



## IDENTIFICAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DE ÁREAS QUE CONCENTRAM POPULAÇÃO JOVEM VULNERÁVEL À VIOLÊNCIA LETAL NO ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL, 2004/2012

Carlos Mauricio Rocha Barroso

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente,  
Maceió, AL, Brasil  
[cmrb@igdema.ufal.br](mailto:cmrb@igdema.ufal.br)

José Vicente Ferreira Neto

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente,  
Maceió, AL, Brasil  
[jvferreiraneto@igdema.ufal.br](mailto:jvferreiraneto@igdema.ufal.br)

**RESUMO** – A violência tem sido apontada como um problema importante, e crescente, de saúde pública no mundo. Tal problema agrava-se, por serem os jovens, atualmente, as maiores vítimas. Este trabalho utiliza a Análise Exploratória de Dados Espaciais objetivando identificar e hierarquizar áreas vulneráveis à violência letal juvenil no estado de Alagoas - primeiro no ranking brasileiro para as taxas de homicídio de jovens de 2006/2012. A partir de dados secundários, período 2004/2012, foram calculadas as taxas de homicídio juvenis trienalmente para os 102 municípios alagoanos. Verificou-se que há autocorrelação espacial para as taxas, entre os municípios, pois os coeficientes I de Moran Global foram positivos e significativos nos triênios. Através do coeficiente I de Moran Local, visualizado pelo Box Map e Moran Map, foi possível identificar clusters significativos ( $p < 0,05$ ), caracterizados como Alto-Alto. Desses clusters, seis municípios apresentaram estabilidade temporal, tornando-se municípios prioritários para implementação de ações de monitoramento e controle.

Palavras-chave: Análise exploratória de dados espaciais; Homicídios juvenis; Saúde pública; Áreas vulneráveis.

## IDENTIFICATION AND HIERARCHIZATION OF AREAS THAT CONCENTRATE YOUNG POPULATION VULNERABLE TO DEADLY VIOLENCE IN THE STATE OF ALAGOAS, BRAZIL, 2004/2012

**ABSTRACT** – Violence has been cited as a major problem in public health in the world. Such a problem is getting worse because the young people are, currently, the biggest victims. This job uses Exploratory Spatial Data Analysis in order to identify and prioritize vulnerable areas to youth deadly violence in Alagoas state - first in the Brazilian ranking for youth murder rates 2006/2012. From secondary data, period 2004/2012, were calculated the juvenile homicide rates every three years for the 102 municipalities of Alagoas state. It was found that there is spatial autocorrelation for rates, between the municipalities, because the Global Moran's I coefficients were positive and significant in three years' periods. Through Local Moran's I, displayed by Box Map and Moran Map, it was possible to identify significant clusters ( $p < 0.05$ ), characterized as high-high. Such clusters, six municipalities showed temporal stability, indicative of priority municipalities for implementation of monitoring and control actions.

Keywords: Exploratory Spatial Data Analysis; Juvenile homicide; Public health; Vulnerable areas.

## INTRODUÇÃO

A Quadragésima Assembleia Mundial de Saúde, declarou, através de resolução, já em 1996, o fenômeno da violência como um problema importante e crescente de saúde pública no mundo. A dimensão de tal problema agrava-se, em todos os continentes, por serem os jovens, nas últimas décadas, as maiores vítimas.

De acordo com inúmeras pesquisas, tais fenômenos são concebidos como multifatoriais, cujas contextualizações e manifestações se tornam específicas e diferentes no tempo e no espaço e, por tanto, de difícil entendimento.

No Brasil, os jovens de 15 a 29 anos são as principais vítimas de homicídio, estimando-se que mais de 30 mil pessoas nessa faixa etária são assassinadas por ano no país. Dentro dessa faixa etária, as principais vítimas são os homens jovens. O problema se agrava em alguns estados, onde a taxa de homicídios pode ser o dobro da nacional.

No Estado de Alagoas, nordeste do Brasil, os homicídios juvenis, de acordo com o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Ministério da Saúde – DATASUS, chegaram a 75% das causas externas no período 2004/2012, destacando-se, como o primeiro no ranking brasileiro (2006 a 2012) para as taxas de homicídio de jovens. Quando contabilizadas as taxas juvenis de óbitos por arma de fogo, além do estado ocupar o 1º lugar nacional (2007/2012), Maceió, capital do Estado, passa no ano de 2004 do 4º lugar, entre todas as capitais brasileiras, para 1º em 2012 (WASELFISZ, 2015).

Os dados para os homicídios juvenis no estado são, inegavelmente, alarmantes. Evidencia-se, portanto, a necessidade de ferramentas que propiciem a análise da distribuição desses homicídios e seus correlatos multifatoriais.

A identificação de padrões espaciais de ocorrência de homicídios leva imediatamente a uma reflexão acerca dos fatores causais responsáveis por essa alocação espacial (SHAW e HENRY, 1944; BURSIK e GRASMICK, 1993; SAMPSON e RAUDENBUSH, 1999).

Nos últimos anos têm-se observado um interesse significativo na aplicação do método de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), que tem como objetivo visualizar e descrever a distribuição espacial dos dados. O método é composto por um conjunto de mecanismos encadeados que, a partir da distribuição dos dados advindos de fenômenos ocorridos em certa região geográfica, permite descrever e visualizar as distribuições espaciais globais e locais, descobrir padrões de associação espacial (clusters), sugerir instabilidades espaciais (não-estacionariedade) e identificar situações atípicas – outliers (SANTOS e RAIÁ, 2006).

Diante do exposto, o presente artigo aplica o método AEDE buscando identificar a estrutura de correlação espacial que melhor descreva as taxas de homicídio juvenil nos municípios do estado de Alagoas e, a partir desta, identificar e hierarquizar áreas vulneráveis à violência letal juvenil. Tal intento parte da premissa que as propostas de intervenção das políticas públicas devem ser pautadas em diagnósticos que levem em consideração as características específicas de cada município ou região.

## METODOLOGIA

### Dados

Foi realizado um estudo descritivo, de corte transversal, caráter exploratório, utilizando o método de Análise Exploratória de Dados Espaciais, com dados secundários do período 2004 a 2012 referentes aos homicídios de jovens no Estado de Alagoas.

Os dados secundários foram obtidos no Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde. Os mesmos estão contidos na Classificação Internacional de Doenças - CID-10, em seu Capítulo XX, onde são definidas as “causas externas de morbidade e mortalidade”. Dentre as causas de óbito estabelecidas pela CID-10, foram utilizados os agrupamentos de X85 a Y09, que recebem o título genérico de “Agressões”.

As informações populacionais intercensitárias e censitárias, assim como o mapa digital do estado, foram disponibilizados a partir do portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Para uma maior estabilização das taxas de homicídios juvenis (15 a 29 anos de idade), optou-se pela média dos homicídios por 100 mil habitantes jovens para cada triênio do período (2004/2006; 2007/2009 e 2010/2012). Assim, para cada triênio, em cada unidade de análise (município), tomou-se no numerador o total de homicídios dividido por três e no denominador a população de jovens (15 a 29 anos de idade) no centro do triênio.

### **Análise Exploratória de Dados Espaciais**

Utilizou-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para estimar a magnitude da autocorrelação espacial global e autocorrelação espacial local das taxas de homicídios juvenis (15 a 29 anos) nos municípios alagoanos. Para tal, foi criado, previamente, uma matriz de pesos espaciais ( $W$ ), baseada no conceito da contiguidade (ALMEIDA, 2004), adotando-se a convenção de contiguidade do tipo “rainha”, considerando vizinhos os municípios que possuam fronteira física com o município de análise, de modo a circundá-lo.

Autocorrelação é uma medida da estrutura de dependência espacial. Como o próprio nome sugere, autocorrelação mede a correlação da própria variável no espaço. Há diversos indicadores para medir a autocorrelação, porém todos têm o mesmo conceito: averiguar como varia a dependência espacial, a partir da comparação entre os valores de uma amostra e de seus vizinhos.

O Índice de Moran é uma das maneiras clássicas (bem como uma das mais comuns) de se medir o grau de autocorrelação espacial em dados de área.

A verificação da existência de autocorrelação espacial foi processada através da análise univariada da estatística  $I$  de Moran Global. O  $I$  de Moran varia de -1 a 1 e para valores de  $I$  maiores (ou menores) do que o valor esperado,  $E(I) = -[1/(n-1)]$ , significa que há autocorrelação positiva (ou negativa). Quando se verifica autocorrelação espacial positiva, significa que existe uma similaridade entre os valores da variável e sua localização. A autocorrelação espacial negativa, quando verificada, significa que há dissimilaridade entre os valores da variável e sua localização (ALMEIDA, 2004). Para estimar a significância, a abordagem mais comum é um teste de pseudossignificância (PEROBELLI et al, 2005).

Enquanto as estatísticas globais são utilizadas para fornecer uma única medida de padrão global através da aplicação de testes de hipótese nula de que não há qualquer padrão subjacente ou desvio da aleatoriedade, as estatísticas locais são usadas para avaliar se o agrupamento ocorre em torno de pontos ou áreas particulares. As estatísticas locais são utilizadas para detectar agrupamentos, quando o local é pré-especificado (testes focalizados) ou quando não existir a ideia *a priori* da localização do agrupamento, sendo, nesse caso, utilizadas de forma exploratória, onde a intenção é de sugerir a existência de agrupamentos.

Os operadores estatísticos que quantificam o grau de associação espacial a que cada área ou localização do conjunto amostral está submetida em função de um modelo de vizinhança preestabelecido são denominados de Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA). Esses indicadores identificam aglomerados (clusters) significativos de valores semelhantes em torno de determinadas localizações.

Assim, quando as estatísticas globais são significativas, torna-se importante conhecer, localmente, quais áreas/municípios são responsáveis por essa significância. Para tal, é importante calcular o Índice I de Moran Local, que fornece a autocorrelação local (LISA) - uma decomposição da autocorrelação global. Na autocorrelação local compara-se o valor do indicador de cada região com o de seus vizinhos.

Os indicadores locais de autocorrelação espacial podem ser visualizados através do Moran Map. Neste tipo de mapa são visualizadas somente as áreas nas quais os valores do LISA foram significativos, denominadas de “clusters”. Essas áreas são classificadas em quatro grupos, conforme sua localização no quadrante do gráfico de espalhamento. As demais áreas aparecem com zero, representando ausência de significância (NEVES et al, 2000; ANSELIN, 2005).

A averiguação e definição dos municípios com associação espacial foi efetuada através do Box Map, que é a visualização espacial do Gráfico de Espalhamento de Moran em um mapa coroplético, no qual o indicador de cada município é representado por uma cor de acordo com a sua localização no quadrante desse gráfico (CÂMARA et al, 2005).

Desta forma, os municípios foram agrupados e classificados de acordo com sua localização em um dos quatro quadrantes. Os agrupamentos localizados no quadrante Q1 (Alto-Alto), são classificados como áreas de interesse do estudo, uma vez que os municípios ali localizados além de apresentarem valores altos para as taxas de homicídios juvenis encontram-se rodeados daqueles que também apresentam valores altos; Q2 (Baixo-Baixo) refere-se a um agrupamento cujas unidades espaciais mostram valores baixos rodeados por unidades espaciais com baixo valor. Q3 (Alto-Baixo), o agrupamento exhibe alto valor da variável de interesse rodeado por unidades espaciais de baixo valor e Q4 (Baixo-Alto) refere-se a um agrupamento no qual uma unidade espacial com baixo valor da variável de interesse é circundada por unidades espaciais com alto valor.

O Moran Map foi construído para visualizar as áreas prioritárias a partir do interior de cada área de interesse identificada pelo Box Map. Os municípios que compõem estas áreas apresentam uma dependência espacial mais pronunciada, apresentando autocorrelação espacial estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

A hierarquização das áreas prioritárias é função do arranjo espaço-temporal dos clusters.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os seguintes softwares:

- XLSTAT pro, Versão 2008.1.01 da Addinsoft;
- TerraView 4.2.1 (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE); e
- GeoDa (Spatial Analysis Laboratory, University of Illinois, Urbana-Champaign, Estados Unidos), versão OpenGeoDa 1.0.1.

## RESULTADOS

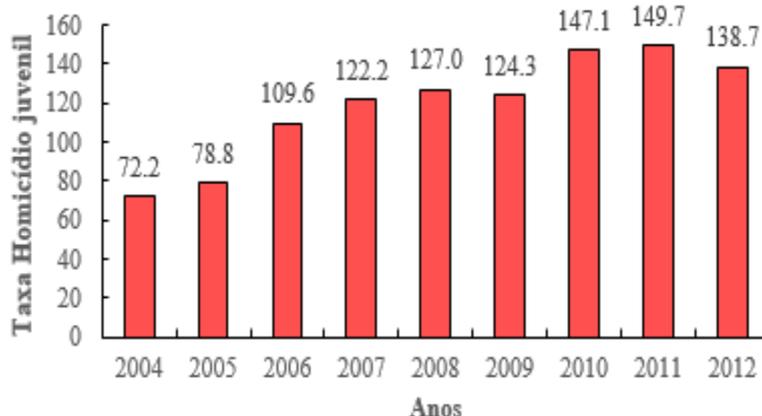
Alagoas, estado situado no nordeste brasileiro, de acordo com o IBGE, contabilizava, no ano de 2004, uma população de jovens, 15 a 29 anos, de 862.508 habitantes, tendo crescido para 887.742 em 2012. Esta população encontra-se inserida em uma área de 27.768 km<sup>2</sup> e distribuída, de acordo com a divisão geopolítica do estado, em 102 municípios.

No período 2004/2012, e, segundo o DATASUS houve, no Estado de Alagoas, um crescimento de 97,6% nos casos de homicídios juvenis, passando de 623 para 1.231. Nesse período, foram mortos 9.488 jovens, predominando o sexo masculino, 95,08%. A idade das

vítimas foi  $22 \pm 4$  anos. Quanto à variável cor/raça, 79% eram negras (pretos e pardos). A arma de fogo foi utilizada em 86% dos casos.

Para esses mesmos dados, a taxa de homicídio entre os jovens passa de 72,2 em 2004, para 138,7 por cem mil, no ano de 2012, conforme Figura 1, impondo um incremento às mesmas de 97,6%, incremento este maior em 9,5 vezes do que o ocorrido no país (10,3%).

**Figura 1** – Evolução das taxas de homicídios, por 100 mil, no Estado de Alagoas – 2004/2012



A partir das taxas de homicídios juvenis calculadas para os municípios por triênio – 2004/2006, 2007/2009 e 2010/2012, denominadas por taxas do 1º, 2º e 3º triênios respectivamente, foram obtidos os valores do I de Moran Global, como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1** – I de Moran para as taxas trienais de homicídios juvenis no Estado de Alagoas

Triênio	Convenção	I de Moran	P -valor*
1º		0,2281	0,001
2º	Rainha	0,4084	0,001
3º		0,4912	0,001

\* A pseudossignificância empírica é baseada em 999 permutações aleatórias

Observa-se que os valores do I de Moran foram positivos para todos os triênios estudados e os testes foram altamente significativos, podendo-se assegurar que existe um padrão de dependência espacial na distribuição das taxas para os municípios de Alagoas. Verifica-se, também, um aumento na força de correlação de triênio a triênio.

### As áreas de interesse e as áreas prioritárias

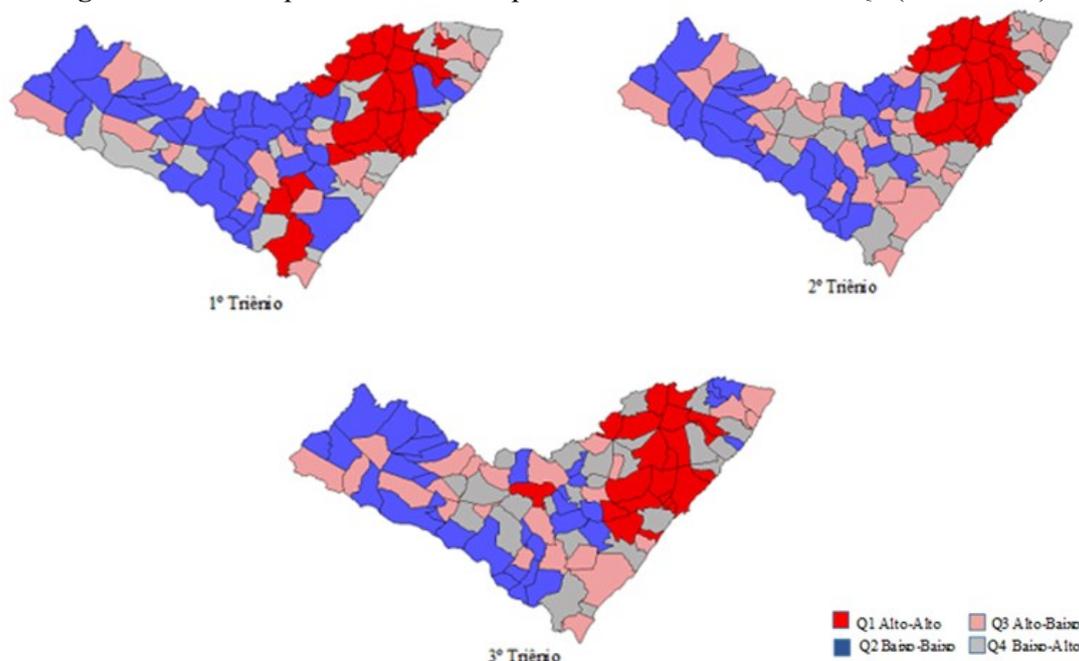
As áreas de interesse são aquelas em cor vermelha nos mapas da Figura 2. Os municípios ali inseridos são aqueles localizados no quadrante Q1 (Alto-Alto), identificados através do Box Map.

Observa-se que durante os três triênios destaca-se uma área na porção Oriental / Norte Oriental do Estado pertencente à mesorregião do Leste Alagoano, aglutinando municípios cujos valores para as taxas de homicídios juvenis são altos e cercados daqueles que também apresentam

valores altos. No primeiro triênio esses municípios se apresentam em maior número agrupados ao norte e com uma segunda aglomeração na porção mais ao sul do estado.

Na mesorregião do Sertão Alagoano não ocorre este padrão, predominando, nessa região, no primeiro triênio, municípios caracterizados no quadrante Q2 (Baixo-Baixo). Nos triênios seguintes surgem vários municípios nessa mesorregião caracterizados no quadrante Q3 (Alto-Baixo).

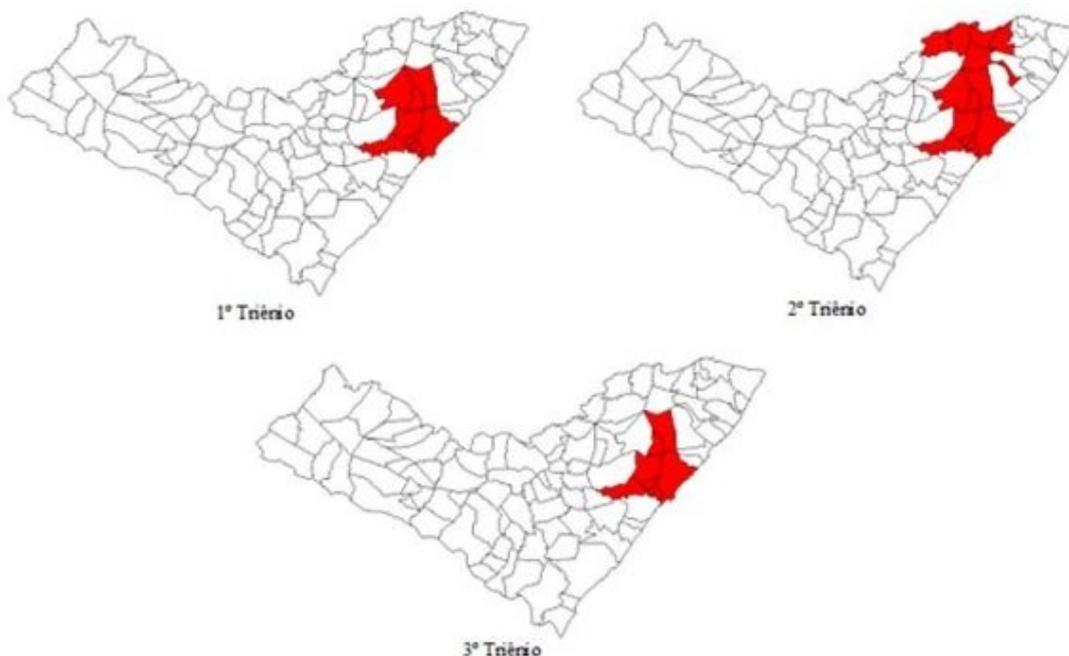
**Figura 2** – Box Map indicando municípios nas áreas de interesse – Q1 (Alto – Alto)



As áreas prioritárias são os aglomerados de municípios responsáveis, localmente, pelas estatísticas globais significativas proporcionadas pelas áreas de interesse. Desta forma e por meio do Moran Map, representado na Figura 3, foi possível delimitar clusters compostos por 9, 13 e 8 municípios no 1º, 2º e 3º triênio respectivamente.

Dentre os municípios que formam os clusters, 7 no 1º, 11 no 2º e 5 no 3º triênio apresentaram alta significância ( $p$ -valor  $< 0,01$ ). Os demais,  $p < 0,05$ .

**Figura 3** – Áreas prioritárias visualizadas através do Moran Mapa partir das áreas de interesse



### Hierarquização das Áreas Prioritárias

Os clusters que deram origem às áreas prioritárias foram submetidos a uma análise espaço-temporal para a averiguação de quais municípios ali situados apresentam estabilidade ao longo dos triênios estudados, resultando no mapa da Figura 4.

**Figura 4** – Municípios que compõem a área prioritária hierarquizada



Arranjo Temporal Trienal			Municípios
1º	2º	3º	
0	1	0	5
1	0	1	2
1	1	0	2
1	1	1	6

O mapeamento visualizado na Figura 4, função da superposição dos LISA clusters, mostra quatro arranjos temporais com os municípios que influenciam as taxas de homicídios juvenis. Dentre estes, destacam-se seis municípios, em vermelho, que influenciam em todos os

triênios, apresentando arranjo temporal 1\_1\_1 e 2 municípios, em cinza, que surgem no 1º triênio e ressurgem no 3º triênio (1\_0\_1).

Diante desta nova configuração, os municípios com arranjo temporal 1\_1\_1, Maceió – capital do Estado, Rio Largo, Satuba, Messias, Flexeiras e Santa Luzia do Norte, e aqueles com arranjo 1\_0\_1, Coqueiro Seco e Pilar, formam uma área de primeira ordem na hierarquia das prioritárias.

A Tabela 2 resume os totais de homicídios juvenis nos triênios estudados distribuídos no Estado de Alagoas e nessa área prioritária de primeira ordem.

**Tabela 2** – Comparativo entre o nº de mortes juvenis trienais no Estado de Alagoas e na área prioritária hierarquizada – 2004/2012

Áreas	1º Triênio		2º Triênio		3º Triênio	
	Total	%	Total	%	Total	%
Estado	2298	100	3352	100	3838	100
Área prioritária hierarquizada	1144	49,78	1900	56,68	2010	52,37

Os dados da Tabela 2, mostram a importância dos oito municípios que constituem esta área prioritária hierarquizada. Enquanto os 102 municípios do Estado de Alagoas, nos triênios estudados, contabilizam 9.488 homicídios juvenis, a área absorve 5.054, ou 53,27%.

Quando o foco passa a ser as taxas trienais de homicídios por cem mil, pode-se observar na Tabela 3 que essas taxas se apresentam 1,4; 1,6 e 1,5 vezes maiores na área prioritária hierarquizada que no Estado, para os 1º, 2º e 3º triênios, respectivamente. Em outras palavras, para cada cem mil jovens, morrem, em média, 1,5 vezes mais jovens na área hierarquizada do que no Estado.

**Tabela 3** - Comparativo entre as taxas trienais de homicídios juvenis, por 100 mil, no Estado de Alagoas e na área prioritária hierarquizada – 2004/2012

Áreas	1º Triênio	2º Triênio	3º Triênio
Estado	88.81	124.28	145.13
Área prioritária hierarquizada	123.91	198.95	215.70

## CONCLUSÕES

No estudo da violência letal, a análise exploratória de dados espaciais vem sendo utilizada como importante ferramenta para localização de áreas de risco. A localização da concentração de casos, é relevante, especialmente para o nível local, ao identificar áreas prioritárias para intervenção.

Os indicadores globais de autocorrelação espacial, como o Índice I de Moran, fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados tratados, o que é útil na caracterização da região de estudo como um todo. Entretanto, quando se lida com um grande número de áreas, é provável a ocorrência de diferentes regimes de associação espacial e também que apareçam locais em que a dependência espacial seja mais

pronunciada. As análises locais detectam as diferenças espaciais existentes desagregando as estatísticas globais em seus constituintes locais.

A aplicação de AEDE para as taxas trienais de criminalidade juvenis no Estado de Alagoas mostra que a violência letal sobre os jovens não é distribuída uniformemente e aleatoriamente no Estado de Alagoas.

Pautados no índice I Moran Global e pelo Box Map, verificou-se, durante os três triênios, áreas localizadas na porção Oriental/Norte Oriental do Estado, denominadas como áreas de interesse, onde municípios além de apresentarem valores altos para as taxas de homicídios juvenis, encontram-se rodeados daqueles que também apresentam valores altos.

Como recurso importante para instrumentalizar os níveis central e regional no planejamento das ações de controle, monitoramento e avaliação, foram identificados, através do Moran Map e inseridos na área de interesse, três clusters significativos alto-alto, designados como áreas prioritárias.

As áreas prioritárias, quando submetidas a análise espaço-temporal, mostram um conglomerado com oito municípios, incluindo a capital do Estado, definido como área prioritária hierarquizada, onde seis municípios apresentaram estabilidade temporal e dois surgem no 1º e ressurgem no 3º triênio.

A área prioritária aglutina 53,27% dos homicídios juvenis e suas taxas de homicídios são, em média, 1,5 vezes maiores que a do Estado.

Os procedimentos para a identificação e hierarquização de áreas, discutidos neste trabalho, são apenas os passos iniciais na compreensão dos padrões da violência letal juvenil no Estado de Alagoas. A aplicação de modelos econométricos se faz necessária para avaliar os fatores associados ao processo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. S. de. “Curso de econometria espacial aplicada”. *Piracicaba: ESALQ*, 2004. 130p. (Material didático).
- ANSELIN, L. “Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook. Center for Spatially Integrated Social Science”. 2005. Disponível em <http://www.csiss.org/clearinghouse/GeoDa/>. Acesso em: maio 2016
- BURSIK Jr., R. J.; GRASMICK, H. “Neighborhoods and crime: the dimensions of effective community control”. *New York: Lexington*, 1993.
- CÂMARA G, et al. “Análise espacial de áreas”. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. (eds). *Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília: EMBRAPA*, 2004.
- DATASUS. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – SUS. *Ministério da Saúde*. Disponível em: [www.datasus.gov.br](http://www.datasus.gov.br).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/>
- NEVES, M; RAMOS, F; CAMARGO, E; CÂMARA, G; MONTEIRO, A. “Análise Exploratória Espacial de Dados Socioeconômicos de São Paulo”. *GIS Brasil 2000*, Salvador, 2000.
- PEROBELLI, F; ALMEIDA, E. S.; ALVIM, M, I, S.; FERREIRA P. G. C. A. “Análise espacial da produtividade do setor agrícola brasileiro: 1991-2003”. In: *Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, 43, 2005, Ribeirão Preto. Anais...Ribeirão Preto: SOBER. CD-ROM.

SAMPSON, R, J; RAUDENBUSH, S, W. “**Systematic social observation of public spaces: a new look at disorder in urban neighborhoods**”. *AJS* 1999; 105:603-51.

SANTOS, L dos, RAIÁ Jr., A, A. “**Análise Espacial de Dados Geográficos: A Utilização da Exploratory Spatial Data Analysis – ESDA para Identificação de Áreas Críticas de Acidentes de Trânsito no Município de São Carlos (SP)**”. *Uberlândia: Sociedade & Natureza*, v.18 (35), p. 97-107, dez. 2006.

SHAW, C; HENRY, M. “**Juvenile delinquency and urban areas**”. *Chicago: University of Chicago Press*, 1942.

WASELFSZ, J, J. “**Mapa da violência 2015: Mortes Matadas por Armas de Fogo**”. Brasília, 2015. Disponível em: [www.juventude.gov.br/juventudeviva](http://www.juventude.gov.br/juventudeviva). São Paulo.