socioeconômicos e de transportes na questão da definição de RUHs.

### 1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a ocupação territorial das regiões brasileiras apresentou um padrão desigual muito claro: observa-se uma baixa distribuição populacional no Brasil nas regiões norte, nordeste e centro-oeste, incluindo-se municípios de grandes extensões territoriais. Por outro lado, as regiões sul e sudeste contam com expressivas concentrações populacionais e, geralmente, em municípios de pequenas extensões. Tal fato ainda evidencia certos desequilíbrios em relação à oferta de infraestruturas e desenvolvimento urbanos, pois normalmente as regiões com maiores concentrações populacionais demandam e contam com níveis mais elevados de infraestrutura, seja pela quantidade, seja pela qualidade. Disso resulta também um desenvolvimento urbano mais acelerado para tais regiões, geralmente acompanhado por elevações em indicadores socioeconômicos (Solano, 2015).

Muitas vezes, o desenvolvimento urbano em estágios mais avançados não ocorre em municípios isolados, levando à formação de conurbações e regiões metropolitanas, onde cidades de pequeno e médio portes podem desfrutar de infraestruturas oferecidas pelas de maior tamanho (Camagni e Capello, 2016). Nesse sentido, a definição das Regiões Urbanas Homogêneas (RUHs), denominação geral dada às regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e conurbações, torna possível medir, compreender e analisar as transformações regionais de um país. Tal fato permite antecipar demandas e tendências sociais, econômicas e político-administrativas dos municípios, servindo como um instrumento ao planejamento e à gestão pública.

A Constituição Federal brasileira prevê a instalação de RUHs no Brasil abstendo-se, entretanto, da definição de quaisquer parâmetros que predigam a delimitação dessas áreas, o que deixa a cargo de cada estado os critérios de definição de suas RUHs. Contudo, para definir uma RUH de maneira fidedigna, faz-se necessário o estudo de vários processos emergentes da urbanização. Klapka e Halás (2016) argumentam que a conceituação das RUHs tem sido baseada geralmente em relações funcionais entre os municípios, a exemplo dos fluxos de pessoas e de bens. Este é o critério inicialmente utilizado na Europa (Cheshire e Hay, 1989) e nos Estados Unidos (Office of Management and Budget, 2000), onde o uso de dados sobre viagens pendulares demonstra ser um forte indicador de RUHs (Bode, 2008), mas não suficiente, como argumentam Obaco et al. (2019). Para tanto, deve-se observar que a aplicação

de algumas metodologias se torna inviável devido à ausência de dados específicos, sobretudo em países em desenvolvimento como é o caso do Brasil.

Frente a este empecilho, busca-se desenvolver metodologias para a definição de RUHs através do uso de dados de fácil obtenção. A densidade populacional é a principal variável, motivada pela sua disponibilidade em praticamente todos os países devido aos censos populacionais que são realizados nacionalmente e possuem elevado grau de confiabilidade. Exemplos dessa abordagem podem ser encontrados em Ramos e Rodrigues da Silva (2003) e Ramos et al. (2004). Por outro lado, Manzato et al. (2006) testaram a viabilidade do uso de indicadores de oferta de infraestrutura de transportes para a definição de RUHs e sugeriram que um indicador para tal finalidade também deveria ser composto por indicadores populacionais. Portanto, Manzato e Rodrigues da Silva (2007 e 2010) exploraram essa hipótese e, de maneira geral, as conclusões dessas pesquisas indicam que a utilização de indicadores populacionais e de oferta de infraestrutura de transportes combinados com técnicas de análise espacial, sobretudo a estatística espacial e a modelagem espacial, apresentam forte potencial para a definição de RUHs.

Ainda buscando dados socioeconômicos que sejam representativos dos fenômenos de ocupação urbana, observa-se que a urbanização se faz intensa frente aos processos de industrialização (Shen et al., 2005), promovendo grande crescimento econômico das regiões. Assim, uma métrica relacionada ao crescimento econômico e que se mostra promissora na definição de RUHs, como demonstram Liddle e Messinis (2014) é o Produto Interno Bruto (PIB). Este parâmetro representa a quantificação da produção de bens e serviços, o que é associado ao crescimento econômico de uma região e, portanto, possibilita sua utilização em métodos que visam definir regiões intensamente urbanizadas.

Portanto, o objetivo deste projeto de pesquisa é definir RUHs aplicando-se a técnica ESDA bivariada em dados socioeconômicos e de transportes, a saber: distribuição populacional absoluta, densidade demográfica, produto interno bruto (PIB), indicador de oferta de infraestrutura rodoviária e número de viagens pendulares. Para tanto, serão utilizadas bases de dados provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo (DER-SP). O presente projeto de pesquisa será aplicado no estado de São Paulo, qualificando-o como estudo de caso.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia usada neste projeto é fundamentada na análise exploratória de dados espaciais (ESDA, do inglês *Exploratory Spatial Data Analysis*). Essa técnica é baseada na caracterização da dependência espacial entre áreas, designando como as variáveis estão espacialmente correlacionadas. Em sua versão univariada, cada área é classificada por meio de dois parâmetros:  $Z$  e  $W_z$ . Com estes parâmetros é possível determinar o índice de Moran, o qual fornece uma medida geral da associação espacial existente em um conjunto de dados e pode ser calculado como dado pela Equação 1.

$$I = \frac{Z^t \cdot W_z}{Z^t \cdot Z} \quad (1)$$

em que:  $I$ : índice de Moran;  
 $Z$ : diferença entre o valor de uma variável e sua média global;

$W_z$ : diferença entre a média da variável nas zonas adjacentes e sua média global;  
 $Z^t$ : vetor de desvios transposto.

O Índice de Moran normalizado indicará que valores próximos de zero demonstram inexistência de autocorrelação espacial entre dada zona e seus vizinhos, entretanto valores positivos indicam que uma zona e seus vizinhos possuem dados parecidos, mas valores negativos indicam o oposto. Para a apresentação de dados é utilizado o gráfico de espalhamento de Moran,  $Z$  por  $W_z$ , classificando as zonas em quatro quadrantes de acordo com o valor da variável utilizada: HH (zona possui valor superior à média global e seus vizinhos também), LL (zona possui valor inferior à média global e seus vizinhos também), LH (zona possui valor inferior à média global, mas seus vizinhos possuem média superior) e HL (zona possui valor superior à média global, mas seus vizinhos possuem média inferior). Os dados resultantes do gráfico de espalhamento de Moran serão representados em mapas temáticos, denominados *box maps*, em que as zonas são visualizadas sobre o território. A versão bivariada da técnica ESDA também visa testar a autocorrelação espacial entre uma determinada área e suas áreas vizinhas, assim como na técnica univariada. Entretanto, em vez de aplicar uma mesma variável para ambas localidades, aplicam-se duas correlacionadas: a primeira variável ( $z_k$ ) em um determinado local e a segunda variável ( $z_l$ ) nos locais vizinhos. Essa versão também avalia os resultados usando o gráfico de dispersão de Moran e *Box Maps*, seguindo o mesmo raciocínio explicado anteriormente.

O estado de São Paulo será utilizado como estudo de caso, de onde serão explorados dados socioeconômicos e de transporte em cada município. Para tanto, as variáveis a serem utilizadas serão: distribuição populacional absoluta, densidade demográfica, produto interno bruto (PIB), número de viagens pendulares e indicador de oferta de infraestrutura rodoviária considerando-se a capacidade das vias segundo Dias et al. (2014). Inicialmente será realizada uma análise exploratória das variáveis de forma independente, ou seja, a técnica ESDA univariada será aplicada para cada variável. Em seguida as variáveis serão exploradas aos pares a partir da técnica ESDA bivariada, sendo posteriormente permutadas em relação à alocação das variáveis  $z_k$  e  $z_l$ , como ilustra a Tabela 1.

**Tabela 1:** Variáveis utilizadas na técnica ESDA para duas versões

Composição	Composição original		Composição de permutação	
	$z_k$	$z_l$	$z_k$	$z_l$
1ª	Dens. Dem.	PIB	PIB	Dens. Dem.
2ª	Dens. Dem.	Indicador Rod.	Indicador Rod.	Dens. Dem.
3ª	Dens. Dem.	Viagens Pend.	Viagens Pend.	Dens. Dem.
4ª	Pop. Absoluta	PIB	PIB	Pop. Absoluta
5ª	Pop. Absoluta	Indicador Rod.	Indicador Rod.	Pop. Absoluta
6ª	Pop. Absoluta	Viagens Pend.	Viagens Pend.	Pop. Absoluta
7ª	PIB	Indicador Rod.	Indicador Rod.	PIB
8ª	PIB	Viagens Pend.	Viagens Pend.	PIB
9ª	Indicador Rod.	Viagens Pend.	Viagens Pend.	Indicador Rod.

Na execução da metodologia serão utilizados softwares: o Maptitude será responsável por permitir a manipulação de dados e a geração dos *Box Maps* em consonância com o GeoDa, o qual será usado para aplicação da técnica ESDA.

### 3. RESULTADOS ESPERADOS

Será realizada a comparação das RUHs encontradas em cada composição de variáveis com a delimitação oficial fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o que indicará a eficácia do uso das variáveis. Espera-se definir as RUHs de forma mais fidedigna que os estudos anteriores, além de possibilitar a replicação do método em diversas regiões devido ao uso de dados de fácil obtenção.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bode, E. (2008) Delineating metropolitan areas using land prices. *Journal of Regional Science*, v. 48, n. 1, p. 131-163.
- Camagni, R.; R. Capello e A. Caragliu. (2016) Static vs. Dynamic Agglomeration Economies. Spatial Context and Structural Evolution behind Urban Growth. *Papers in Regional Science*, v. 95, n. 1, p. 133-158.
- Cheshire, P. C. e D. G. Hay. (1989) *Urban problems in Western Europe: an economic analysis*. Unwin Hyman, London.
- Coombes, M. (2004) Multiple dimensions of settlement systems: coping with complexity. In T. Champion e G. Hugo (eds.), *New forms of urbanization: beyond the urban-rural dichotomy*. Ashgate, Aldershot, UK, p. 307-324.
- Dias, R. S.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva. (2014) A capacidade de infraestrutura rodoviária e sua relação com o processo de metropolização. *Anais do XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Curitiba, Brasil*.
- Klapka, P. e M. Halás. (2016) Conceptualising patterns of spatial flows: Five decades of advances in the definition and use of functional regions. *Moravian Geographical Reports*, v. 24, n. 2, p. 2-11.
- Liddle, B. e G. Messinis. (2015) Which comes first – urbanization or economic growth? Evidence from heterogeneous panel causality tests. *Applied Economics Letters*, v. 22, n. 5, p. 349-355.
- Manzato, G. G. e A. N. Rodrigues da Silva. (2007) Uma estrutura conceitual para a definição de regiões urbanas homogêneas. *XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro, Brasil*.
- Manzato, G. G. e A. N. Rodrigues da Silva. (2010) Spatial-temporal combination of variables for monitoring changes in metropolitan areas, *Applied Spatial Analysis and Policy*, v. 3, n. 1, p. 25-44.
- Manzato, G. G.; A. J. Soares e A. N. Rodrigues da Silva. (2006) Aglomerações urbanas e oferta de transportes no estado de São Paulo, Brasil. *2º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável*, Braga, Portugal.
- Obaco, M.; V. Royuela e V. Xavier. (2019) Identifying Functional Urban Areas in Ecuador Using a Varying Travel Time Approach. *Geographical Analysis*, v. 0, p. 1-18.
- Office of Management and Budget (1998) Alternative approaches to defining metropolitan and non-metropolitan areas, *Federal Register*, v. 63, n. 244.
- Office of Management and Budget (2000) Standards for defining metropolitan and micropolitan statistical areas, *Federal Register*, v. 65, n. 249, December 27.
- Ramos, R. A. R. e A. N. Rodrigues da Silva. (2003) A data-driven approach for the definition of metropolitan regions. *8<sup>th</sup> International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Sendai, Japan.
- Ramos, R. A. R.; A. N. Rodrigues da Silva e V. P. Miranda. (2004) A comparison of two methods for the definition of regional metropolitan areas through an application in the north of Portugal. *44<sup>th</sup> European Congress of the European Regional Science Association*, Porto, Portugal.
- Shen, L.; S. Cheng; A. J. Gunson e H. Wa. (2005). Urbanization, sustainability and the utilization of energy and mineral resources in China. *Cities*, v. 22, n. 4, p. 287-302.
- Solano, A. S. A (2015) La configuración regional em Colombia 1993-2005. *Revista Lasallista de Investigacion*, v. 12, n.1, p. 221-253.

---

Victor Luan Caciatore de Souza (victorcaciatore@gmail.com)

Gustavo Garcia Manzato (gustavo.manzato@unesp.br)

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista  
Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 – Bauru, SP, Brasil