



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

THALIA ARIELY MARQUES SILVA

**UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS PARA
CRIMINALIDADE VIOLENTA NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

RECIFE – PE
2021

THALIA ARIELY MARQUES SILVA

**UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS PARA
CRIMINALIDADE VIOLENTA NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo (a) aluno (a) **THALIA ARIELY MARQUES SILVA** ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como pré-requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Chiara Natércia Araújo e co-orientação do Prof.^o Dr.^o Diego Firmino Costa da Silva.

RECIFE - PE
2021

- S586a Silva, Thalia Ariely Marques Silva
UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS PARA CRIMINALIDADE VIOLENTA NO
ESTADO DE PERNAMBUCO: Análise Espacial da Criminalidade Violenta em Pernambuco / Thalia Ariely Marques
Silva Silva. - 2021.
44 f. : il.
- Orientadora: Chiara Franca.
Coorientador: Diego Firmino.
Inclui referências e apêndice(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Ciências Econômicas, Recife, 2021.
1. Pernambuco. 2. AEDE. 3. Criminalidade. 4. Economia do Crime . 5. Clusters. I. Franca, Chiara, orient. II.
Firmino, Diego, coorient. III. Título

UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS PARA CRIMINALIDADE VIOLENTA NO ESTADO DE PERNAMBUCO

THALIA ARIELY MARQUES SILVA

Monografia apresentada como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas. Qualquer citação atenderá as normas da ética científica.

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado com nota ____apresentado em ____/ ____/____.

BANCA EXAMINADORA

Orientador. Prof. Titulação. Nome do Orientador

1º Examinador. Prof. Titulação. Nome do examinador

2º Examinador. Prof. Titulação. Nome do examinador

Dedico à todas as vítimas de violência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo suporte ao longo de toda a minha vida para garantir que meus irmãos e eu pudéssemos alcançar nossos sonhos através da educação.

Sou grata também à minha namorada, Twanny Oliveira, pelo apoio emocional e acadêmico nesse trabalho. Mas também, ao meu querido amigo, Ygor Cabral, pelo apoio ao longo de todo o curso, com boa companhia e parceria nas atividades curriculares. Agradeço aos professores Chiara França e Diego Firmino, por fazerem parte desse projeto. Por fim, um agradecimento especial à espiritualidade, à todas as minhas mães, guias e mestres que me trouxeram até aqui.

RESUMO

Esse estudo tem como objetivo identificar padrões espaciais nos índices de criminalidade violenta no Estado de Pernambuco, nordeste brasileiro, com base na Teoria Econômica do Crime. Através da aplicação das taxas de CVLI (Crime Violento Letal e Intencional) e CVP (Crime Violento contra o Patrimônio), que representam os índices de homicídio e roubo, no período de 2014 a 2020, como variáveis de interesse. Para tal proposta, foi utilizada a metodologia AEDE (Análise Exploratória de Dados Espaciais), com a pretensão de testar a autocorrelação espacial e identificar os *clusters* espaciais. Com isso, foram identificados agrupamentos espaciais, para ambas as variáveis, nas mesorregiões: Sertão, Agreste e RMR (Região Metropolitana de Recife). Além disso, verificou-se a ruptura do padrão de comportamento no ano de 2020 de maneiras diferentes para cada variável em estudo, como possível efeito da pandemia de covid-19. Notou-se ainda uma possibilidade de estudo futuro no que se referiu ao incremento da variável de renda com o PIB (Produto Interno Bruto) per capita de cada município, ao realizar uma análise espacial com I de Moran Local bivariado, que resultou em baixa autocorrelação.

Palavras-chave: Pernambuco; AEDE; Criminalidade. Economia do crime. Clusters.

ABSTRACT

This study aims to identify spatial patterns in violent crime rates in the state of Pernambuco, northeastern Brazil, based on the Economic Theory of Crime. Through the application of the rates of CVLI (Lethal and Intentional Violent Crime) and CVP (Violent Crime against Property), which represent the rates of homicide and robbery, in the period from 2014 to 2020, as variables of interest. For this proposal, the AEDE (Spatial Data Exploration Analysis) methodology was used, with the intention of testing spatial autocorrelation and identifying spatial clusters. With this, spatial clusters were identified, for both variables, in the mesoregions: Sertão, Agreste and RMR (Metropolitan Region of Recife). In addition, it was verified the rupture of the pattern of behavior in the year 2020 in different ways for each variable under study, as a possible effect of the covid-19 pandemic. It was also noted a possibility of future study regarding the increment of the income variable with the GDP (Gross Domestic Product) per capita of each municipality, by performing a spatial analysis with bivariate Local Moran's I, which resulted in low autocorrelation.

Key-words: Pernambuco; AEDE; Criminality. Economy of crime. Clusters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O nível socialmente ótimo de crime	15
Figura 2: Evolução da Criminalidade Violenta Letal e Intencional e dos Crimes Violentos Contra o Patrimônio em Pernambuco (2014-2020)	18
Figura 3: Despesa per capita realizada com a Função Segurança Pública em Pernambuco (2011-2019)	19
Figura 4: Múltiplos equilíbrios na renda criminal	20
Figura 5: Dispersão Moran Univariada	25
Figura 1: Distribuição da Criminalidade Violenta Letal e Intencional para o Estado de Pernambuco, 2014-2020.....	28
Figura 7: Distribuição da Criminalidade Violenta contra o Patrimônio para o Estado de Pernambuco, 2014-2020.....	29
Figura 8: Evolução dos Clusters da Criminalidade Violenta Letal e Intencional para o Estado de Pernambuco, 2014-2020.....	31
Figura 9: Evolução do I de Moran para Criminalidade Violenta Letal e Intencional para o Estado de Pernambuco, 2014-2020.....	32
Figura 10: Evolução dos Clusters dos Crimes Violentos Contra o Patrimônio no Estado de Pernambuco, 2014-2020.....	34
Figura 11: Evolução do I de Moran dos Crimes Violentos Contra o Patrimônio no Estado de Pernambuco, 2014-2020.....	35
Figura 12: Análise bivariada comparativa entre Criminalidade Violenta Letal e Intencional e a taxa de crescimento do PIB per capita municipal para o Estado de Pernambuco, 2014/2015-2017/2018.....	38
Figura 13: Análise bivariada comparativa entre Criminalidade Violenta o Patrimônio e a taxa de crescimento do PIB per capita municipal para o Estado de Pernambuco, 2014/2015-2017/2018.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Teoria econômica do crime	13
2.2 Criminalidade violenta no Estado de Pernambuco.....	17
2.3 Análise Espacial na Ciência Econômica	19
3. METODOLOGIA	23
3.1 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)	23
3.2 Descrição dos dados e variáveis.....	27
4. RESULTADOS.....	28
4.1. Análise Bivariada com o PIB per capita	36
5. CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE.....	44

1. INTRODUÇÃO

De modo geral, ao falar-se em direitos humanos costuma-se pensar nas mais diversas conquistas da sociedade nesse campo, desde o popular direito “de ir e vir” até o direito ao descanso. Com a estabilidade do sistema capitalista, o direito à propriedade privada também se consolidou, inclusive sendo marcada no Artigo 17 da Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH), de 1948. Já o terceiro artigo desse mesmo documento cita o direito à vida e à segurança, que popularmente são direitos menos lembrados no cotidiano da maior parte da população.

Entretanto, o direito à vida não encerra com o nascimento, sendo a segurança parte essencial disso. Ao enfrentar a ameaça à própria vida e/ou à perda de bens materiais adquiridos, a sociedade como um todo anseia pela garantia do Artigo 3 dos Direitos Humanos, trata-se do direito à vida, a liberdade e a segurança. Por isso, as taxas de violência e criminalidade preocupam e permeiam os debates sobre políticas públicas e ainda mais, que estas atuem para a mitigação desta problemática. Além de afetar o bem-estar e a segurança da população, o crime também traz consequências para a atividade econômica e estes serão objeto de estudo neste ensaio.

Considerando a existência de um trade-off econômico entre criminalidade e custos relacionados à aplicação das políticas públicas afim de reduzir as taxas de criminalidade, nota-se também outra importante motivação capaz de intensificar a análise sobre a criminalidade e às perdas econômicas oriundas do crime organizado e seus desdobramentos. A exemplo, temos a impossibilidade de taxação da produção (argumento muito utilizado, inclusive, pelos defensores da legalização da *cannabis sativa*, a popular maconha) ou mesmo da própria contabilização no PIB (Produto Interno Bruto) e aplicação de recursos, uma vez que o comércio ilegal do crime registra ganhos anuais de mais de US\$ 1 trilhão¹ e que adicionalmente, a maior parte das vítimas fatais são jovens e adultos, ou seja, o núcleo da população economicamente ativa, o que representa grandes perdas de capital humano, capacidade produtiva e consumidores, (FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL, 2011).

De acordo com o 15º Anuário Brasileiro de Segurança Pública de 2020 do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (FBSP), 29,8% das vítimas de homicídio são jovens de

¹ Esses dados foram realizados com base em uma pesquisa, de 2011, realizada pelo *Global Financial Integrity* (GFI), de Washington (EUA).

18 à 24 anos, sendo a maior concentração por faixa etária; e, o equivalente à 53,6% é da população adulta de 25 à 49 anos (ver Anexo A). Ou seja, um total de 83,4% das vítimas de assassinato no Brasil são jovens e adultos, sem dúvidas, uma perda inestimável para os familiares.

Considerando as relações questões econômicas, essas estatísticas afetam a população economicamente ativa do País, ao descrever vítimas tão jovens e que poderiam impulsionar atividades produtivas, além da geração de riquezas. Entretanto, os estudos acerca da criminalidade no Brasil, mesmo que escassos, ainda costumam generalizar a análise no âmbito nacional, observando da mesma maneira um vasto território, com culturas, tradições e até dialetos diversos.

O nordeste brasileiro é a região com mais Mortes Violentas e Intencionais (MVI) do Brasil. Observando o Anexo B deste Anuário da FBSP, percebe-se que entre o período de 2011 a 2017 a região Nordeste se manteve em primeiro lugar no *ranking* de MVI. Em 2018, a região Norte brasileira recebeu esse destaque, mas no ano seguinte, 2019, essa posição foi assumida novamente pela região Nordeste do Brasil.

O Estado de Pernambuco recebeu destaque em 2020, de acordo com dados FBSP (2020), ocupando o 5º lugar no *ranking* de estados com maiores taxas médias de MVI por 100 mil habitantes no Nordeste e o 8º no quadro nacional. Entretanto, de acordo com Júnior Nóbrega (2019), há uma marginalização do Nordeste nos estudos sobre criminalidade no Brasil, de maneira que replicam métricas utilizadas para o Sul e o Sudeste, pontuando que apesar de haver um comportamento similar, as causas diferem quando se analisa regiões norte e sul do país. Dessa maneira, o autor pontua que a pobreza e a desigualdade de renda (variáveis causais comumente utilizadas nessa área de estudo), não são determinantes para a criminalidade violenta na região nordestina, por ser historicamente uma realidade da região.

A sociedade enfrenta a violência cotidianamente desde os seus primórdios, e, apenas o medo que tal problema causa na população já é impulso suficiente para que isso seja combatido de maneira eficaz. Quando adicionamos a lógica econômica à essa problemática a situação fica ainda mais emergente por gerar consequências na produção, consumo e desenvolvimento da região. Para solucionar essa questão, o poder público investe grande parte dos recursos em medidas de segurança pública, gerando ainda um custo contínuo aos cofres públicos.

Apesar de disso, o estudo sobre a criminalidade violenta, seus efeitos, causas e consequências ainda é pouco difundido na literatura acadêmica brasileira. Ao se

direcionar aos dados sobre a criminalidade violenta, os pesquisadores ainda enfrentam a indisponibilidade completa de dados ou consideráveis taxas de sub registros, que dificultam também quantitativamente a realização da pesquisa.

No campo das Ciências Econômicas, conta-se com a Teoria Econômica do Crime de Gary Becker, publicado em 1986 no artigo intitulado “*Crime and Punishment: An Economic Approach*” e vencedor do prêmio Nobel, que baseia o início da Economia do Crime, área teórica que se enquadra este trabalho. Sendo os estudos posteriores complementos ou contrapontos à teoria de Becker.

Com a baixa adesão à temática no meio acadêmico e pouco apoio governamental no fornecimento de uma sólida e contínua base de dados, estudos nessa área são essenciais nas contribuições para mudanças de paradigmas dos recursos aplicados na segurança pública.

No que tange ao nordeste brasileiro, mais especificamente ao Estado de Pernambuco, este trabalho visa contribuir cientificamente para os avanços no conhecimento sobre violência e criminalidade em uma região ainda mais defasada no que se referem a estudos que busquem compreender esta temática em seu território.

A hipótese central deste ensaio é a de que existem efeitos espaciais na criminalidade entre os municípios do Estado, de modo a gerar concentração de altos e baixos índices de violência em municípios vizinhos e que a taxa de homicídios ou Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI) e a taxa de roubo ou Crimes Violentos Contra o Patrimônio (CVP) também possuem correlação espacial. Nessa conjuntura, a quantidade de homicídios de uma cidade não só pode ter relação com a quantidade de homicídio da cidade vizinha, mas também, pode ter interferência na quantidade de roubos na vizinhança territorial e vice-versa.

Para tanto, compreender essas conexões ressalta relevância da temática no que tange à aplicação eficaz dos recursos públicos de Pernambuco na busca pela redução da violência no Estado. A proximidade com o presente estudo se deu durante a graduação, ao ter acesso conceitual à Economia do Crime, a autora notou que a sua formação poderia contribuir para uma melhor aplicação dos escassos recursos dentro do território em que habita, auxiliando na proposição de soluções de uma grande problemática socioeconômica, uma vez tal questão afeta diretamente a pesquisadora como cidadã e passível de vitimização da violência no Estado de Pernambuco.

Nesse contexto, um dos grandes desafios do governo pernambucano têm sido aprimorar as políticas de segurança pública, visando a redução da violência e seus irrefutáveis

impactos na economia e no bem-estar da população do Estado. Com isso, a questão problema do estudo é: **identificar quais as possíveis correlações espaciais de criminalidade violenta nos municípios pernambucanos.**

Seu objetivo geral visa, portanto, analisar o comportamento da criminalidade violenta no Estado de Pernambuco, de maneira a permitir compreender se há correlação espacial entre os municípios do Estado de Pernambuco, possibilitando a identificação de *clusters* no território, de modo a contribuir para a potencialização de políticas direcionadas à segurança pública. Sendo os objetivos específicos: i) aplicar AEDE (Análise Exploratória de Dados) na base de dados sobre os Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI), fornecida pela SDS-PE (Secretaria de Defesa Social de Pernambuco), para os anos de 2014 a 2020; ii) aplicar AEDE (Análise Exploratória de Dados) na base de dados sobre os Crimes Violentos Contra o Patrimônio (CVP), fornecida pela SDS-PE (Secretaria de Defesa Social de Pernambuco), para os anos de 2014 a 2020; iii) aplicar AEDE (Análise Exploratória de Dados) bivariada com a taxa de crescimento do PIB per capita em dois cortes temporais: 2015 e 2018, como segunda variável de interesse.

Para tanto, este trabalho subdivide-se em cinco seções, sendo essa introdução a primeira; a segunda busca discorrer brevemente acerca da Teoria Econômica do Crime e suas contribuições para esta temática; a terceira visa apresentar o referencial metodológico da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), a ser aplicada neste trabalho; a quarta seção, busca apresentar os resultados e as discussões deles oriundas e, por fim; a quinta seção encerra o estudo a partir da apresentação das conclusões e contribuições futuras que poderão ser desenvolvidas para aprimorar os conhecimentos aqui apresentados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria econômica do crime

O estudo da intitulada “Economia do Crime” inicia-se com Gary Becker em 1986, a Teoria Econômica do Crime aborda o indivíduo criminoso como agente microeconômico que busca maximizar sua Utilidade e seu ganho financeiro. Dessa forma, o crime pode ser visto para esses indivíduos como meio de trabalho e sustento, por vezes, sendo percebido como única opção para não vivenciar a extrema pobreza. Sendo assim, assume os riscos inerentes à atividade ilegal fazendo uma escolha maximizadora e racional.

O trabalho vencedor do prêmio Nobel de economia em 1992, “*Crime and Punishment: An Economic Approach*”, de Gary Becker (1986), é fundamental para abordar o caminho de escolha econômica que leva à prática do crime. A avaliação da tomada de decisão está no custo e benefício de praticar atividades ilegais, de maneira que se a utilidade esperada no mercado ilícito for maior do que para as formas lícitas de obter renda, o indivíduo pode escolher alocar seus recursos na atividade criminosa. Ou seja, qualquer indivíduo é um criminoso em potencial, o que desmitifica a crença de que criminosos são pessoas que somente agem de má fé ou até que possuem transtornos psicológicos, ao pontuar que, em grande parte, se trata de uma decisão racional.

Segundo Becker (1986), há fatores positivos na escolha do mercado formal e legal de trabalho, como o salário e a renda. Contudo, há fatores negativos na participação no mercado ilegal como a punição e possibilidade de ser preso (atuação da polícia e do poder judiciário no combate à atividade criminosa), que interferem nessa escolha. A seguinte equação da renda do crime descreve a relação desses postulados como elementos do modelo desenvolvido por Glaeser (1999):

$$\text{Rendimento Líquido Esperado do Crime} = (1 - a)L - aJ - e \quad (1)$$

Onde, a representa a probabilidade de ser preso, sendo o valor esperado, portanto $(1 - a)L$, em que L é o saque realizado pelo criminoso. O custo de ser preso está representado por J , então o custo esperado pela punição é aJ , a probabilidade de ser preso vezes o custo disso. Os custos na prática do crime como o próprio esforço aplicado ou o estigma social é representado por e . Nessa conjuntura, Becker (1986) partindo do

pressuposto de que as leis não são cumpridas de modo integral em seu pleno rigor, ainda estudou uma quantidade ótima de aplicação de recursos e punições visando diminuir os custos sociais do combate ao crime. O economista defende que esses gastos não são suficientes, por isso, argumenta que direcionar esses recursos em multas para a família da vítima seja mais eficaz para compensação por parte do setor público, em comparação à prisão dos criminosos. Com base nisso, Maria (2012) analisa os gastos com segurança pública no Estado do Ceará nos anos de 2006 e 2010, constatando que apesar dos altos investimentos o Estado não conseguiu atingir resultados satisfatório na redução do crime.

Entretanto, a análise das razões que levam o indivíduo ao crime não deve se limitar à racionalidade do agente econômico, é necessário compreender as outras variáveis envolvidas. Segundo Ehrlich (1973), existe uma correlação positiva entre a desigualdade de renda e o crime contra o patrimônio, demonstrada na obra *“Participation in Illegitimate Activities: A Theoretical and Empirical Investigation”*. Esse resultado também foi obtido por Fajnzylber, Lederman e Loayza (1998), ao analisarem as taxas de homicídio e roubo de vários países no período de 1970 à 1994, concluíram que a desigualdade de renda aumenta os índices de crime, bem como, que os efeitos repressivos (ações policiais ou encarceramento) são significativos ao controle da criminalidade.

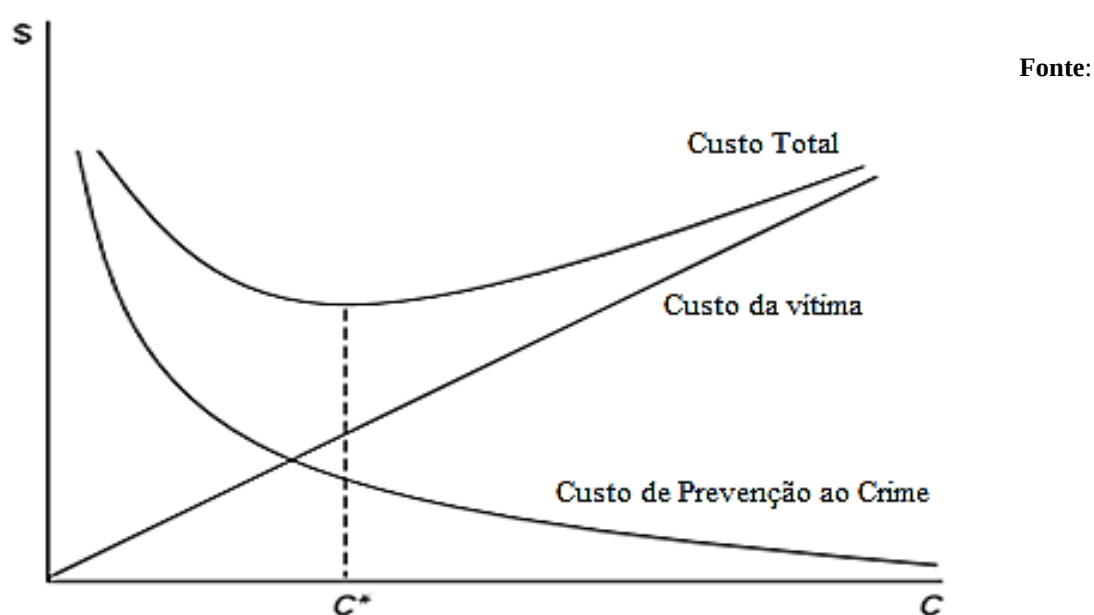
A publicação de Isaac Ehrlich (1973) ainda propõe analisar a escolha econômica do crime pelos incentivos do mercado, ao investigar os efeitos da distribuição de renda, o trabalho do autor se diferencia de Becker (1986) porque apresenta uma função de oferta de crimes como pressuposto de escolha entre atividade lícita e ilegal. A função de oferta de crimes pode ser representada dessa maneira:

$$O = o(p, f, w_i, w_l, u, \pi) \quad (2)$$

Onde, p representa a possibilidade de ser preso e condenado, f a própria pena ou punição imposta ao crime, w_i os rendimentos das atividades ilegais, w_l rendimentos provenientes das atividades legais, u desemprego e π outras variáveis que podem interferir individualmente na decisão (como a educação, moradia, entre outros). Nesse caso, a agente faz sua escolha relacionado aos custos de oportunidade de cometer o crime, do nível de renda, a empregabilidade e as chances de punição. Com isso, a desigualdade econômica eleva a criminalidade, principalmente no que tange as taxas de CVP, por afetar diretamente o custo de oportunidade de cometer o crime (Ehrlich, 1973).

O aparato estatal não dispõe de recursos suficientes para um nível nulo de violência (Mariano, 2010). Dessa forma, existe também a função de demanda agregada do crime que apresenta um nível ótimo que minimiza os custos com segurança pública, já que a quantidade desastrosa de recursos para atingir o nível zero não compensaria o bem estar social na inexistência de violência. O modelo da Teoria Econômica do Crime dos gastos ideias na prevenção do crime mostra C^* como ponto socialmente ótimo de crime, o qual é associado ao menor custo geral.

Figura 2: O nível socialmente ótimo de crime



Brueckner, 2011. Adaptado pela autora.

Na figura temos a relação entre o crime (C) e o custo da força policial (\$), como tal custo reduz a criminalidade essa relação é inversa, a curva de custos de prevenção ao crime (*crime prevention costs*) com inclinação para baixo indica essa relação. Nota-se na figura que à medida que o crime diminui os custos de prevenção crescem à taxas crescentes, indicando que sucessivas quedas da criminalidade exigem medidas cada vez mais difíceis e onerosas. A segunda curva, *victim costs*, mostra o custo da criminalidade para as vítimas, numa representação de suas perdas monetárias. A curva custo-vítima é representada como linear, indicando que o aumento no crime gera o mesmo aumento de custo para a vítima. Assim, essas duas curvas geram a terceira, plotando a soma vertical de ambas, obtêm-se os custos totais em diferentes níveis de crime (*overall cost*). O ponto

ótimo de criminalidade é justamente o ponto onde se encontra o custo total mínimo, embora quanto menor o nível de criminalidade para a sociedades avançar na atingir os extremos da curva de custo total não é justificável pelo benefício do crime no nível zero.

Considerando que os motivos que levam as pessoas a cometer atividades ilegais, existem outros fatores além da renda, custo de oportunidade e a punição que interferem na decisão como os princípios éticos e fatores psicológicos. Nessa perspectiva, Block e Heineke (1975), criticam os estudos de Becker (1986) e Ehrlich (1973), de maneira que eles acrescentam a distribuição do tempo como parte da decisão. Ao se alocar o tempo em duas possibilidades de atividades, a legal ou a ilegal, ambas gerando riqueza, a função utilidade do indivíduo se dá através do tempo alocado na geração de renda, da seguinte maneira:

$$U = U (L, T, W) \quad (3)$$

Onde U é a função utilidade e W a riqueza, L e T os aspectos éticos e morais, de maneira que $U_W > 0$; $U_L < 0$ e $U_T < 0$. Ou seja, a riqueza tem comportamento positivo e diretamente proporcional na função enquanto a ética e moral influência negativa ou inversa, em outras palavras, quanto maiores L e T maior é a tendência de se escolher a atividade legal e se quanto menores forem tais princípios maiores as chances de escolha pela atividade ilegal. Block e Heineke (1975) ainda acrescentam em seu estudo que a punição ao criminoso não é só a prisão ou multa, mas também os efeitos psicológicos de ter cometido um crime. Dessa maneira, Cerqueira e Lobão (2004) apontam que a oferta agregada do crime deveria conter preferências multifatoriais, que incluíssem os fatores éticos e psicológicos e não somente a renda. Ainda nesse contexto, de maneira inovadora Zhang (1997) faz sua contribuição à teoria econômica do crime, através do seu modelo que demonstra o papel dos programas sociais na redução do crime e violência. Isso porque, fornece aos indivíduos marginalizados socialmente uma renda que lhes permitem pensar além da sobrevivência, ampliando as escolhas de alocação do tempo individual em atividades que geram riqueza.

Levitt (1995), foi então pioneiro ao observar que os gastos com policiais só aumentassem e geravam efeitos na redução da criminalidade em épocas eleitorais, quando políticos buscam sua reeleição. Apesar da maioria dos estudos na Teoria Econômica do Crime serem norte-americanos, há importantes publicações brasileiras recentes, dentre algumas que já foram citadas. É válido pontuar Andrade e Lisboa (2000) que analisaram a evolução das taxas de homicídios nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São

Paulo entre 1981 e 1997 com algumas variáveis econômicas. Ao calcular a possibilidade de morte dos homens dos 15 aos 40 anos de idade, gerou uma base de dados que permitiu identificar o “efeito inércia” da criminalidade no Brasil. Em outras palavras, o nível de violência vivenciada por uma geração tende a se perpetuar nas gerações seguintes. Cerqueira e Lobão (2004) também trazem o histórico criminal do agente como impulsionador para que se continue a praticar crimes já que a reinserção no mercado de trabalho legal é extremamente penosa devido o preconceito da sociedade.

2.2 Criminalidade violenta no Estado de Pernambuco

O cientista político José Maria Pereira da Nóbrega Júnior (2009), aborda na sua publicação “Homicídios em Pernambuco: Dinâmica e Relações de Causalidade” na Coleção Segurança com Cidadania do Ministério da Justiça e Segurança Pública, a afirmativa de que os estudos brasileiros da criminalidade analisam a região nordeste com as mesmas métricas utilizadas para as regiões sul e sudeste. No que tange a criminalidade violenta as variáveis determinantes não seriam pobreza e desigualdade, por serem fatores comuns à realidade nordestina há décadas de história.

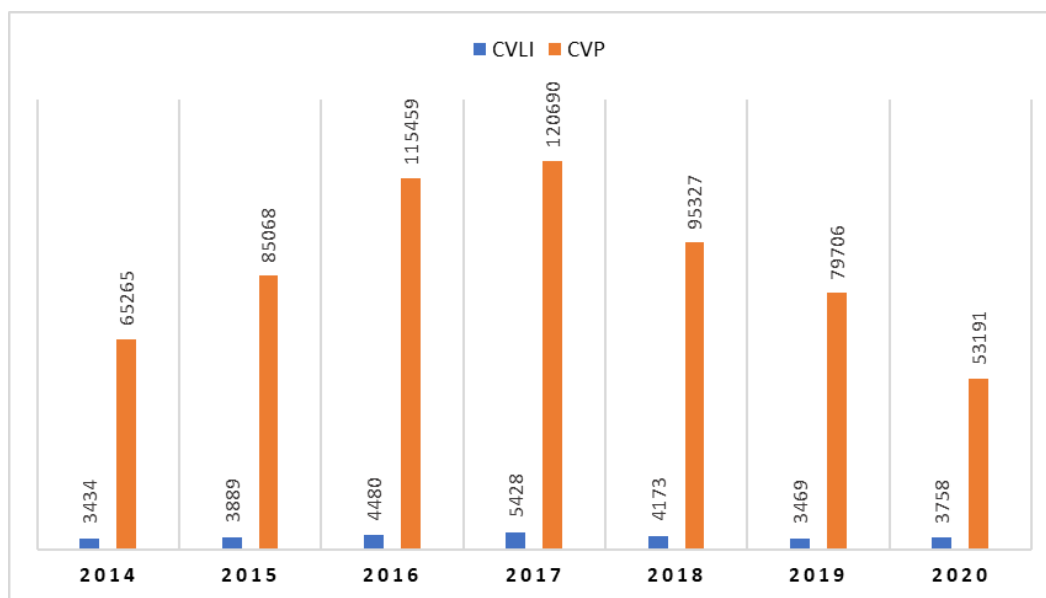
Conforme a regulamentação da Portaria nº 357/Gab/SDS, de 08 de março de 2010, as mortes violentas intencionais em Pernambuco deverão ser catalogadas nas seguintes categorias:

- I. Atividades Criminais - Homicídios vinculados a outras atividades criminais e desvios sociais (entorpecentes/ drogas, acerto de contas, queima de arquivo, disputa de gangues, rixa/galera, grupo de extermínio, pistolagem, interesse financeiro, envolvimento com corrupção/tráfico de influências, crime organizado);
- II. Conflitos na Comunidade - Homicídios vinculados a conflitos, disputas ou situações de intolerância entre vítimas e autores, no âmbito da esfera pública (comunitária) das relações sociais (vingança pessoal, rixa, discussão entre vizinhos, discussão por embriaguez, discussão de trânsito, discussão em outras circunstâncias, conflito agrário, político, religioso, racismo, homofobia);
- III. Conflitos Afetivos ou Familiares - Homicídios vinculados a conflitos no âmbito da esfera privada das relações sociais. Caracterizam-se pela presença de laços afetivos ou familiares entre vítimas e autores (passional, briga intra-familiar);
- IV. Crimes contra o Patrimônio Resultantes em Morte - Mortes violentas intencionais motivadas pelo cometimento de crimes violentos contra o patrimônio – CVP (roubo, extorsão mediante sequestro, sequestro por engano);
- V. Excludente de Ilícitude - Mortes violentas intencionais que poderão ser consideradas excludente de ilicitude por Juiz (enfrentamento com a polícia, reação de um cidadão a um delito);
- VI. Outras Motivações (bala perdida, engano, crime sexual, seita satânica ou ritual satânico, enfrentamento com criminoso, outros);

VII. A Definir - Caso de morte violenta intencional em que o policial responsável pela sua investigação não definiu ainda nenhuma das categorias de motivação elencadas nos itens anteriores como hipótese mais provável do crime, (PERNAMBUCO, 2010).

Tais categorias referem-se à CVLI, Crimes Violentos Letais e Intencionais, ou seja, homicídios com intenção de matar (homicídio doloso, nos termos jurídicos). Já à CVP, Crime Violentos contra o patrimônio, como citato na categoria IV, trata-se de “roubo, extorsão mediante sequestro, sequestro por engano”. De maneira ampla, este trabalho irá estudar essas duas modalidades de crime violento, os homicídios e roubos, dentro do território pernambucano. É válido pontuar a diferença dentro do campo judicial nos conceitos de furto e roubo, o primeiro é a subtração de um objeto alheio, já o roubo é mais grave, porque há subtração com ameaça ou violência. Na figura abaixo, pode-se observar o comportamento geral dos homicídios e roubos ao longo dessa série histórica, nota-se uma grande diferença entre os níveis de CVP (Crime Violento contra o Patrimônio) do que os níveis de CVLI (Criminalidade Violenta Letal e Intencional), já que roubo é o tipo de crime violento com mais rentabilidade de curto prazo.

Figura 3: Evolução da Criminalidade Violenta Letal e Intencional e dos Crimes Violentos Contra o Patrimônio em Pernambuco (2014-2020)

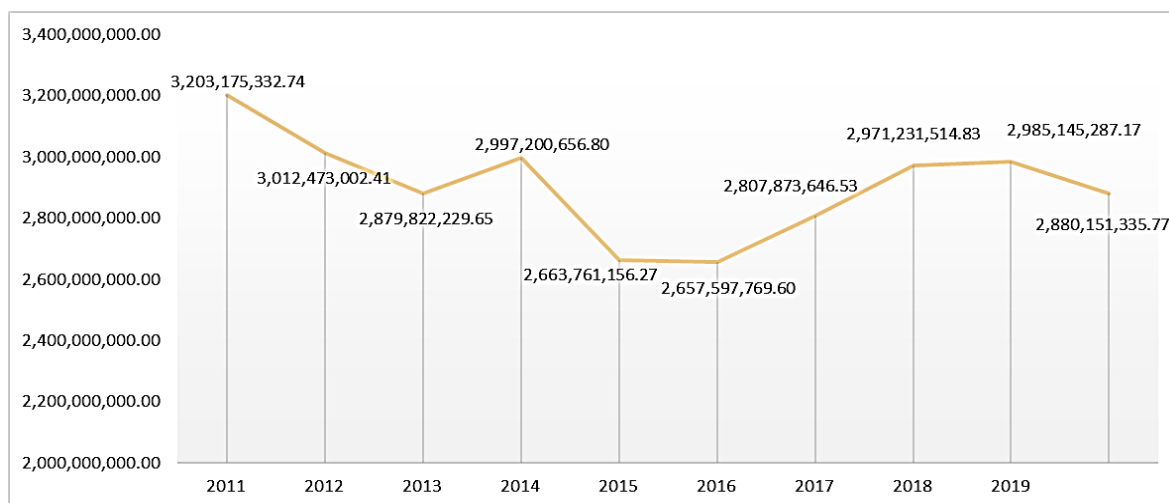


Fonte: Elaboração própria a partir de dados Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco, 2021.

Além dos efeitos na economia da criminalidade violenta já citados, outro aspecto também é essencial para entender os efeitos econômicos do crime. Os gastos governamentais no combate ao crime se toda cada vez maior a medida que se alcança quedas nos níveis de criminalidade (tal explicação será abordada no Referencial Teórico),

dessa maneira, é extremamente importante alocar esses recursos da melhor maneira possível, visando políticas públicas mais eficientes. A Figura abaixo mostra a evolução dos gastos com Segurança Pública do Estado de Pernambuco nesse período. Apesar da tendência de queda que se nota no final da série, é perceptível uma grande variação ao longo dos anos, não havendo um comportamento contínuo.

Figura 4: Despesa per capita realizada com a Função Segurança Pública em Pernambuco (2011-2019)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do 15º Anuário Brasileiro da Segurança Pública, 2020.

2.3 Análise Espacial na Ciência Econômica

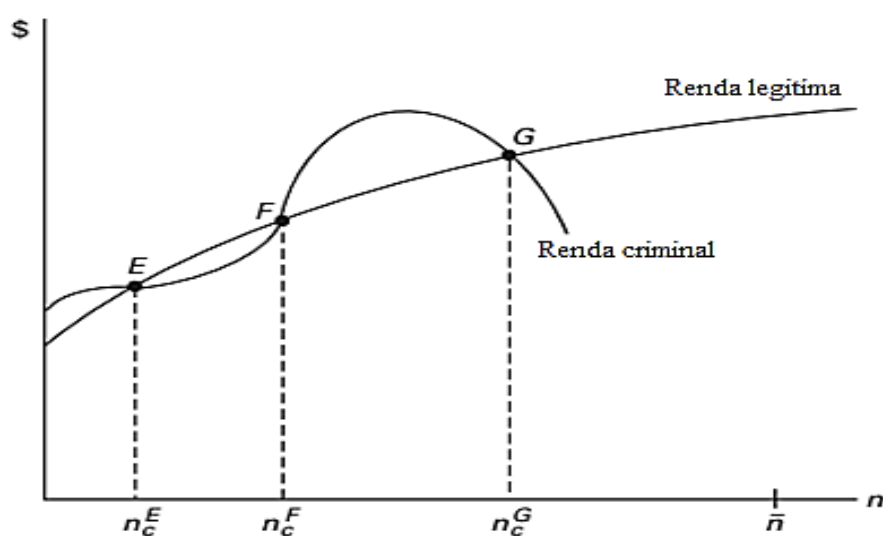
A econometria espacial é o ramo da econometria (aplicação de técnicas matemáticas e estatísticas na teoria econômica) que propõe testar e prever modelos teóricos, só que incorpora os efeitos espaciais do território em estudo. Ou seja, trata-se da econometria com adicional do espaço geográfico como variável na análise. Os chamados “efeitos espaciais” são divididos em: dependência espacial (quando a interação entre as regiões gera dependência nos *cross-section* ou seções transversais paralelas) e heterogeneidade espacial (ocasionado por erro de medida dos dados ou má especificação do modelo). Sendo assim, a Análise Espacial (A.E.), implica que os eventos ocorridos em um lugar podem afetar outros (efeito de transbordamento).

Os estudos da economia do crime têm utilizado da Análise Espacial, buscando identificar e medir os efeitos espaciais da criminalidade nos municípios, estados e regiões. Através de regressões espaciais pesquisadores também analisem as variáveis causais para o padrão de criminalidade nas regiões. Bondezan, Cunha e Lucas (2020), ao analisar as taxas de homicídio no território do Estado do Paraná através da Econometria Espacial e

AEDE (Análise Exploratória de Dados Espaciais), concluíram que os índices de assassinato se concentram na região metropolitana do estado paranaense, ou seja, que a distribuição da criminalidade violenta não é aleatória no espaço geográfico. Souza Sá (2019) ao aplicar AEDE nos índices de homicídios e roubos no ano de 2016 do território pernambucano, constatou que há *clusters* (ou grupos, aglomerados) de criminalidade Região Metropolitana do Recife (RMR), agreste e sertão, com efeitos de transbordamento.

Para entender o princípio por traz da aplicação da análise espacial no modelo da teoria econômica do crime (Figura 1), é preciso pontuar o equilíbrio múltiplo do crime e observar as concentrações espaciais ao se adicionar alguns fatores. De início, supõe-se que o modelo possa ser aplicado à diferentes bairros de uma mesma cidade, sem seguida, percebe-se que os criminosos dos bairros vizinhos começam a concorrer entre si. De maneira que, se cada bairro tem uma determinada renda fixa disponível para os criminosos quanto mais agentes ativos no crime menor será a quantidade de renda que eles conseguem tirar. Ou seja, a renda criminal é menor quando se tem mais criminosos, isso é chamado de fenômeno de “congestionamento”. Para a polícia, o fenômeno de congestionamento tem efeito inverso, quanto mais criminosos ativos a probabilidade de prender um é menor. Dessa maneira, quando n_c (número de criminosos) aumenta a probabilidade de apreensão a cai, o que tende a aumentar a renda do crime à medida que n_c cresce, um efeito oposto ao congestionamento do lucro obtido na atividade. Supõe-se, portanto, que ambos os efeitos geram a curva de renda criminal (*criminal income*) da figura abaixo:

Figura 5: Múltiplos equilíbrios na renda criminal



Fonte: Brueckner, 2011. Adaptado pela autora.

A curva, nesse caso, cruza três vezes a curva de renda legítima (*legitimate income*): E, F e G, que representam diferentes momentos de equilíbrio de criminosos e trabalhadores legítimos na vizinhança. O ponto F de intersecção é um ponto instável à pequenas perturbações, então supomos que a vizinhança esteja em equilíbrio F, onde a quantidade de criminosos é de 1 até n_C^F e a renda criminal, nesse ponto, é a altura h até a curva de renda criminal em n_C^F com cada criminoso feliz com sua escolha. Da mesma maneira, cada trabalhador legítimo também está feliz com sua escolha, ganhando mais do que h . Entretanto, suponha que alguns dos trabalhadores alguns dos trabalhadores um pouco acima de n_C^F mudassem, por diversas possibilidades de razões, para atividades criminosas. Como logo acima de F, a curva de renda criminal está acima da renda legítima logo os indivíduos descobririam a renda maior e migrariam cada vez mais para atividade criminosa, até que o ponto de intersecção G fosse atingido.

No G, todos voltam a estar satisfeitos com suas escolhas, mas, suponha que, mais uma vez, alguns trabalhadores lícitos com valores índice logo acima de n_C^G voltam à atividade criminosa. Tais agentes vão se arrepender da migração de atividade porque, do lado direito de G, a curva de renda legítima é maior do que a criminal, logo, estariam ganhando mais na posição original e assim, voltam à atividade legal. De maneira similar, a mesma estabilidade é observada no ponto E, é importante salientar, que a característica de estabilidade em E e G é que a curva da renda do crime cruza a curva de renda legítima de cima para baixo, no ponto instável F, a curva de renda criminosa corta por baixo. O resultado são dois equilíbrios estáveis na vizinhança, sendo que o ponto E tem uma quantidade menor de criminosos, enquanto G tem muitos criminosos e crimes. Sendo que dois bairros com curvas de rendas idênticas podem estar em um dos dois diferentes pontos de equilíbrio podem e, sendo assim, podem ter uma considerável diferença no nível de criminalidade, como muitas vezes acontece na vida real.

Nesse contexto, a questão que ficou é como isso aconteceria e percebeu-se que uma ação em um bairro pode interferir no outro, por exemplo, suponha que ambos estão em um ponto de equilíbrio com baixa criminalidade (como no ponto E). Se os trabalhadores legítimos de um dos bairros forem persuadidos pelos criminosos, por meio da amizade sem incentivos financeiros, a trocar de atividade. Se um determinado número de trabalhadores legais tenta a vida do crime, o número de criminosos poderia ser deslocado para a direita de F, onde mais trabalhadores legítimos teriam incentivo para mudar. As famílias desfavorecidas podem se afastar dos efeitos do aumento da

criminalidade indo morar em outra região, podendo encontrar melhores ofertas de emprego e escolas. Mas, as relações sociais do bairro podem aproximar indivíduos dos criminosos os levando a atividades criminosas ao invés de empregos legítimos. Tais efeitos das relações sociais também podem explicar as diferenças entre bairros semelhantes, como foi apresentado por Zenou (2003). O autor, baseado no modelo mais complexo de Glaeser et al. (1996), mostra que nível de criminalidade é influenciado mais pelo comportamento ou influência dos outros do que em decisões isoladas.

Sendo assim, de uma localidade aumenta suas despesas no combate ao crime, estimula os criminosos daquela região a migrarem para outra localidade, devido a maior probabilidade de ser punido se permanecer atuando no mesmo local. Isso resulta no aumento do crime no local que recebe esses criminosos. Contudo, o poder estatal não leva esse efeito em consideração na alocação de recursos e acaba gastando mais do que o que seria suficiente para ter o mesmo efeito de redução da criminalidade. Nesse contexto, pode-se mencionar Fajnzylbe e Júnior Araújo (2000), com a publicação “Crime e economia: um estudo das microrregiões mineiras”, demonstram as tendências longitudinais e espaciais da criminalidade no Estado de Minas Gerais. Através de métodos econométricos chegaram a diversas conclusões como: mais educação implica em menores taxas de crimes contra a propriedade; a desigualdade de renda está mais associada ao homicídio do que ao roubo e que mais jovens na população indica maiores taxas de crime.

3. METODOLOGIA

Para identificar os efeitos espaciais da criminalidade no Estado pernambucano utilizou-se todos os seus 185 municípios catalogados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Vale ressaltar que havia 186 municípios catalogados, porém, constatando uma observação empírica e estatística retirou-se o arquipélago de Fernando de Noronha, dado que por se tratar de uma ilha com domínio territorial de Pernambuco, sua característica remota causa interferência na relação espacial do Estado por não fazer divisa com nenhum outro município. Dessa maneira, para efeito de análise espacial mediante correlação entre municípios vizinhos, Fernando de Noronha causava grande interferência inviabilizando os resultados.

3.1 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Segundo Almeida (2012), a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) objetiva o estudo de modelos econométricos-espaciais que estão sujeitos dependência e heterogeneidade espacial. Em outras palavras, os dados com padrões espaciais que geram agrupamentos (chamados de *cluster*) ao longo da base de dados. Utiliza-se, portanto, a AEDE para “descrever e visualizar distribuições espaciais, identificar localidades atípicas (outliers espaciais), descobrir padrões de associação espacial (clusters espaciais) e sugerir diferentes regimes espaciais”, (ANSELIN, 1999, p. 258 *apud* ALMEIDA, 2012). O autor ainda ressalta que para realizar a AEDE, de início, é necessário testar a distribuição aleatória dos dados espaciais, ou seja, perceber se as observações de uma região não dependem dos valores das regiões vizinhas.

Para realizar a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) é necessário escolher uma matriz de ponderação espacial (W) para captar os efeitos de contiguidade, por pressuposto, regiões vizinhas interagem mais. Os pesos espaciais mais utilizados na literatura são Torre (*rook*), onde a contiguidade da vizinhança é apenas nas diagonais e Rainha (*queen*) que considera todo o entrono vizinho como um raio em circunferência, (Almeida, 2012). Com isso, para se construir a autocorrelação espacial são necessários: uma medida de auto covariância, uma de variância dos dados e uma de matriz de ponderação espacial (W). Nesse sentido, o primeiro coeficiente de autocorrelação que

surgiu na literatura foi proposto por Moran (1948), conhecido como Estatística I de Moran e expresso algebricamente da seguinte maneira:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (4.1)$$

Ou matricialmente:

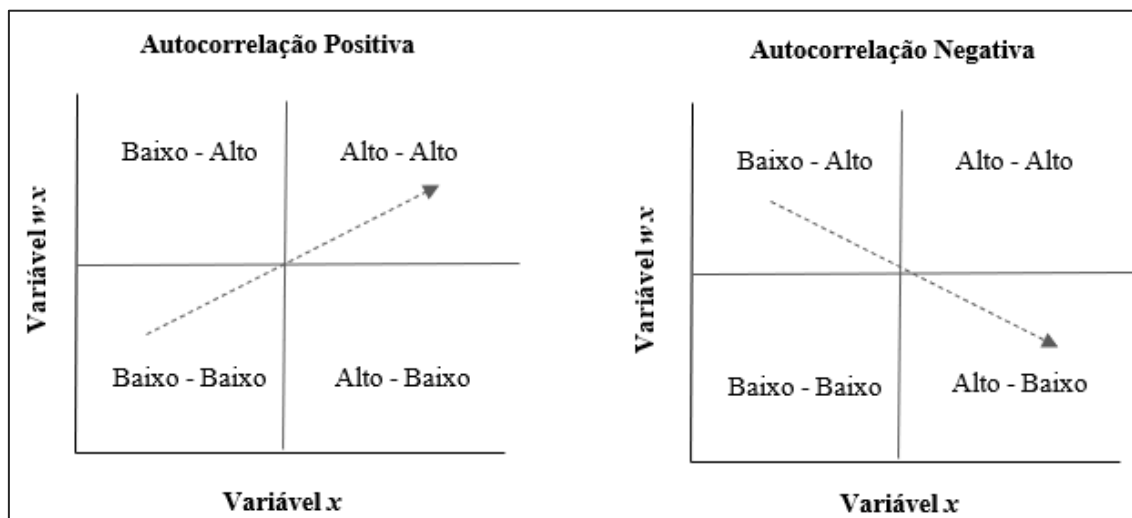
$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z' W z}{z' z} \quad (4.2)$$

Onde, n é o número de regiões, z representa os valores da variável de interesse padronizada, Wz , a média de z nos vizinhos definidos de acordo da matriz de ponderação espacial W . Um elemento dessa matriz W , que se refere as regiões i e j , é representado por W_{ij} . O termo S_0 é igual à operação $\sum \sum w_{ij}$, indicando a soma de todos os elementos da matriz de pesos espaciais (ou de ponderação espacial) W que dever ser realizada. A partir disso, percebe-se que se o termo S_0 , ou seja, o duplo somatório da matriz de pesos espaciais for normalizado na linha, resulta em n . De maneira que a equação pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$I = \frac{z' W z}{z' z} \quad (4.3)$$

A estatística crítica de Moran: $c = [1/(n - 1)]$, onde n é o número de observações, seria o valor obtido se não houvesse padrão espacial nos dados, conforme demonstrado por Cliff e Ord (1981), sob hipótese nula de aleatoriedade espacial sendo testada. Dessa maneira, a autocorrelação espacial positiva ocorre quando o c é maior que o I de Moran Global, havendo, portanto, similaridade de valores. Já valores de I menores do que o valor esperado c , indicam uma autocorrelação negativa. A autocorrelação positiva indica que os valores altos estão cercados por valores altos, bem como, os valores baixos cercados por também valores baixos, demonstrando **concentração de dados**. Já a autocorrelação negativa indica uma relação inversa, onde os valores altos estão cercados por valores baixos e vice-versa, o que demonstra **dispersão dos dados**. Para ilustrar essa relação pode ser utilizado o Diagrama de Dispersão de Moran, apresentado abaixo:

Figura 6: Dispersão Moran Univariada



Fonte: Almeida (2012), adaptado pela autora.

No diagrama, a variável de interesse está no eixo x e a desfasagem espacial da variável no eixo y (ALMEIDA, 2012). A reta é estimada a partir de uma regressão linear por mínimos quadrados ordinários (MQO), técnica basilar da econometria. Dessa forma, os resultados são observados em quatro quadrantes: no 1º Quadrante encontra-se as autocorrelações do tipo Alto-Alto (AA), as regiões que se encontram nesse espaço apresentam valores altos da variável de interesse e são rodeados por regiões também com valores altos; no 2º Quadrante estão os *clusters* das regiões que apresentam baixo valores da variável de interesse mas estão rodeados por unidades com altos valores, a autocorrelação Baixo-Alto (BA); o 3º Quadrante contempla o agrupamento do tipo Baixo-Baixo (BB), onde das unidades que apresentam baixo valor na variável de interesse são circundados por regiões também com baixos valores; por fim, o 4º Quadrante, corresponde aos *clusters* das regiões com altos valores da variável de interesse mas ficam rodeados por regiões com baixos valores, sendo o agrupamento do tipo Alto-Baixo (AB).

Contudo, a análise global pode distorcer os resultados de dependência espacial, embora ainda forneça resultados interessantes, pode acabar escondendo determinadas particularidades das regiões em estudo. Com isso, para se obter uma análise mais adequada às especificidades das regiões foi elaborado a estatística de autocorrelação espacial **local**, os chamados indicadores LISA (sigla em inglês para “Indicador Local de Associação Espacial”), foram desenvolvidos para identificar padrões locais de autocorrelação espacial. De acordo com Almeida (2012), o coeficiente I de Moran Local

realiza uma decomposição do indicador global de autocorrelação, com a contribuição das quatro categorias (AA, BB, AB e BA) correspondentes aos quadrantes do diagrama de dispersão de Moran, a equação do Indicador de Moran Local Univariado, ou seja, para uma variável y local, pode ser expressa como:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^j W_{ij} Z_j \quad (5)$$

Onde I_i só corresponde aos vizinhos da observação i , definidos a partir da matriz de pesos espaciais. De maneira que para que I_i seja um indicador LISA, o somatório dos indicadores locais precisa ser equivalente ao indicador global correspondente, de acordo com um fator de proporcionalidade, (ANSELIN, 1995).

- Autocorrelação Espacial Bivariada

É possível ainda, obter no estudo da AEDE (Análise Exploratória dos Dados Espaciais), autocorrelações globais e locais bivariadas, ou seja, para duas variáveis de interesse. Intuitivamente, o objetivo pode ser visto como sendo descobrir se o valor de uma variável está espacialmente relacionado com os valores da outra variável nas regiões vizinhas, Almeida (2012). A equação que mostra essa relação pode ser vista a seguir:

$$I^{Z_1 Z_2} = \frac{Z_1' W Z_2}{Z_1' Z_1} \quad (6)$$

Onde Z_1 é uma variável de interesse e Z_2 representa a outra variável, com defasagem na região vizinha e W como matriz de pesos espaciais. Segundo Anselin et al. (2003), essa estatística indica o grau de associação linear, seja positiva ou negativa, entre o valor para uma variável dada região i e a média de outra variável nas regiões vizinhas j . O diagrama de dispersão do índice de Moran bivariado (Equação 6), possui a mesma formatação já demonstrada para o índice univariado (Figura 5), com os mesmos quatro quadrantes nas mesmas posições. A única diferença, contudo, se encontra no eixo y , que ao invés da defasagem espacial da mesma variável x , vai representar a defasagem espacial da outra variável, ou seja, os valores da segunda variável observados nas regiões vizinhas. De maneira similar, também é possível obter um índice de autocorrelação espacial local multivariado, supondo duas variáveis de interesse Z_1 e Z_2 , a equação do I de Moran local bivariado pode ser representada como, Almeida (2012):

$$I_1^{Z_1 Z_2} = Z_{1i} W Z_{2i} \quad (7)$$

Em que Z_{1i} é uma variável de interesse de WZ_{2i} é a defasagem espacial da segunda variável de interesse Z_{2i} na região vizinha. De maneira que somente os vizinhos da observação i , são incluídos no cálculo. Similarmente ao que ocorre na análise univariada, é possível uma visualização geográfica do nível de concentrações dessas variáveis, ao combinar o diagrama de Moran bivariado com o mapa lisa de significância, obtendo-se o mapa de clusters.

3.2 Descrição dos dados e variáveis

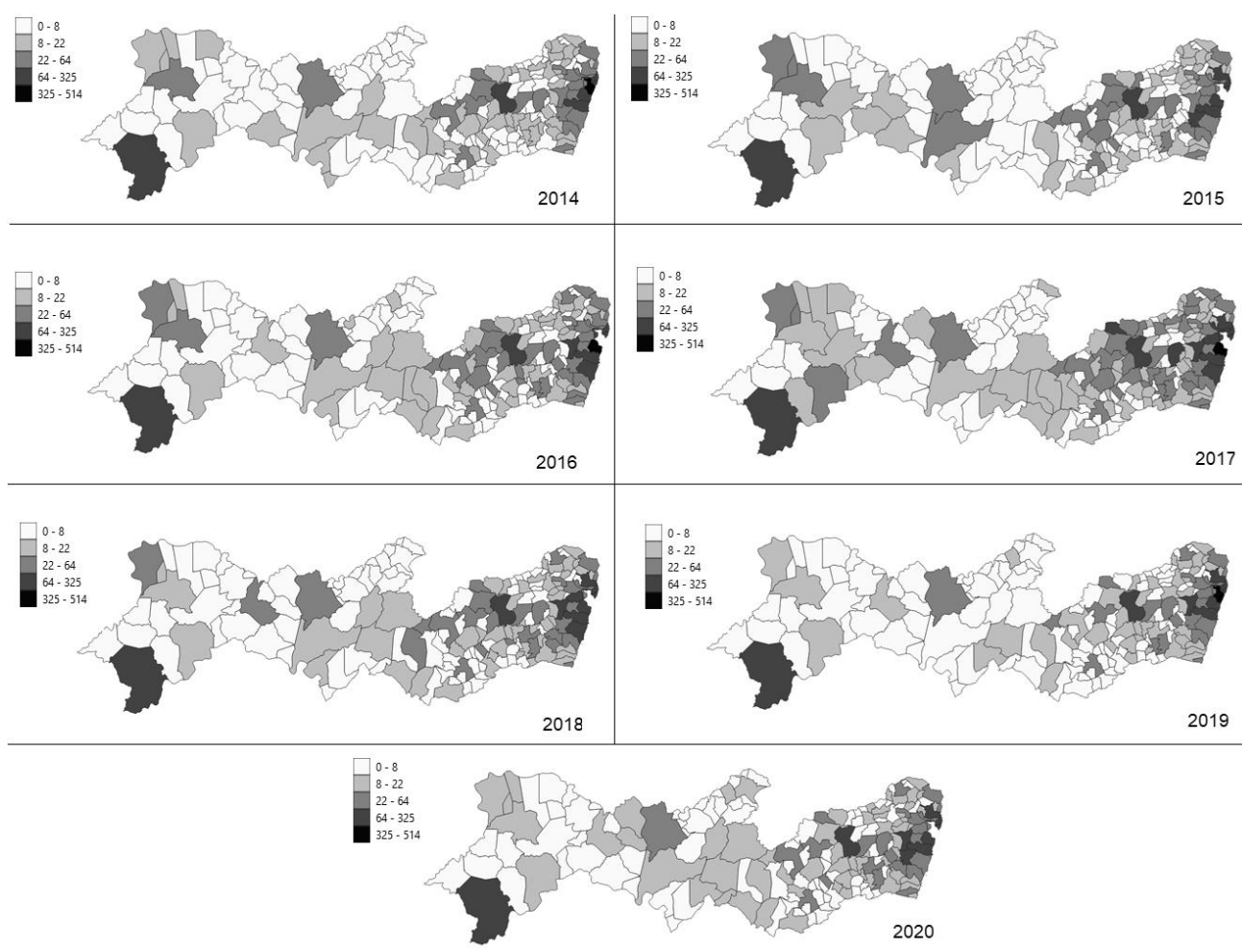
Análise quantitativa e exploratória com dados secundários coletados no *website* do SDS-PE (Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco), para se fazer a aplicação de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), um método econométrico para identificar padrões espaciais nos dados. As variáveis que indicam a criminalidade na base de dados são: Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI) e Crimes Violentos contra o Patrimônio (CVP). Ou seja, os valores de CVLI referem-se aos homicídios ocorridos no período total de 2004 a 2021, e CVP aos roubos de 2014 a 2021. Devido a defasagem de 10 anos nos dados de CVP, nessa base de dados, optou-se por conter a análise com início em 2014 e fim em 2020. Porém, os resultados do último ano são observados com cautela, uma vez que a pandemia de covid-19 que teve o isolamento social como principal medida de controle, atingiu seu ápice em 2020, o que alterou, assim como tantas outras variáveis, os padrões de violência na sociedade.

As variáveis dependentes correspondem, portanto a Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI) e Crimes Violentos contra o Patrimônio (CVP) em taxas relativas à população (por 1000 habitantes), o que é de extrema importância para se atingir resultados menos enganosos dessa relação entre as variáveis de interesse e o espaço. De maneira que, caso não se utiliza as taxas de criminalidade os dados refletem a dependência espacial da população e não do crime. Por fim, na análise bivariada, optou-se por mostrar o comportamento em dois momentos da série, os anos de 2015 e 2018, a partir da taxa de crescimento deflacionada do PIB per capita municipal. Tal decisão foi necessária devido os valores do PIB (Produto Interno Bruto) para o ano de 2019 ainda não terem sido divulgados pelo IBGE, até o encerramento desse trabalho, o que inviabilizou o estudo do ano de 2020 na AEDE bivariada. Com isso, escolheu-se dois momentos em pontos distintos da série para demonstrar tais relações em dois momentos diferentes.

4. RESULTADOS

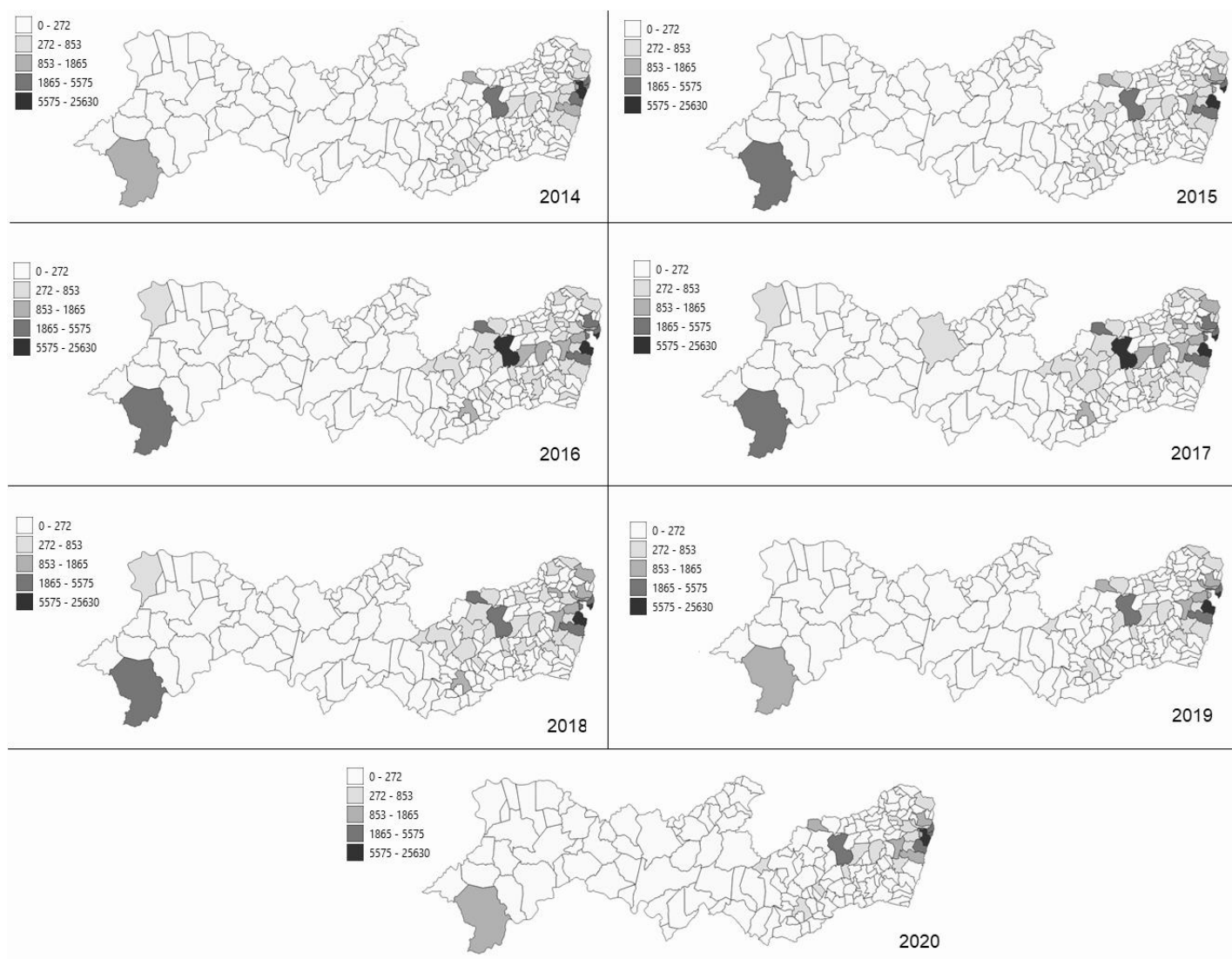
Inicialmente, exibe-se a distribuição espacial das taxas de Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI) e Crimes Violentos contra o Patrimônio (CVP) no Estado de Pernambuco de 2014 a 2020, respectivamente as Figuras 6 e 7. Nesse caso, as áreas mais escuras indicam os municípios com as maiores taxas de violência, bem como, as áreas mais claras são as menos violentas. É perceptível já nesse momento que as regiões com tonalidades parecidas estão mais próximas. Entretanto, ALMEIDA (2021) ressalta o viés que essa maneira de análise pode trazer confiando apenas na visão humana. Sendo assim, realiza-se à metodologia AEDE (Análise Exploratória de Dados Espaciais) para identificar a autocorrelação espacial que certifica a existência ou não da interferência de uma cidade em outra.

Figura 7: Distribuição da Criminalidade Violenta Letal e Intencional para o Estado de Pernambuco, 2014-2020.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, 2021.

Figura 7: Distribuição da Criminalidade Violenta contra o Patrimônio para o Estado de Pernambuco, 2014-2020.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, 2021.

A partir da metodologia aplicada, os *clusters* obtidos para a variável Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI), do ano de 2014 a 2020, são apresentados em ordem cronológica, (Figura 8). Uma grande parte das cidades não possuem autocorrelação espacial significantes e estão na cor cinza, são principalmente cidades com menores níveis populacionais e territoriais, mas principalmente, com menores rendas tais variáveis diminuem o incentivo para a atividade criminosa em tais municípios².

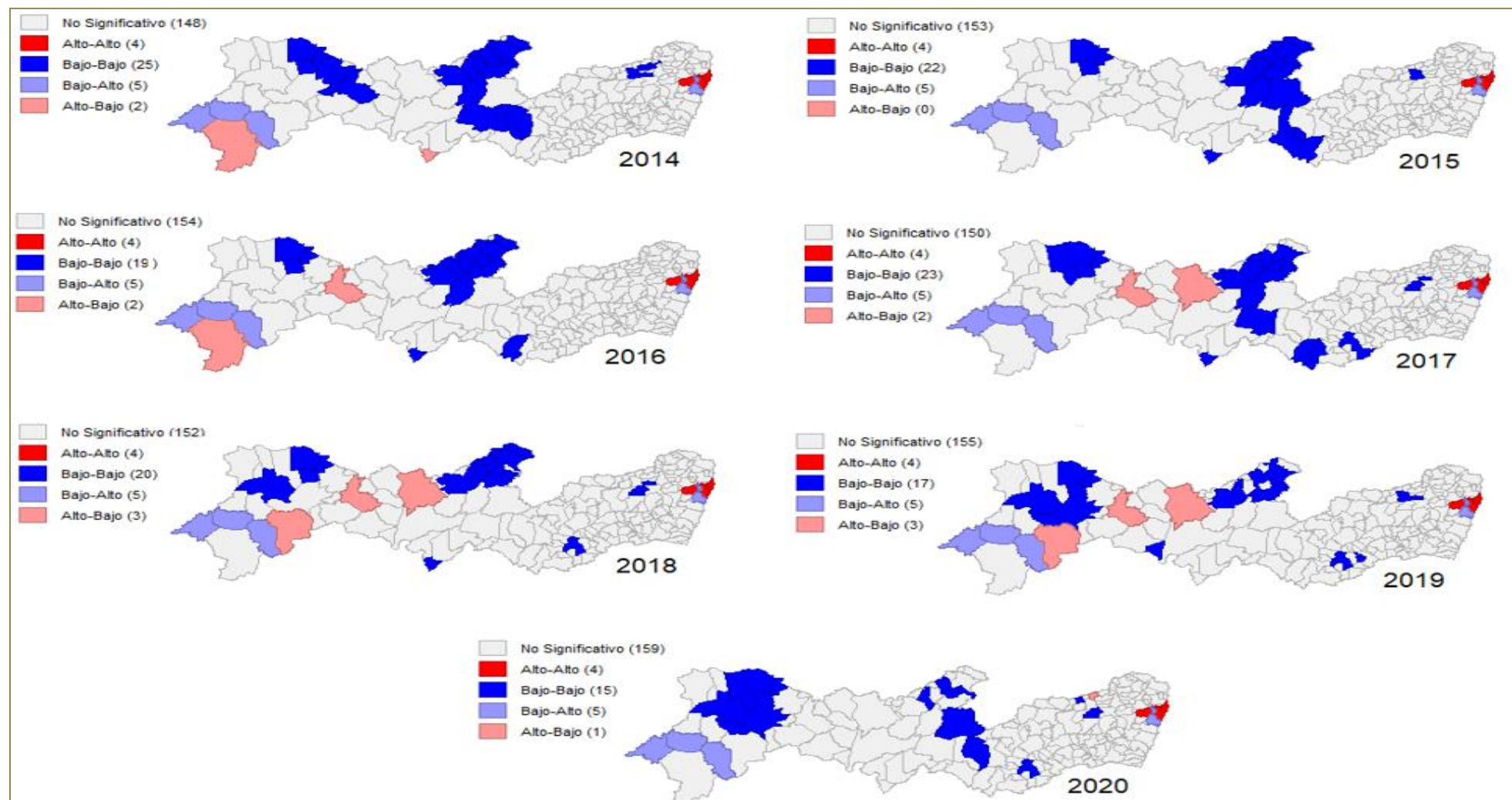
² Um mapa com a distribuição do PIB per capita por faixa de renda e em valores reais do ano de 2018 pode ser visto no Apêndice B.

A partir disso, pode-se observar os *clusters*, objetos desse estudo, o primeiro que se destaca é a região do sertão pernambucano que apresenta uma autocorrelação espacial do tipo Baixo-Baixo (BB), ou seja, cidades com baixos níveis de homicídios sendo cercadas por cidades também com baixos níveis de CVLI. Percebe-se que o agrupamento referente ao Sertão do Pajeú, Sertão do Moxotó e Vale do Ipanema estava em tendência decrescente e se tornando insignificante em vários municípios dessa mesorregião até o ano de 2020, quando volta a surgir mais cidades nesse padrão. Isso significa que as taxas de homicídios das cidades que ressurgem no agrupamento (em azul escuro) cresceram no ano de 2020, já que mesmo se tratando de baixos valores voltaram a compor o cluster.

Conjuntamente os sertões de Araripina, Salgueiro e Petrolina também formam um cluster recorrente ao longo dos últimos anos, porém, com um comportamento mais instável, a quantidade de cidades no agrupamento varia mais durante o período, em comparação com o primeiro cluster do sertão. Entretanto, grande parte do sertão de Petrolina, único com agrupamento Alto-Baixo (AB), deixa de ser significativo em 2017 e se mantém sem aumentos nos níveis de homicídio até o ano de 2020. As cidades de Afrânio, Dormentes, Lagoa Grande (em azul mais claro) que fazem divisa com Petrolina estão levando mais tempo para perder essa influência e formam até o ano de 2020 um *cluster* do tipo Baixo-Alto (BA).

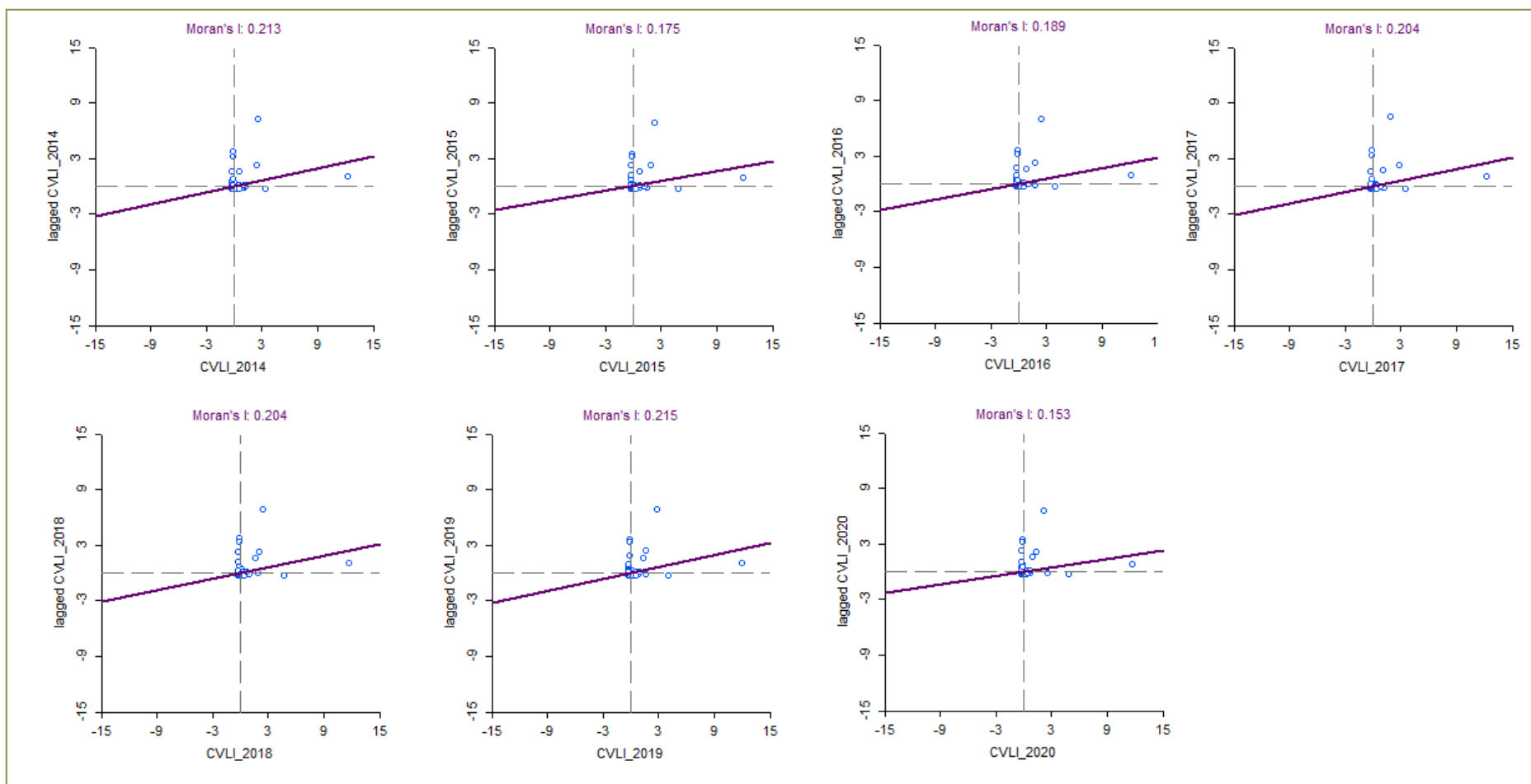
Na mesorregião do Agreste Pernambucano também são notados *clusters* do tipo Baixo-Baixo (BB) que surgem em 2017 e permanecem principalmente até 2020, que são as cidades de Garanhuns, Cumaru e Santa Maria da Cambuca. No ano de 2020, é válido pontuar que apenas a zona da mata norte apresenta uma alta taxa de CVLI fora da região metropolitana, na cidade de Casinhas, sendo a primeira vez que a região apresenta um valor alto. Por fim, o único cluster na categoria Alto-Alto (AA) em todo o período analisado é justamente a Região Metropolitana de Recife (RMR), pontualmente os municípios em vermelho no mapa são: Recife (capital do Estado), Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata, em todos os anos. Oliveira (2005) aponta que os índices de criminalidade brasileira são estáveis em cidades com até 100.000 habitantes, mas aumentam consideravelmente em cidades com populações maiores. Apesar disso, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes são os municípios da RMR (Região Metropolitana de Recife) que apresentam baixos índices de homicídios, causando um cluster do tipo Baixo-Alto (BA) no meio da RMR (em azul claro).

Figura 8: Evolução dos Clusters da Criminalidade Violenta Letal e Intencional para o Estado de Pernambuco, 2014-2020



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, 2021. Software: GEODA.

Figura 9: Evolução do I de Moran para Criminalidade Violenta Letal e Intencional para o Estado de Pernambuco, 2014-2020



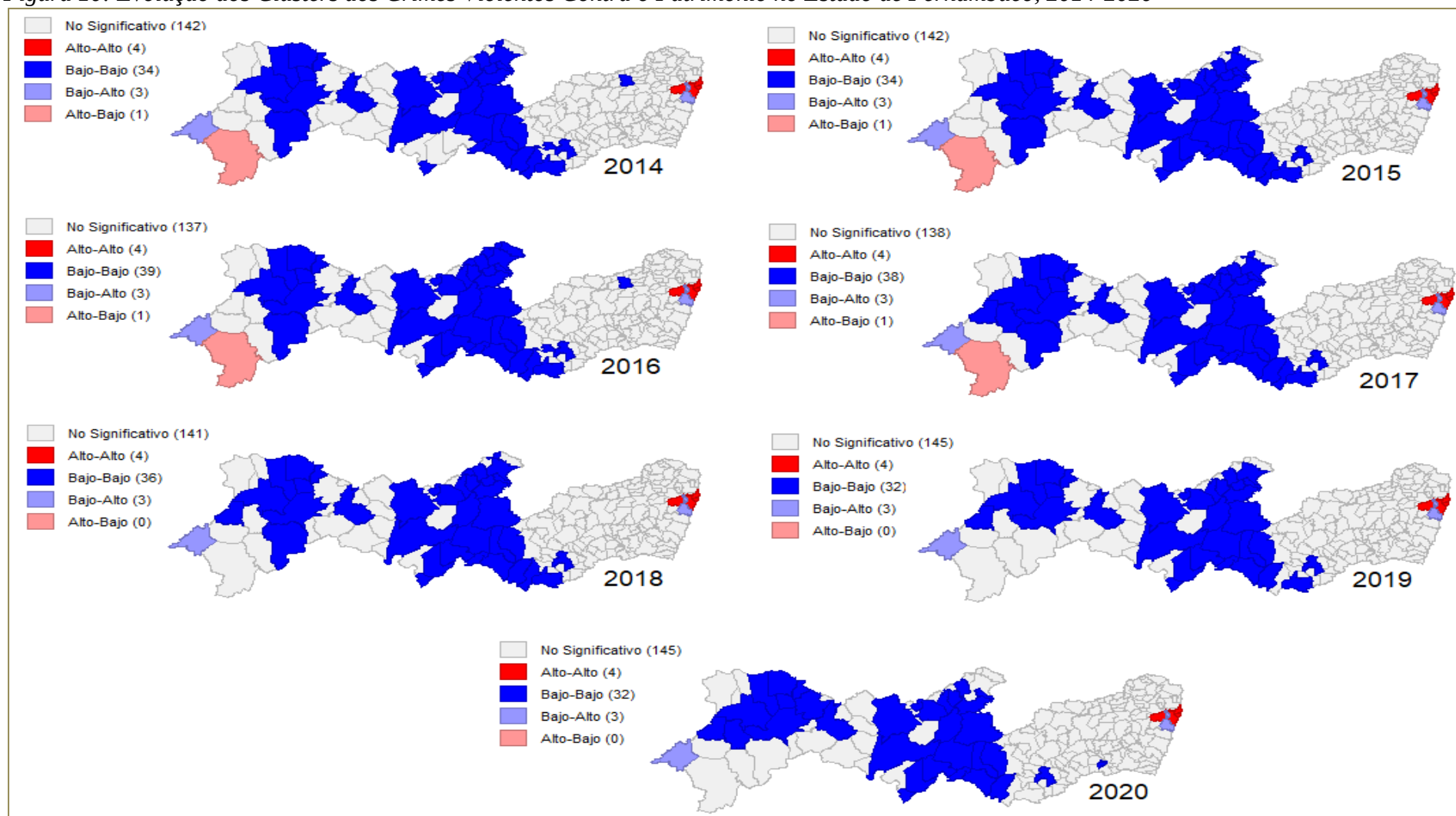
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, 2021. Software: GEODA.

Com isso, na Figura 9 pode ser observado os índices I de Moran Local Univariado para cada ano, junto com seus respectivos diagramas de dispersão, onde pode-se notar a autocorrelação positiva pela inclinação da reta de regressão, mas também, devidos os resultados de I como maiores do que os gerados na matriz RAINHA (*Queen*) 1. É importante destacar que o ano de 2020 possui o menor índice I de Moran de toda a série, junto com uma reta de regressão muito próxima ao zero, o que pode indicar que a autocorrelação espacial da criminalidade no Estado de Pernambuco diminuiu com a pandemia de covid-19. De maneira que os vizinhos podem ter perdido parte da influência nos outros vizinhos, já que não se havia mais convivência social como de costume, estavam todos isolados em casa, seguindo o protocolo para controle da pandemia de acordo com as regras da OMS (Organização Mundial de Saúde) e do governo estadual.

Partindo para a Figura 10 os resultados de *clusters* obtidos para a variável Crimes Violentos contra o Patrimônio (CVP), nota-se os agrupamentos nas mesmas regiões obtidos na CVLI, há *clusters* de criminalidade no Estado de Pernambuco em três principais mesorregiões: Sertão, Agreste e RMR (Região Metropolitana de Recife). No caso da variável roubo é notável uma dependência espacial superior ao resultado anterior referente aos homicídios, os agrupamentos do Agreste e do Sertão são bem mais extensos nesse segundo caso. Mas, mantém-se do também tipo Baixo-Baixo (BB) ao longo de toda a série com quase nenhuma alteração, sem a entrada ou saída de nenhum município. A Zona da Mata se destaca como única mesorregião sem cluster quando se trata de roubos, há uma pequena formação em 2014 e 2016, mas que logo desaparece em 2017 e não retorna até o final da base em 2020. O Sertão de Petrolina também revela comportamento parecido, com agrupamento do tipo Alto-Baixo (AB) na cidade de Petrolina e Baixo-Alto (BA) na cidade vizinha, Afrânio. Entretanto, assim como foi visto no caso dos homicídios, o agrupamento com altos valores de roubos em Petrolina não é visto mais desde 2017 até 2020.

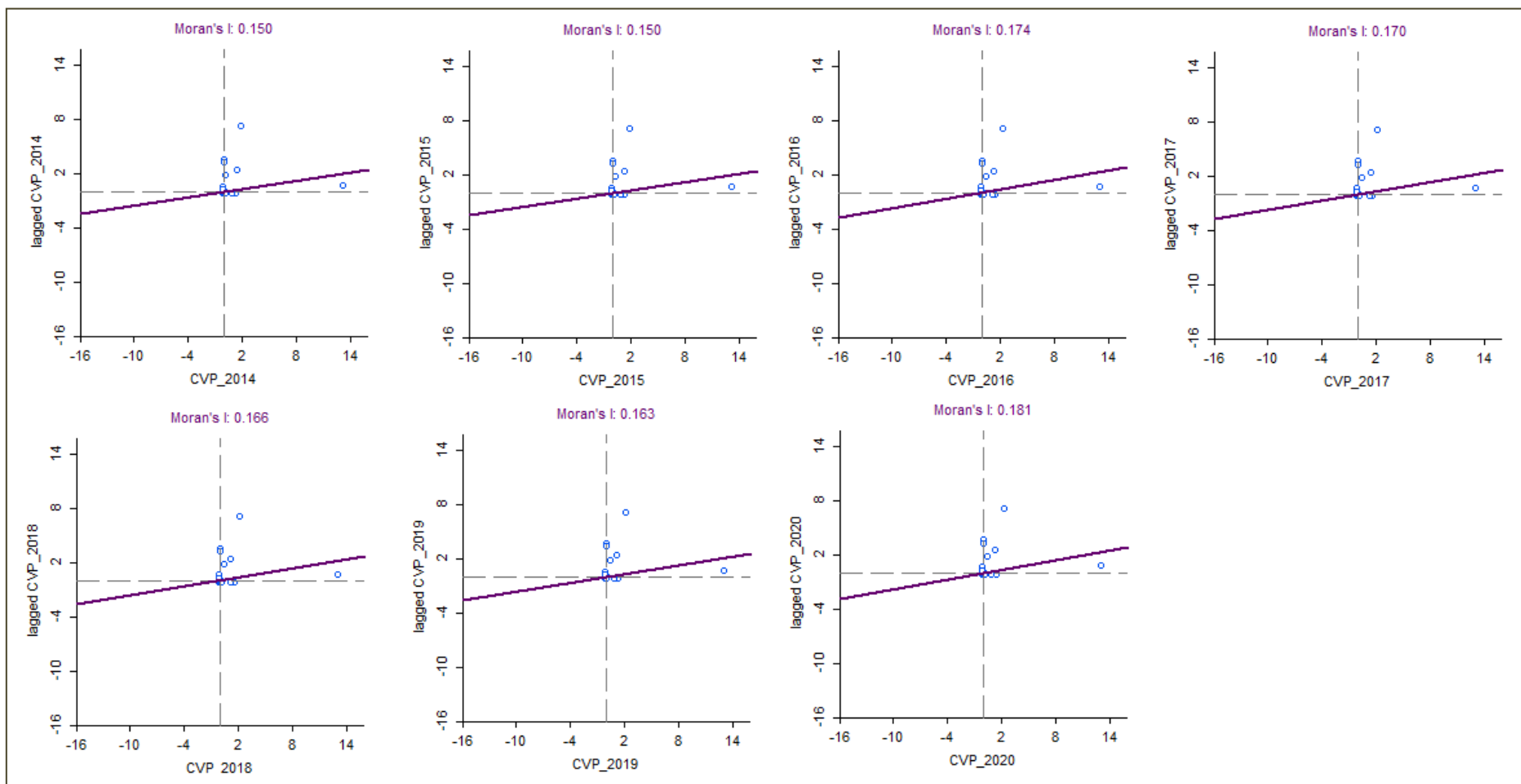
A Região Metropolitana de Recife, similar ao Sertão, também mantém o resultado obtido na CVLI, com o único *cluster* Alto-Alto (AA) do Estado localizado em Recife, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata, bem como, com Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes se diferenciando na região como agrupamento do tipo Baixo-Alto (BA), demonstrando que são cidades com baixos índices de criminalidade violenta, mas estão rodeados por municípios com altos valores.

Figura 10: Evolução dos Clusters dos Crimes Violentos Contra o Patrimônio no Estado de Pernambuco, 2014-2020



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, 2020. Software: GEODA.

Figura 11: Evolução do I de Moran dos Crimes Violentos Contra o Patrimônio no Estado de Pernambuco, 2014-2020



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, 2021. Software: GEODA.

Os índices I de Moran Local Univariado de cada ano de estudo podem ser vistos na Figura 11, assim como seus respectivos diagramas de dispersão. É válido relembrar que os valores dos índices I de Moran apesar de parecerem baixos são maiores do que o obtido na RAINHA 1. Mas também, que foram utilizadas taxas de CVP relativa à população (assim como para CVLI), visando evitar resultados enganosos. Entretanto, numa perspectiva geral e comparando diretamente, os índices de Moran obtidos para CVP são maiores do que os resultantes para CVLI, indicando que no estado de Pernambuco pode haver mais dependência espacial para os roubos do que para homicídios, o que fica perceptível também comparando as figuras 8 e 10.

Além disso, vale destacar o comportamento do ano de 2020, que diferente do que se viu para CVLI, demonstrou a permanência dos maiores *clusters* da série, sem efeitos consideráveis de diminuição. Ou seja, apesar da dependência espacial para os homicídios terem diminuído em 2020, apresentando um comportamento provavelmente mais aleatório, quando se trata dos roubos a pandemia de covid-19 aparenta não ter afetado esse padrão. De maneira que o índice I de Moran Global para as taxas de CVP do ano de 2020 é a maior da série, oposto ao que ocorreu com as taxas de CVLI no mesmo ano.

Por fim, comparando os resultados dos *clusters* espaciais com os mapas de distribuição espacial no início de tópico (Figuras 6 e 7), percebe-se similaridades de resultados, contudo, com a aplicação da análise dos dados espaciais nota-se uma diminuição de agrupamentos das taxas de CVLI. Em outras palavras, a distribuição dos dados como está proposta na Figura 6, pode ter aumentado o efeito de dependência espacial para homicídios no Estado de Pernambuco. Já no caso das taxas de CVP, essa relação é inversa à medida que na Figura 7, quando os dados são apenas distribuídos no espaço, o resultado aparenta ter diminuído os agrupamentos espaciais identificados pela AEDE. É válido pontuar que os *clusters* identificados para ambas as variáveis de interesse estão de acordo com o estudo de Souza Sá (2019), que realiza tal aplicação metodológica no estado de Pernambuco para o ano de 2016 e obtém o mesmo resultado de clusters de criminalidade nas regiões do Agreste, Sertão e Região Metropolitana (RMR).

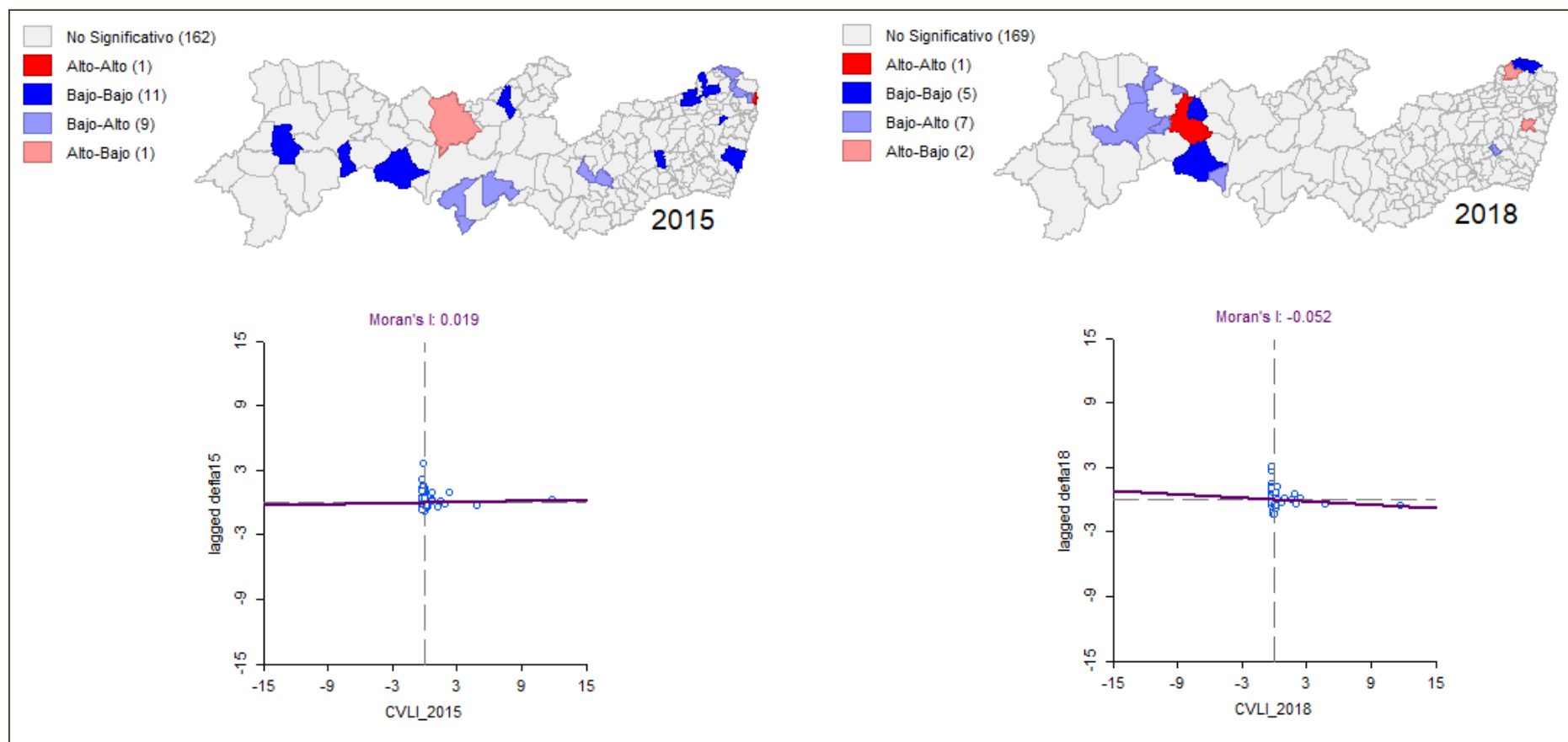
4.1. Análise Bivariada com o PIB per capita

Entende-se que a renda deve interferir nos níveis de criminalidade, apesar de haver dentro da literatura resultados controversos sobre a sua influência ser positiva (seu

aumento leva ao aumento da criminalidade) ou negativa (relação inversamente proporcional), Oliveira (2012). Entretanto, obteve-se apenas 22 municípios significativos para a análise LISA bivariada do ano de 2015 para CVLI (Crimes Violentos Letais e Intencionais) e somente 15 no ano de 2018. Com respectivos índices I de Moran Locais Bivariados espantosamente baixos, muito próximo à zero (nas Figuras 12 e 13 isso pode ser visto nos diagramas), bem como, autocorrelação positiva para o ano de 2015, mas apresentando autocorrelação negativa em 2018. Como existe três anos separando um momento do outro, é possível observar uma mudança em Pernambuco, porém, índices I de Moran tão próximos do nível zero, apesar de significativos, indicam uma baixa autocorrelação.

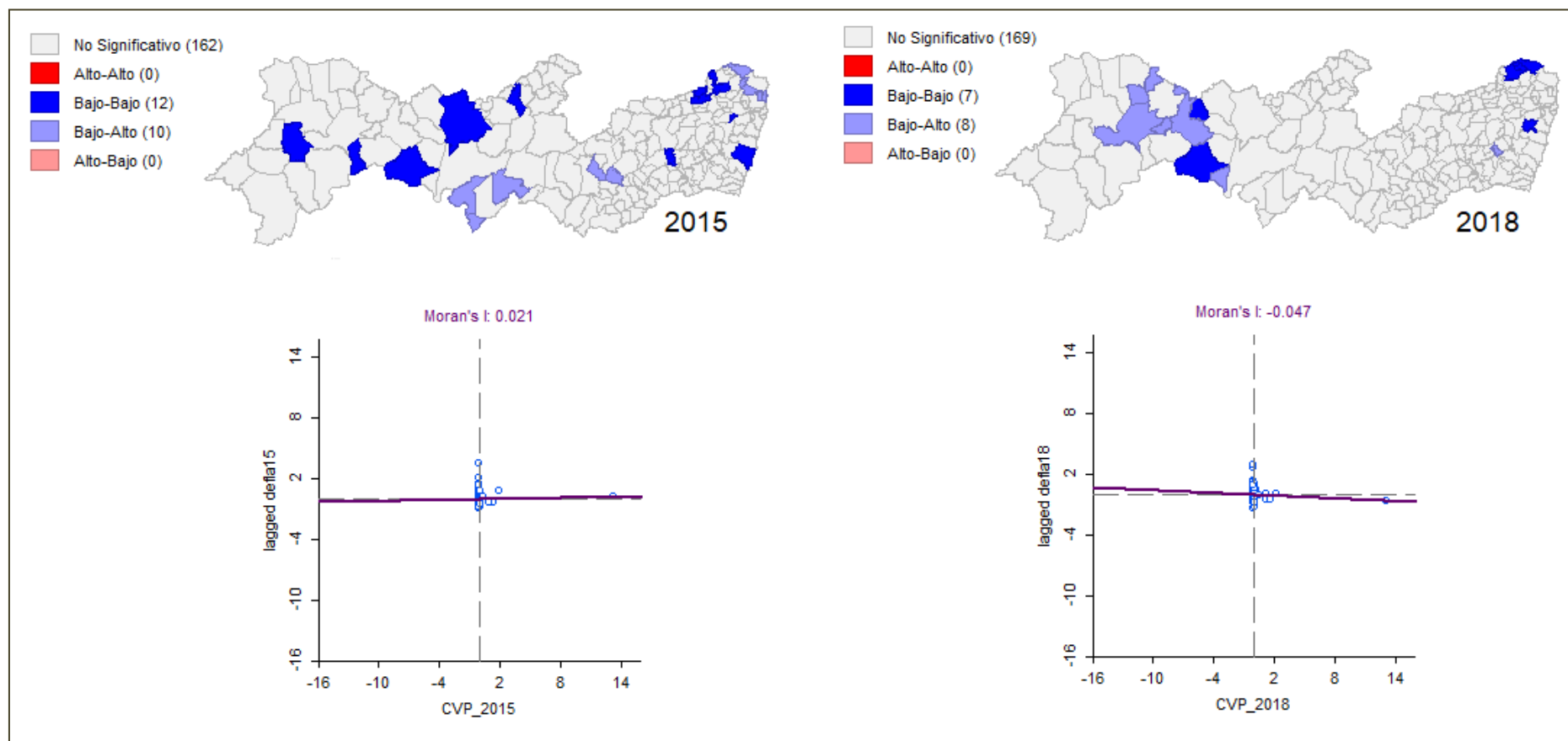
Nesse sentido, há poucos *clusters* dos quatro tipos de agrupamentos AA, BB, BA e AB identificados nos mapas, os baixos índices de Moran e autocorrelação espacial são perceptíveis visualmente nesse aspecto. Percebe-se também, um resultado similar para a variável CVP (Figura 13), com poucos clusters significativos e índices I de Moran Local bivariado muito próximos ao zero. Entretanto, é válido pontuar que os agrupamentos do tipo Baixo-Baixo (BB) que podem ser vistos no ano de 2015, referem-se a municípios com baixos valores de roubos e são rodeados por municípios com baixos PIB per capita. Da mesma maneira, os que apresentam categoria Baixo-Alto (BA) indicam que são cidades com baixos valores de CVP, mas que estão rodeados por cidades com altos valores de PIB per capita. Já em 2018, como a autocorrelação é negativa indica que valores com altos índices de roubos estariam rodeados por municípios com baixos níveis de renda per capita, o que pode ser observado nos agrupamentos do tipo Baixo-Alto (BA) que são maioria nesse último resultado. É notável que a minoria que se encontra no tipo Baixo-Baixo (BB) são circundados por Baixo-Alto (BA), indicando a autocorrelação negativa presente.

Figura 12: Análise bivariada comparativa entre Criminalidade Violenta Letal e Intencional e a taxa de crescimento do PIB per capita municipal para o Estado de Pernambuco, 2014/2015-2017/2018



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, 2021. Software: GEODA.

Figura 13: Análise bivariada comparativa entre Criminalidade Violenta o Patrimônio e a taxa de crescimento do PIB per capita municipal para o Estado de Pernambuco, 2014/2015-2017/2018



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, 2021. Software: GEODA.

5. CONCLUSÕES

Esse estudo teve como objetivo principal mostrar as formações de *clusters* espaciais de criminalidade violenta no território pernambucano, a partir de duas variáveis: CVLI (Crime Violento Letal e Intencional) e CVP (Crime Violento contra o Patrimônio) no período de 2014 a 2020. Nesse sentido, detectou três regiões de agrupamentos da criminalidade: Sertão, Agreste e RMR (Região Metropolitana de Recife) em ambas as variáveis, contudo, com a variável roubo (identificada como CVP) foi a que demonstrou maior dependência espacial. Em ambos os resultados também se assemelham os municípios com altos índices de homicídios e roubos que são cercadas por cidades também com alto índices: Recife, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata.

Contudo, a maior parte dos *clusters* obtidos demonstram que no Estado há mais municípios cercados por cidades também com baixos valores, comportamento notado nos demais clusters Sertão e Agreste. Nesse sentido, pode se concluir que a dependência espacial da criminalidade pode interferir na efetividade das políticas públicas de combate essa problemática. Ao se identificar os agrupamentos os governos municipais podem, por exemplo, tomar decisões em conjunto, entre outras resoluções.

Ao demonstrar a relação de renda e criminalidade, esse estudo obteve baixos índices de Moran Locais, o que para a teoria da metodologia aplicada significa baixa autocorrelação espacial, ou seja, que não há forte interferência espacial entre as duas variáveis. Tal resultado pode ser indicar uma possível melhoria no estudo: utilizar outra fonte de dados para renda. Possivelmente, variáveis na área da microeconomia, a qual rege os princípios básicos da Economia do Crime. No que se refere à AEDE (Análise Exploratória de Dados Espaciais), este estudo pontua a importância de trabalhar com taxas relativas à população para evitar resultados espúrios em que a autocorrelação resultante é causada pela quantidade da população ao invés da variável de interesse.

Além disso, pontua-se que a quebra de ruptura do comportamento da criminalidade violenta em Pernambuco no ano de 2020, possivelmente causada pela pandemia de covid-19 e o isolamento social necessário para contê-la, necessita de estudos mais profundos para entender suas relações de causa e efeito. Todavia, notou-se a queda nos índices de homicídios nos municípios pernambucos no ano de enfrentamento à pandemia. Em contrapartida, percebeu-se uma ausência de mudança do comportamento dos índices de roubo no Estado, os quais permanecem iguais ao ano anterior.

Na conjuntura observada, é possível concluir que as políticas públicas para a segurança da população pernambucana podem obter melhores direcionamentos se considerarem o efeito espacial da atividade criminosa. O cluster Alto-Alto (AA), por exemplo, pode unir recursos e ações para potencializar os resultados com menores custos por município. Isso porque, dentro desse *cluster* na RMR (Região Metropolitana do Recife) formado por Recife, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata, têm os índices de atividade criminosa diretamente afetados um pelo outro. De maneira que, se Recife está com alta nas taxas de roubo, por exemplo, ocorrerá um efeito de transbordamento e essa alta também será vivenciada por Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata e assim sucessivamente para cada um dessas cidades, tanto para roubos quanto homicídios.

De maneira similar, o sertão também pode tomar tal medida ao notar que a cidade de Petrolina com alto índice de criminalidade está gerando efeito de transbordamento nas cidades vizinhas. Com isso, os municípios desse cluster com agrupamentos dos tipos Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA), podem unir forças para diminuir a criminalidade na cidade de Petrolina e assim as demais cidades também vivenciariam o efeito de queda, por consequência. Portanto, pontua-se que os agrupamentos espaciais no Estado de Pernambuco analisados no período de 2014 a 2020 estão nas mesorregiões do Sertão, Agreste e RMR (Região Metropolitana de Recife) e os resultados encontrados nesse estudo podem ser base para outros trabalhos, mas também, para efeitos de aplicabilidade nas políticas públicas de segurança municipais e estaduais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. S. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, SP. Editora Alinea, 2012, 498p.

ANDRADE, M. V., Lisboa, M. B. **Desesperança de Vida: Homicídios em Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo: 1981 a 1997**. Rio de Janeiro: EPGE/FGV, 2000.

BECKER, G. Crime and punishment: an economic approach. **Journal of Political Economy**, v.76, p. 169-217, 1968.

BLOCK, Michael K.; HEINEKE, John M. **A labor theoretic analysis of the criminal choice**. The American Economic Review, v. 65, n. 3, p. 314-325, 1975.

BRUECKNER, Jan K. **Lectures on urban economics**. MIT press, 2011.

BONDEZAN, Lucas, CUNHA, Marina e LUCAS, Miriã. Determinantes Socioeconômicos da criminalidade no estado do Paraná: uma análise espacial. **Revista de Economia**, v. 41, n. 75, p. 248-281, 2020.

CONDEPE/FIDEM - Gerência de estudos sociodemográficos da agência. Estatísticas da Criminalidade Violenta em Pernambuco 2011. Recife-PE.

EHRlich, I. **Participation in Illegitimate Activities: A Theoretical and Empirical Investigation**. *Journal of Political Economy*, v. 81, p. 521-565, 1973.

FAJNZYLBER, P.; JÚNIOR ARAUJO, A. **Crime e economia: um estudo das microrregiões mineiras**. IX Seminário sobre a Economia Mineira, vol. 2, Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.

FAJNZYLBER, P.; LEDERMAN, D.; LOAYZA, N. **Determinants of Crimerates in Latin America and the World**. World Bank, Latin American and Caribbean Studies, Viewpoints Series, 1998.

FBSP – Fórum Brasileiro de Segurança Pública. **15º Anuário Brasileiro de Segurança Pública de 2020**. Atualizado em 15.07.2021.

GFI - *Global Financial Integrity*, de Washington (EUA), 2011.

GLAESER, E. L. (1999). **An overview of crime and punishment**. Washington: World Bank. Mimeographed.

GLAESER, E. L., SACERDOTE, B. & SCHEINKMAN, J. A. (1996), “**Crime and social interactions**”, The Quarterly Journal of Economics 111(2), 507–548.

JÚNIOR NOBREGA, José. **Homicídios em Pernambuco: dinâmica e relações de causalidade**. Brasília-DF, In: Coleção Segurança com Cidadania. Volume III, 2019.

KASSOUF, A.; BECKER, K. **Uma análise do efeito dos gastos públicos em educação sobre a criminalidade no Brasil**. Economia e Sociedade, Campinas, v. 26, n. 1 (59), p. 215-242, abr. 2017.

LEVITT, Steven D. **Using electoral cycles in police hiring to estimate the effect of police on crime**. Nova Orleans, Technical report, National Bureau of Economic Research, 1995.

MARIA, Jônatas Garcia de. **Economia do crime: uma revisão teórica e análise das despesas públicas em segurança no Ceará (2006-2010)**. 2012. 51 f. TCC (graduação em Ciências Econômicas) - Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Fortaleza-CE, 2012.

PERNAMBUCO. Portaria nº 357, de 09 de março de 2010. Disciplina o uso de categorias e definições sobre a motivação de mortes violentas intencionais visando a consolidação de dados estatísticos. **Diário Oficial [do] Estado de Pernambuco**, Recife, ano 87, n. 44, 9 de mar 2010.

SANTOS, M.; KASSOUF, Ana. Estudos Econômicos das Causas da Criminalidade no Brasil: Evidências e Controvérsias. **Revista EconomiA**, v.9, n.2, p.343-372 ,2008.

SOUZA SÁ, Nobrega. A criminalidade no estado de Pernambuco: uma análise espacial dos determinantes das ocorrências de homicídios e roubos. **REZ**, v. 20, n.43, 2019.

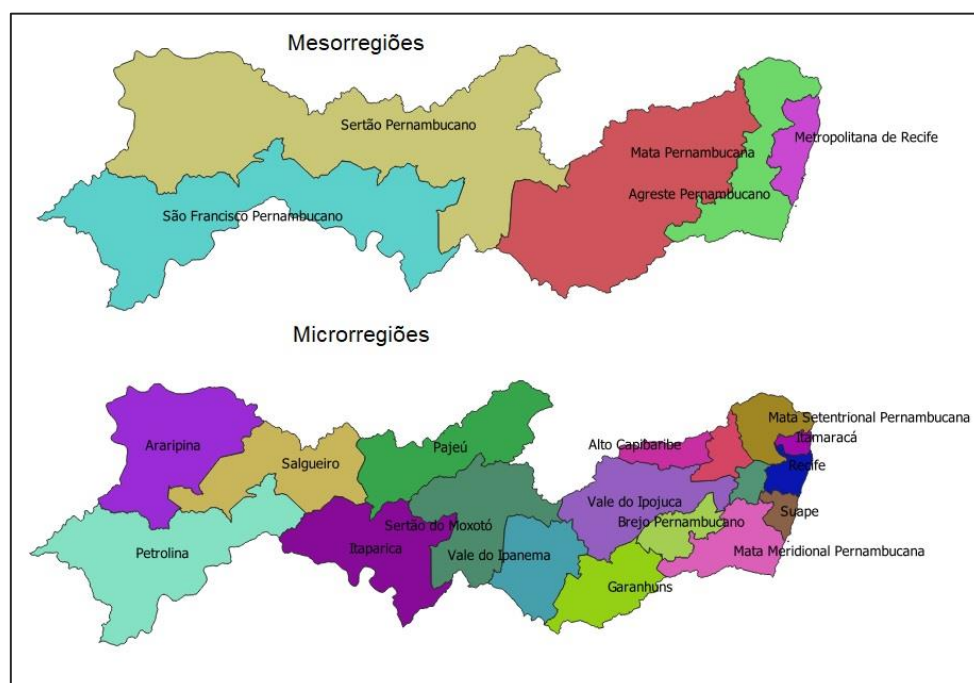
OLIVEIRA, Cristiano. **Criminalidade e o tamanho das cidades brasileiras: um enfoque da economia do crime**. XXXIII Encontro Nacional de Economia. ANPEC, Niterói, 2005.

ZENOU, Y. (2003). **The spatial aspects of crime**. Journal of the European Economic Association 1(2-3), 459–467.

ZHANG, J. **The effect of welfare programs on criminal behavior: A theoretical and empirical analysis**. Economic Inquiry, v. 35, n. 1, p. 120-137, 1997.

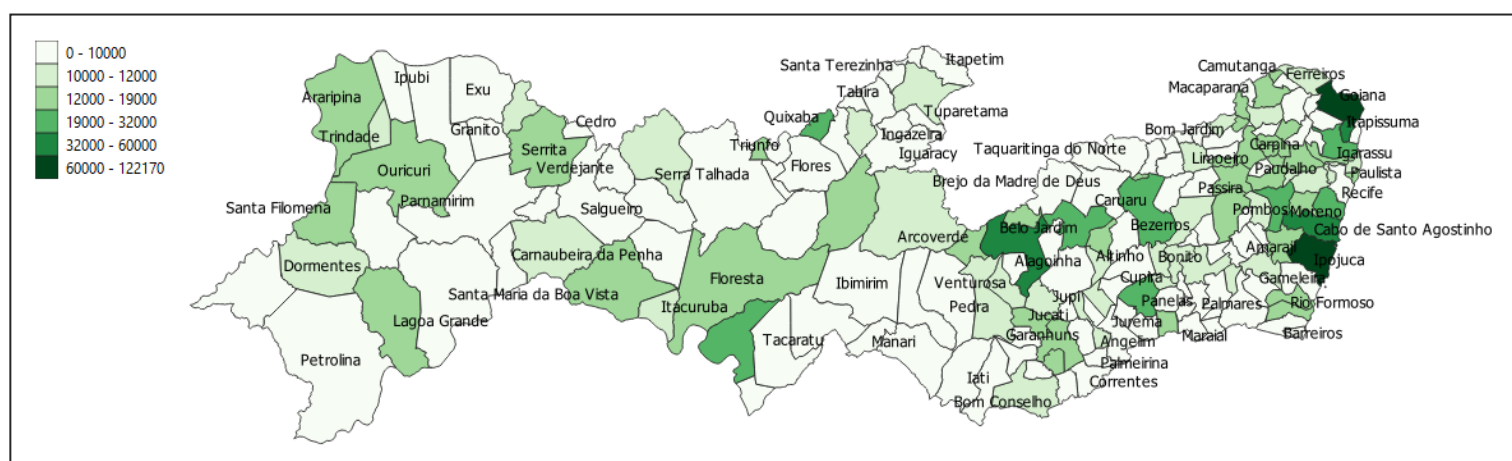
APÊNDICE

Apêndice A: Mesorregiões e Microrregiões de Pernambuco.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2021. Software Qgis.

Apêndice B: PIB per capita dos municípios pernambucano em faixa de renda por milhares de reais, 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Banco de Dados do Estado (BDE) de Pernambuco, 2021.