

# Técnicas de Análise Espacial Aplicadas ao Transporte e Trânsito Mobilidade em São Paulo

Carlos Paiva

Revista: ENGENHARIA Nº 559/2003 - ANO 61  
INSTITUTO DE ENGENHARIA

## Introdução

Este texto busca através do estudo, ainda inicial, da mobilidade em São Paulo indicar algumas metodologias estatísticas de análise de dados espaciais agregados em áreas. Este tipo de metodologia permite, de modo bastante simplificado, a identificação de “clusters” (agrupamentos de áreas semelhantes) e “outliers” (áreas fora do padrão da região) e devem ser utilizadas em análises de quaisquer dados agregados em área e distribuídos espacialmente.

“A análise de dados territorializados está diretamente influenciada pela definição dos grupos de pesquisa da amostra ou espacialmente condicionados pela definição das fronteiras das subdivisões territoriais a que estes grupos de indivíduos estiverem associados” (Ramos, 2002). O estudo de qualquer variável territorializada, Pesquisa Origem Destino – Metrô/SP, Censo – IBGE , etc., deve portanto ser concebido em diferentes níveis de agregação de modo que resultados obtidos possam corroborar para o verdadeiro entendimento do dado analisado.

Para este estudo, ainda inicial, optamos pela agregação em distritos municipais. Alguns mapas cloropléticos (temáticos) gerados para a variável indicaram para esta agregação a possibilidade de agrupamentos de alta e baixa mobilidade. Deve-se ter claro que outros níveis de agregação, principalmente zona OD97, devem ser analisados, pois só assim, poderemos ter o total entendimento da mobilidade na cidade de São Paulo.

Uma característica inerente à representação de dados através de subdivisões territoriais é a *dependência espacial*. “Ela pode ser entendida como a tendência a que o valor de uma variável associada a uma determinada localização assemelhe-se mais ao valor de suas amostras vizinhas do que ao restante das localizações do conjunto amostral”(Ramos, 2002).

A necessidade de quantificação da dependência espacial presente num conjunto de geodados levou ao desenvolvimento da chamada *estatística espacial* cuja característica principal é seu foco em inquirir *padrões espaciais* de lugares e valores, identificando: a *associação espacial existente* entre eles e a variação sistemática do fenômeno por localização (Anselin, 1992 apud Ramos).

As formas de medida da **Dependência Espacial** que serão utilizadas neste trabalho são:

- **Índice de Moran (I) e sua significância:** O Índice de Moran mede, para o conjunto dos dados, a autocorrelação espacial existente (zero – inexistência de correlação, negativo – correlação inversa, positivo – correlação direta). A significância obtida identifica a confiança que podemos ter no resultado obtido.
- **Diagrama de espalhamento de Moran) (Moran Scatterplot Map):** Permite visualizar a dependência espacial existente através da comparação entre o valor da variável em estudo (em nosso caso, mobilidade) na área e o valor médio da variável de seus vizinhos. As áreas em estudo (em nosso caso, os distritos) são classificadas em quatro grupos: valores altos de mobilidade com vizinhos também alta mobilidade, valores baixos de mobilidade com vizinhos também de baixa mobilidade, valores altos com vizinhos de baixa mobilidade e vice e versa.
- **Índice Local de Moran (Ii):** Pertence ao grupo de **Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA)** que buscam localizar entre as áreas de estudo diferentes regimes de autocorrelação espacial (máximos locais de autocorrelação). Os LISAs permitem a decomposição dos indicadores globais em contribuições individuais, **identificando agrupamentos (clusters) significativos de valores semelhantes em torno de determinadas localizações e indicando (outliers) porções territoriais de não estacionariedade** (áreas que não se identificam com o padrão local e também não pertencem a transição entre os aglomerados).

Para medida do tamanho da desigualdade existente entre os diversos Distritos utilizaremos o **Índice de Discrepância**. Este índice é calculado dividindo-se todos os valores obtidos para variável em estudo (em nosso caso mobilidade) pelo menor valor observado para a mesma variável. Este índice será mapeado em **quantis**, metodologia esta que estabelece grupos com o mesmo número de distritos (cinco grupos – **quintis**) identificados por uma faixa de variação da variável.

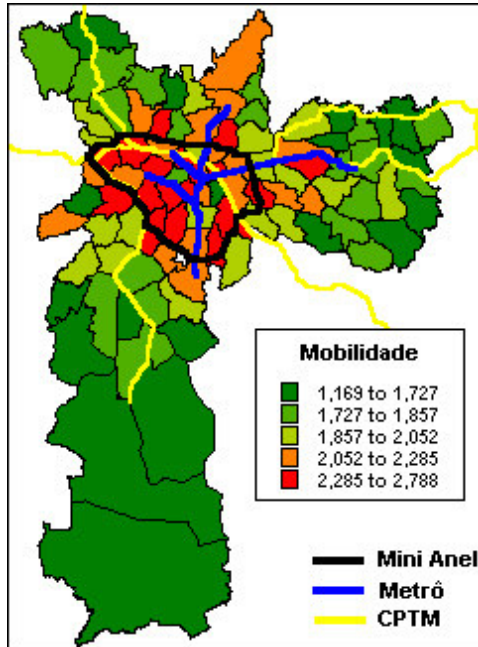
## **Algumas Definições Relacionadas a Transporte e Tráfego**

Define-se **Viagem** (Relatório OD97 – Metrô – SP, 1997) como o movimento de uma pessoa entre dois pontos (origem e destino) com motivo definido e utilizando-se para isso um ou mais modos de transporte. **Modo Individual**, viagens realizadas como motorista de auto, passageiro de auto, táxi, caminhão, moto, bicicleta. **Modo Coletivo**, viagens de metrô, trem, ônibus, ônibus fretado, ônibus escolar e lotação. **Modo a pé**, viagem realizada a pé da origem ao destino quando a distância percorrida for superior a 500 metros (5 quadras). Quando o motivo da viagem é trabalho ou escola a viagem é registrada independente da distância percorrida

Define-se **Mobilidade** como a **o número médio de viagens diárias** (todos os modos de transporte) **realizadas pelos habitantes de determinada área** (Distrito). A mobilidade é calculada dividindo-se o total de viagens realizadas (não importando-se onde esta viagem foi realizada) pelo número total de pessoas domiciliadas neste mesmo Distrito. **É importante observar que o conceito de Mobilidade**, mesmo que diretamente relacionado a transporte, **mede, através do número de viagens médio dia, uma característica relacionada população residente na área, mais precisamente, ao padrão de atividade econômica e social de esta população.** A menor ou maior mobilidade de determinada população relaciona-se principalmente a fatores com renda, escolaridade, estrutura urbana da cidade e transporte. O fato desta variável estar relacionada ao território domicílio e não ao território origem e/ou destino da viagem, a desqualifica como variável de identificação dos territórios onde uma intervenção do poder público (relacionada a transporte e tráfego) poderia alterar o quadro atual.

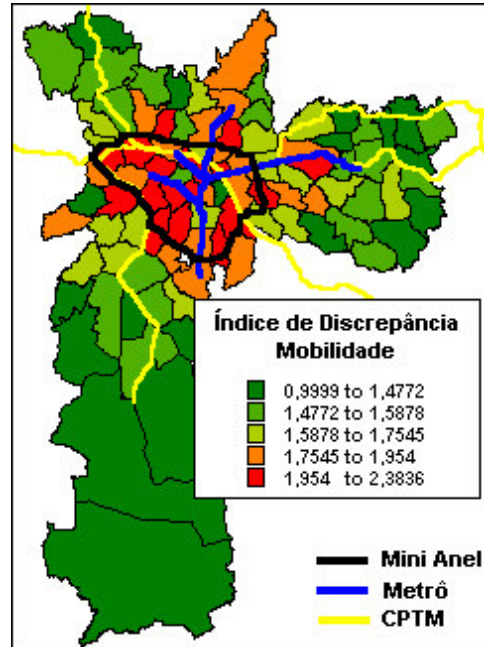
Define-se **Mini Anel** como anel viário formado pela Marginal Tietê, Marginal Pinheiros, Av. Bandeirantes, Av. D. Affonso Taunay, Complexo Viário Maria Maluf, Av. Tancredo Neves, Av. das Juntas Provisórias e Av. Salin Farah Maluf. A área do mini anel (inclusive o contorno) é a área da Operação Horário de Pico no Município de São Paulo (rodízio).

Mobilidade - DISTRITOS – São Paulo



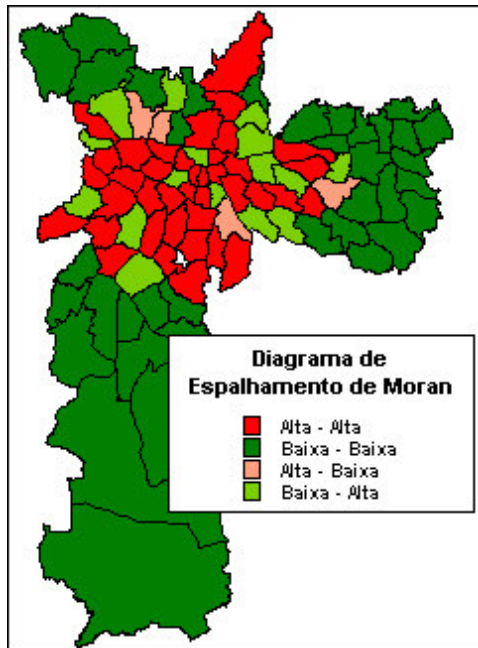
Mobilidade - DISTRITOS – São Paulo

Valor Máximo = 2,78713  
Valor Mínimo = 1,16931



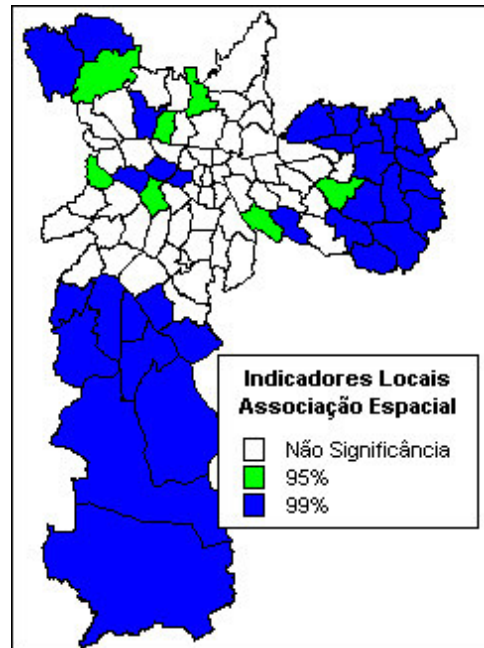
Mobilidade - DISTRITOS – São Paulo

Índice de Moran = 0,619863  
Significância = 0,99



Mobilidade - DISTRITOS – São Paulo

LISAMAP



## **Algumas Observações sobre a Mobilidade em São Paulo**

Através do índice de discrepância podemos observar a desigualdade existente entre as mobilidades das populações dos diferentes distritos do município de São Paulo, ou seja as populações periféricas (zonas leste, noroeste e sul principalmente) realizam individualmente cerca da metade das viagens realizadas pelas pessoas residentes no centro expandido (mini anel)

O índice de Moran obtido (0,62) identifica uma correlação espacial direta ou seja, distritos de alta mobilidade estão em geral circundados por distritos de alta mobilidade e vice versa, exceção existente nas regiões de transição de padrões. A significância do índice de Moran (99%), por sua vez, indica uma alta confiabilidade na existência de correlação espacial entre os distritos ou seja, os valores de mobilidade dos distritos tem alta dependência da mobilidade de seus distritos vizinhos.

Nos mapas (Diagrama de Espalhamento de Moran e Indicadores Locais de Associação Espacial - LISAMAP) pode-se observar a polarização: Alta mobilidade (centro expandido) versus Baixa mobilidade (periferia), como a alta significância estatística (99% de confiabilidade) para os agrupamentos de Baixa Mobilidade.

O fato de que cerca de 75% das viagens realizadas na Região Metropolitana ocorrerem por motivo trabalho e educação aponta para estes agrupamentos de Baixa mobilidade uma baixa atividade econômica e baixa escolaridade. Observa-se também que estas áreas de baixa mobilidade são praticamente coincidentes com áreas de baixa renda per capita e menor renda familiar. (veja anexo).

Entre os territórios (LISAMAP) com valores de mobilidade de alta significância (99%) observa-se como um padrão de baixa mobilidade em relação aos seus vizinhos (outlier) o distrito da consolação, o que indica que este distrito pode ser considerado um território de não estacionaridade (em mudança) e portanto deve ser analisado para compreendermos possíveis transformações em andamento na região.

## Bibliografia e Softwares

Câmara, Carvalho, Cruz e Correa – Análise Espacial de Áreas – INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>

Ramos, Frederico Roman (2002) – Dissertação de Mestrado - INPE

<http://www.dpi.inpe.br/teses/fred/>

Terra View

- Software disponibilizado na internet pelo INPE, <http://terralib.dpi.inpe.br/> que permite de modo simples a obtenção do Índice de Moran ( $I$ ), Diagrama de Espalhamento de Moran e Índice Local de Moran (li) permitindo assim a análise espacial dos dados.

Segue o **Anexo** citado durante o texto

