

## **Uma visão espacial da produção de cana-de-açúcar nos municípios de Minas Gerais**

**Flaviano José Teixeira – UFPA**

**Micherlania da Silva Nascimento - UFPA**

**João Domingos Scalon - UFPA**

### **1 – Introdução**

Com terras férteis, extensas e clima propício para a agricultura, o Brasil é um dos principais produtores e fornecedores mundiais de alimentos, tendo grande destaque, por exemplo, na produção de cana-de-açúcar mundial.

Sendo responsável por grande parte da comercialização de açúcar no mundo, o Brasil deve alcançar uma taxa de aumento na produção de 3,25% até 2018/19, e colher milhões de toneladas desse produto. (MAPA, 2014). Dentre os Estados brasileiros, Minas Gerais é um dos cinco maiores produtores de cana-de-açúcar no país, chegando a produzir mais de 70 milhões de toneladas do produto no ano de 2012. (IBGE, 2014).

Por essa expressiva colaboração no mercado brasileiro, a cana-de-açúcar está sendo bastante abordada em várias áreas de estudos, porém a estrutura espacial da atividade, com relação à produtividade, tem sido pouco observada na literatura brasileira. Dentre esses poucos estudos, podemos citar: Aguiar & Silva (2005), que analisou espacialmente a produção de cana-de-açúcar nos municípios de São Paulo; e Santos et al. (2013), que fez uma análise espacial da expansão da cana-de-açúcar nos municípios da microrregião de Tangará da Serra, no Mato Grosso.

Uma análise espacial das atividades produtivas pode incentivar o direcionamento de políticas de apoio para o desenvolvimento das maiores áreas de produção. Deste modo, uma melhor compreensão da produção de cana-de-açúcar em Minas Gerais, evidenciando o comportamento da produtividade média dessa cultura, pode fornecer subsídios às instituições públicas e privadas na formulação de políticas de apoio à atividade produtiva. Sendo assim, esse trabalho visa fazer uma análise espacial de áreas da produção de cana-de-açúcar nos municípios de Minas Gerais, com o intuito de analisar como essa produção está sendo distribuída no Estado e como os municípios estão se interagindo nessa produção.

### **2 – Material e Métodos**

#### **2.1 - Material**

Este trabalho utilizou uma base de dados de produção de cana-de-açúcar no ano de 2012 para os 853 municípios de Minas Gerais (IBGE, 2014). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software livre R (R Core Team, 2013). Agradecemos a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

## 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  $A_i$  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 são utilizados 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 depois de calculado o índice de cada área é preciso fazer o teste de validade estatística.

## 3 – Resultados e Discussões

Em uma primeira análise exploratória da produção de cana-de-açúcar nos municípios de Minas Gerais, pode-se observar que a maior concentração de produção se encontra nas regiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e no Noroeste de Minas. (Figura 1 – superior à esquerda). Onde vemos possíveis formações de clusters, no qual, para ter certeza desse comportamento é necessário obter os índices de Autocorrelação Espacial.

O índice  $I$  de Moran global resultou em 0,54, indicando existir uma possível autocorrelação espacial positiva. Porém, para concluir se houve ou não essa autocorrelação espacial, foi conduzido um teste de permutação aleatória sob a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial entre os municípios de Minas Gerais. A partir de 8000 permutações obteve-se um valor-p igual a 0,000125, assim rejeitando-se a hipótese nula e confirmando a existência de autocorrelação positiva na produção de cana-de-açúcar entre os municípios de Minas Gerais.

O próximo passo foi analisar o Box Map, onde pôde observar que a maior parte dos municípios mineiros está localizada no quadrante Baixo-Baixo. (Figura 1 – inferior a esquerda).

Analisando o índice de Moran local (Figura 1 – superior a direita), vemos que a grande parte dos municípios mineiros (90%) apresentam valores positivos (em vermelho), que indicam similaridades na produção de cana-de-açúcar; já os municípios em azuis indicam dissimilaridade nessa produção.

Ao verificar o LISA Map para a produção de cana-de-açúcar nos municípios mineiros, podemos encontrar agrupamentos com indicadores de associação espacial local significantes (Figura 1 – inferior a direita). Assim, pode-se observar que 34 municípios mineiros na região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e 3 municípios no Noroeste de Minas apresentaram 99,9% de significância em sua dependência espacial.

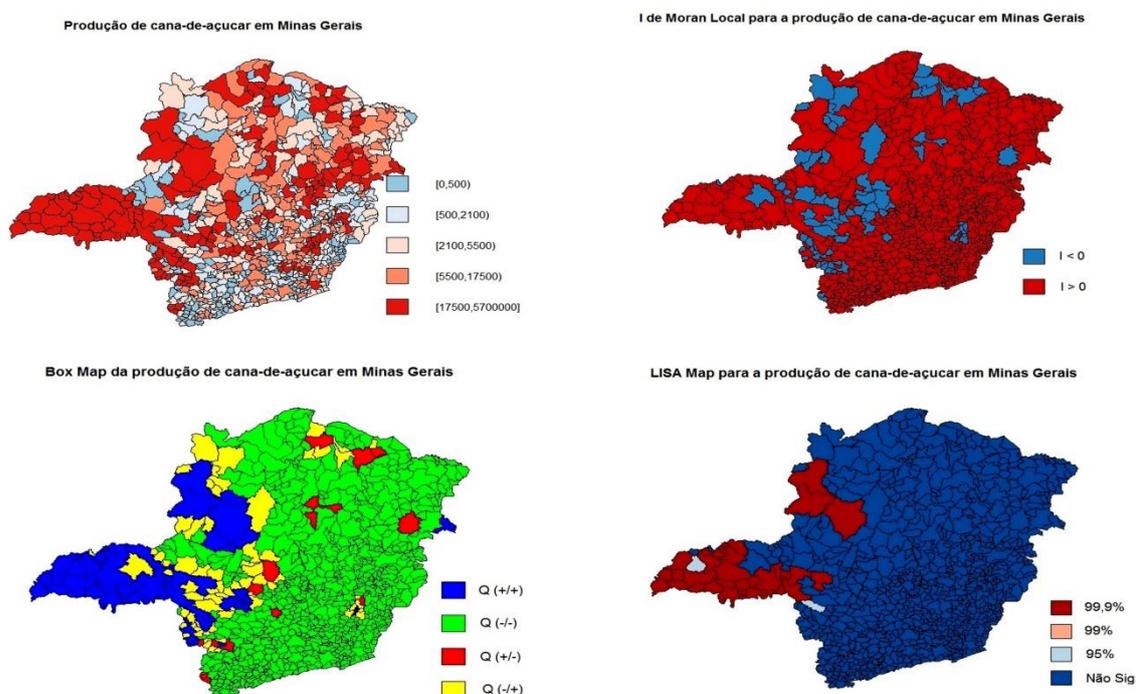


Figura 1 – Mapas de análises espaciais aplicadas à produção de cana-de-açúcar nos municípios de Minas Gerais no ano de 2012.

Deste modo, vemos que a principal região produtora de cana-de-açúcar em Minas Gerais é o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. De acordo com Siqueira & Reis (2008), essa região se assemelha na produção dos Estados de São Paulo, que é o principal produtor de cana-de-açúcar no Brasil. Já Ortega (2003), ressalta que essa região se destaca por ter técnicas modernas de cultivo e alta mecanização de colheita.

#### 4 – Conclusões

Assim, pudemos verificar que a produção de cana-de-açúcar não é feita aleatoriamente em todo Estado de Minas Gerais. Deste modo, podendo haver o incentivo para concentrar esforços em políticas de investimento e financiamento para o desenvolvimento das regiões produtoras e da atividade produtiva.

#### 5 – Bibliografia

AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F. **Análise espacial da colheita de cana-de-açúcar no estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 2005.

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.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php> Acesso em: 20/02/2014.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar> Acesso em: 20/02/2014.

ORTEGA, A. C. **Minas são muitas: todas ampliando suas atividades rurais não-agrícolas**. Revista Economia Ensaios, v.16, n.1, p.75-93, 2003.

SANTOS, S. M. L.; NEVES, S. M. A. S.; SILVA, F. S.; GALVANIN, E. A. S.; KREITLOW, J. P. **Análise espacial da expansão da cultura de cana-de-açúcar na Microrregião de Tangará da Serra, Mato Grosso**. Goiânia: ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, 2013. v.9, N.16.

SIQUEIRA, P. H. L.; REIS, B. S. **Análise da economia do setor sucroalcooleiro do estado de Minas Gerais: evolução histórica e fatos contemporâneos**. Revista de Economia da UEG, v.4, n.2, p.76-94, jul./dez. 2008.