

## A criminalidade no Rio Grande do Sul: uma análise espacial para anos de 2005, 2010 e 2015

Criminality in the state of Rio Grande do Sul: a spatial analysis for years 2005, 2010 and 2015

**Fernanda Dachi Carrets\***

FURG, Brasil  
fe.dachi@gmail.com

**Jonatas de Oliveira\***

FURG, Brasil  
jonatasoliveira@furg.br

**Gabrielito Rauter Menezes\*\***

UFPel, Brasil  
gabrielitorm@gmail.com

---

**Resumo.** O objetivo deste estudo é realizar uma análise espacial da criminalidade do Rio Grande do Sul, identificando padrões espaciais para os anos de 2005, 2010 e 2015. Através do instrumental espacial para a construção de indicadores de dependência espacial (Análise Exploratória de Dados Espaciais – AEDE) para crimes contra a pessoa (homicídios) e crimes contra o patrimônio (furto e furto de veículo, roubo e roubo de veículo), espera-se apresentar, mapear e analisar o comportamento da criminalidade no Estado com a identificação de *clusters* de municípios com alta (ou baixa) taxa de criminalidade. O trabalho apresenta uma breve revisão sobre a teoria econômica do crime, logo depois a metodologia utilizada para mensurar a dependência espacial das taxas de criminalidade através da estatística de I de Moran global e local. Na sequência, utilizando o software GeoDa, apresentaremos os resultados que constata a existência de forte dependência espacial para as taxas de crimes na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), demonstrando que o grave problema de alta criminalidade presente nesta região persiste ao longo dos anos. Os resultados apontam para a existência de uma maior dinâmica espacial nas ocorrências dos crimes contra a pessoa (homicídios), diferentemente do que ocorre para os crimes contra o patrimônio (furto e furto de veículo, roubo e roubo de veículo) que apresentaram um grau de associação espacial menor em suas taxas.

**Palavras-chave:** Economia do crime. Análise espacial da criminalidade. Rio Grande do Sul.

**Abstract.** This article develops a criminality spatial analysis in the State of Rio Grande do Sul identifying spatial patterns for the years 2005, 2010, and 2015. It shows the mapping and analysis of criminality behavior with identification of municipalities clusters with high (or low) crime rate through spatial instruments and construction spatial indicators dependence (Exploratory Spatial Data Analysis - ESDA) for crimes against the person (homicides) and crimes against property (theft, vehicle theft, robbery, and vehicle robbery). After a brief literature review about economic theory of crime, the methodological approach measures the spatial dependence of crime rates through global and local I of Moran statistic. The results show a high spatial dependence of crime rate in Metropolitan area of Porto Alegre evidencing the criminality as a social problem that persists in this region for several years. In addition, the results show the existence of greater spatial dynamic in the occurrence of crimes against the person. On the other hand, the crimes against property present a lower spatial rate association.

**Keywords:** Crime economy. Spatial analysis of crime. Rio Grande do Sul.

---

\* Universidade Federal do Rio Grande. Avenida Itália Km 8, Bairro Carreiros, 96203-900, Rio Grande, RS, Brasil.

\*\* Universidade Federal de Pelotas. Rua Gomes Carneiro, 1, Centro, 96010-610, Pelotas, RS, Brasil.

## Introdução

A questão da segurança pública tem sido motivo de grande preocupação para a população brasileira, sendo o crime uma prática que traz perdas tanto monetária como de bem-estar para sociedade. Dadas as elevadas taxas de crimes que o país vem enfrentando, o combate à criminalidade se tornou o foco de diversas discussões que buscam políticas públicas eficientes para reduzi-la de forma rápida e permanente.

Mesmo com a implementação de algumas políticas públicas de combate à criminalidade os índices se mostram persistentemente elevados ao longo dos anos. A taxa de homicídios brasileira é uma das maiores do mundo e chega a ser “até cinco vezes maior que a de países europeus” (Oliveira, 2008). Um levantamento feito pelo Fórum Brasileiro de Segurança Pública revela que se somarmos todas as categorias de mortes violentas, o Brasil teria uma taxa de 28,8 mortes para cada 100 mil habitantes em 2014. Em um levantamento feito para 194 países pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e divulgado em 2014 no “Relatório sobre a situação mundial da prevenção à violência”, o nosso país apareceu com a 11ª maior taxa de homicídios do mundo para o ano de 2012. Outra preocupação é com relação à população carcerária que não para de crescer: em 2014 chegou a 607.373 pessoas (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2015). “O número de adolescentes cumprindo medidas socioeducativas privativas de liberdade cresceu 443% entre 1996 e 2013” (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2015), chegando a 23.066 adolescentes em 2014 (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2015).

O aumento da criminalidade a nível nacional nada mais é que um reflexo das altas taxas de criminalidade dos estados. No Rio Grande do Sul o cenário não é muito diferente. Os índices de violência evoluem assustadoramente, deixando a população anestesiada e refém diante da constante criminalidade. A taxa de homicídios para os três anos analisados

(2005, 2010 e 2015) cresceu consideravelmente. Enquanto que em 2005 a taxa de homicídios por 100 mil habitantes era de 13,0, em 2010 chegou em 15,5 e no ano de 2015 pulou para 22,4. Apesar de elevada e crescente, a taxa de homicídios do Rio Grande do Sul está longe de ser a maior do país<sup>1</sup>, mas é mais que o dobro que a do Estado de São Paulo, que foi de 10,3 em 2014 (Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo – SSP/SP, 2016). Os roubos também não param de crescer, aumentando a sensação de insegurança. Em 2005 foram registrados 73.741 roubos em todo o Estado, já em 2015 foram 97.254 roubos, uma alta de 31,9% em 10 anos (Secretaria de Segurança Pública do Estado do Rio Grande do Sul – SSP/RS, 2016).

Estes números deixam claro porque a criminalidade passou a ser largamente discutida por diversos setores da sociedade e, principalmente, pelas diversas esferas de governo. Além disso, a exposição diária da mídia e o “reconhecimento por parte das autoridades governamentais da necessidade de se entender a dinâmica da criminalidade” (Oliveira, 2008), desencadearam uma série de trabalhos científicos que abordam o tema nas mais diversas áreas do conhecimento.

Por isso, o crime é pesquisado por diversas áreas de estudo. Na economia, a teoria econômica do crime tem como um dos primeiros pesquisadores Gary Becker (1968) que introduziu o cenário da criminalidade como objeto de estudo. Ele considera o crime uma atividade econômica na qual o criminoso é um ser racional, e para tomar a decisão entre a atividade legal ou ilegal ele considera os benefícios de cada atividade e a chance de punição da prática ilegal. Neste contexto foi surgindo a construção de um arcabouço teórico de estudos no campo da criminalidade que avançaram em todo o mundo e, assim, avançando na compreensão do fenômeno motivador da criminalidade.

<sup>1</sup> A maior taxa de homicídio em 2014 foi registrada no estado de Alagoas: 61,8 homicídios para cada 100 mil habitantes.

Portanto, o presente trabalho buscará verificar se existem padrões espaciais (caracterizados pela formação de *clusters*) nos indicadores de criminalidade dos municípios gaúchos para os anos de 2005, 2010 e 2015, referentes aos crimes contra o patrimônio (representados pelo furto e furto de veículo, roubo e roubo de veículo) e crimes contra a pessoa (representando pelos homicídios). As variáveis utilizadas são disponibilizadas mensalmente pela Secretaria de Segurança Pública – SSP/RS e desempenham um papel determinante no comportamento do crime. Com isso espera-se evidenciar e analisar como a criminalidade se comporta e se distribui no Estado, identificando assim quais são as regiões do Rio Grande do Sul que estão mais vulneráveis à ocorrência de crimes.

Além desta introdução, este artigo se divide da seguinte maneira: a segunda seção trata das perspectivas teóricas da criminalidade sob a ótica da Teoria Econômica do Crime; a terceira seção apresenta a metodologia utilizada para identificar os padrões espaciais da criminalidade; na quarta seção são apresentados os resultados da análise exploratória espacial<sup>2</sup> para o período analisado; e, finalmente, são apresentadas as considerações finais.

## A teoria econômica do crime

Foi a partir dos estudos de Gary Becker (1968) que os interesses econômicos da atividade criminal passaram a ter relevância científica. Becker (1968) parte da ideia de que o criminoso é um ser racional e responde a estímulos econômicos, ou seja, o criminoso é o agente econômico e a atividade criminosa é um setor da economia. Nesse cenário o indivíduo vai tomar a decisão de praticar ou não atividades ilegais, analisando

racionalmente todos os custos (punições penal e moral) e benefícios (retornos financeiros) inerentes à sua escolha. Por isso o autor evidencia a ideia de que qualquer indivíduo consegue ser um criminoso, ou seja, os crimes podem ser cometidos por qualquer pessoa, independente das suas condições psíquicas. O autor também destaca que a prática de um crime abarca um determinado risco e, conseqüentemente, aqueles indivíduos que tenham aversão ao risco não cometeriam nenhum crime. Com o passar dos anos, o modelo de Becker (1968) sofreu algumas alterações e foi aperfeiçoado para que fossem encontrados resultados e respostas mais satisfatórias para o cenário da criminalidade.

Segundo Fernandez e Pereira (2001) a utilização de fundamentos microeconômicos no estudo do crime possibilita analisar a tomada de decisão do indivíduo em praticar uma atividade ilegal sem desconectar da questão de problemas estruturais e conjunturais como educação, renda, desemprego entre outros. E ainda salienta que:

Dessa forma, qualquer tentativa de implementar políticas públicas de combate à criminalidade, sem levar essas questões socioeconômicas em consideração, está fadada ao insucesso (Fernandez e Pereira, 2001, p. 797).

Vale ressaltar, “que a Teoria Econômica do Crime não distingue *a priori* quais indivíduos seriam mais propensos à prática de delitos, diferindo de outras correntes que buscam explicações para a existência de comportamento criminoso” (Mariani, 2011). Ainda segundo Mariani (2011), outras correntes de pesquisa buscam o motivo para uma pessoa ter práticas criminosas em diversos fatores, como por exemplo, biológicos, genéticos ou étnicos. Então, o fato de a economia não buscar essa diferenciação permite que, sob a visão econômica, os indivíduos que praticam crimes não sejam considerados portadores de nenhuma patologia.

Cerqueira e Lobão (2003) ressaltam que além da visão econômica do crime há diversas correntes de pesquisa na área

<sup>2</sup> Para a estimação dos coeficientes de correlação espacial e construção dos mapas de clusters espaciais, utilizamos o software GeoDa na versão 1.6.7. Este software é capaz de realizar uma série de análises espaciais nos dados, sendo disponibilizado gratuitamente no endereço eletrônico <https://spatial.uchicago.edu/software>.

biológica. A questão de patologias individuais como determinantes para a criminalidade foi muito utilizada antigamente por sociólogos e trouxeram grandes contribuições ao tema, porém caiu em desuso após a 2ª Guerra Mundial visto o conteúdo racista nela impregnado.

Podemos desagregar os fatores que acarretam o acontecimento de um crime em alguns elementos principais. Sendo assim, Cerqueira e Lobão (2003), fundamentados na Teoria Econômica do Crime de Becker, condensam essa ideia da seguinte maneira:

[...] a decisão de cometer ou não o crime resultaria de um processo de maximização de utilidade esperada, em que o indivíduo confrontaria, de um lado, os potenciais ganhos resultantes da ação criminosa, o valor da punição e as probabilidades de detenção e aprisionamento associadas, e de outro, o custo de oportunidade de cometer crime, traduzido pelo salário alternativo no mercado de trabalho (Cerqueira e Lobão, 2003, p. 12).

Segundo Peixoto *et al.* (2004) quando o indivíduo não atinge seu nível de bem-estar social esperado por meio de atividades legais, ele pode tender a prática de atividades ilegais. Alguns fatores estão diretamente ligados a inserção do indivíduo no mercado de trabalho legal, como por exemplo o nível de escolaridade e especialização profissional, que são fatores capazes de interferir nessa escolha.

Além disso, quando tratamos da escolha do indivíduo de praticar ou não uma atividade ilícita, precisamos levar em conta “que a decisão de cometer um crime envolve um processo evolutivo anterior ao momento da decisão em que o ambiente de cada cidade é fundamental neste processo” (Oliveira, 2005).

Sendo assim, a composição do mercado de trabalho legal de uma cidade determinará o custo de oportunidade do indivíduo ao optar pela atividade ilegal, mas a estrutura da cidade também desempenha um papel extremamente importante nessa tomada de decisão, pois o acesso de um indivíduo ao mercado de trabalho pode depender, por exemplo, do seu acesso à escola, a cursos profissionalizantes e ao ensino superior.

No campo dos estudos econômicos sobre a criminalidade, diversos autores buscam realizar uma análise mais aprofundada com o intuito de buscar fatores socioeconômicos que impactam direta ou indiretamente na prática criminosa. Nesse sentido, Santos e Kassouf (2008) reúnem e discutem os estudos econômicos da criminalidade feitos no Brasil, apresentando as principais dificuldades, evidências e controvérsias encontradas nas pesquisas empíricas, além de algumas das principais bases de dados criminais disponíveis. Os autores destacam que dentre as principais dificuldades inerentes à investigação econômica do crime encontra-se a geral indisponibilidade de dados e a alta taxa de sub-registro nos dados oficiais, encontrando evidências nos estudos que indicam que a desigualdade de renda e os retornos do crime são fatores de incremento da criminalidade.

Oliveira (2005) investiga as causas da criminalidade e sua relação com o tamanho das cidades. O autor apresenta um modelo formal em que a criminalidade nas cidades pode ser explicada por características locais através de um modelo econométrico em painel utilizando dados das cidades brasileiras na década de noventa do século XX. Os resultados obtidos confirmam a importância do tamanho da cidade na explicação da criminalidade além da relevância da desigualdade de renda e da pobreza como fatores que potencializam a criminalidade em cidades.

Oliveira (2005) discute ainda a importância da família e da escola na explicação da criminalidade, mostrando que problemas na estrutura familiar e a ineficiência do ensino básico no Brasil afetam positivamente a criminalidade.

Marques *et al.* (2010), ao realizar uma análise exploratória de dados para o número de furtos praticados nos municípios pertencentes à mesorregião de Presidente Prudente – SP, aplicou técnicas de estatística descritiva e determinou a associação espacial global e local para os anos de 2001 a 2008. Após realizar as análises, os autores observaram que há baixa dependência espacial entre os furtos

ocorridos nos municípios e também constataram que não há relação direta entre o número de habitantes do município com a quantidade desse tipo de delito.

Gaulez e Maciel (2015), com o intuito de contribuir para o aperfeiçoamento na implantação e avaliação de políticas de combate ao crime, analisam os determinantes da criminalidade contra o patrimônio no estado de São Paulo, utilizando-se de técnicas que levam em conta a distribuição espacial para entender suas causalidades. Os resultados encontrados pelos autores mostram que densidade demográfica e grau de urbanização afetam positivamente a criminalidade, ou seja, a ocorrência de crimes contra o patrimônio tem maior incidência em regiões mais urbanizadas, mais densamente ocupadas e com maior nível de renda, pois o retorno esperado ao se cometer tal crime é maior nessas regiões. Freitas, Cadaval e Gonçalves (2015) também encontraram resultados que corroboram com o efeito positivo da densidade demográfica sobre a incidência de crimes.

Em seu trabalho, Iglesias *et al.* (2012), simulou uma sociedade artificial na qual os agentes ganham salários fixos provenientes de atividades legais, mas podem aumentar (ou diminuir) sua renda praticando um ato criminoso bem-sucedido (ou não). Desta forma, os autores buscaram estudar os custos do sistema de aplicação da lei necessários para manter o crime dentro de limites considerados aceitáveis e compará-los com os danos produzidos pelos crimes nessa sociedade. Além disso, o trabalho analisou as consequências econômicas decorrentes de crimes sob diferentes cenários de atividade criminosa e probabilidades de apreensão (Iglesias *et al.*, 2012).

Já Nadal *et al.* (2012) considera que cada agente possui um “índice de honestidade” que serve para parametrizar sua probabilidade de obediência à lei. Os autores destacam que essa probabilidade depende de um parâmetro composto associado à atratividade e à configuração do crime. Com isso, Nadal *et al.* (2012)

exploram algumas consequências de que a punição tem um efeito dissuasivo. Além disso, o trabalho discute como as mudanças nas condições socioeconômicas podem afetar os parâmetros do modelo e, portanto, a taxa de criminalidade da população.

### *Aplicações da econometria espacial ao estudo da criminalidade*

O instrumental econométrico-espacial tem sido bastante empregado na análise da dispersão espacial do crime. Segundo Oliveira (2008) as cidades possuem um papel relevante na disseminação da criminalidade sendo em nível interno ou externo a elas, assim evidenciando a existência de dependência espacial entre as cidades. Por tanto, a metodologia de análise espacial é importante para medir e identificar com mais clareza a formação desse fenômeno.

E ainda segundo Mariani (2011) a heterogeneidade entre as taxas de criminalidade demonstram a importância de identificar padrões espaciais entre as localidades, dado que verificar a influência do crime a partir de resultados aleatórios de acontecimentos dos eventos torna difícil verificar a intensidade da criminalidade. Por tanto, dado que cada crime tem suas características e que determinada região desenvolve uma rede de incentivos para realização de tal delito, isso tornaria essa região mais propensa a esse crime e menos propensa a outro.

Segundo alguns pesquisadores a criminalidade está se espalhando pelo território brasileiro, desencadeando assim uma possível convergência na taxa de criminalidade ao longo dos anos. Para Santos e Santos Filho (2011) a hipótese de convergência nas taxas de crimes no Brasil é facilmente observável, o que faz com que a criminalidade tenda a aumentar mais rapidamente em áreas menos violentas do que nas mais violentas. Com isso, ao longo do tempo não haverá diferença entre criminalidade nas regiões, visto que todas tendem a estacionar em taxas próximas de criminalidade. E acrescenta que a dependência espacial se dá principalmente

entre localidades próximas, ou seja, os municípios teriam uma dependência espacial significativa dado uma maior proximidade geográfica com os outros municípios nas relações criminosas.

## Análise exploratória de dados espaciais

O método de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) está fundamentado em visualizar e descrever os aspectos espaciais contidos na base de dados, tratando diretamente dos efeitos da autocorrelação e da heterogeneidade espacial. A metodologia tem como objetivo apresentar a distribuição espacial, os *clusters* espaciais, verificar a presença de diferentes regimes espaciais ou outras formas de instabilidade espacial, além de identificar *outliers* (Almeida, 2012).

Como explica Almeida (2012), a autocorrelação surge quando o valor de determinada variável em uma região  $i$ , por exemplo, está relacionado ao valor dessa variável em uma região próxima  $j$ , ou seja, há fatores externos a região  $i$  que explicam determinado fenômeno, os quais podem estar associados ao valor dessa variável na região vizinha  $j$ .

A heterogeneidade espacial existe quando há instabilidade estrutural no espaço fazendo com que haja diferentes

respostas, dependendo da região ou da escala espacial analisada (ALMEIDA, 2004).

Nesta perspectiva, Anselin (1988) enfatiza que a noção de dependência espacial implica na necessidade de determinar a influência de uma unidade particular nas outras unidades do sistema espacial. Convencionalmente, isto é expresso na noção de vizinhança mediante a construção de matrizes de pesos espaciais.

### Matriz de pesos espaciais ( $W$ )

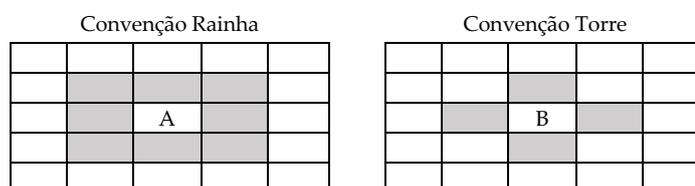
Segundo Almeida (2012), o conceito de matriz de pesos espaciais ( $W$ ) tem como fundamento a contiguidade (vizinhança) das regiões. A mesma pode ser estabelecida em função da proximidade geográfica, relativo a proximidade socioeconômica; ou a combinação de ambas. Anselin (1988) destaca a importância da escolha entre as matrizes, pois os resultados podem variar dependendo da escolha da matriz de peso espacial utilizada.

Figueiredo (2002) relata que a percepção dos efeitos espaciais de uma unidade sobre as outras é dada por meio de ponderações, ou seja, a variável observada em cada região recebe uma ponderação quando a mesma for vizinha da região analisada.

A matriz de pesos espaciais indica qual o modelo de fronteira será considerado na análise. Os dois principais tipos de matriz de pesos são: Rainha (*Queen*) e Torre (*Rook*), como mostrada na Figura 1.

**Figura 1.** Matrizes de pesos espaciais.

**Figure 1.** Spatial weights matrices.



Fonte: Baseado em Almeida (2012, p. 77).

Na convenção de contiguidade dita Rainha são consideradas vizinhas todas as unidades que dividem qualquer tipo de fronteira com a unidade analisada: uma borda comum ou um nó comum. Enquanto que, na contiguidade considerada Torre, são consideradas vizinhas apenas as

unidades que compartilham uma borda comum (Almeida, 2012).

Nesta perspectiva, conforme exposto por Monasterio e Ávila (2004), Ávila (2007), Oliveira e Marques Junior (2008) e Oliveira (2008), optou-se por utilizar o padrão de contiguidade Rainha (*Queen*), com grau de vizinhança igual a um. Ou seja, serão

consideradas vizinhas todas as unidades que compartilham qualquer tipo de fronteira com a unidade analisada.

### *Autocorrelação espacial global*

Inicialmente, o estudo da AEDE examina a aleatoriedade dos dados espaciais, verificando se existe alguma relação espacial entre as unidades em estudo. Analisando se os valores do atributo numa região não dependem dos valores desse atributo nas regiões vizinhas.

Na literatura há um conjunto de estatísticas que investigam a presença da autocorrelação espacial, ou seja, se existe a coincidência da semelhança de valores de uma variável com a semelhança da localização dessa variável (Almeida, 2004).

Segundo Oliveira (2008), a maneira mais utilizada para testar a autocorrelação espacial é o I de Moran. Ávila (2007) ressalta que o mesmo se restringe a responder se a distribuição espacial é não-aleatória, não sendo possível identificar quais unidades são espacialmente correlacionadas. Matematicamente, essa estatística é dada pela equação (1):

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} x_i x_j}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1)$$

Onde:

$n$  = número de observações;

$w_{ij}$  = representa os elementos da matriz de pesos espaciais;

$x_i$  e  $x_j$  = são os valores da variável analisada em desvios da média.

De acordo com Almeida (2012), a estatística I de Moran é um tipo de coeficiente de autocorrelação. Isto é, quando próxima do valor +1, indica que existe uma autocorrelação positiva, ou seja, valores altos (baixos) tendem a estar localizados próximos de valores altos (baixos). Se for próximo de -1, ocorre o oposto, valores altos estarão próximos de

valores baixos, e valores baixos próximos de valores altos. Na ocasião em que o mesmo for zero, indica ausência de autocorrelação espacial.

A significância da estatística I de Moran é fundamentada em uma abordagem de permutação, que analisa a probabilidade do I de Moran calculado ter sido encontrado casualmente. Ou seja, gera-se uma distribuição aleatória de índices de Moran e compara-se com o valor encontrado. Dessa forma, é possível conhecer a probabilidade do I de Moran ser estatisticamente significativo ou não (Anselin, 2003; Ávila, 2007).

### *Diagramas de dispersão de Moran*

O diagrama de dispersão de Moran é uma alternativa para visualizar a autocorrelação espacial. Nesta direção, Almeida (2012) diz que é possível visualizar graficamente a associação espacial, que mostra a defasagem espacial da variável de interesse no eixo Y e o valor dessa variável no eixo X.

Os pontos que se encontram no primeiro quadrante mostram as unidades que apresentam valores altos para a variável em análise rodeadas por unidades que também apresentam valores acima da média para as variáveis em análise. Esse quadrante é classificado como *Alto-Alto*. No segundo quadrante são indicadas as unidades com valores baixos da variável analisada cercada por vizinhos que apresentam valores altos. Esse quadrante é geralmente classificado como *Baixo-Alto*.

Já os pontos no terceiro quadrante, mostram as unidades que apresentam valores abaixo da média para a variável em análise cercada por unidades que igualmente apresentam valores abaixo da média. Esse quadrante é classificado como *Baixo-Baixo*. Por fim, o quarto quadrante é constituído pelas unidades que apresentam altos valores para a variável em análise cercados por unidades de valores baixos. Esse quadrante é classificado como *Alto-Baixo*.

As unidades que estão localizadas nos quadrantes *Alto-Alto* e *Baixo-Baixo*

apresentam autocorrelação espacial positiva, ou seja, estas unidades apresentam valores altos (baixos) de uma variável contornados por valores altos (baixos). Todavia, os quadrantes Baixo-Alto e Alto-Baixo apresentam autocorrelação espacial negativa, isto é, estas unidades apresentam valores altos (baixos) cercados por valores baixos (altos) (Pinheiro, 2007).

### *Indicador local de associação espacial (Lisa)*

A estatística I de Moran captura a autocorrelação espacial na área analisada. Contudo, o mesmo não é capaz de identificar se existem unidades específicas que estão espacialmente associadas (Monasterio *et al.*, 2008).

Como ressalta Anselin (1995) em algumas situações é possível a existência de padrões espaciais em regiões isoladas mesmo quando a estatística do I de Moran aponte sua ausência, e também presença de divergência entre o padrão encontrado em algumas regiões com o indicado pela estatística. Por isso é importante analisar o padrão local de autocorrelação espacial com o objetivo de conseguir um maior detalhamento. Sendo assim, recomenda um novo indicador, o Indicador Local de Associação Espacial (LISA), que é capaz de observar os padrões locais de associação linear estatisticamente significativos.

Segundo Anselin (1995), o LISA deve indicar aquelas unidades ao redor das quais há aglomeração de valores semelhantes e mostrar que o somatório do LISA, para todas as unidades, é proporcional ao indicador de autocorrelação espacial global. A estatística LISA, baseada no I de Moran

local pode ser especificada da seguinte forma:

$$I_i = \frac{x_i \sum_j w_{ij} x_j}{\sum_i x_i^2} \quad (2)$$

Onde:

$w_{ij}$  = representa os elementos da matriz de pesos espaciais;

$x_i$  e  $x_j$  = são os valores da variável analisada em desvios da média.

Assim como o I de Moran, valores próximos de +1 indicam a existência de relação espacial do tipo *Alto-Alto* e *Baixo-Baixo*. Valores próximos de -1 sugere à existência de relação espacial do tipo *Alto-Baixo* e *Baixo-Alto*. Enquanto que, valores próximos de zero indicam que a unidade não está significativamente associada espacialmente aos seus vizinhos.

## **Indicadores de dependência espacial**

### *Dependência espacial*

A estatística I de Moran para os municípios gaúchos nos anos de 2005, 2010 e 2015 referente aos três tipos de delitos aqui apresentados (Taxa de Homicídio – TXH; Taxa de Furto e Furto de Veículo – TFFV; e Taxa de Roubo e Roubo de Veículo – TRRV) estão condensadas no Quadro 1.

**Quadro 1.** Coeficientes I de Moran para os anos 2005, 2010 e 2015.

**Chart 1.** Moran’s I coefficients for the years 2005, 2010 and 2015.

Ano	TXH	p-Valor	TFFV	p-Valor	TRRV	p-Valor
2005	0,195	0,001	0,102	0,002	0,128	0,001
2010	0,242	0,001	0,141	0,001	0,162	0,001
2015	0,222	0,001	0,117	0,001	0,122	0,001
Média	0,220		0,120		0,137	
Desvio-Padrão	0,023		0,020		0,022	

Fonte: Elaboração própria com *software* GeoDa 1.6.7.

Analisando os resultados podemos constatar que as evidências apontam para a existência de dependência espacial. Tal resultado está de acordo com o encontrado por Oliveira (2008), que também constatou que há dependência espacial global positiva entre os três tipos de delitos. Mariani (2011), ao analisar Taxa de Homicídio-TXH, Taxa de Furto e Roubo-TFR e Taxa de Furto de Veículo e Roubo de Veículo-VTFR, encontrou resultados que corroboram com os aqui encontrados.

Desta maneira, sabendo que as motivações para se cometer um crime são distintas, podemos dizer que existem benefícios monetários e não monetários ao se praticar um dos três tipos de delitos. No caso dos crimes contra a pessoa, o homicídio pode ter motivação passional, acerto de contas e até mesmo estar relacionado ao tráfico de drogas e entorpecentes, não tendo assim uma motivação exclusivamente monetária.

Sendo assim, sua concentração espacial depende de diversos fatores e por isso apresenta uma concentração espacial maior. Por outro lado, para os crimes contra o patrimônio (furtos e roubos) a motivação econômica se torna mais clara, e a concentração de riqueza se torna fundamental para que haja a concentração espacial desses crimes.

*Dependência espacial local*

Conforme visto, para identificar quais observações se encontram correlacionadas espacialmente, identificando regiões que exibem padrões semelhantes de criminalidade, calculamos as estatísticas locais de dependência espacial (LISA). Dessa forma, a estatística LISA possibilita a construção de mapas que destacam tais regiões, sendo a compreensão desses mapas dada pelo Quadro 2:

**Quadro 2.** Legenda para leitura dos mapas de dependência espacial (Figuras 1, 2 e 3).

**Chart 2.** Legend for the Spatial dependence maps reading (Figures 1, 2 and 3).

Tipo de Associação	Descrição
 Alto-Alto	Alta criminalidade cercada por alta criminalidade
 Alto-Baixo	Alta criminalidade cercada por baixa criminalidade
 Baixo-Alto	Baixa criminalidade cercada por alta criminalidade
 Baixo-Baixo	Baixa criminalidade cercada por baixa criminalidade
 Não-significante	Não há associação espacial nessas regiões

Fonte: Elaboração própria utilizando os critérios do *software* GeoDa 1.6.7.

Nota: Indicadores locais construídos sob o critério de contiguidade do tipo “rainha”. Todos os *clusters* são significativos a 5%.

Na Figura 1 é possível verificar a evolução da associação espacial na taxa de homicídio para os anos de 2005, 2010 e 2015. Podemos observar um comportamento bastante heterogêneo, principalmente para alguns municípios da região metropolitana, durante os anos analisados. Para o ano de 2005, temos a existência de um *cluster* “alto-alto” que

compreende os municípios de Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canela, Canoas, Estância Velha, Esteio, Farroupilha, Gravataí, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Taquara, Rio Grande e Viamão. No ano de 2010, além dos municípios de Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canela, Canoas, Esteio, Farroupilha, Gravataí, Novo Hamburgo,

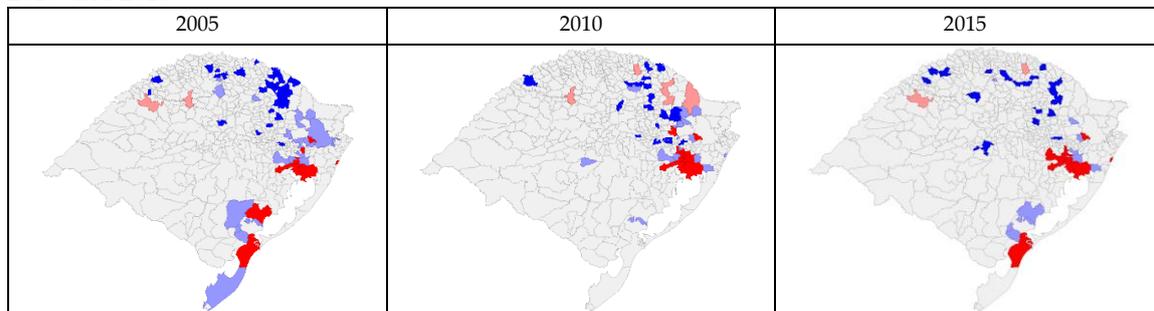
São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Viamão, aparecem os municípios de Eldorado do Sul e São Francisco de Paula, sendo que para este ano Rio Grande não aparece como formação de *cluster* “alto-alto”. Quando comparamos o ano de 2015 com o ano de 2010, observamos que o município do Rio Grande volta a aparecer, e inicia a ocorrência de *cluster* “alto-alto” nos municípios de Imbé, Nova Santa Rita, Portão e Triunfo, além de todos os municípios que já apareceram no ano de 2010.

Uma análise mais aprofundada nos permite observar que alguns municípios

apareceram com padrão “alto-alto” durante os três anos analisados. São eles: Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canela, Canoas, Esteio, Farroupilha, Gravataí, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Viamão. Com exceção de Canela e Farroupilha, todos os outros municípios pertencem à Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), evidenciando assim, a vulnerabilidade dessa região com relação ao crime de homicídio. Por fim, os municípios com formação de *cluster* tidos como “baixo-baixo” tenderam a se situar, basicamente, na Serra Gaúcha e na Região Norte.

**Figura 1.** Análise de dependência espacial local (LISA) para taxa de homicídio nos anos 2005, 2010 e 2015.

**Figure 1.** Local indicators of Spatial association (LISA) analysis for homicide rates in years 2005, 2010 and 2015.



Fonte: Elaboração própria utilizando o *software* GeoDa 1.6.7.

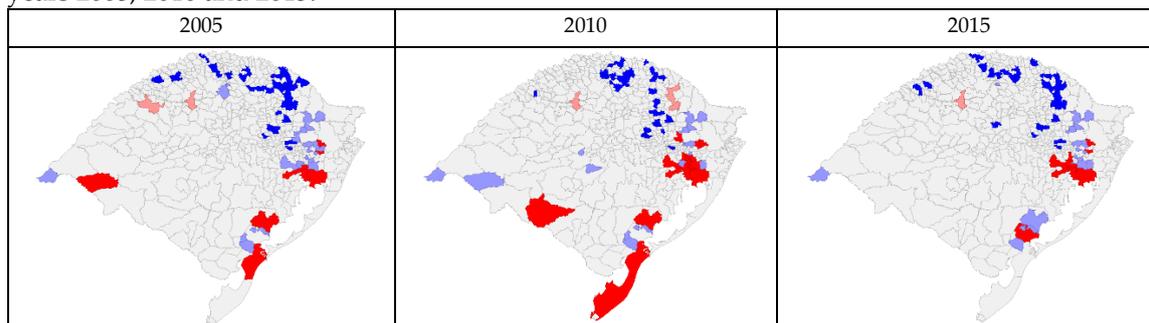
Quanto à taxa de furto e furto de veículo no Estado, a Figura 2 mostra a existência de associação espacial do tipo “alto-alto” no ano de 2005 para Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canela, Canoas, Eldorado do Sul, Imbé, Quaraí, Rio Grande, São Lourenço do Sul, Sapiranga, Sapucaia do Sul e Viamão. Já para o ano de 2010, podemos verificar a persistência de associação espacial “alto-alto” para todos os municípios citados anteriormente, exceto Quaraí, além dos municípios de Campo Bom, Dom Pedrito, Estância Velha, Esteio, Farroupilha, Gramado, Gravataí, Novo Hamburgo, Portão, Santa Vitória do Palmar, São Leopoldo e Triunfo. Quando analisamos a associação espacial para o ano de 2015 podemos observar que a quantidade de municípios com formação de *cluster* do tipo “alto-alto” reduziu

consideravelmente, sendo apenas para os municípios de Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canela, Canoas, Eldorado do Sul, Igrejinha, Nova Santa Rita, Pelotas, Portão, Triunfo e Viamão.

Os municípios de Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canela, Canoas, Eldorado do Sul e Viamão apareceram com tipo “alto-alto” durante os três anos analisados. Com exceção de Canela, todos os municípios citados pertencem a RMPA, evidenciando, mais uma vez, a fragilidade dessa região quanto a formação de *clusters* de alta criminalidade, desta vez para os crimes de furto e furto de veículo. Quanto ao padrão “baixo-baixo”, mais uma vez são pequenos focos concentrados nas regiões da Serra Gaúcha e Norte, mas sendo estes dispersos ao longo do período analisado.

**Figura 2.** Análise de dependência espacial local (LISA) para furto e furto de veículo nos anos 2005, 2010 e 2015.

**Figure 2.** Local indicators of Spatial association (LISA) analysis for theft and vehicle theft in years 2005, 2010 and 2015.



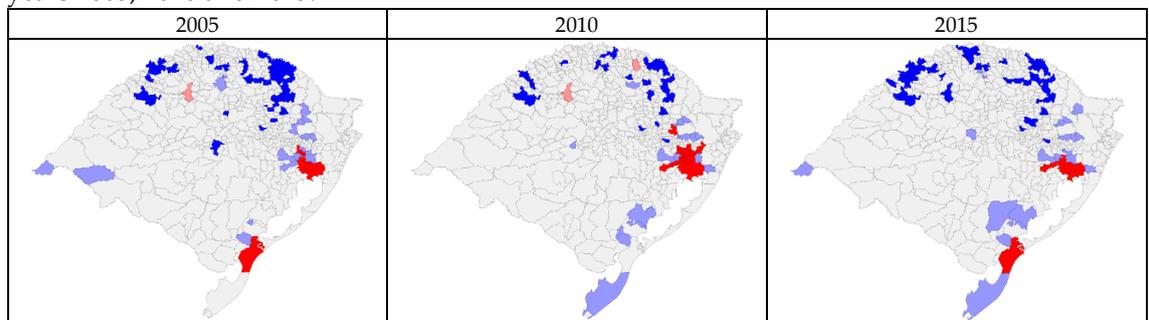
Fonte: Elaboração própria utilizando o *software* GeoDa 1.6.7.

Por último, ao analisarmos a existência de associação espacial do tipo “alto-alto” para roubo e roubo de veículo no ano de 2005 na Figura 3, podemos observar que há uma formação de *cluster* nos municípios de Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Portão, Rio Grande, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Viamão. Para o ano de 2010, o município do Rio Grande não aparece com dependência espacial “alto-alto”. Em contrapartida, todos os outros municípios mencionados anteriormente reaparecem acompanhados dos municípios de Campo Bom, Eldorado do Sul, Estância Velha, Esteio, Farroupilha, Gravataí, Novo Hamburgo, Sapiranga e Taquara. Em 2015, os municípios que apresentaram dependência espacial do tipo “alto-alto”

foram: Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Eldorado do Sul, Rio Grande, Sapucaia do Sul e Viamão. Mais uma vez os municípios de Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Sapucaia do Sul e Viamão, todos pertencentes à Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), aparecem durante os três anos analisados como padrão “alto-alto” para formação de *clusters*, agora para roubo e roubo de veículos. Como podemos observar, o padrão “baixo-baixo” continua aparecendo na Serra Gaúcha e na Região Norte, e também conta com alguns focos concentrados na Região das Missões e Fronteira Oeste.

**Figura 3.** Análise de dependência espacial local (LISA) para roubo e roubo de veículo nos anos 2005, 2010 e 2015.

**Figure 3.** Local indicators of Spatial association (LISA) analysis for robbery or vehicle robbery in years 2005, 2010 and 2015.



Fonte: Elaboração própria utilizando o *software* GeoDa 1.6.7.

## Considerações finais

Este artigo teve como objetivo fazer uma análise espacial da criminalidade para os municípios do Rio Grande do Sul, verificando a formação de *clusters*. Sendo assim, constatou-se que para os crimes analisados (homicídios, furto e furto de veículo, roubo e roubo de veículo) ficou nítida a dependência espacial acentuada em todos os anos analisados neste trabalho, embora não tenha sido significativa para todos os municípios do Estado. A formação de *clusters* de municípios com elevadas taxas de criminalidade se concentra na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), evidenciando o profundo problema de criminalidade que a região mais populosa do Estado enfrenta ao longo de anos. Esse resultado corrobora com a hipótese levantada por Mariani (2011), que concluiu que a Região Metropolitana de Porto Alegre desenvolve uma rede de incentivos para a realização de delitos, quando comparada com outras regiões do Estado. Certamente, os resultados encontrados sugerem aos formuladores de políticas públicas a necessidade de uma intervenção de curto e longo prazo na estrutura funcional de combate à criminalidade na região afetada, suprimindo assim os estímulos de propagação da criminalidade.

Contudo, os resultados encontrados para o grau de associação espacial das taxas de homicídios para os municípios gaúchos foram consideravelmente maiores que aqueles encontrados para os outros tipos de crimes (furto e furto de veículo, roubo e roubo de veículo), sugerindo a hipótese de uma dinâmica espacial na ocorrência de homicídios no Estado. Podemos observar que a formação de *clusters* do tipo “alto-alto” para as taxas de homicídios durante os três anos analisados se concentram na Região Metropolitana de Porto Alegre, corroborando com os dados apresentados no Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2015, que constatou que 28,4% dos crimes violentos letais intencionais (ou seja, que resultaram em morte) ocorreram em capitais e/ou regiões metropolitanas no ano

de 2014 (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2015).

Por fim, podemos enfatizar que há um largo campo para se explorar com novas pesquisas sobre o tema, tanto no que se refere a integrar elementos espaciais à investigação dos determinantes da criminalidade quanto às outras subdivisões de estudos já apresentados e discutidos na literatura. É indiscutível que, apesar do alto grau de multiplicidade que o tema contém, desenvolver uma agenda de pesquisa na área de economia do crime é fundamental para que se possa desenvolver políticas públicas eficientes, capazes de combater de forma coordenada e racional o aumento desenfreado da criminalidade. Só assim alcançaremos o amadurecimento necessário para que esses estudos sejam de fato inseridos na agenda dos gestores públicos ao analisarem panoramicamente o cenário da segurança pública. Contudo, para chegarmos a esse nível de maturidade tanto de pesquisadores quanto de agentes públicos, precisamos imprescindivelmente melhorar a disponibilidade e qualidade dos dados, principalmente à nível municipal. Ainda assim, é considerável a melhora na qualidade dos estudos elaborados, extremamente importante para a difusão do conhecimento que vem sendo agregado ao tema nos últimos anos.

## Referências

- ALMEIDA, E. S. 2004. **Curso de econometria espacial aplicada**. Piracicaba-SP, 2004. Disponível em: <https://edoc.site/apostila-econometria-espacial-pdf-free.html>. Acesso em: 16 mar. 2016.
- ALMEIDA, E. S. 2012. **Econometria espacial aplicada**. Campinas-SP: Alínea.
- ANSELIN, L. 2005. **Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook**. Center for Spatially Integrated Social Science, University of Illinois, 2005. Disponível em: <http://www.csiss.org/clearinghouse/GeoDa/geodaworkbook.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2016.

- ANSELIN, L. 1995. Local indicators of spatial association – LISA. **Geographical Analysis**, 27:93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- ANSELIN, L. 1988. **Spatial econometrics**. Methods and Models. Boston: Kluwer Academic. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7799-1>
- ÁVILA, R. P. A. 2007. **Dinâmica do produto e da população no Rio Grande do Sul (1949/2000)**: uma análise de dados de painel. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento, PUC/RS, Porto Alegre.
- BECKER, G. 1968. Crime and punishment: an economic approach. **Journal of Political Economy**, 76: 169-217.
- CERQUEIRA, D.; LOBÃO, W. 2003. **Determinantes da criminalidade: uma resenha dos modelos teóricos e resultados empíricos**. Rio de Janeiro: IPEA.
- FERNANDEZ, J. C.; PEREIRA, R. 2001. Diagnóstico da criminalidade na Bahia: uma análise a partir da teoria econômica do crime. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, 32: 792-806.
- FIGUEIREDO, A. M. R. 2002. **Resposta da produção agrícola aos preços na região Centro-Oeste**: uma análise de econometria espacial para o período 1975/1995-1996. 184p. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. 2015. **Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2015**. São Paulo: Letra Certa Estratégia e Tática em Comunicação.
- FREITAS, T. A.; CADAVAL, A. F.; GONÇALVES, G. A. 2015. A estimação de um índice geral de criminalidade para os municípios do Rio Grande do Sul – IGcrime RS. In: Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, XIII, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABER.
- GAULEZ, M. P.; MACIEL, V. F. 2015. Determinantes da criminalidade no estado de São Paulo: uma análise espacial de dados em *cross-section*. In: Encontro Nacional de Economia, 43., Costão do Santinho. **Anais...** Niterói: ANPEC.
- IGLESIAS, J. R.; SEMESHENKO, V.; SCHNEIDER, E. M.; GORDON, M. B. 2012. Crime and punishment: does it pay to punish? **Physica A**, 391: 3942-3950. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2012.03.001>
- MARIANI, C. G. A. 2011. A criminalidade no Rio Grande do Sul: uma análise espacial para o período 2000-2008. In: Encontro de Economia da Região Sul, XIV, Florianópolis. **Anais...** Niterói: ANPEC.
- MARQUES, A. P. S.; HOLZSCHUH, M. L.; TACHIBANA, V. M.; IMAI, N. N. 2010. Análise exploratória de dados de área para índices de furto na mesorregião de Presidente Prudente – SP. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, III, Recife. **Anais...** Recife: UCT/UFGP.
- MONASTERIO, L. M.; ÁVILA, R. P. de. 2004. Análise espacial do crescimento econômico do Rio Grande do Sul (1939-2001). **Economia**, Brasília, 5(2): 269-296.
- MONASTERIO, L. M.; DAMÉ, Otávio; SALVO, M. 2008. Estrutura espacial das aglomerações e determinação dos salários industriais no Rio Grande do Sul. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, 28:801-824.
- NADAL, J. P.; GORDON, M. B.; IGLESIAS, J. R.; SEMESHENKO, V. 2010. Modelling the individual and collective dynamics of the propensity to offend. **Euro. Journal of Applied Mathematics**, 21:421-440. <https://doi.org/10.1017/S0956792510000173>
- OLIVEIRA, C. A. de. 2008. Análise espacial da criminalidade no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia** (Curitiba), 34: 35-60. <https://doi.org/10.5380/re.v34i3.13824>
- OLIVEIRA, C. A. de. 2005. Criminalidade e o tamanho das cidades brasileiras: um enfoque da economia do crime. In: Encontro Nacional de Economia, XXXIII, Natal. **Anais...** Niterói: ANPEC.

- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. 2016. **Relatório sobre a situação mundial da prevenção à violência.** Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidian/2014/12/1560654-brasil-tem-a-11-maior-taxa-de-homicidios-do-mundo-diz-oms.shtml>>. Acessado em: 16 mar. 2016.
- PEIXOTO, B. T.; MORO, S.; ANDRADE, M.V. 2004. **Criminalidade na região metropolitana de Belo Horizonte: uma análise espacial.** Belo Horizonte: CEDEPLAR.
- PINHEIRO, M. A. 2007. **Distribuição espacial da agropecuária do estado do Paraná: um estudo da função de produção.** Dissertação (Mestrado) - UEM, Maringá.
- SANTOS, M. J.; KASSOUF, A. L. 2008. Estudos econômicos das causas da criminalidade no Brasil: evidências e controvérsias. **Economia**, Brasília, 9(2): 343-372.
- SANTOS, M. J.; SANTOS FILHO, J. I. 2011. Convergência das taxas de criminalidade no território brasileiro. **Economia**, Brasília, 12 (1):131-147.
- SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – SSP/SP. 2016. **Dados Estatísticos do Estado de São Paulo.** Disponível em: <<http://www.ssp.sp.gov.br/novaestatistica/Pesquisa.aspx>>. Acesso em: 16 mar. 2016.
- SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – SSP/RS. 2016. **Indicadores Criminais – Dados Estatísticos.** Disponível em: <<http://www.ssp.rs.gov.br/?model=conteudo&menu=189>>. Acesso em: 16 mar. 2016.

Submetido: 25/07/2016

Aceito: 04/01/2018

Os Editores agradecem a Henrique Bidarte Massuquetti pelo apoio editorial.