

## **Análise espacial do prêmio médio do seguro de automóvel em Minas Gerais**

**Flaviano José Teixeira<sup>1</sup>**

**João Domingos Scalon<sup>2</sup>**

### **1 – Introdução**

A Estatística Espacial é uma área da Estatística relativamente recente, que engloba o estudo dos fenômenos em que a localização no espaço contribui de forma decisiva para a sua variabilidade ou a sua questão de interesse é a própria localização do fenômeno. Nesse trabalho será utilizado a Análise Espacial de Dados de Área, conhecida também como Lattice, em que, seus objetivos principais são verificar a existência de um padrão espacial e de uma estrutura de correlação espacial nos valores observados, utilizando para visualização dos resultados alguns mapas coloridos com o padrão espacial do fenômeno (Bailey & Gatrell, 1995).

Com o objetivo de auxiliar as seguradoras mineiras, os métodos espaciais foram aplicados em dados de valores de prêmios médios de um dos principais ramos de seguro existente no Brasil, o ramo de seguro de automóvel. Esse ramo vem se expandindo com o passar do tempo em Minas Gerais, chegando a ser um dos principais ramos de seguros do estado (SUSEP, 2013). Com essas análises, espera-se que possamos chegar a alguns resultados que possam auxiliar na precificação de seguros de automóveis em Minas Gerais, apresentando quais são as microrregiões que apresentam maiores e menores valores de prêmio médios e se tais microrregiões estão autocorrelacionadas com as microrregiões vizinhas.

### **2 – Material e Métodos**

#### **2.1 - Material**

Este trabalho utilizou uma base de dados de seguro de automóveis (SUSEP, 2013) e outra base de dados sobre informações geográficas do estado de Minas Gerais (GEOMINAS, 2013). Para análise dos dados foram considerados os valores médios dos prêmios de seguro de automóveis cobrados pelas seguradoras aos segurados no ano de 2011, nas 66 microrregiões do estado de Minas Gerais. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software livre R (R Core Team, 2013).

#### **2.2 – Análise Espacial de Áreas (Lattice Data)**

O foco desse trabalho será a análise espacial de dados de áreas. De acordo com Assunção (2001), dados de área envolvem elementos que associam o mapa geográfico de uma região  $R$  a uma base de dados. Esse mapa geográfico é dividido por  $A_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , de forma que  $\bigcup_{i=1}^n A_i = A$  e  $A_i \cap A_j = \emptyset$  se  $i \neq j$ , qualquer que seja a forma de  $A_i$

<sup>1</sup>UFPA

<sup>2</sup>UFPA

e de R. Nesse caso, não se conhece a localização exata do evento, mas sim o valor agregado de cada área analisada. A maneira usual para a apresentação dos dados de área é através de mapas com áreas demarcadas e coloridas, onde o objetivo é detectar e explicar a presença de padrões e tendências observadas.

### **2.2.1 – Análise de Autocorrelação Espacial**

Para Cliff & Ord (1981), a autocorrelação espacial pode ser entendida como a tendência a que o valor de uma variável associada a uma determinada localização assemelha-se mais aos valores de suas observações vizinhas do que ao restante das localizações do conjunto amostral. Para analisar a dependência espacial dos valores da área observada é utilizado os indicadores de autocorrelação espacial. Esses indicadores podem ser globais ou locais, sendo o índice de Moran o mais conhecido (Bailey & Gatrell, 1995; Assunção, 2001). Para visualização dos indicadores é normalmente utilizado o gráfico de espalhamento de Moran, o Box Map, o LISA Map e o Moran Map (Bailey & Gatrell, 1995; Assunção, 2001).

### **2.2.2 – Índice I de Moran (global)**

Uma das formas de medir a autocorrelação espacial é através do índice I de Moran, que é expressa por:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

em que  $y$  = o valor do atributo em cada área observada;  $\bar{y}$  = é o valor médio do atributo na região de estudo e  $w_{ij}$  = os elementos da matriz normalizada de proximidade o (Bailey & Gatrell, 1995).

Os valores de I podem, em geral, variar de -1 a +1 e representa quanto cada área analisada é semelhante às vizinhanças imediata. Assim, quando  $I = 0$  indica que as variáveis são espacialmente independentes, quando  $I > 0$  há similaridade entre áreas próximas (áreas correlacionadas) e quando  $I < 0$  ocorre dissimilaridade entre áreas próximas (áreas inversamente correlacionadas) (Bailey & Gatrell, 1995). Depois de obtido o resultado do valor do índice, a maior preocupação deve ser com sua validade estatística que pode ser realizada utilizando aproximação normal ou permutação (Bailey & Gatrell, 1995).

### **2.2.3 – Indicadores Locais**

Segundo Câmara et al. (2001), os indicadores globais de autocorrelação espacial, como o Índice de Moran, fornecem um único valor como medida da associação espacial

para todo conjunto de dados, o que é útil na caracterização da região de estudo como um todo. Mas, em algumas situações é desejável examinar os dados mais detalhadamente, assim, os indicadores locais são aplicados a fim de encontrarem um valor específico para cada área, permitindo a identificação de agrupamentos.

O  $I_i$  de Moran local é dado por:

$$I_i = \frac{z_i \sum_{j=1} w_{ij} z_j}{\sum_{i=1} z_i^2}$$

em que  $z_i$  = valor da variável normalizada na região  $i$  e  $w_{ij}$  = elementos da matriz de proximidade espacial.

A significância estatística para o Índice de Moran Local é analisada similarmente ao caso do índice global, em que após calculado o índice de cada área é preciso fazer o teste de validade estatística.

### 3 – Resultados e Discussões

Em uma primeira análise exploratória dos valores dos prêmios médios das microrregiões de MG, pode-se observar que a maioria dos valores altos de prêmios médios se encontra no Norte de Minas Gerais, tendo destaque as microrregiões de Januária (R\$ 1764,33), Bocaíuva (R\$ 1933,67) e Salinas (R\$ 2297,00). E os menores valores estão concentrados na região Metropolitana de Belo Horizonte, Oeste e Sul/Sudeste de Minas Gerais, especificamente nas microrregiões de Conselheiro Lafaiete (R\$ 948,75), Formiga (R\$ 972,80), São Sebastião do Paraíso (R\$ 979,43) e Alfenas (R\$ 979,58). Também pode ser visualizada a presença de possíveis agrupamentos de valores de prêmio autocorrelacionados (Figura 1 – superior a esquerda). Porém, para ter certeza desse comportamento é necessário obter os índices de Autocorrelação Espacial.

O índice  $I$  de Moran global resultou em 0,43, indicando existir uma possível autocorrelação espacial positiva. Porém, para concluir se houve ou não essa autocorrelação espacial positiva, foi conduzido o teste de permutação aleatória sob a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial entre as microrregiões de Minas Gerais. A partir de 8000 permutações obteve-se um valor-p igual a 0,000125, então rejeitou-se a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial entre as microrregiões de MG, com relação a variável valor do prêmio médio, confirmando assim, a existência de autocorrelação positiva.

O próximo passo foi analisar o Box Map, onde se observou que a maior parte das microrregiões mineiras está localizada nos quadrantes Alto-Alto e Baixo-Baixo (Figura 1 – inferior a esquerda).

Analisando o índice de Moran local (Figura 1 – superior a direita), vemos que a maior parte das microrregiões mineiras (79%) apresentam valores positivos, que indicam similaridades (Alto-Alto ou Baixo-Baixo) da variável prêmio médio; já as microrregiões mineiras com valores negativos (21%), indicam dissimilaridade (Alto-Baixo ou Baixo-Alto) da variável prêmio médio.

Ao verificar o LISAMap para o prêmio médio do seguro de automóveis nas microrregiões mineiras, podemos analisar agrupamentos com valores dos indicadores de associação espacial local significantes (Figura 1 – inferior a direita). Assim, pode-se observar que oito microrregiões mineiras (Alfenas, São Sebastião do Paraíso, Conselheiro Lafaiete, Ouro Preto, Capelinha, Teófilo Ottoni, Almenara e Montes Claros) apresentam 95% de significância, apenas uma microrregião mineira (Janaúria) apresenta 99% de significância e quatro microrregiões mineiras (Janaúba, Salinas, Pedra Azul e Araçuaí) apresentam 99,9% de significância.

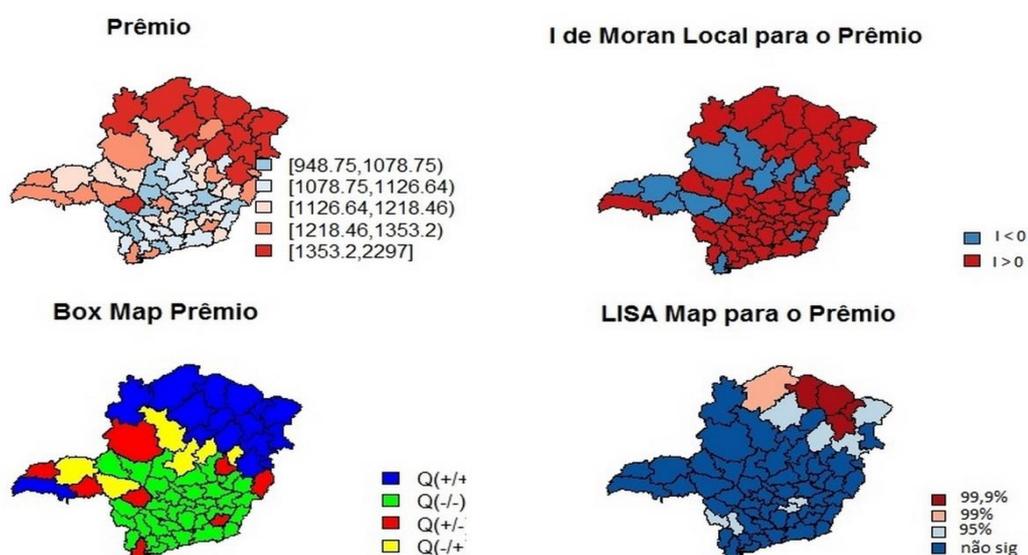


Figura 1 – Mapas de análise espacial aplicadas a dados de prêmio médio nas microrregiões de Minas Gerais.

Através dessa análise espacial pode-se concluir que os valores dos prêmios médios mais elevados se concentram nas regiões Vale do Jequitinhonha, Vale do Mucuri e Norte de Minas, onde são regiões mais pobres e que possivelmente as pessoas não possuem renda para contratar a cobertura de seguro de seus automóveis, assim

gerando pouca demanda de seguros e fazendo com que os valores dos prêmios sejam mais altos. Essa mesma análise pode ser feita nas regiões onde os valores dos prêmios são mais baixos, no qual se concentram na região Metropolitana de Belo Horizonte, Central Mineira, Oeste de Minas, Campo das Vertentes, Vale do Rio Doce, Zona da Mata e Sul/Sudeste de Minas Gerais. Observa-se que essas regiões apresentam PIB mais alto e, no qual, espera-se que as pessoas tenham mais renda para investir na segurança de seus automóveis, fazendo com que a demanda de tal serviço aumente e assim gerando prêmios mais baixos para seus segurados.

#### **4 – Conclusões**

Assim, podemos verificar que a Estatística Espacial pode contribuir de forma positiva para a precificação de seguros de automóveis, onde ao analisarem-se os seus mapas de visualização pode-se chegar a valores mais justos para o mercado, beneficiando de forma abrangente os segurados e também podendo mostrar as seguradoras possíveis regiões para maiores investimentos no mercado.

#### **5 – Bibliografia**

ASSUNÇÃO, R. M. **Estatística espacial com aplicações em epidemiologia, economia, sociologia**. São Carlos: Associação Brasileira de Estatística, 2001. 131 pag.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial data analysis**. Essex: Longman Scientific, 1995. 413 pag.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; FUKS, S. D. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2001. 209 pag.

CLIFF, A.D.; ORD, J. K. **Spatial processes: models and applications**. London: Pion, 1981. 266pag.

GEOMINAS. Geoprocessamento em Minas Gerais. Disponível em: <http://www.geominas.mg.gov.br> Acesso em: 10/10/2013.

SUSEP: Superintendência de Seguros Privados. Autoseg. Disponível em: <http://www.susep.gov.br> . Acesso em: 2/10/2013.