



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA

João Batista Soares Filho

**Um estudo da autocorrelação de crimes
violentos letais intencionais na cidade de
Campina Grande-PB**

Campina Grande - PB

Agosto de 2017

João Batista Soares Filho

**Um estudo da autocorrelação de crimes violentos letais
intencionais na cidade de Campina Grande-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Estatística do Departamento de Estatística do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de bacharel em Estatística.

Orientador: Profa. Dra. Ana Patrícia Bastos Peixoto

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Alves de Olinda

Campina Grande - PB

Agosto de 2017

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S676e Soares Filho, João Batista.
Um estudo da autocorrelação de crimes violentos letais intencionais na cidade de Campina Grande-PB [manuscrito] / João Batista Soares Filho. - 2017.
31 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.
"Orientação: Profa. Dra. Ana Patrícia Bastos Peixoto, Departamento de Estatística".
"Co-Orientação: Prof. Dr. Ricardo Alves de Olinda, Departamento de Estatística".
1. Estatística espacial. 2. Índice Global de Moran. 3. Dados de área. I. Título.

21. ed. CDD 519.5

João Batista Soares Filho

Um estudo da autocorrelação de crimes violentos letais intencionais na cidade de Campina Grande-PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Estatística do Departamento de Estatística do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de bacharel em Estatística.

Trabalho aprovado em 09 de agosto de 2017.

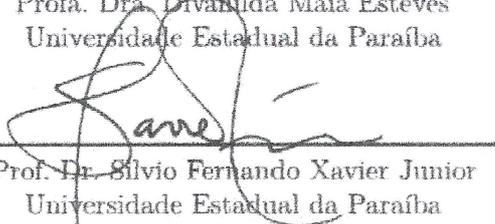
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ana Patrícia Bastos Peixoto
Universidade Estadual da Paraíba



Profa. Dra. Divanilda Maia Esteves
Universidade Estadual da Paraíba



Prof. Dr. Silvio Fernando Xavier Junior
Universidade Estadual da Paraíba

Agradecimentos

A todos os profissionais que construíram o conhecimento que hoje tenho, não só do ensino superior, mas também professores do ensino médio e fundamental.

Aos meus amigos de curso que me ajudaram muito, tanto na parte dos estudos como no apoio moral nesses anos todos.

E principalmente aos meus familiares e os professores que agora são amigos.

*“Uma resposta aproximada para o problema certo
vale muito mais do que uma resposta exata para um problema aproximado.”
(John W. Tukey)*

Resumo

O objetivo desse trabalho é desenvolver uma análise de dados de área para a verificação de autocorrelação para os crimes violentos letais intencionais nos bairros da cidade de Campina Grande. Nos dias de hoje, alguns problemas sociais entram em debate diariamente, dentre eles a violência urbana, que a cada dia se agrava, principalmente nas grandes metrópoles e nas cidades superpopulosas. A estatística espacial é uma das técnicas utilizadas para estudar e resolver problemas dessa natureza a partir de sua geografia, e com o passar dos anos e a tecnologia evoluindo, foram surgindo algumas técnicas de processamento e representação de dados, que são utilizados para tratar computacionalmente de dados geográficos. Diante da necessidade de estudar esse tipo de comportamento, foi coletado dados referentes aos esses tipos de crimes no período de 2011 a 2016. Foram utilizadas as técnicas de índice de global de Moran e estatística C de Geary, no qual foi verificado presença de autocorrelação. A partir desse ponto foi possível calcular o índice de Moran local, para a verificação mais detalhada das autocorrelações dos bairros e desenvolver o diagrama de espalhamento de Moran, e que de fato confirmou-se as indicações das análises iniciais, na qual existe uma autocorrelação positiva nos bairros, mais precisamente ao oeste da cidade.

Palavras-chaves: Estatística Espacial. Índice Global de Moran. Dados de Área.

Abstract

the objective of this work is to develop an area data analysis for the verification of autocorrelation for intentional lethal violent crimes in the districts of the city of Campina Grande. Nowadays, some social problems come into daily debate, among them urban violence, which is getting worse every day, especially in large metropolises and overpopulated cities. Spatial statistics is one of the techniques used to study and solve problems of this nature from its geography, and with the passing of the years and the technology evolving, some techniques of data processing and representation have arisen, that are used to treat computationally of geographic data. Given the need to study this type of behavior, we collected data on these types of crimes in the period from 2011 to 2016. We used the Moran global index and Geary C statistics techniques, in which autocorrelation was verified in the city. From this point on it was possible to perform the local Moran index for the more detailed verification of neighborhood autocorrelation and to develop the Moran spreading diagram, and that we have indeed confirmed the indications of the initial analyzes, in which there is a positive autocorrelation in the neighborhoods , More precisely to the west of the city.

Key-words: Spatial Statistic. Moran Global Index. Area Data.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Áreas e matriz de proximidade espacial.	15
Figura 2 – Gráfico de Espalhamento de Moran. Fonte (KREMPI, 2004)	18
Figura 3 – Box Map do Mapa de Exclusão/Inclusão social de São Paulo, 2000. Fonte (KREMPI, 2004)	19
Figura 4 – LISA do Mapa de Exclusão/Inclusão social de São Paulo, 2000 (a), Moran Map do Mapa de Exclusão/Inclusão social de São Paulo, 2000 (b). Fonte (KREMPI, 2004)	20
Figura 5 – Campina Grande dividida em Zonas e Bairros.	23
Figura 6 – Crimes Violentos Letais Intencionais nos Bairros de Campina Grande (a) e os casos de CVLI nos bairros de Campina Grande: Quintis (b). . .	25
Figura 7 – Índice Local de Moran dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande.	26
Figura 8 – Diagrama de espalhamento de <i>Moran</i> dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande.	27
Figura 9 – Box Map dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande (a), LISA Map dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande (b) e Moran Map dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande (c).	28

Lista de tabelas

Tabela 1 – Quantidades de Crimes Violentos Letais Intencionais por bairros de Campina Grande de 2011 a 2016.	24
Tabela 2 – Tabela das estimativas do Índice de <i>Moran</i> e a Estatística <i>C</i> de <i>Geary</i>	25
Tabela 3 – Tabela de comparação dos valores do índice de Moran com os valores da simulação de Monte Carlo	25

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	Marco Histórico	12
2.2	Estatística Espacial	13
2.2.1	Sistema de Informação Geográfica	14
2.2.2	Dados de Área	14
2.2.3	Matriz de Proximidade Espacial	14
2.2.4	Média Móvel Local	16
2.2.5	Índice Global de Moran	16
2.2.6	Estatística C de Geary	16
2.2.7	Simulações Monte Carlo para o valor de p referente ao teste I de Moran	17
2.2.8	Índice Local de Moran	17
2.2.9	Gráfico de espalhamento de Moran	18
2.2.10	Box Map, LISA Map e Moran Map	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1	Autocorrelação Espacial	25
5	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	30

1 Introdução

Nos dias de hoje, alguns problemas sociais entram em debate diariamente, dentre eles a violência urbana, que a cada dia se agrava, principalmente nas grandes metrópoles. A importância de se estudar a violência é fundamental, dado que é o desejo de todos conviver em um local onde se possa andar livremente pelas ruas sem preocupação com tal assunto, e para chegarmos a esse ponto é necessário muitos estudos até que o objetivo finalmente possa ser alcançado. Em virtude de diversos fatos, principalmente pela divulgação desse tema pela mídia, observa-se que o número de crimes envolvendo homicídios na cidade de Campina Grande-PB nos últimos anos vem chamando atenção negativamente de autoridades e estudiosos da área.

Os Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI) fazem parte de uma categoria de crimes criada em 2006 pela Secretaria Nacional de Segurança Pública (Senasp), vinculada ao Ministério da Justiça (MJ), com o objetivo de contabilizar em um único banco de dados os crimes com maior relevância social, pois inclui, além do homicídio doloso, outros crimes da natureza violenta que devem ser incluídos e contabilizados nas estatísticas de morte. Portanto, fazem parte dos Crimes Violentos Letais Intencionais o homicídio doloso e demais crimes violentos e dolosos que resultem em morte, tais como o roubo seguido de morte (latrocínio), estupro seguido de morte, lesão corporal dolosa seguida de morte, entre outros. Ainda são contados os cadáveres encontrados, ossadas e confrontos policiais, informações disponíveis em: *www.paraiba.pb.gov.br*.

Por conta dos avanços na parte científica, é possível realizar vários tipos de estudos para obtermos o máximo de informações possíveis de dados dessa natureza, e cada vez mais galgar métodos que venham a contribuir com a diminuição desses crimes trazendo assim um retorno benéfico a sociedade. A aplicação de tais técnicas pode engendrar na produção de informações que aplicadas a certos setores trariam benefícios à essas áreas, como por exemplo para um departamento de segurança pública, ter conhecimento das correlações de crimes entre regiões poderia facilitar no manejo e logística de viaturas para que em um futuro próximo tais crimes possam ser evitados, ou também para estudos da área antropológica e social. É nesse ponto onde se vê necessário mais que um estudo empírico da situação, algo científico, estatístico.

A estatística espacial, assim como outras áreas da estatística, vem sendo cada vez mais utilizada para estudos e projetos que visam um melhoramento da sociedade, e com o passar dos anos e a tecnologia evoluindo, foram surgindo algumas técnicas de processamento e representação de dados, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Eles são utilizados para tratar computacionalmente de dados geográficos, armazenando tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos (CÂMARA et al., 2001). Nesse contexto, a estatística espacial é o conjunto de conceitos e

métodos estatísticos que podem ser utilizados para a análise de dados espaciais. Frequentemente, mesmo que não necessariamente, o espaço que indexa as variáveis é o espaço geográfico (SILVA, 2010).

Em vários estudos de estatística espacial relacionados a temas semelhantes são usados os dados de área, trata-se de uma ramificação da estatística espacial em que, tem como principal objetivo estudar as autocorrelações dos territórios através de índices ou indicadores, que se dividem em: Indicadores de nível global (Índice global de Moran, Geary) e indicador de nível local (Índice Local de Associação Espacial). Para Druck et al. (2004) o objetivo desses índices, na análise exploratória consiste em auxiliar na verificação de como ocorre a dependência espacial, a partir da comparação entre os valores de uma amostra e de seus vizinhos, ou seja, são indicadores que dependem da vizinhança adotada.

O objetivo deste trabalho consiste em verificar se existe dependência espacial com relação aos Crimes Violentos Letais Intencionais de Campina Grande, utilizando-se dos Índices globais e locais de Moran, estatística C de Geary, Gráfico de Espalhamento de Moran, Box Map, LISA Map e Moran Map, explicar utilizando estatística, e analisar um tema tão relevante para as autoridades locais, a fim de contribuir socialmente, para que em um futuro próximo medidas possam ser tomadas para mudar essa realidade.

2 Fundamentação Teórica

O conteúdo dessa seção descreve os principais aspectos referentes a utilização da estatística espacial, sobretudo no que se refere a dependência espacial, extraindo os aspectos mais relevantes que permitam a execução do estudo, de forma adequada.

2.1 Marco Histórico

Toda nação ou estado é mantida em ordem a partir de um conjunto de leis que os cidadãos residentes desse local devem seguir para que a harmonia deste território seja mantida. A primeira constituição brasileira foi redigida em 1824, quando o Brasil ainda era Império, outorgada (efetivada sem participação popular) e que considerada por um consenso de historiadores e cientistas políticos umas das mais liberais do mundo, até então. Também na Constituição Brasileira de 1824 foi criado os três poderes que até hoje revigoram em nosso país, que são eles: Legislativo, Executivo e Judiciário. São os pilares constitucionais do nosso país.

A partir do momento em que entra em vigor as leis de um país também entra em vigor uma punição para quem desobedece-las, e é natural que a violência urbana esteja relacionada à quebra de leis, mas essa temática não é um tema moderno, já vem sendo estudada principalmente por sociólogos do século XIX e XX. Para o fundador do Positivismo Comte (1973): a tipologia das relações sociais da nova sociedade pós-revolucionária é outra. Anteriormente no regime teológico-militar, o povo era dominado sob o comando do rei, investido de um direito divino, que lhes transformava em súdito. Atualmente no regime industrial, o povo é orientado, sob a direção de um governo dos sábios, onde cada indivíduo obtém um grau de importância e de benefícios proporcionais à sua capacidade e ao seu capital.

E na percepção do mesmo, a violência urbana depende de três fatores principais: A exacerbada divisão do trabalho humano desencadeando em divergências individuais violentas, as quais devem ser coibidas pela repressão do poder público; A grande parte da violência que se tem em determinadas classes sociais “se deve, em grande parte, à ignorância das leis naturais que regulam a marcha da história”; O atraso social da indústria, que está longe de ser uma verdadeira organização avançada já que sua evolução não é possível sem torná-la opressiva aos trabalhadores, porém deixando claro que o fenômeno da violência é natural. De uma forma geral, a violência é vista como um atraso social, sendo um fenômeno transitório, e que se encerrará quando finalmente a sociedade atingir seu ponto máximo de evolução no progresso técnico-científico.

2.2 Estatística Espacial

Analisar geo-espacialmente dados não é uma tarefa tão recente, (CÂMARA et al., 2001). No ano de 1854, uma onda de cólera, doença desconhecida na Europa à época, devastava a população da Inglaterra de forma aterrorizante pois além de sua epidemia ser de rápida eficácia os estudiosos até então não sabiam de onde o surto se proliferava, até o médico higienista John Snow começar a mapear os casos de pessoas infectadas com cólera na região, e no bairro de Soho, em Londres, ele descobriu que as grandes aglomerações de pessoas que foram à óbito após a contração de cólera se situavam perto de um determinado poço, uma excelente estratégia de ponto de vista estatístico e geográfico. Ao lacrar o poço de Broad Street o surto de pessoas infectadas caiu drasticamente.

Por definição, estatística espacial é um estudo quantitativo de fenômenos que são localizados no espaço. Assim, um dos índices dos dados utilizados em estatística espacial refere-se sempre a uma localização geográfica, ou seja, o fenômeno estudado possui alguma forma de localização (KREMPI, 2004). É da natureza de muitos tipos de dados se relacionarem com sua localidade, como por exemplo dados censitários, sempre relacionados a localidade da residência do indivíduo. A característica fundamental para diferenciação entre estatística espacial e a clássica é o uso do referencial geográfico no modelo. Assim sendo, o interesse está centrado nos processos que ocorrem no espaço e os métodos empregados buscam descrever e analisar o comportamento destes processos. Esta característica faz com que estudos sobre o assunto exibam comportamento complexo para serem analisados por métodos tradicionais de estatística (ASSUNÇÃO, 2008).

Considerando que a estatística espacial é um ramo da estatística que estuda métodos científicos para a coleta, descrição, visualização e análise de dados que possuem coordenadas geográficas, os dados espaciais podem ser classificados em quatro categorias:

- i) Dados de Processos Pontuais;
- ii) Dados de Superfícies Aleatórias;
- iii) Dados de Interação Espacial.
- iv) Dados de Área

Segundo Levine (1996), para cada categoria descrita anteriormente existem diferentes métodos estatísticos para descrever e analisar os dados, que são divididos em três subcategorias:

- i) Medidas de distribuição espacial: descrevem o centro, a dispersão, direção e forma da distribuição de uma variável;

- ii) Medidas de autocorrelação espacial: descrevem a relação entre as diferentes localizações para uma variável simples, indicando o grau de concentração ou dispersão;
- iii) Medidas de associação espacial entre duas ou mais variáveis: descrevem a correlação ou associação entre variáveis distribuídas no espaço, por exemplo, a correlação entre a localização de lojas de bebidas com pontos onde ocorrem muitos acidentes de trânsito.

2.2.1 Sistema de Informação Geográfica

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um conjunto de equipamentos e programas de computação que integram mapas e gráficos com uma base de dados sobre um espaço geográfico definido, ou seja, um conjunto de ferramentas capazes de coletar, armazenar, manejar, analisar e visualizar informações georreferenciadas (ASSUNÇÃO, 2008). Programas indicados para se trabalhar com essa área: ArcGIS, GeoBUGS, GeoDa, GRASS, Matlab, QGIS, R e STARS.

2.2.2 Dados de Área

Dados de área referem-se a um mapa de uma região R , particionado em áreas A_i , $i = 1, 2, \dots, n$, onde, em cada uma delas, mede-se uma ou mais variáveis aleatórias Y_i , e possivelmente, co-variáveis de interesse, que, supostamente, afetam a distribuição de probabilidade de Y_i (ASSUNÇÃO, 2008). O objetivo da análise é verificar a existência de um padrão espacial e de uma estrutura de autocorrelação espacial nos dados observados, pelos indicadores globais e locais, sendo importante verificar a escala em que os dados se encontram para que os pontos discrepantes não interfiram no estudo, tendo assim uma melhor análise possível. Quando são utilizadas técnicas de estatística espacial para análise de dados de áreas, estas são apresentadas em forma de índices que medem a associação espacial (Índice de Moran), gráfico de espalhamento (Box Map) e mapas (Distribuição espacial). Estes índices auxiliam na identificação de agrupamentos de objetos cujos atributos possuem valores altos e baixos, áreas de transição e casos atípicos (KREMPI, 2004)

2.2.3 Matriz de Proximidade Espacial

Segundo Serrano e Valcarce (2000) é possível detectar uma certa semelhança entre os conceitos de autocorrelação espacial e temporal, mas não é possível a aplicação das técnicas de dependência temporal nesse ambiente, pois a mesma é unidirecional, ou seja, o presente é explicado por ações ou dados passados, em contraparte a dependência espacial multidirecional, isto é, uma região pode estar afetada não somente por outra região adjacente a ela, mas sim por todas as outras que a rodeiam.

Para Krempi (2004) quando se trata do estudo da dependência espacial de dados de áreas, o elemento chave desta análise é o conceito da matriz de proximidade espacial. A matriz de proximidade espacial (**W**) estima a variabilidade espacial de dados de áreas, sendo uma ferramenta muito útil para descrever o arranjo espacial dos objetos. É uma matriz quadrada, cujos elementos w_{ij} refletem a intensidade da interdependência existente entre as regiões i e j . Na matriz $W_{n \times n}$ cada elemento w_{ij} representa uma medida de proximidade entre A_i e A_j , ou seja, w_{ij} , representa uma medida de proximidade espacial entre o polígono i e o polígono j , sendo A_i e A_j as zonas que estão sendo analisadas, e onde $w_{ii} = 0$.

O valor **W** pode ser baseado em algumas medidas de adjacência, tais como: $w_{ij} = 1$, se o centróide de A_i está a uma determinada distância A_j e $w_{ij} = 0$ caso contrário (Exemplo na Figura 1); $w_{ij} = 1$, se A_i compartilha um lado comum com A_j e $w_{ij} = 0$ caso contrário; $w_{ij} = l_{ij}/I_i$, onde I_{ij} é o comprimento da fronteira entre A_i e A_j e l_i é o perímetro de A_i .

Muitas vezes torna-se importante especificar o grau de proximidade de diferentes ordens, denominadas por faixas de distâncias (ou “lags”), onde a proximidade de primeira ordem é obtida pela conexão de duas zonas, a de segunda ordem por zonas que não se conectam diretamente mas são contíguas, e assim por diante. Em alguns casos, costuma-se normalizar as linhas da matriz **W**, dividindo cada elemento w_{ij} pela soma total da linha a que pertence, de tal modo que a soma de cada linha seja igual a um, isto é, fazendo-se $w_i = \sum_j w_{ij} = 1$. Assim, os pesos w_{ij} associados à área i somam 1. Como é exemplificado na Figura 1:

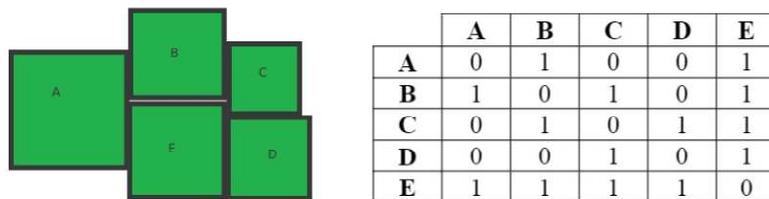


Figura 1 – Áreas e matriz de proximidade espacial.

2.2.4 Média Móvel Local

Para avaliar as variações de tendências espaciais da variável, em termos globais, é preciso estimar a média μ_i associada a variável Y_i relativo à i -ésima área A_i , a partir dos elementos w_{ij} da matriz de proximidade espacial $W_{n \times n}$ padronizada pelas linhas, tomando-se a média dos vizinhos. Assim, a variabilidade espacial é reduzida, pois a operação tende a produzir uma superfície com menor flutuação que os dados originais. Tal média denomina-se de média móvel local (SILVA, 2010). Sua fórmula é dada por:

$$\mu_i = \sum_{j=1}^N w_{ij} y_j, \quad (2.1)$$

e o seu modelo estatístico pode ser expresso por:

$$Y_i = \mu_i + \epsilon'_i + \epsilon, \quad (2.2)$$

em que, Y_i é o valor da variável na área A_i ; μ_i é o valor médio de Y inerente a área A_i (ou padrão espacial de Y em A_i); ϵ'_i é a componente espacial estocástica de Y_i , com $E(\epsilon_i) = 0$; ϵ é o ruído (variável aleatória independente e identicamente distribuída com $E(\epsilon) = 0$ e $\text{Var}(\epsilon) = \tau^2$).

2.2.5 Índice Global de Moran

O coeficiente do Índice Global de Moran calcula a proporção entre o produto da variável de interesse e seus “*spatial lags*”, com o produto da variável de interesse, ajustado para os pesos espaciais usados (ZHUKOV; STEWART, 2013).

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.3)$$

em que, y_i é o valor da variável para a i -ésima observação, \bar{y} é a média da amostra e w_{ij} são os elementos da matriz de proximidade espacial para a conexão entre i e j . Valores variam entre -1 (dispersão perfeita) e +1 (correlação perfeita), o valor 0 significa padrão espacial aleatório.

2.2.6 Estatística C de Geary

A estatística C de Geary usa a soma de quadrado entre os pares de valores de dados como sua medida de covariação (ZHUKOV; STEWART, 2013), de forma análoga ao Índice global de Moran.

A estatística c de Geary é calculada como

$$c = \frac{(n-1)}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}, \quad (2.4)$$

em que, z_i é o valor da variável para sua i -ésima observação, \bar{z} é a média, e w_{ij} são os elementos da matriz de proximidade espacial para a conexão entre i e j . Os valores variam entre 0 (correlação perfeita) e 2 (dispersão perfeita), sendo 1 o padrão espacial aleatório.

2.2.7 Simulações Monte Carlo para o valor de p referente ao teste I de Moran

Suponha que se tem n valores y_i , $i = 1, 2, \dots, n$, relacionados com as áreas A_i . Então, tem-se $n!$ possíveis permutações desse mapa, cada um correspondendo a um rearranjo diferente dos n valores $y - i$ sobre as áreas. Uma dessas permutações corresponde aos dados que foram observados. O valor de I pode ser calculado para qualquer uma destas $n!$ permutações e se obter uma distribuição empírica para os possíveis valores de I sobre as permutações aleatórias dos n valores (SILVA, 2010). O objetivo do teste é considerar as variáveis aleatórias Y_1, Y_2, \dots, Y_n como independentes e identicamente distribuídas, estabelecendo esta hipótese como a hipótese nula (H_0) do teste. As $n!$ permutações possíveis são um modo de se realizar na prática esta independência e distribuição idêntica. Tal teste pode ser descrito como um algoritmo, como a seguir:

- i) Calcula-se o índice I com os dados observados no mapa obtendo $I_{(0)}$.
- ii) Para k variando de 1 a N (N é um número menor ou igual à $n!$), repete-se independentemente: Calcula-se o índice $I - (k)$ permutando aleatoriamente os valores de y_i entre as áreas. A limitação em N deve-se ao aspecto de viabilidade computacional, já que, se n é grande, $n! > n$.
- iii) Sob H_0 , as variáveis aleatórias Y_i são independentes e identicamente distribuídas. Então todas as permutações dos valores y_i entre as áreas são igualmente prováveis. Assim, o valor de p do teste é:

$$p = \frac{\text{número_de_}I_{(j)} < I_{(0)}, j = 1, \dots, N}{N + 1} \quad (2.5)$$

Rejeita-se a hipótese nula em um teste de nível α se valor de $p < \alpha$. Este teste está considerando apenas autocorrelação positiva. Para o caso em que a auto correlação é negativa, o valor de p do teste é dado por:

$$p = \frac{\text{número_de_}I_{(j)} > I_{(0)}, j = 1, \dots, N}{N + 1} \quad (2.6)$$

2.2.8 Índice Local de Moran

Um coeficiente local de Moran para a unidade i pode ser construído como um dos n componentes que compõem o teste global (ZHUKOV; STEWART, 2013):

$$I_k = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^N w_{ij}(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 / n} \quad (2.7)$$

Assim como a estatística global, assume-se que a média global \bar{y} é uma representação adequada da variável de interesse. Como anteriormente, as estatísticas locais podem ser testadas quanto à divergência entre valores esperados, sob hipóteses de normalidade.

2.2.9 Gráfico de espalhamento de Moran

Conforme Anselin (1996), o gráfico de espalhamento de Moran tem o objetivo de comparar os desvios $Z_i = (Y_i - \bar{Y})$ do atributo numa área A_i , com a média dos desvios de seus vizinhos A_j ponderada pela matriz de proximidade espacial $W_{n \times n}$ padronizada pelas linhas ($W_{zj} = \sum_{j=1}^n w_{ij}(Y_i - \bar{Y})$). Constrói-se um gráfico bidimensional de abscissa Z e de ordenada W_z . Esse gráfico é uma forma adicional de visualizar a dependência espacial e indicar os diferentes regimes espaciais presentes nos dados. Dessa forma, dividem-se o diagrama em quatro quadrantes (Q1, Q2, Q3 e Q4) (SILVA, 2010).

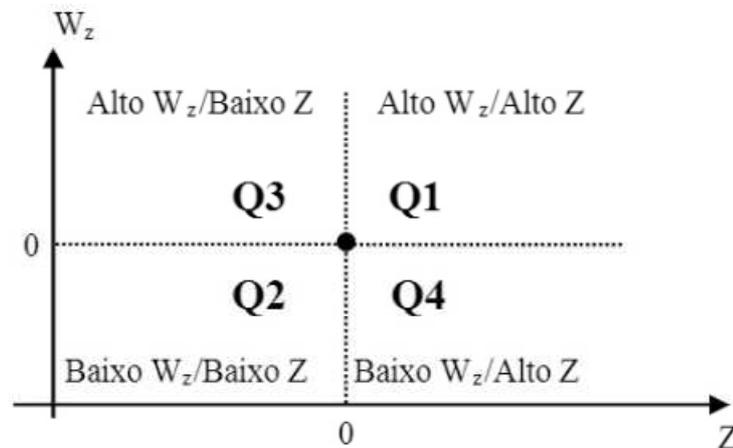


Figura 2 – Gráfico de Espalhamento de Moran. Fonte (KREMPEI, 2004)

Em que,

- i) Q1 é o primeiro quadrante, que se localizam os altos valores para a variável em análise, é classificado como alto-alto;
- ii) Q2 é o segundo quadrante, que se localizam os baixos valores para a variável em análise, é classificado como baixo-baixo;
- iii) Q3 é o terceiro quadrante, que é formado pelas áreas com altos valores para as variáveis em análise cercadas por áreas com baixos valores, é classificado como alto-baixo;
- iv) Q4 é o quarto quadrante, mostra as áreas com valores baixos cercadas por vizinhos que apresentam valores altos, é classificado como baixo-alto.

2.2.10 Box Map, LISA Map e Moran Map

De acordo com Câmara et al. (2001), Box Map, LISA Map e Moran Map são obtidas através dos gráfico de espalhamento de Moran e dos índices de Moran locais.

Box Map é uma extensão do gráfico de espalhamento de Moran, onde cada quadrante anteriormente calculado agora é representado por uma cor específica com seus respectivos polígonos. A Figura 3, que indica a distribuição do percentual de idosos dos bairros de São Paulo.

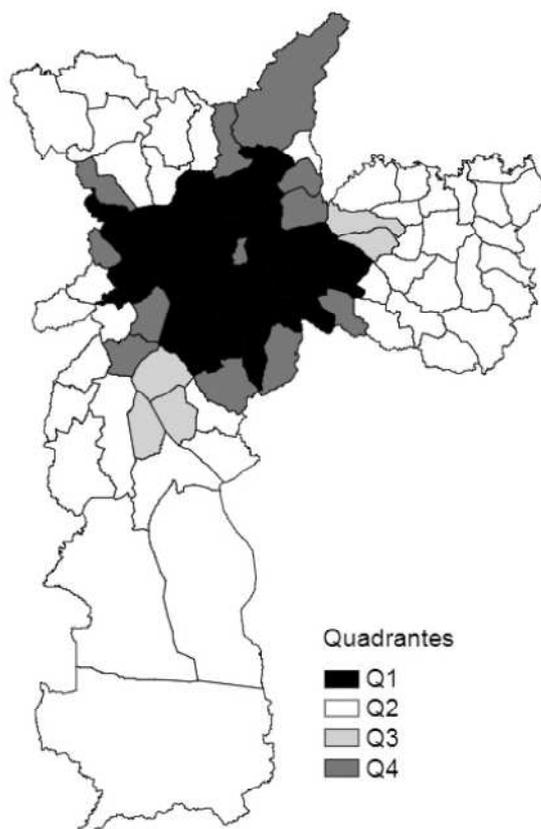


Figura 3 – Box Map do Mapa de Exclusão/Inclusão social de São Paulo, 2000. Fonte (KREMPI, 2004)

A partir dos resultados dos índices de Moran Locais, o LISA Map (Local Indicators Spatial Association) indica as áreas que são significativas. A avaliação da significância é feita comparando-se os valores dos índices de Moran locais com uma série de valores obtidos por meio de permutações dos valores dos atributos dos vizinhos (9999 permutações), sob a hipótese nula de não existência de autocorrelação espacial, como mostra a Figura 4a

O Moran Map (Figura 4b) é realizado de forma semelhante ao LISA Map, somente são apresentadas as áreas para as quais os valores dos índices de Moran locais foram considerados significativos, porém classificados em quatro grupos, que são os mesmos do gráfico de espalhamento de Moran, ou seja, seus respectivos quadrantes.

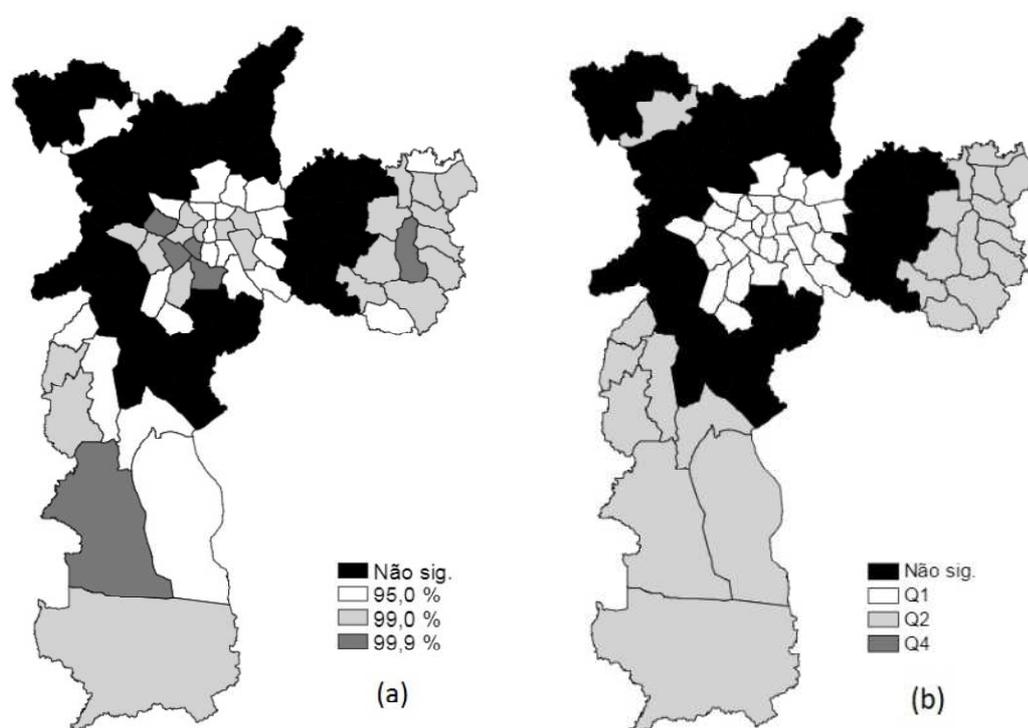


Figura 4 – LISA do Mapa de Exclusão/Inclusão social de São Paulo, 2000 (a), Moran Map do Mapa de Exclusão/Inclusão social de São Paulo, 2000 (b). Fonte (KREMPI, 2004)

3 Materiais e Métodos

A cidade de Campina Grande é uma das 223 cidades do estado da Paraíba, situada no agreste paraibano, faz fronteira com os municípios de Queimadas, Lagoa Seca, Puxinanã, Fagundes e Massaranduba. Ocupa uma área de 593,026 km^2 e tem uma população estimada em 407.754 pessoas (IBGE, 2016), sendo o segundo município mais populoso de estado.

Os dados utilizados nessa pesquisa foram cedidos pela secretaria de segurança pública do estado da Paraíba, relativos a crimes violentos letais intencionais na cidade de Campina Grande. Dados relativos a indicadores socioeconômicos foram obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

Como forma de analisar as tendências espaciais da variável em estudo, usou-se a média móvel local, expressar por

$$\mu_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} y_j \quad (3.1)$$

com $i= 1, \dots, n = 51$ e $j= 1, \dots, n = 51$ bairros, para a cidade de Campina Grande. As matrizes w_{ij} e y_j representam, respectivamente, os elementos da matriz de proximidade espacial padronizada de primeira ordem $W_{n \times n}^{(1)}$ e o valor observado da variável. Para medir os efeitos de dependências espaciais entre os bairros, utilizam-se os índices de Moran global e local, além da Estatística C de Geary.

Como visto anteriormente em (2.3) o Índice Global de Moran é definido por:

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

com $i= 1, \dots, n = 51$ e $j= 1, \dots, n = 51$ bairros, para a cidade de Campina Grande em que:

- i) w_{ij} são os elementos da matriz de proximidade espacial padronizada de primeira ordem $W_{n \times n}^{(1)}$;
- ii) y_i e y_j são os valores observados da variável Crimes Violentos Letais Intencionais, respectivamente, para os bairros A_i e A_j ;
- iii) \bar{y} é a média do valor observado da variável Crimes Violentos Letais Intencionais de todos os bairros da cidade.

O gráfico de espalhamento de Moran foi utilizado como técnica para que seja possível a visualização de uma autocorrelação existente entre os bairros de Campina Grande para a variável em estudo de uma forma bem semelhante à uma visualização de uma regressão linear simples. Para o Box Map, os bairros da cidade foram organizados mediante seus respectivos posicionamentos no gráfico de espalhamento de Moran, para cada quadrante uma cor associada.

A expressão do Índice local de Moran é a seguinte:

$$I_i = (y_i - \bar{y}) \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij}(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 / N}$$

com $i= 1, \dots, n = 51$ e $j= 1, \dots, n = 51$ bairros, para a cidade de Campina Grande em que:

- i) w_{ij} são os elementos da matriz de proximidade espacial padronizada de primeira ordem $W_{n \times n}^{(1)}$;
- ii) y_i e y_j são os valores observados da variável Crimes Violentos Letais Intencionais, respectivamente, para os bairros A_i e A_j ;
- iii) \bar{y} é a média do valor observado da variável Crimes Violentos Letais Intencionais de todos os bairros da cidade.

Para o Moran Map, foi avaliada a significância dos valores do índice local de Moran obtido para cada bairro, em relação à hipótese de não existência de autocorrelação espacial entre os bairros (hipótese nula). Os bairros para quais os valores do índice de Moran local foram considerados significantes (valor de $p < 0,05$), são destacados, porém, aparecem classificados em quatro grupos, conforme sua localização no quadrante do gráfico de espalhamento. Os demais bairros foram classificados como sem significância.

Todas as análises estatísticas, geográficas e cartográficas foram realizadas pelo o *software* R e RStudio (TEAM, 2017), através dos pacotes: *Maptools*, *sp*, *spdep*, *classInt*, *RColorBrewer*.

4 Resultados e Discussões

Ao observar os Crimes Violentos Letais Intencionais nos bairros da cidade de Campina Grande, foi realizado uma análise visual, por meio de mapas. Na Figura 5 observamos a cidade de Campina Grande dividida por zonas e bairros.¹

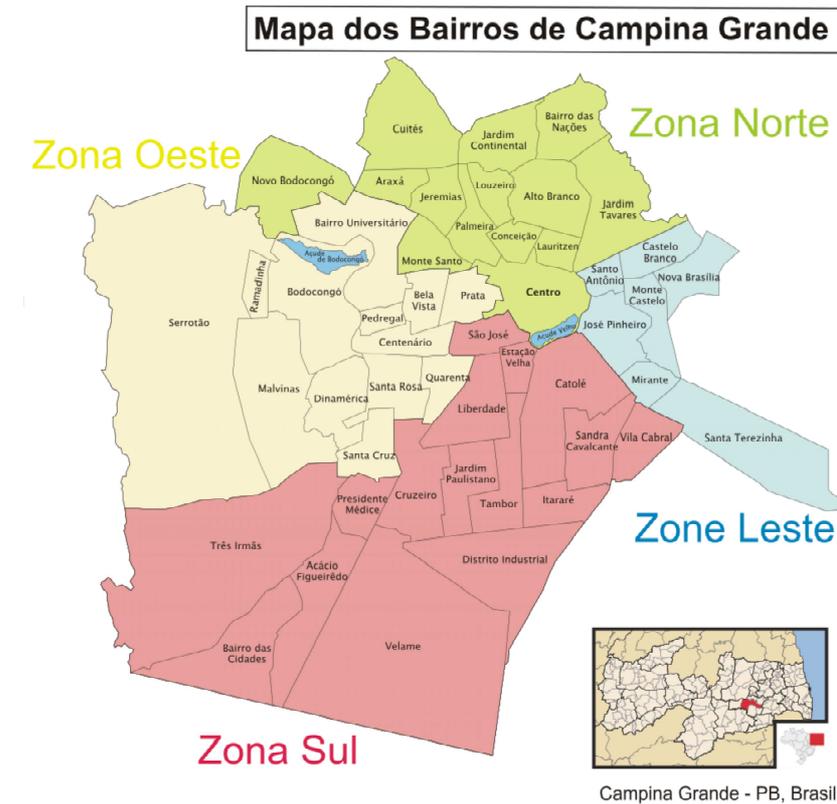


Figura 5 – Campina Grande dividida em Zonas e Bairros.

Ao analisar a Tabela 1 pode-se ver que como a quantidade de CVLI por bairros é mal distribuída. Temos alguns bairros com nenhuma ocorrência desta natureza como também temos bairros com um alto número desse registro, como por exemplo Bodocongó que apresenta 72 casos CVLI. Má distribuição encontrada semelhantemente a JUNIOR (2015) que realizou um estudo de estatística espacial sobre a criminalidade na Paraíba.

Grande parte da cidade não possui uma quantidade alarmante de CVLI, porém na região oeste, mais precisamente, nos bairros de Bodocongó, Serrotão, Malvinas, e Pedregal possuem uma quantidade elevada em relação aos outros bairros, o que pode indicar presença de autocorrelação espacial. No que se refere os gênero das vítimas que em sua grande maioria são do sexo masculino, quase 95% dos casos. Com relação ao tipo de arma que em sua grande maioria, quase 85% dos casos, é utilizado arma de fogo,

¹ Fonte da Figura 6: [pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_bairros_e_distritos_de_Campina_Grande/media/File : Bairros_de_Campina_Grande.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_bairros_e_distritos_de_Campina_Grande/media/File:Bairros_de_Campina_Grande.svg)

Tabela 1 – Quantidades de Crimes Violentos Letais Intencionais por bairros de Campina Grande de 2011 a 2016.

Bairros	Quantidades	Bairros	Quantidades
<i>Velame</i>	11	<i>Distrito Industrial</i>	10
<i>Acácio Figueiredo</i>	10	<i>Bairro das Cidades</i>	15
<i>Três Irmãs</i>	20	<i>Presidente Médice</i>	5
<i>Serrotão</i>	44	<i>Ramadinha</i>	29
<i>Malvinas</i>	44	<i>Santa Cruz</i>	8
<i>Dinamérica</i>	15	<i>Santa Rosa</i>	26
<i>Bodocongó</i>	72	<i>Centenário</i>	14
<i>Pedregal</i>	50	<i>Cruzeiro</i>	21
<i>Jardim Paulistano</i>	9	<i>Quarenta</i>	6
<i>Liberdade</i>	23	<i>Tambor</i>	18
<i>Itararé</i>	8	<i>Estação Velha</i>	17
<i>Catolé</i>	39	<i>São José</i>	10
<i>Sandra Cavalcante</i>	5	<i>Vila Cabral</i>	5
<i>Santa Terezinha</i>	0	<i>Mirante</i>	3
<i>Novo Bodocongó</i>	3	<i>Bairro Universitário</i>	0
<i>Araxá</i>	12	<i>Cuités</i>	0
<i>Jeremias</i>	19	<i>Bairro das Nações</i>	1
<i>Jardim Continental</i>	0	<i>Monte Santo</i>	34
<i>Bela Vista</i>	8	<i>Prata</i>	6
<i>Palmeira</i>	8	<i>Louzeiro</i>	2
<i>Alto Branco</i>	19	<i>Conceição</i>	5
<i>Lauritzen</i>	0	<i>Jardim Tavares</i>	3
<i>Centro</i>	41	<i>Santo Antônio</i>	11
<i>Castelo Branco</i>	1	<i>José Pinheiro</i>	41
<i>Monte Castelo</i>	23	<i>Nova Brasília</i>	23
<i>Jardim Quarenta</i>	4		

isso evidencia que mesmo com a proibição do porte de arma de fogo não é tão difícil de que qualquer civil tenha acesso a uma arma ilegalmente. Para 10,6% dos CVLI são utilizadas armas brancas, que para as leis 9.437/97 e 10.826/03 é crime também o porte das mesmas, e em 4,744% são usado de outros meios, como por exemplo: espancamento, paulada, pedrada, estrangulamento, etc.

Na Figura 6 vê-se a distribuição da quantidade de CVLI por bairros apresentada anteriormente na Tabela 1. Apesar desses números, a cidade de Campina Grande não está no ranking das 150 cidades mais perigosas do Brasil, um estudo feito pela Faculdade Latino-Americana de Estudos Sociais que analisaram três mil municípios que juntos concentram 98% dos homicídios do país.

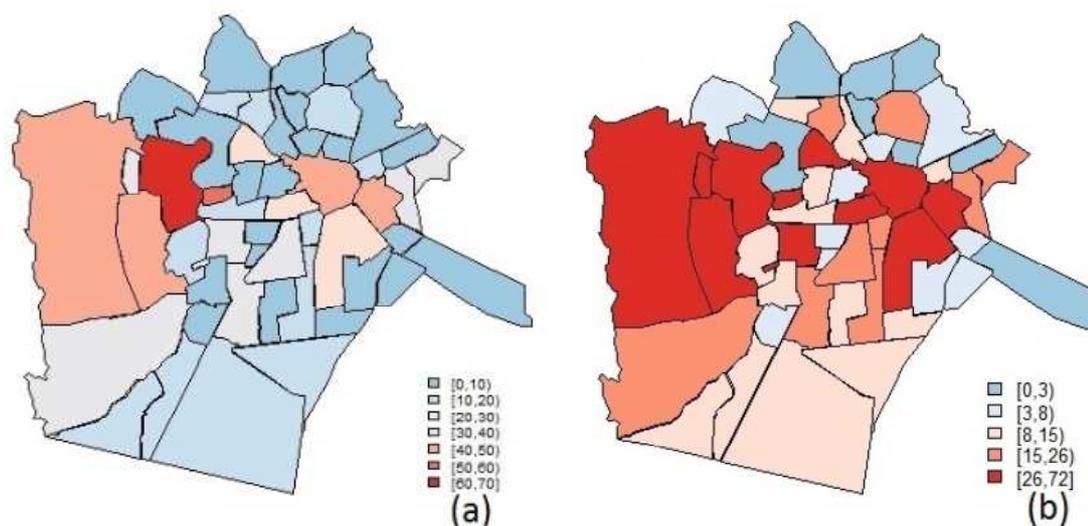


Figura 6 – Crimes Violentos Letais Intencionais nos Bairros de Campina Grande (a) e os casos de CVLI nos bairros de Campina Grande: Quintis (b).

4.1 Autocorrelação Espacial

Conforme podemos observar por meio da Tabela 2, as estimativas foram significativas a nível de 1% para o Índice de *Moran*, o que implica dizer que há uma autocorrelação espacial positiva, que corrobora com o valor apresentado pela estatística *C* de Geary, ou seja existe uma dependência dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande.

Tabela 2 – Tabela das estimativas do Índice de *Moran* e a Estatística *C* de *Geary*

Estatísticas	Estimativas	Valor de p
<i>Moran</i>	0.21754534	<0,001
<i>Geary</i>	0.87401618	>0,001

Através de uma simulação de Monte Carlo realizada, podemos comparar os valores obtidos no índice global de Moran que em relação aos valores obtidos na simulação:

Tabela 3 – Tabela de comparação dos valores do índice de Moran com os valores da simulação de Monte Carlo

Estatísticas	Estimativas	Valor de p
<i>Moran</i>	0.21754534	0.003041
<i>Simulação</i>	0.21755	0.008

Como é possível ver na Tabela 3 os valores das estimativas são quase idênticos com a mudança começando somente a partir da quinta casa decimal, e o valor de *p* apesar de não tão próximos em relação a proporção da diferença entre as estimativas, ainda concluem o mesmo, que são significantes a 1%, ou seja, rejeitamos a hipótese H_0 e podemos concluir

que há autocorrelação espacial de fato. Usado também por Louzada, Bearzoti e Carvalho (2005) que teve o mesmo sucesso na validação do índice global de Moran, através da simulação.

A Figura 7, de acordo com o Índice Local de Moran percebe-se que em sua maior parte da cidade os bairros não se autocorrelacionam ou se autocorrelacionam de uma forma muito fraca com os seus vizinhos. Analisando oeste da cidade temos os bairros onde mais se correlacionam positivamente que são os bairros: Serrotão, Ramadinha, Malvinas e Bodocongó, que também são os que tem as maiores taxas de CVLI por bairro. Poucos bairros, mais precisamente dois, onde se autocorrelacionam negativamente com seus vizinhos que são eles: Novo Bodocongó e Bairro Universitário. Resultado diferente comparado a Peixoto, Moro e Andrade (2010), onde nesse estudo sobre criminalidade na região metropolitana, teve poucos bairros autocorrelacionados para a variável homicídios, e um pouco a mais para a variável roubo.

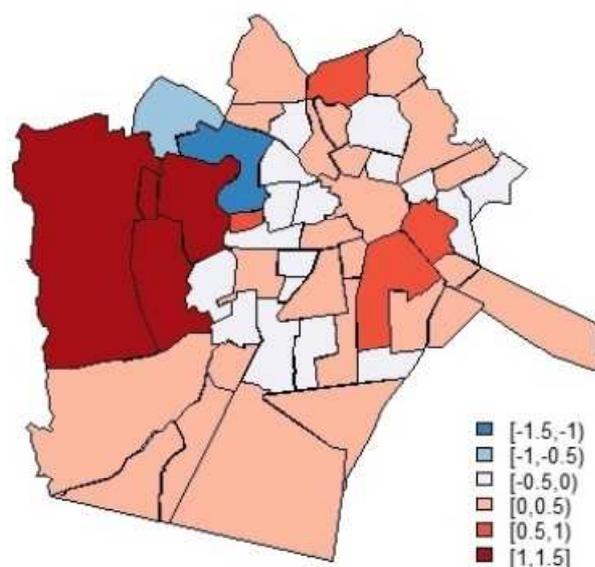


Figura 7 – Índice Local de Moran dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande.

Para diversos autores, em especial Anselin (1996), o indicador de associação espacial Global de Moran pode não ser o suficiente na identificação de padrões locais espaciais, assim utilizando o gráfico de espalhamento é possível ver os objetos da matriz de proximidade espacial de uma outra forma, podendo facilitar na visualização de agrupamentos de pontos, denominados como *clusters*, e também é possível ver os pontos atípicos, denominados como *outliers*. Observa-se por meio da Figura 8 no gráfico de espalhamento de *Moran* que bairros localizados na parte inferior a esquerda e na parte superior a direita apresentam autocorrelação espacial positiva com os seus vizinhos (Q1 e Q2) e bairros localizados na parte inferior a direita e superior a esquerda apresentam autocorrelação espacial negativa com os seus vizinhos (Q3 e Q4). Quanto mais próximo do cruzamento do eixo das abcissas

e ordenadas mais o elemento em questão está próximo do padrão aleatório espacial, ou seja, ausência de autocorrelação com os seus vizinhos. De uma forma geral podemos interpretar tal gráfico analogamente a uma regressão simples segundo SILVA (2010), corroborando assim com os resultados do Índice de Moran Global e a Estatística c de Geary.

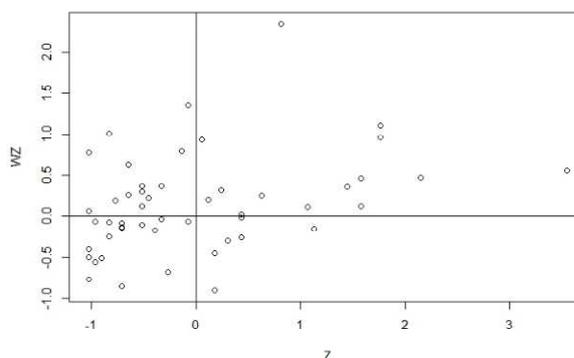


Figura 8 – Diagrama de espalhamento de *Moran* dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande.

De acordo com o Diagrama de Espalhamento de Moran realizou-se o Box Map, LISA Map e Moran Map. A partir da Figura 9(a) podemos ter uma visão do que o Diagrama de Espalhamento de Moran propõe, que é dividir os bairros nos 4 Quadrantes (Q1, Q2, Q3, Q4). Bairros representados por cores vermelhas e azuis apresentam autocorrelação espacial positiva, ou seja, esses bairros formam grupos de valores similares. Por outro lado, os bairros representados por cores verdes e amarelas apresentam autocorrelação espacial negativa, ou seja, há dissimilaridade entre os bairros vizinhos com relação aos casos de CVLI da cidade de Campina Grande.

Observa-se por meio da Figura 9(b) no LISA Map que bairros localizados na parte esquerda apresentam uma autocorrelação espacial mais significativa que nos outros bairros da cidade que são Ramadinha, Bodocongó, Malvinas e Serrotão, os bairros Pedregal e José Pinheiro também foram significativos, porém com uma menor intensidade, os demais bairros não apresentaram significância. Na Figura 9(c) percebe-se que o Moran Map apresenta valores que corroboram com o LISA Map mostrando que a área que é mais significativa é o oeste da cidade, e que esses bairros também pertencem ao primeiro quadrante com relação aos casos de CVLI da cidade de Campina Grande. Ao compararmos com os resultados de (SILVA, 2010) ou com (JUNIOR, 2015) vemos que é comum boa parte da cidade ou região não ser significativa, não só em estudos de fins criminalísticos, mas em estudos de caráter econômicos e sociais.

Com tais técnicas realizadas é possível desenvolver uma análise mais profunda em estudos futuros, e proceder uma análise de regressão aplicando co-variáveis à área em questão, podendo assim fazer um comparativo por exemplo de como o índice de desenvolvimento humano (IDH) de um bairro pode afetar a criminalidade através de um

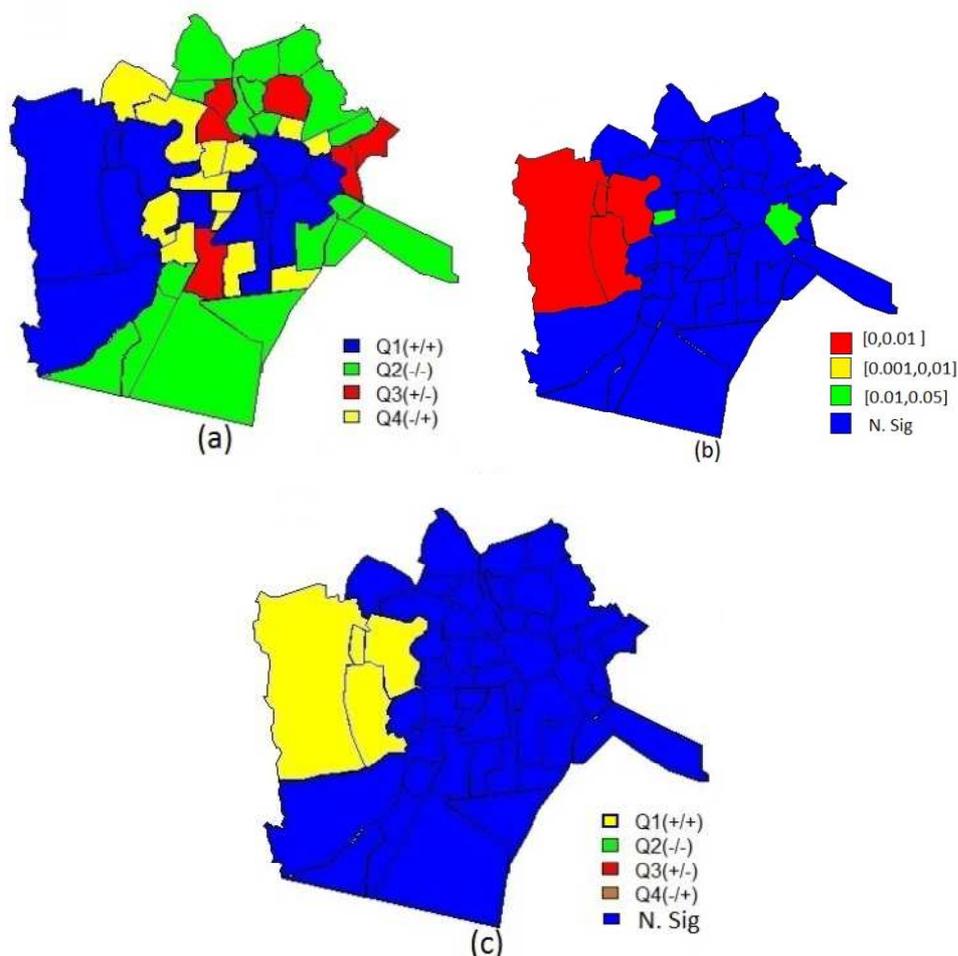


Figura 9 – Box Map dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande (a), LISA Map dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande (b) e Moran Map dos CVLI para os bairros da cidade de Campina Grande (c).

modelo *Simultaneous Auto-Regressive* (SAR), o que não foi possível nesse estudo. De um modo geral é de grande dificuldade do pesquisador encontrar dados relativos a bairros de cidades, na cidade de Campina Grande por exemplo, que foi o objeto de estudo, tanto a prefeitura como Polícia Militar utilizam de dados fornecidos pelo IBGE, o grande problema é que muitas vezes esse instituto só fornece dados censitários referentes ao ano de 2010, dentre esse tempo de ausência de atualização dos dados é perdida muita informação, como por exemplo a criação de um bairro e todos os seus dados, o que prejudica bastante na realização de novos estudos. A própria prefeitura deveria criar um meio de atualizar esses dados através de equipes capacitadas, sempre com a presença de um estatístico, ao menos de quatro em quatro anos, é um tipo de investimento que tem retorno a longo prazo, a informação em mãos corretas torna-se corte de gastos, torna-se lucro.

5 Conclusão

Constatou-se com esse estudo o desequilíbrio, o da quantidade de CVLI por bairros, utilizando ferramentas para visualizar tal fenômeno em mapas e não só nas tabelas. Os dados sugerem agrupamentos entre os bairros o que é um bom indicativo para começar um estudo de autocorrelação espacial. Foi constatado através do Índice Global de Moran e a Estatística C de Geary uma correlação pequena e positiva, o que confirmava a suspeita anteriormente criada ao ver os dados das quantidades de CVLI por bairros alocados no mapa.

O uso do Índice Local de Moran, revelou a correlações entre os bairros, e constatou que, ao oeste da cidade há uma autocorrelação maior, nos bairros de Bodocongó, Ramadinha, Serrotão e Malvinas, que também são os bairros onde se tem os maiores índices de mortes dessa natureza. No Diagrama de espalhamento de Moran analisou-se a autocorrelação de um ângulo diferente, onde seus pontos, que são os bairros, foram bem divididos em seus quatro quadrantes: Alto-Alto, Alto-Baixo, Baixo-Alto e Baixo-Baixo.

Mediante a realização do Diagrama de espalhamento de Moran foi possível realizar os três tipos de mapas derivados: Box Map, LISA Map e Moran Map, que nos deram a visualização em mapas do conceito do diagrama realizado anteriormente, onde é possível ver facilmente nos bairros onde existe autocorrelação positiva, autocorrelação negativa e padrão aleatório espacial, e que de fato confirmamos as indicações das análises iniciais onde existe uma autocorrelação positiva nos bairros da cidade de Campina Grande, mais precisamente ao oeste da cidade, porém é notável que a significância das autocorrelações nos outros bairros não são significativas.

Para a solução desse tipo de problema faz-se necessário que o Estado invista fortemente não só em segurança pública, mas também no avanço técnico-científico, começando pelo ensino fundamental público, pois uma criança com uma educação exemplar muito provavelmente será um adulto exemplar. Muito se fala a respeito de melhorias no setor de segurança pública, porém só isso não basta, crimes dessa natureza são difíceis até mesmo de serem impedidos, muitos acontecem, por exemplo, dentro da própria casa de um casal, onde seria improvável que a polícia intervisse antes do trágico fim.

Referências

- ANSELIN, L. *The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association*. [S.l.]: London: Taylor & Francis, 1996. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 26.
- ASSUNÇÃO, R. M. *Estatística espacial com aplicações em epidemiologia, economia, sociologia*. [S.l.]: São Carlos, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 14.
- CÂMARA et al. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. *Câmara G, Davis C, Monteiro AMV, organizadores. Introdução à ciência da geoinformação*. [acessado 2016 Fev 01]. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd\[Links\]](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd[Links]), 2001. Citado 3 vezes nas páginas 10, 13 e 18.
- COMTE, A. Os pensadores. *Filosofia Positiva*, 1973. Citado na página 12.
- DRUCK, S. et al. Análise espacial de dados geográficos. *Embrapa*, 2004. Citado na página 11.
- IBGE, I. Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=250400>. Acesso em 15/01/2016, v. 6, 2016. Citado na página 21.
- JUNIOR, O. R. D. A. *Análise espacial da criminalidade dos municípios paraibanos entre os anos de 2011 E 2013*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal da Paraíba, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 27.
- KREMPI, A. P. *Explorando recursos de estatística espacial para análise da acessibilidade da cidade de Bauru*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2004. Citado 7 vezes nas páginas 7, 13, 14, 15, 18, 19 e 20.
- LEVINE, N. Spatial statistics and gis: Software tools to quantify spatial patterns. *Journal of the American Planning Association* v. 62, n. 3, p. 381-391, 1996. Citado na página 13.
- LOUZADA, J.; BEARZOTI, E.; CARVALHO, D. Avaliação e aplicação de testes para a detecção da autocorrelação espacial usando marcadores genéticos. *Ciências e Agrotecnologia*, 2005. Citado na página 26.
- PEIXOTO, B.; MORO, S.; ANDRADE, M. Criminalidade na região metropolitana de belo horizonte: Uma análise espacial. *Sociedade & Natureza*, 2010. Citado na página 26.
- SERRANO, R.; VALCARCE, E. *Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial*. [S.l.]: Edicions Universitat Barcelona, 2000. Citado na página 14.
- SILVA, N. C. N. D. *Análise de dados de área aplicada a dois indicadores econômicos de mesoregiões do estado de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Lavras, 2010. Citado 5 vezes nas páginas 11, 16, 17, 18 e 27.
- TEAM, R. C. The r project for statistical computing. Available at [www. R-project. org/](http://www.R-project.org/). Accessed October, v. 31, p. 2017, 2017. Citado na página 22.

ZHUKOV, Y.; STEWART, B. Choosing your neighbors: Networks of diffusion in international relations¹. *International Studies Quarterly*, v.57, p. 219-431, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.