

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIENCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - PIMES**

Giuseppe Trevisan

**ESTUDO DA CRIMINALIDADE VIOLENTA NA CIDADE DO RECIFE: O ESPAÇO
REALMENTE É RELEVANTE?**

Recife, 2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIENCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - PIMES**

Giuseppe Trevisan

**ESTUDO DA CRIMINALIDADE VIOLENTA NA CIDADE DO RECIFE: O ESPAÇO
REALMENTE É RELEVANTE?**

Trabalho de dissertação de
mestrado submetido para
avaliação da banca examinadora
do Programa de Pós Graduação
em Economia – PIMES.

Orientador: Prof. Dr. Tatiane de Menezes

Co-orientador: José Luiz Ratton

Recife, 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO ACADÊMICO EM ECONOMIA DE:

GIUSEPPE TREVISAN

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Giuseppe Trevisan **APROVADO**.

Recife, 08/03/2013

Prof^ª Dr^ª Tatiane Almeida de Menezes
Orientadora

Prof. Dr. Raul da Mota Silveira Neto
Examinador Interno

Prof. Dr. José Luiz de Amorim Ratton Júnior
Examinador Externo

Catálogo na Fonte
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

T814e

Trevisan, Giuseppe

Estudo da criminalidade violenta na cidade do Recife: o espaço realmente é relevante? / Giuseppe Trevisan. - Recife : O Autor, 2013.

59 folhas : il. 30 cm.

Orientador: Profa. Dra. Tatiane de Menezes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2013.

Inclui bibliografia e apêndice.

1. Criminalidade urbana. 2. Econometria espacial. 3. Modelos econométricos. I. Menezes, Tatiane de (Orientador). II. Título.

CDD (22.ed.) 330.9

UFPE (CSA 2013 – 065)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ser fonte de força e inspiração nos momentos mais difíceis. Agradeço aos meus pais, Margarida e Idevaldo, às minhas irmãs Daniele e Deborah, à minha companheira Sarah, aos meus padrinhos e primos Lília, João Evaldo, Marcel e Arthur e a todos meus familiares, por terem me incentivado a ingressar no curso de mestrado e demonstrado a importância de se desenvolver através dos estudos.

Agradeço aos meus amigos Vitor, Vinícius, Guilherme, Francisco, Rodrigo, Klebson e Jorge pelas horas de estudos dedicadas e pela companhia nas horas de lazer.

Agradeço imensamente aos amigos Leandro, Amanda, Flávio, Elândia, Eduardo, Flávia, Lucas, Artur, Leonardo, Gustavo e Érica pelo incentivo e companheirismo em todos os momentos.

Agradeço a SDS/PE por fornecer o banco de dados e permitir que, assim, o trabalho fosse concretizado. Também fico grato à FACEPE pelo financiamento e incentivo para realização desta pesquisa.

Agradeço à minha professora orientadora Tatiane de Menezes pela dedicação em transmitir seus conhecimentos. Grato também ao professor José Luiz Ratton pelas suas contribuições na melhoria do trabalho. Agradeço também aos professores Raul Silveira, Francisco Cribari e Breno Sampaio por todos seus ensinamentos durante o curso.

RESUMO

Um segmento importante da literatura de Economia do Crime afirma que, além das variáveis socioeconômicas, o espaço é fator fundamental a se associar com a criminalidade. Dada a falta de evidências empíricas sobre a relação entre espaço e crime, este estudo tem por objetivo identificar as correlações entre as variáveis ambientais com a taxa de homicídio nos bairros da cidade do Recife. Para isso, foram construídas variáveis de ambiente que capturam características relacionadas à distribuição dos tipos de domicílios dos bairros do Recife e foi implementada a técnica de econometria espacial para averiguar efeitos de *spillover* espaciais. O modelo SAR apresenta o melhor ajuste e mostra que a proporção de estabelecimentos não-residenciais em relação ao total de estabelecimentos do bairro tem uma relação positiva com a criminalidade e a concentração de domicílios residenciais está associada a índices de criminalidades mais baixos. As correlações das variáveis socioeconômicas seguem o padrão da maioria dos achados da literatura nacional e internacional, exceto para o caso da densidade demográfica.

Palavras-Chave: Economia do Crime, Criminalidade, Econometria Espacial, Testes de Especificação Econométrica, Spatial Autoregressive Model (SAR).

ABSTRACT

A stream of studies of Criminology says that space is a fundamental factor to associate with crime. Given the lack of empirical evidence on the relationship between space and crime, this study aimed to identify the correlations between environmental variables with the homicide rate in Recife's neighborhoods. We built environment variables that capture the characteristics related to the distribution of the types of households of the Recife's neighborhoods and implemented spatial econometric's techniques to determine spatial spillover effects. The SAR model has the best fit and shows that the proportion of non-residential establishments in relation to the total number of establishments in the neighborhoods has a positive relationship with neighborhood crime and the concentration of residential homes is associated with lower rates of criminalities. Correlations of socioeconomic variables follow the pattern of most national and international literature findings, except for the demographic density.

Keywords: Economics of Crime, criminality, Spatial Econometrics, Econometric Specification tests, Spatial Autoregressive Model (SAR).

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Dados de homicídios da cidade do Recife em 2010	24
Tabela 5.1 – Análise Descritiva das Variáveis Socioeconômicas e Ambientais.....	39
Tabela 6.1 – Estimação por MQO dos modelos multivariados.....	58
Tabela 6.2 – Teste do Multiplicador de Lagrange.....	42
Tabela 6.3 – Análise de Heteroscedasticidade e Normalidade dos Resíduos	45
Tabela 6.4 – Estimações dos modelos SAR, SAC e SDM.....	46
Tabela 6.5 – Resultados dos Efeitos Direto, Indireto e Total do Modelo SAR (6).....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 – Série de Homicídios da cidade do Recife.....	22
Gráfico 6.1 – Distribuição dos Resíduos do Modelo (5).....	43
Gráfico 6.2 – Distribuição dos Resíduos do Modelo (6).....	44
Gráfico 6.3 – Distribuição dos Resíduos do Modelo (7).....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Taxas de homicídio no Recife	25
Figura 3.2 – Proporção de estabelecimentos não-residenciais no Recife.....	25
Figura 3.3 - Densidade demográfica no Recife	25
Figura 3.4 - Densidade de domicílios no Recife	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. Uma abordagem dos principais fatores socioeconômicos.....	13
2.2. Endogeneidade e avaliações de políticas públicas voltadas ao combate da criminalidade.....	16
2.3. O aspecto psicológico, o capital social e o crime.....	18
2.4. Ambiente e a criminalidade.....	19
3. A CRIMINALIDADE NA CIDADE DO RECIFE: O ESPAÇO É REALMENTE RELEVANTE?.....	22
4. METODOLOGIA.....	27
4.1. Matrizes de Vizinhança e Modelos Econométricos Espaciais.....	27
4.2. Comparação entre modelos.....	31
4.2.1. Teste de Koenker.....	31
4.2.2. Teste de Normalidade Jarque-Bera.....	32
4.2.3. Teste RESET.....	33
4.2.4. Teste Box-Cox.....	33
4.2.5. Teste do Multiplicador de Lagrange.....	34
4.3. Efeitos Diretos, Indiretos e Totais.....	35
5. DADOS E ANÁLISE DESCRITIVA.....	37
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	41
7. CONCLUSÃO.....	49
8. REFERÊNCIAS.....	52
9. APÊNDICE.....	57

1. INTRODUÇÃO

A criminalidade é um fenômeno que tem se tornado fonte de estudo de várias ciências sociais. Os primeiros estudiosos a debruçar sobre o assunto buscavam compreender o aspecto psicológico do agressor, investigando as causas de se cometer o ato ilícito. Depois dessa abordagem, sociólogos vêm analisar os agregados populacionais definidos espacialmente dentro do contexto da criminalidade. Os primeiros trabalhos a contribuir com questões como concentração do crime foram Guerry ([1833a] 1984, [1833b] 1974), Quetelet ([1833] 1984) e Durkheim ([1897] 1966).

No século passado, a Ciência Econômica também incorpora a criminalidade como um objeto de estudo. A visão canônica da teoria econômica em relação ao ato criminoso envolve a questão de o agente se deparar com um custo e um ganho com o exercício da atividade criminosa, fazendo sua escolha de acordo com sua preferência e objetivando maximizar sua utilidade esperada. Becker (1968) foi pioneiro em realizar a modelagem microeconômica do comportamento do agente, apesar de haver estudos antecessores que tratam sobre crime com abordagem econômica, como Fleisher (1963, 1966), Smigel-Leibowitz (1965) e Ehrlich (1967). A partir desses trabalhos de referência, que direcionam os estudos sobre economia do crime, uma série de outros artigos tem sido publicada buscando captar efeitos de variáveis socioeconômicas em diferentes tipos de ações criminosas, como homicídios, furtos, roubos, corrupção pública, entre outros.

Outras teorias vêm contribuindo para uma melhor compreensão da atividade ilícita. A teoria das “Janelas Quebradas” é um bom exemplo de como o baixo capital social por parte das pessoas potenciais vítimas corrobora com o vandalismo. Um alto nível de interação entre os potenciais alvos, por exemplo, é capaz de influenciar negativamente na prática criminosa gerando um poder de reprovação do ato e consequente tratamento por vias legais. Já a teoria das atividades de rotina, introduzida por Cohen e Felson (1979), afirma que o local exerce um papel central para a ocorrência do crime, motivando a ação do agressor nos lugares onde não há fatores que possam inibi-lo (locais onde não há policiais, testemunhas, câmeras de segurança, entre outros). Aliando a esse ponto, a criminalidade é influenciada pelas atividades cotidianas que ocorrem nesses locais e, como o crime não acontece aleatoriamente no espaço, algumas características inerentes do local podem facilitar a atividade criminosa.

Segundo Anselin et al. (2000), em quase meio século, desde o início dos estudos sobre criminalidade à luz da teoria econômica, muito tem se desenvolvido em termos de técnicas

estatísticas - para garantir melhor entendimento dos efeitos das variáveis e menor imprecisão nos resultados. A implementação dessas técnicas tem crescido nos trabalhos de criminologia e vem auxiliando na comprovação das teorias formuladas, mas também têm mostrado resultados controversos que estimulam pesquisas na tentativa de entender o que é observado empiricamente.

No tocante ao Brasil, os primeiros trabalhos de economia do crime surgem no início do novo milênio e visam investigar os determinantes e os padrões comportamentais dos criminosos (CARNEIRO, 2000; PEREIRA e FERNANDEZ-CARRERA, 2000; MENDONÇA, 2002; LOBO e FERNANDEZ-CARRERA, 2003; BEATO FILHO et al. 2004; LEMOS et al., 2005; SHIKIDA et al., 2006). Menezes et al. (2011) desenvolveram um estudo para os bairros da cidade do Recife que procura identificar os efeitos da pobreza e da desigualdade nas taxas de homicídios, além de procurar entender a relação da criminalidade entre vizinhos. Almeida et al. (2005) também contribuem com análise espacial investigando a criminalidade nos municípios de Minas Gerais e detectam a importância do espaço para explicar as ocorrências de crime no estado. Da mesma forma, Scorzafé e Soares (2009) utilizaram econometria espacial em seu estudo aplicado para a cidade de São Paulo, mas verificaram a relação entre desigualdade de renda e criminalidade, encontrando um efeito positivo sobre a taxa de homicídio.

Brantingham e Brantingham (1995) atentam para o fato de que existe uma série de questões que tornam importante compreender como o ambiente e seus elementos contribuem para a escolha das vítimas e dos locais destinados ao crime por parte dos delinquentes, questões tais exploradas por uma gama de autores (BRANTINGHAM e BRANTINGHAM, 1993b; WILCOX, 1973; BRANTINGHAM et al., 1977; BRANTINGHAM et al., 1995; CLARKE e MAYHEW, 1994; POYNER, 1992; ECK e SPELLMAN, 1994; FLEMING et al., 1994). Segundo Brantingham e Brantingham (1996), há locais que criam oportunidades à ocorrência de algum tipo de crime de acordo com suas características físicas peculiares ou com o perfil dos potenciais alvos. Então, dentro do escopo abordado, a pergunta que este trabalho propõe a responder é: será que o ambiente é um fator importante para explicar a criminalidade? Os indícios de que o espaço é relevante para explicar o crime são muitos, embora haja uma carência muito grande de informações a esse respeito nos estudos de economia do crime, ainda mais se considerar o crime violento letal e intencional. A motivação deste estudo reside nessa lacuna de evidências empíricas a respeito de uma influência mais explícita do ambiente na criminalidade nos bairros da cidade do Recife.

O objetivo deste trabalho é capturar as correlações entre variáveis ambientais com a taxa de homicídio, já que carecemos de uma estratégia de identificação forte que venha corrigir a endogeneidade existente por variáveis omitidas. Com a inserção das características ambientais por bairro no modelo econométrico, o estudo se torna inovador e busca contribuir com a compreensão do papel do espaço na criminalidade utilizando a metodologia de econometria espacial, objetivando captar possíveis influências de características de bairros vizinhos nas taxas de homicídios. Foram obtidos, através da seleção de um modelo – com embasamento estatístico - que descreve a relação entre crime e as variáveis explicativas, os efeitos diretos, indiretos e totais, mesmo cientes de que o viés persiste¹. As variáveis de ambiente foram construídas com base nas informações contidas no banco de dados do CNEFE (Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos). De posse de uma base de dados única fornecida pela SDS/PE (Secretaria de Segurança Pública do estado de Pernambuco) e pelo Censo Demográfico do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) foi possível construir as taxas de homicídio e obter as variáveis socioeconômicas, todas em nível de bairro.

A atividade criminal compreende um alto custo para a sociedade, que vai desde elevados gastos públicos visando a prevenção através da contratação de policiais e investimentos em equipamentos específicos até redução na sensação de segurança das pessoas, no estoque de capital humano, no potencial turístico da cidade, entre outros fatores (SANTOS e KASSOUF, 2008). Acreditamos que compreender o sentido da influência das variáveis socioeconômicas e de ambiente vai auxiliar a direcionar as decisões dos gestores de segurança pública do estado de Pernambuco.

O trabalho está dividido em sete capítulos, incluindo esta introdução. O capítulo seguinte realiza uma sucinta revisão bibliográfica a respeito dos estudos que tratam de crime, dentro da abordagem de Economia do Crime. O capítulo 3 traz uma breve contextualização em relação à criminalidade da cidade do Recife, motivando o estudo com algumas informações sobre os homicídios e o ambiente espacial da cidade. Em seguida, é apresentada a metodologia utilizada para implementar a estratégia empírica, contendo toda a estrutura econométrica do trabalho. O capítulo 5 contém informações sobre os bancos de dados utilizados e a análise descritiva dos mesmos. O penúltimo capítulo apresenta o resultado das regressões realizadas, seguido da conclusão do trabalho.

¹ No capítulo de Análise de Resultados é discutida em detalhes a questão da endogeneidade no modelo, procurando mostrar que não há problemas de causalidade reversa, apenas viés de variáveis não-espaciais omitidas.

2. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE CRIMINOLOGIA

Este capítulo realiza uma breve revisão de literatura a respeito de trabalhos publicados sobre economia do crime, sendo dividida em quatro subseções de acordo com o assunto das publicações.

2.1 Uma abordagem dos principais fatores socioeconômicos

Os estudos na área de economia do crime dão seus primeiros passos no fim da década de 60 do século passado abrangendo investigações a respeito do comportamento dos agentes em face ao *trade-off* entre exercer uma atividade legal ou não lícita. Entre os pioneiros, Fleischer (1963) evidencia em seu artigo uma correlação negativa entre entrada de jovens em atividades criminosas com as oportunidades de se conquistar novos empregos, sugerindo que o desemprego facilita o aumento da criminalidade.

Ehrlich (1967) realiza uma investigação empírica, com o suporte da teoria da participação em atividades ilícitas, mostrando a interação entre o crime e o *law enforcement*. O termo *law enforcement*, no contexto de crime, indica qualquer esforço por vias legais em coibir a atividade ilícita. Os resultados mostraram que existe um efeito inibidor da criminalidade com o emprego de punições legais, além de detectar que o crime contra propriedade caminha paralelamente com a desigualdade de renda. Um ambiente onde as disparidades são contrastantes propicia o exercício de atividade criminosa porque o indivíduo maximizador de bem-estar se encontra diante de muitas privações. Dada sua perspectiva negativa de conquistar um emprego (por exemplo, devido ao nível baixo de capital humano) ou até mesmo o fato de o agente não ter renda suficiente para adquirir os bens que maximizam sua função utilidade, a inclinação à prática criminosa é maior. Posteriormente, outros autores como Messner (1982), Messner e Rosenfeld (1997), LaFree (1999) estudaram a correlação entre desigualdade e criminalidade (no caso, medida pela taxa de homicídio).

Mas foi com o trabalho de Becker (1968) que o estudo envolvendo crime ganhou um embasamento microeconômico. Ele desenvolveu um arcabouço teórico na tentativa de explicar o comportamento racional do criminoso mostrando que o delinquente analisa o custo de oportunidade de exercer o crime e os ganhos decorrentes de tal atividade. Então, um indivíduo comete uma contravenção penal se sua utilidade esperada excede a utilidade esperada que ganharia caso alocasse seu tempo em outra atividade. De acordo com seu grau

de aversão ao risco, sua inclinação à prática do crime varia de acordo com a probabilidade de ser capturado e com a rigorosidade das punições previstas em lei – ambos denotando o *law enforcement*.

Depois desse ponto de partida, vários outros autores se aventuraram a estudar o crime e suas implicações. Witte (1980) propõe uma variante do modelo teórico de Becker introduzindo variáveis de controle - como a idade em que o infrator foi preso pela primeira vez, raça, problemas com bebidas alcoólicas, estado civil, entre outros –, aplicando a metodologia para a Carolina do Norte. O autor buscou investigar os determinantes da criminalidade – medida pelo número de prisões por mês e pelo número de condenações mensais – usando um modelo *Tobit*. Seus resultados mostram que o fato de o criminoso ter a certeza de que vai ser punido tem um efeito maior entre menores infratores na redução do crime, enquanto que a severidade da punição tem impacto maior entre o grupo de adultos. A preferência pelo risco dos menores infratores pode ser explicada pelo fato de as sanções serem muito mais brandas devido às leis que protegem os menores de idade, impondo um custo de oportunidade mais baixo relativo ao dos adultos.

Um aspecto importante do crime é que sua variabilidade é bastante considerável ao longo do tempo e do espaço de ocorrência. Glaeser et al. (1996) afirmam que essa alta dispersão da criminalidade não pode ser explicada apenas com a análise custo-benefício de sua prática, mas também com interações sociais no tempo e espaço. O modelo proposto pelos autores foi aplicado para cidades norte-americanas e os resultados mostram que crimes como assassinato e estupro estão associados a pouca interação entre o grupo social, enquanto roubo e furto apresentam grande interação. Os autores completam afirmando que unidades familiares menos coesas são um fator chave para a escolha da atividade criminosa por parte do indivíduo. Outro estudo de Glaeser e Sacerdote (1999) levanta a questão de que, de modo geral, os grandes centros urbanos são mais suscetíveis à ocorrência de crimes dadas as maiores oportunidades aos agressores, em comparação às cidades pequenas e ao meio rural. Países como Japão e Suíça, onde a densidade populacional é alta nos grandes centros, possuem baixos níveis de criminalidade – historicamente –, e isso se dá devido às condições sociais diferenciadas e servem de contraexemplo. O modelo por eles proposto – com dados de vitimização para os Estados Unidos - permite constatar a conexão entre o urbanismo das cidades com o crime, indicando a importância do papel das taxas de urbanização e do tamanho das cidades.

Também é relevante a preocupação com efeitos que programas de bem-estar social podem gerar nas práticas criminosas. Vários autores procuraram detectar a influência de tais programas em relação ao incentivo (ou desincentivo) à criminalidade, como Block and Heineke (1975), Benoit and Osborne (1995), Eaton and White (1991). Zhang (1997) seguiu a mesma linha tentando captar como programas de bem-estar podem reduzir a alocação de tempo do agente em atividade criminosa sob a hipótese de aversão ao risco – utilidade de Von Neumann-Morgenstern –, aplicando uma extensão do modelo canônico de Becker. As variáveis criadas que medem bem-estar são participações de investimentos em programas sociais e número de pessoas que usufruem dos benefícios. Os efeitos estimados dos programas – para uma amostra de estados do EUA – sobre crime contra propriedade são negativos e, em sua maioria, significantes.

Os efeitos que a desigualdade de renda gera na criminalidade passam cada vez mais a ganhar atenção. O propósito da inclusão dessa variável nos modelos é capturar o *social enforcement* que, similar à ideia do *law enforcement*, representa um mecanismo social capaz de coibir algum tipo de ação passível de reprovação – através de normas sociais e o capital social, por exemplo. De fato, regiões onde a disparidade de renda é elevada – geralmente medida pelos índices de *Gini* ou de *Theil* – podem corroborar para um sentimento de restrição de oportunidades por parte dos indivíduos de menor renda. Existem vários fatores correlacionados com a baixa renda deles, como o nível de educação baixo, o capital humano menor, o subemprego, entre outros, e a questão é que se pode alimentar o ingresso em atividades ilícitas – análise de custo-benefício na prática ilícita. Espera-se que, por exemplo, locais onde a desigualdade de renda é elevada o *social enforcement* é mais baixo.

Em contrapartida ao trabalho de Ehrlich (1967), Kelly (2000) não encontra efeito significativo da desigualdade de renda no crime contra propriedade, embora o impacto da desigualdade seja muito forte em crimes violentos (assassinato). Já o estudo de Fajnzylber et al. (2002) evidencia uma relação positiva entre desigualdade e taxas de criminalidade (homicídio e roubo), após controlar por uma série de fatores e realizar testes de robustez. A controvérsia de resultados entre autores não é incomum nos estudos deste escopo. Enquanto existem trabalhos evidenciando que aumento na implementação de punições tende a reduzir a criminalidade, outros registram pouca ou nenhuma relação entre crime e variáveis daquela natureza – que estão associadas à intimidação sobre o comportamento do agente na escolha de exercer atividade criminosa ou não.

Além de estudos que incorporam a desigualdade como variável explicativa, há também aqueles que investigam o crime tentando capturar os efeitos causados pela pobreza, como Messner (1989) e Pridemore (2011). O conceito de pobreza, diferentemente do de desigualdade, geralmente determina uma faixa de renda – limite inferior - que separa aqueles considerados pobres dos não pobres. Pridemore (2011) replicou os trabalhos de Fajnzylber et al. (2002) e de Savolainen (2000) para os EUA e inseriu uma medida de pobreza para comparar o impacto dessa inclusão na relação desigualdade-homicídio. Os resultados mostraram que a correlação entre pobreza e homicídio é significativa, enquanto que a relação desigualdade-homicídio não foi constatada em dois de três modelos, sugerindo que as conclusões obtidas a partir de estudos que associam desigualdade e homicídios podem advir de resultados espúrios provenientes de erros de especificação de modelo (omissão de variáveis).

Há também muitos estudos que buscaram relacionar o desenvolvimento econômico com a incidência de crime. O interesse nessa relação possibilitou colher as conclusões mais controversas possíveis, embora apenas a relação entre desenvolvimento e homicídio mostra-se predominantemente negativa. De um modo geral, os estudos sugerem que o desenvolvimento das nações é acompanhado de um aumento da criminalidade. Soares (2000) faz uma coletânea desses resultados e demonstra que tais conclusões são espúrias: utilizando dois bancos de dados diferentes, constata que não houve aumento da criminalidade com o desenvolvimento, mas um aumento dos registros de vitimizações. Com a correção do viés de registros de crimes do banco de dados fornecido pela *United Nations Survey of Crime Trends and Operations of Criminal Justice Systems* (UNCS), a análise longitudinal sugere que o desenvolvimento está correlacionado negativamente com o crime e a desigualdade de renda é a variável que está mais intimamente relacionada, e de forma positiva.

2.2 Endogeneidade e avaliações de políticas públicas voltadas ao combate da criminalidade

Um ponto em comum entre os estudos desenvolvidos na área de economia do crime são as dificuldades inerentes à qualidade dos dados disponíveis. O erro de medição nas taxas das *proxys* de crime e a falta de medida adequada dos retornos da criminalidade são exemplos levantados por Andrade e Lisboa (2000). Verifica-se um problema de sub-registro dos dados, porque uma parcela das vítimas dos mais variados crimes (furto, roubo, lesão

corporal) não registra ocorrência junto às delegacias de polícia - provavelmente porque o custo de registrar supera suas expectativas de encontrar uma solução para o delito. Além disso, no caso de homicídio – que é a *proxy* de crime mais utilizada dada a confiabilidade do registro de ocorrência, com comprovação do local do homicídio via GPS -, não entram as mortes por disparos de policiais.

A causalidade reversa e o viés de variável omitida também são problemas que podem ser encontrados na modelagem econométrica e que podem enviesar os estimadores dos parâmetros. Encontram-se atualmente trabalhos em criminalidade que buscam encontrar uma relação causal² entre choques exógenos com diversos *outcomes* que mensuram crime. Bidderman et al (2009) utilizaram a metodologia de *diff-in-diff* para captar o efeito da Lei Seca sobre a violência em municípios da Região Metropolitana de São Paulo, implantada em 2004. Após testarem possíveis influências de políticas de combate ao crime que pudessem estar correlacionadas com a adoção da Lei Seca nos determinados municípios, constataram que a lei foi capaz de reduzir aproximadamente 10% a violência naqueles municípios.

Já o trabalho de Musse (2012) procura identificar uma relação causal entre drogas e violência em São Paulo a partir da Lei de Drogas em 2006, utilizando as metodologias de regressão descontínua com variável instrumental. Os resultados mostraram que não houve um impacto de tal lei na redução de crimes associados a drogas, mas obteve uma relação interessante: constatou-se uma correlação negativa entre crimes de drogas com crimes de furto e, por outro lado, crimes de formação de quadrilha associam-se positivamente com crimes de drogas. Tais resultados são coerentes com o que se observa empiricamente, dado que o crime de tráfico exige uma estrutura complexa de planejamento e demanda a formação de grupos para distribuírem a droga.

Tais avaliações de políticas de combate ao crime são importantes para comprovar se sua implementação atingiu seus verdadeiros propósitos, ajudando assim a direcionar políticas complementares ou substitutas. Um estudo de Leigh e Neil (2010) para a Austrália avaliou a política de recompra de armas dos cidadãos por parte do governo, que foi motivada após um massacre ocorrido na Tasmânia. Os autores, aplicando a metodologia de *diff-in-diff*, mostraram que houve uma redução de 80% nas taxas de suicídios ocasionados por disparo de arma – houve também redução dos homicídios com utilização de arma de fogo, embora o efeito estimado não seja tão preciso quanto em relação a suicídios. Muitos países ainda

² A busca pela causa pode ser analisada através de um vetor de causa. No caso da Lei Seca, por exemplo, ela seria um vetor para a redução de criminalidade, onde a verdadeira razão estaria no fato de as pessoas não dirigirem embriagadas – ou com nível alcoólico acima do crítico.

adotam esse tipo de política na tentativa de controlar e reduzir o nível de crime, embora seja um pouco complexo avaliá-la dada a dificuldade de se obter dados – além de que podem existir outras políticas de combate ao crime que estejam correlacionadas a apreensão de armas, dificultando isolar o efeito da última.

2.3 Os aspectos psicológicos, o capital social e o crime

O aspecto psicológico da vítima também é objeto de estudo por pesquisadores de criminologia. A sensação de medo da potencial vítima emerge de acordo com as características do ambiente em que se situa, tanto em relação ao aspecto físico do local (lugares escuros, abandonados, entre outros) quanto ao aspecto das pessoas ao seu redor. Em se tratando do local, existem áreas geradoras, atrativas e neutras em relação à criminalidade, de acordo com suas características peculiares (BRANTINGHAM e BRANTINGHAM, 1995). O sentimento de medo pode advir do fato de se estar sozinho, da presença de desconhecidos, da noite (escuridão), entre outros. Entender esse quadro contribui para compreender como os ambientes criminais são construídos e como seus elementos corroboram com a escolha dos alvos dos agressores e dos locais para a prática criminal.

Nesse âmbito, Rengifo e Bolton (2012) testam um “modelo de interpretação de risco” que captura como atividades rotineiras (voluntárias e involuntárias) estão associadas às percepções emocional (preocupação em ser vítima), cognitiva (risco de sofrer algum tipo de crime) e ambiental (desordem) do indivíduo. As variáveis que medem cada um dos fatores mencionados são categóricas. Com a utilização dos dados do British Crime Survey (2007 e 2008), foram encontradas evidências de que as manifestações de medo consideradas mostram diferentes associações com tais atividades. As variações cognitiva e ambiental influenciam atividades diárias voluntárias, mas não as compulsórias, sugerindo que os indivíduos podem se adaptar a atividades em que eles possuam controle, permitindo calcular suas vulnerabilidades diante do ambiente.

Assim como o órgão responsável pelo poder de polícia num local é forte combatente da atividade criminal, o capital social também exerce um potencial poder de inibição. Esse capital social tem por base as condutas cívicas de acordo com a ética da sociedade e também a confiança e a conectividade entre os agentes (*networks*), fazendo com que os *spillovers* tragam benefícios em vários aspectos à economia. Do ponto de vista das potenciais vítimas, o

crime é visto como algo não desejado e, o fato de uma sociedade estar mais interligada, possibilita uma repreensão muito maior contra o agressor e a probabilidade deste ser punido também é maior. Sob essa motivação, Buonanno et al (2006) analisaram o efeito do capital social nas taxas de crime – o foco foi em crimes de propriedade porque possuem uma motivação mais atrelada ao aspecto econômico, diferentemente do que ocorre com homicídios. O estudo foi aplicado para cidades italianas, e após contornarem os problemas de endogeneidade dos dados constataram que o efeito do capital social é negativo e significativo sobre os crimes de propriedade (assaltos, roubos, assaltos a carros).

O fenômeno criminal também pode ser relacionado com as teorias de desorganização social. A teoria das “janelas quebradas” de Wilson e Kelling (1982) afirma que comportamentos anticívicos atraem o crime porque os potenciais agressores sentem que os residentes e transeuntes não se importam com o que ocorre na sua vizinhança. O experimento deles consistiu em deixar um carro fechado e estacionado em um bairro, e ele permaneceu intacto até então; depois de eles mesmos quebrarem a janela do carro, perceberam que pouco tempo depois vândalos roubaram itens do carro, além de danificá-lo, pois os transeuntes mantiveram-se indiferentes ao fato e não se mobilizaram. Sampson e Raundebush (1999) investigaram a ligação entre desordem pública e crime e encontraram uma relação espúria entre essas grandezas, com exceção a roubos, contrariando a teoria das “janelas quebradas”.

2.4 O ambiente e a criminalidade

Além dos fatores socioeconômicos e demográficos que são investigados para se encontrar alguma ligação com a criminalidade, o ambiente também se enquadra como um forte candidato a explicar os fenômenos relacionados às atividades ilícitas, tendo em vista a natureza dos estudos apresentados até o momento. Um estudo de Brantingham e Brantingham (1994) buscou explorar as relações entre acessibilidade das conexões entre ruas e a quantidade de tráfego nelas com crime contra propriedade no Canadá. Segundo os autores, a forma como as ruas estão distribuídas e o acesso entre elas influencia o modo de as pessoas se locomoverem, o que vem familiariza-las com os locais e construir determinados padrões de deslocamento. Esse fato permite que se criem áreas de maior atratividade para a ação de crimes contra propriedade, e foi constatado em seu estudo que nas áreas com maior acessibilidade e maior tráfego as oportunidades de ocorrência de crimes desse tipo são mais altas. Teoricamente, o custo de cometer um crime é maior num ambiente onde há muitas

testemunhas – o fato de as pessoas se conhecerem inibe a atividade, pois a reprovação pela conduta criminosa é mais forte – e a probabilidade de ser repreendido é maior, o que implica inibir a ação do agressor. Em contrapartida, se o fluxo de pessoas é grande e estas não tem um capital social forte que justifique uma ligação entre elas, atividades como o crime de propriedade são facilitadas porque se torna mais complicado identificar o criminoso, e o fato de haver muitos alvos incentiva a tal prática, tornando o ambiente muito propício.

Entender o papel do ambiente e compreender como se dá o padrão espacial do crime é essencial para seu controle e investigação (WORTLEY e MAZAROLLE, 2008), o que vem a possibilitar a formulação de políticas inibidoras da delinquência. Através de comprovações empíricas, sabe-se que a distribuição espacial e temporal do crime não é aleatória, apresentando assim um padrão conforme o ambiente. A fim de entender melhor o comportamento espacial e temporal do crime, Grubesick e Mack (2008) aplicaram duas abordagens estatísticas – Knox Test e Jacques K-nearest Neighbour Test – para identificar e comparar os padrões espaciais e temporais de crime contra propriedade (roubo e assalto). O trabalho, aplicado para a cidade de Cincinnati, em Ohio (EUA), mostrou um cenário diferenciado para cada tipo de crime. Apesar de haver clusters de assalto e roubo no grande centro econômico da região estudada, os outros grandes clusters de cada tipo de crime situam-se em pontos distintos do mapa da cidade.

Cabe salientar que desde as últimas décadas o ferramental computacional vem se desenvolvendo e diversas metodologias estatísticas vêm contribuindo com as análises dos estudos do crime. A utilização dessas ferramentas na investigação da relação entre eventos socioeconômicos e demográficos com crime e também de métodos que permitem a visualização espacial dos dados (ESDA – *exploratory spatial data analysis*) tem sido notória. Com esse avanço, é possível construir mapas que referenciam os dados espaciais através de Sistemas de Informação Geográfica (GIS), o que facilita a plotagem em mapas das áreas de maior incidência de crime associadas a características do ambiente.

Menezes et al (2011) replicam os trabalhos que tentam identificar o papel de variáveis socioeconômicas sobre a criminalidade a nível de bairro, encontrando resultados semelhantes ao da literatura. Para isso, utilizaram a metodologia de econometria espacial buscando compreender os impactos da criminalidade entre os vizinhos. Através de mapas Kernel foi possível detectar uma heterogeneidade espacial nos bairros analisados e que o crime não se comporta aleatoriamente, encontrando-se clusters de crime e dos componentes socioeconômicos e demográficos. Por meio da regressão linear com componente espacial, os

autores detectaram uma forte correlação entre taxas de homicídio e as variáveis de desigualdade de renda e renda *per capita*. As áreas com maior população e com maior crescimento da densidade apresentaram as mais altas taxas de homicídio, o que corrobora com o estudo de Glaeser e Sacerdote (1999) já citado anteriormente a respeito dos processos de urbanização influenciando na incidência da criminalidade.

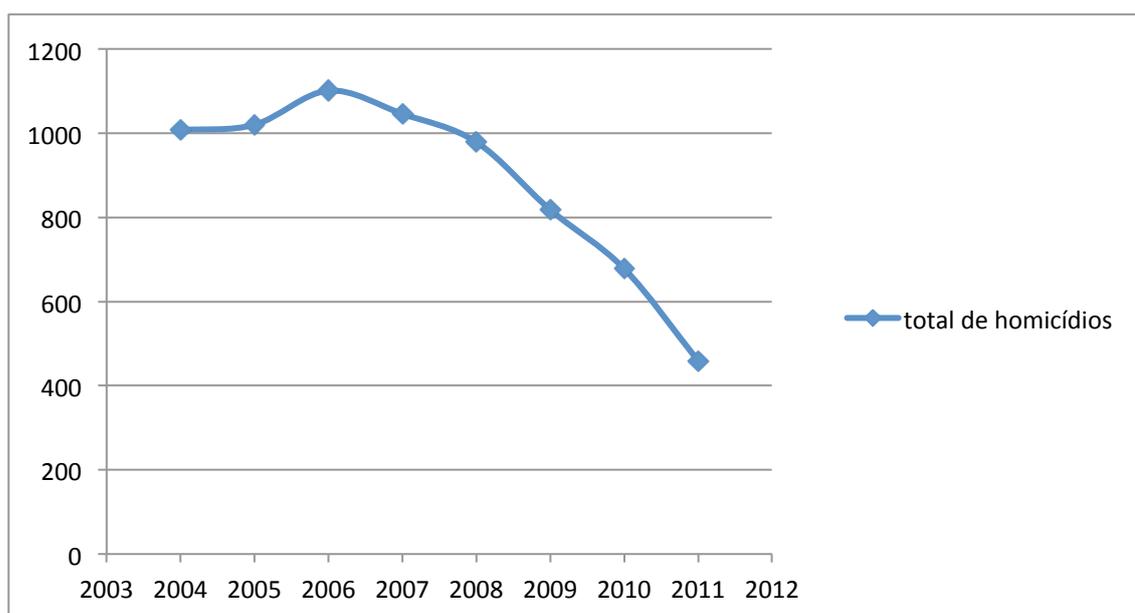
Outro estudo aplicado para o Brasil procurou entender o padrão espacial do crime no estado de Minas Gerais (ALMEIDA et al, 2005) no ano de 1995 com o auxílio do ESDA. A autocorrelação espacial positiva, obtida através do Teste I de Moran, sugere que os municípios com altas taxas de criminalidade estão próximos de outros com alta incidência criminal, e assim vale para o caso contrário. Mais uma vez consoante com a teoria, seus achados mostram que o crime emerge onde a aglomeração populacional é maior. As evidências encontradas são relevantes para comprovar empiricamente que o crime não acontece de forma aleatória no espaço e que este é essencial para explicar os fenômenos dessa natureza.

No âmbito internacional, Choe (2008) utilizou a metodologia de econometria espacial com o intuito de captar algum efeito de *spillover* entre regiões nos Estados Unidos, investigando a relação entre desigualdade de renda e crime. O autor encontrou evidências de que a desigualdade apresenta uma correlação positiva com crimes de assalto e roubo (já em outras categorias de crime, incluindo homicídio, não foi capaz de gerar estimativas estatisticamente significantes).

3. A CRIMINALIDADE NA CIDADE DO RECIFE: O ESPAÇO É REALMENTE RELEVANTE?

A cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco e situada na região Nordeste do Brasil, é composta por 94 bairros bastante heterogêneos, tanto em questões sociais quanto econômicas, e considerada uma capital com alto nível de criminalidade. Mesmo sendo uma cidade com alto nível de periculosidade, a série representada pelo Gráfico 3.1 mostra que os homicídios (em termos absolutos) vêm decaindo ao longo do tempo, desde 2005 - em termos de taxa de homicídio, essa redução também é significativa tendo em vista que a cidade obteve um crescimento populacional de 2% (de 2000 a 2010). De 2007 até 2012, houve uma redução de 34% na taxa de crimes violentos letais intencionais de acordo com os dados da Secretaria de Defesa Social.

Gráfico 3.1 - Série de Homicídios da cidade do Recife



Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOL SDS/PE

Segundo teorias de criminologia, o espaço é detectado como um fator de extrema relevância para compreender certas ligações com o crime. Brantingham e Brantingham (1995) atentam para as oportunidades de se cometer um crime de acordo com as características inerentes de um determinado local. As atividades de rotina dos indivíduos de uma região, o capital social do local (nível de interação entre os moradores e frequentadores de um lugar e até mesmo entre os potenciais agressores), a estrutura urbana e a consciência do espaço são

fatores-chave que delineiam um cenário propício à prática ilícita, e tais condições do espaço também variam de acordo com a natureza do crime. Dessa forma, será que o ambiente, considerando a cidade do Recife, também se configura como fator relevante para correlacionar com a criminalidade, medida em taxa de homicídios?

A lacuna de informação na literatura mundial de economia do crime em relação à influência do ambiente é muito grande, ainda mais se considerar o bairro como unidade de estudo, visto que o nível de desagregação é muito alto e a disponibilidade de informações é precária pra esse tipo de microdado. Com o conjunto de três bancos de dados³, que contém informações do período de 2010 a respeito do crime e de dados socioeconômicos e ambientais da cidade, tornou-se possível estudar a relação entre o espaço - e outras variáveis imensamente discutidas na literatura - e o crime. Antes de avaliar a importância de tais fatores, uma breve caracterização a respeito da cidade do Recife é realizada em termos da criminalidade e do ambiente.

No ano de 2010, houve 678 homicídios na cidade, conforme mostra a Tabela 3.1. A maior proporção de homicídios foram cometidos com arma de fogo (cerca de 86%), o que denota a facilidade de acesso a algum tipo de arma de disparo na cidade. Do total, 63% dos homicídios aconteceram no período da noite e madrugada, momento em que as ruas estão menos movimentadas em comparação com o período diurno onde o fluxo de pessoas é bem maior devido às suas atividades rotineiras - trabalho, escola, faculdade, entre outras. O movimento de pessoas no período noturno dá-se, em sua maior parte, por motivos de entretenimento, compreendendo ambientes como bares/restaurantes, cinemas e casas noturnas. E, ainda de acordo com a Tabela 3.1, observa-se que aproximadamente 68% dos homicídios em 2010 ocorreram na sexta, no sábado, no domingo e na segunda⁴, dias em que os indivíduos estão mais inclinados às atividades de lazer. Cerca de 74% dos homicídios acontecem em logradouro público.

Importante notar que o Recife também apresenta heterogeneidade em relação à forma de ocupação do espaço geográfico dos bairros, caracterizando por apresentar zonas com muita concentração de domicílios e também por algumas áreas de vazios urbanos. No total, são 581.136 endereços registrados na cidade no ano de 2010, onde 88% deles são destinados à moradia, devendo-se atentar ao fato de que se podem ter vários domicílios em um mesmo loteamento (um prédio, por exemplo).

³ Os bancos de dados estão descritos no Capítulo 5.

⁴ Muitas pessoas emendam a noite do domingo com a madrugada da segunda-feira em suas atividades de lazer, movimentando bares e restaurantes. É nesse período em que ocorre a maior parte dos homicídios do dia.

Tabela 3.1 - Dados de homicídios da cidade do Recife em 2010

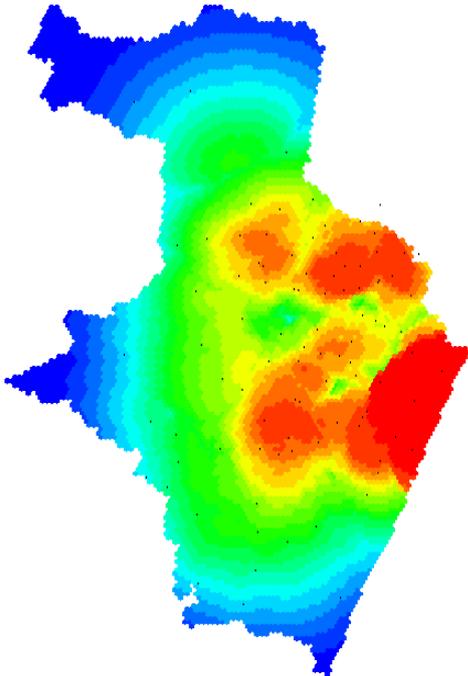
	TOTAL	FREQUÊNCIA		TOTAL	FREQUÊNCIA
	Objeto utilizado na Cena do crime		Dia da Semana de ocorrência		
Arma branca	46	6,78%	Segunda	111	16,37%
Arma de fogo	584	86,14%	Terça	84	12,39%
outras	48	7,08%	Quarta	69	10,18%
Período do dia			Quinta	58	8,55%
Madrugada	176	25,96%	Sexta	97	14,31%
Manhã	92	13,57%	Sábado	124	18,29%
Tarde	159	23,45%	Domingo	135	19,91%
Noite	251	37,02%			

Total de Homicídios: 678

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOL SDS/PE

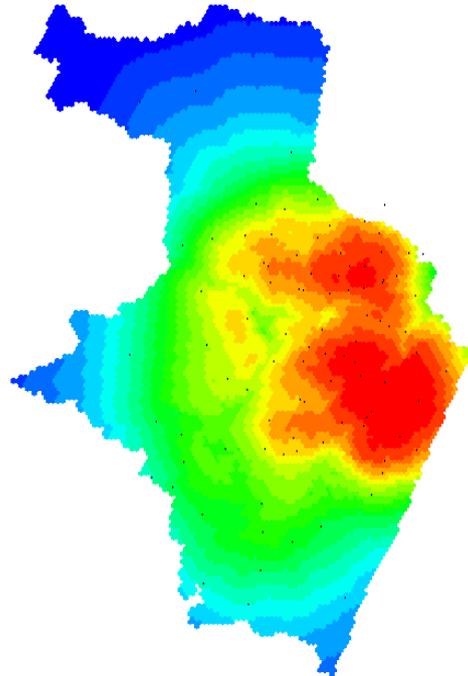
Se analisarmos as distribuições dos homicídios e dos estabelecimentos que são destinados a qualquer fim diferente de moradia particular fica notória a confluência do adensamento de ambas. As Figuras 3.1 e 3.2, que constam de um mapa Kernel, mostram que os clusters de homicídios da cidade do Recife estão localizados, praticamente, nas mesmas áreas onde se encontram maior concentração de estabelecimentos não-residenciais. As Figuras 3.3 e 3.4 mostram a distribuição da densidade demográfica e da densidade de estabelecimentos residenciais (razão entre o total de residências e a área do bairro), e pode-se perceber que estão muito correlacionadas (correlação de 92%). Traçando uma analogia entre as figuras, nota-se que o padrão espacial da Figura 3.1 é mais semelhante com o da Figura 3.2 do que com os padrões das Figuras 3.3 e 3.4. Menezes et al (2011) sugerem que um dos padrões espaciais associados à criminalidade é devido às áreas de subúrbio, que apresentam alta densidade e as vítimas são feitas perto de suas residências. Além dessa questão, as figuras denotam que existe um fator ambiental que pode estar correlacionado com a criminalidade e que antes não era observado.

**Figura 3.1 - Taxas de homicídio
no Recife em 2010**



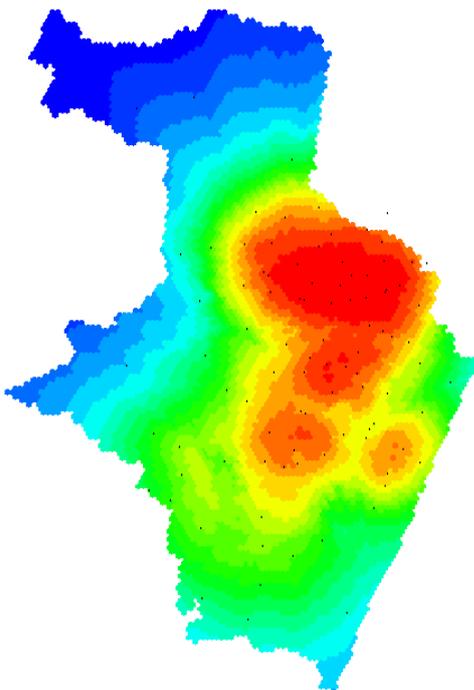
Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOL SDS/PE

**Figura 3.2 - Proporção de estabelecimentos
não-residenciais no Recife em 2010**

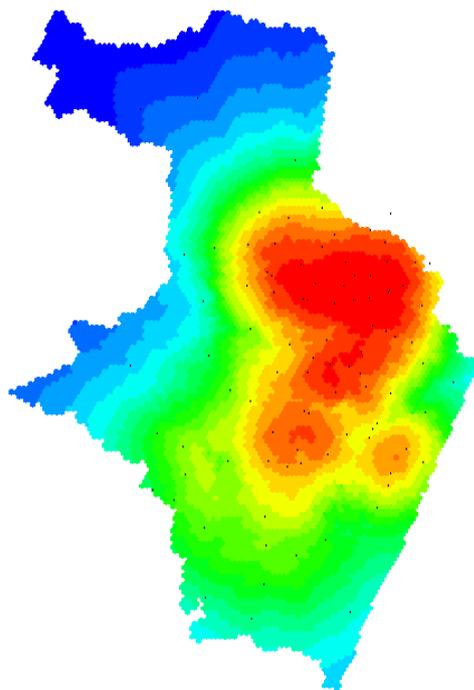


Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do CNEFE/IBGE

**Figura 3.3 - Densidade demográfica
no Recife em 2010**



**Figura 3.4 - Densidade de domicílios⁵
no Recife em 2010**



⁵ Quantidade de domicílios destinados à moradia dividida pela área do bairro.

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do Censo Demográfico (IBGE)

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do CNEFE/IBGE

Esses indícios captados pelas distribuições Kernel motivam a incorporação do ambiente no estudo da criminalidade para os bairros do Recife. As figuras 3.2 a 3.4 acima sugerem que a ocorrência de crime não se dá de forma aleatória no espaço. Além de questões socioeconômicas, o ambiente também se configura como fator responsável por certos padrões de criminalidade em determinadas áreas, conforme Brantingham e Brantingham (1995). Pode ser que a característica ambiental e até socioeconômica de um determinado bairro influencie, de alguma forma, a criminalidade de um bairro vizinho, visto que os *spillovers* são mais facilmente captados quando se trata de um nível de desagregação tão baixo. A ausência de vigilância em função de poucos estabelecimentos residenciais gera o ambiente propício para a existência de atos ilícitos. Em função disto, a literatura recente de econometria espacial mensura o impacto dos efeitos diretos e indiretos dos fenômenos socioambientais (LESAGE e PACE, 2009). É provável que a proporção de estabelecimentos não-residenciais tenha um efeito significativo na criminalidade do próprio bairro (efeito direto) e, de alguma forma, afete a ocorrência de homicídios em outros bairros vizinhos (efeito indireto), por exemplo. A seção seguinte apresenta a metodologia utilizada para averiguar o tratamento das variáveis ambientais e a dependência espacial entre as unidades de observação e detectar sua influência na criminalidade no Recife.

4. METODOLOGIA

Para compreender o efeito que o ambiente e os fatores socioeconômicos geram nos bairros observados, e também em seus vizinhos, será utilizada a metodologia de econometria espacial. Antes da escolha do modelo espacial mais adequado, alguns modelos empíricos foram testados a fim de identificar os que se ajustaram melhor ao comportamento dos dados.

Este capítulo é dedicado a apresentar os modelos econométricos, testes de comparação entre modelos e as técnicas de estimação para a execução da estratégia empírica. Em seguida, realiza-se uma apresentação e descrição dos dados utilizados neste trabalho.

4.1 Matrizes de Vizinhança e Modelos Econométricos Espaciais

A literatura de econometria espacial busca implantar nos modelos de regressão linear a influência das características das observações vizinhas numa localidade próxima. Essa dependência em termos de espaço pode ser verificada na variável dependente, na(s) variável(eis) independente(s), na distúrbância ou até mesmo em mais de um tipo de variável simultaneamente.

A incorporação da dependência espacial no modelo é feita por meio de uma matriz de pesos denominada **W**, onde tais pesos são definidos de acordo com a importância que se atribui à uma observação vizinha. O mais comum na literatura é a construção de pesos espaciais a partir das características geográficas das unidades observadas, e tais pesos se reduzem à medida que a unidade se torna cada vez mais distante de uma referência (TYSZLER, 2006).

A matriz de pesos pode ser montada a partir da distância dos centróides (ponto central de uma unidade geo-referenciada) ou através de unidades que possuam fronteira. A forma mais comum de matriz de vizinhança por fronteira é do tipo “Queen”, que define igual peso para os vizinhos. São consideradas vizinhas apenas aquelas observações que possuem fronteira geográfica, ou seja:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se há fronteira entre } i \text{ e } j \\ 0, & \text{caso contrário,} \end{cases}$$

onde o elemento w_{ij} representa o peso entre a observação “i” e observação “j”. É possível normalizar a linha para que a soma seja 1, o que pode auxiliar na interpretação do peso como sendo um percentual da influência total em i que é atribuída por j. Basta dividir o peso w_{ij} pelo somatório dos pesos de uma linha.

A matriz de vizinhança por distância pode ser escrita como o inverso do quadrado da distância, ou seja:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1/d_{ij}^2, & \text{se } i \neq j \\ 0, & \text{se } i = j, \end{cases}$$

onde “d” mede a distância entre as observações “i” e “j”, independente da unidade de medida considerada. À medida que uma observação se torna cada vez mais distante de um centróide seu peso fica menor. O peso, nesse tipo de matriz, pode ser alterado de acordo com a importância que se dá à proximidade de uma observação com outra, podendo o expoente do denominador assumir outros valores.

Há também como construir uma matriz que considera os vizinhos mais próximos a partir de uma distância pré-definida, conhecida como *k-nearest neighbors weight matrix*. Ela é escrita da seguinte forma:

$$w_{ij}(k) = \begin{cases} 1, & \text{se } d_{ij} < d_i(k) \\ 0, & \text{se } d_{ij} > d_i(k) \\ 0, & \text{se } i = j \end{cases}$$

onde “k” representa os vizinhos e $d_i(k)$ é a distância de corte.

Após a escolha da matriz de pesos vem a configuração da forma funcional. No modelo clássico, tem-se que uma determinada característica está correlacionada com um conjunto de regressores mais um termo aleatório, ou seja:

$$y = \mathbf{X}\beta + u,$$

onde “y” é o vetor da variável dependente, \mathbf{X} é a matriz das variáveis independentes e “u” o termo de erro. Se houver algum tipo de dependência espacial, tanto nos regressores quanto no regressando, os estimadores ($\hat{\beta}$) de MQO serão viesados e o problema de endogeneidade

emerge – viés de variável espacial omitida. Caso a influência espacial esteja concentrada apenas no erro, os estimadores de MQO não serão viesados, mas também não serão consistentes (ERTUR e LEGALLO, 2003; LESAGE e PACE, 2009). De qualquer maneira, é necessário detectar se, de fato, as observações vizinhas interferem de alguma forma.

O modelo em que o *spillovers* espaciais são observados na variável dependente denomina-se *Spatial Autoregressive Model* (SAR). Anselin e Bera (1998) atentam ao fato de incluir variáveis independentes no modelo sem que haja interferência espacial, o qual intitulou de mixed regressive-spatial autoregressive model. A forma da função é apresentada a seguir:

$$\begin{aligned}
 y &= \rho \mathbf{W}y + \mathbf{X}\beta + u \\
 y - \rho \mathbf{W}y &= \mathbf{X}\beta + u \\
 (\mathbf{I} - \rho \mathbf{W})y &= \mathbf{X}\beta + u \\
 y &= (\mathbf{I} - \rho \mathbf{W})^{-1}(\mathbf{X}\beta + u)
 \end{aligned}$$

O modelo possui “n” observações e “k” parâmetros, onde “y” é um vetor de dimensão nx1, **W** é a matriz de vizinhança de ordem nxn, **X** é uma matriz nxk, “β” é o vetor de parâmetros de dimensão kx1, “u” é um vetor nx1 e “ρ” o coeficiente espacial autorregressivo que mede o grau de dependência espacial. O termo $\rho \mathbf{W}y$ é comumente chamado de *lag* espacial e compreende a influência das características representadas por “y” entre os vizinhos. Caso o coeficiente “ρ” não seja significativo, temos o modelo clássico de MQO.

Pode ser que a dependência espacial não se limite apenas em termos da variável dependente, dependendo do processo gerador de dados. Além do *lag* espacial do regressando, é possível que existam simultaneamente *spillovers* espaciais originados em regressores omitidos no termo de erro e que devam ser explicitados na equação. O modelo que contém dependência espacial em ambos é chamado de *Spatial Durbin Model* (SDM), como mostra a seguinte equação:

$$\begin{aligned}
 y &= \rho \mathbf{W}y + \mathbf{X}\beta + \mathbf{W}\mathbf{X}\gamma + u \\
 y - \rho \mathbf{W}y &= \mathbf{X}\beta + \mathbf{W}\mathbf{X}\gamma + u \\
 (\mathbf{I} - \rho \mathbf{W})y &= \mathbf{X}\beta + \mathbf{W}\mathbf{X}\gamma + u \\
 y &= (\mathbf{I} - \rho \mathbf{W})^{-1}(\mathbf{X}\beta + \mathbf{W}\mathbf{X}\gamma + u)
 \end{aligned}$$

Se “h=0”, então não há *feedback* espacial do regressor para observações vizinhas, e o modelo se equivale a um SAR. Cabe ressaltar que tanto no SAR quanto no SDM o termo de erro segue uma distribuição Normal e apresenta matriz de covariância homoscedástica, isto é: $u \sim N(0, \sigma^2 I)$ (LESAGE e PACE, 2009).

Quando o processo gerador de dados contém dependência espacial apenas no termo de erro tem-se o *Spatial Error Model* (SEM). Neste caso, a dificuldade de interpretação dos dados aumenta porque a dependência está em fatores que não são percebidos pelo econometrista, o que não acontece nos dois modelos anteriores, por exemplo. O modelo de regressão pode ser escrito com a seguinte notação:

$$y = \mathbf{X}\beta + \varepsilon, \quad (1.1)$$

onde “E” é o termo de erro com processo espacial autoregressivo (nx1). Dentro dessa distúrbância encontra-se um erro totalmente aleatório, a saber:

$$\varepsilon = \lambda \mathbf{W}\varepsilon + u, \quad (1.2)$$

onde \mathbf{W} é a matriz de pesos (nxn), “ λ ” é o coeficiente espacial e “ u ” o erro aleatório (nx1). Substituindo (1.1) em (1.2) temos a forma reduzida:

$$\begin{aligned} y - \mathbf{X}\beta &= \lambda \mathbf{W}(y - \mathbf{X}\beta) + u \\ (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W})y &= \mathbf{X}\beta - \lambda \mathbf{W}\mathbf{X}\beta + u \\ y &= \mathbf{X}\beta + (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W})^{-1}u \end{aligned}$$

Outro modelo importante a se considerar é o SAC, que implementa dependência espacial no termo de erro e na variável dependente, sendo uma mistura de SAR com SEM. Sua forma funcional segue o seguinte esquema:

$$y = \rho \mathbf{W}_1 y + \mathbf{X}\beta + \varepsilon, \text{ onde } \varepsilon = \lambda \mathbf{W}_2 \varepsilon + u$$

Fazendo as devidas substituições e desenvolvendo a equação, tem-se:

$$y - \rho \mathbf{W}_1 y - \mathbf{X}\beta = \lambda \mathbf{W}_2 [(I - \rho \mathbf{W}_1)y - \mathbf{X}\beta] + u$$

$$\begin{aligned}
(I - \rho \mathbf{W}_1)y - \mathbf{X}\beta &= \lambda \mathbf{W}_2(I - \rho \mathbf{W}_1)y - \lambda \mathbf{W}_2\mathbf{X}\beta + u \\
(I - \lambda \mathbf{W}_2)(I - \rho \mathbf{W}_1)y &= -\lambda \mathbf{W}_2\mathbf{X}\beta + \mathbf{X}\beta + u \\
y &= (I - \rho \mathbf{W}_1)^{-1}\mathbf{X}\beta + (I - \lambda \mathbf{W}_2)^{-1}(I - \rho \mathbf{W}_1)^{-1}u
\end{aligned}$$

Lesage e Pace (2009) atentam que a matriz \mathbf{W}_1 pode ser igual à matriz \mathbf{W}_2 , passando a se chamar de SARMA (*Spatial Autoregressive Moving Average Model*).

Nos modelos onde é encontrado algum tipo de dependência espacial a estimação por MQO gera estimadores viesados, tanto dos parâmetros do modelo de regressão (os coeficientes das variáveis dependentes e da dependência espacial) quanto da matriz de covariância. Para tratar dessa questão, Lee (apud LESAGE e PACE, 2009) sugere a estimação por máxima verossimilhança. Uma hipótese importante para gerar a função de verossimilhança é a de que o termo de erro segue uma Distribuição Normal com *noise variance* constante (homoscedástico). Com a estimação por Máxima Verossimilhança, os parâmetros estimados são assintoticamente consistentes e torna-se possível realizar inferência estatística.

Quando nos deparamos com o mundo empírico, o processo gerador de dados de um objeto de estudo nunca é conhecido, o que vem dificultar ao pesquisador identificar qual o modelo mais adequado a se utilizar. Para identificar a presença da influência espacial e auxiliar na escolha do modelo, alguns testes na literatura de econometria espacial são indicados e apresentados no tópico seguinte.

4.2 Efeitos Diretos, Indiretos e Totais

Em um modelo clássico de regressão linear os coeficientes das variáveis independentes indicam a correlação parcial com o regressando, sendo a derivada parcial da var. dependente em relação à independente. Quando se verifica que o processo gerador de dados incorpora a influência de vizinhos, a interpretação dos estimadores torna-se mais rebuscada, já que a variável explicativa e/ou dependente defasada é capaz de afetar a sua própria região e também a seus vizinhos geográficos (LESAGE e PACE, 2009).

Os modelos espaciais de regressão são capazes de ampliar o conjunto de informações para incluir outras oriundas de observações vizinhas, e os impactos estimados podem ser traduzidos pelos efeitos diretos, indiretos e totais. É possível gerar esses efeitos por meio dos modelos SAR, SDM e SAC - pois o *spillover* é observável -, trazendo assim uma

interpretação rica e intuitiva. Como discutido anteriormente, a interpretação de dependência espacial nos modelos SEM é muito difícil e cabe acrescentar que não é possível obter essas medidas de impacto.

Formalizando as três medidas citadas acima, temos:

Impacto Direto Médio – medida sumária que representa uma média dos efeitos de uma região “i” sobre ela mesma. Matematicamente é expressa como o traço da diagonal principal de $S_r(W)$, ou seja:

$$\overline{M}(r)_{direct} = n^{-1} tr(S_r(W)),$$

onde $S_r(W) = (I_n - \rho W)^{-1} I_n \beta_r$, “n” é o número de observações, “tr” é o traço da matriz e $\overline{M}(r)_{direct}$ é o efeito direto médio.

Impacto Total Médio – esta medida captura o impacto médio de todas as regiões incorporadas na matriz de vizinhança sobre uma determinada região “i”, incluindo o seu próprio efeito. Pode ser expressa da seguinte maneira:

$$\overline{M}(r)_{total} = n^{-1} l'_n S_r(W) l_n,$$

onde l_n é um vetor coluna unitário e $\overline{M}(r)_{total}$ é o efeito total médio.

Impacto Indireto Médio – Mede a influência das observações vizinhas sobre a região “i”, sendo obtida pela diferença entre os efeitos Total e Direto, ou seja:

$$\overline{M}(r)_{indirect} = \overline{M}(r)_{total} - \overline{M}(r)_{direct}$$

4.3 Comparação entre modelos

A literatura sugere alguns testes estatísticos de comparação entre modelos a fim de indicar qual se encaixa melhor aos dados, tanto em modelagem clássica quanto em econometria espacial. Alguns testes são apresentados no subtópico a seguir e que são implementados neste trabalho.

4.3.1 Teste de Koenker

O teste de Koenker pode ser visto como uma variante para o teste de Breush-Pagan-Godfrey para uma inferência mais exata quando não há normalidade nos erros. A estatística de teste é dada por:

$$BP_K = nR_a^2,$$

onde “n” é o número de observações e “ R_a^2 ” é o coeficiente de determinação da regressão auxiliar⁶. A hipótese nula postula que os erros da regressão são homoscedásticos, e a distribuição da estatística de teste segue uma distribuição Qui-quadrado com “k-1” graus de liberdade.

4.3.2 Teste de Normalidade Jarque-Bera

É o teste mais comumente utilizado na literatura para testar Normalidade dos erros, proposto por Bera e Jarque (1987). Sua estatística de teste considera as medidas de assimetria e curtose estimadas do modelo de regressão, sendo representada pela seguinte função:

$$BJ = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right)$$

O termo “S” é a medida de assimetria estimada e “K - 3” representa o excesso de curtose estimado. A hipótese nula segue uma distribuição Qui-quadrado com 2 graus de liberdade e postula que os erros da regressão seguem uma Distribuição Normal.

4.3.3 Teste RESET

A dificuldade de testar uma forma funcional não linear específica alternativa ao modelo inicialmente proposto ou a inclusão de uma variável particular levou a uma proposta de teste por Ramsey. Conhecido como teste RESET, o teste avalia na hipótese nula se o modelo está corretamente especificado, testando se a inclusão de regressores artificiais

⁶ Para maiores detalhes sobre o teste, ver Koenker (1981).

melhora o poder de explicação do modelo originalmente proposto. A estatística do teste é dada por:

$$F = \left[\frac{\frac{(R_{novo}^2 - R_{antigo}^2)}{\text{"número de novos regressores"}}}{(1 - R_{novo}^2) / (n - \text{"número de parâmetros do novo modelo"})} \right]$$

onde R_{antigo}^2 é o coeficiente de determinação do modelo testado, R_{novo}^2 é o coeficiente de determinação do modelo cujas variáveis artificiais foram incluídas e “n” o número de observações.

4.3.4 Teste Box-Cox

O Teste Box-Cox propõe uma alternativa para avaliar se há equivalência entre modelos que são estimados com os dados amostrais lineares e os modelos estimados com os dados amostrais transformados com a aplicação do logaritmo. As hipóteses do teste são dadas por:

$$\begin{cases} H_0: \text{Os modelos são equivalentes;} \\ H_1: \text{Um dos modelos é superior em relação ao outro.} \end{cases}$$

A estatística do teste é dada por:

$$BoxCox = n/2 \log \left[\frac{\left(\frac{SSE_{linear}}{y_{média\ geométrica}^2} \right)}{SSE_{log-log}} \right] \sim \chi^2(1),$$

onde SSE_{linear} é a Soma do quadrado dos resíduos da regressão com as variáveis lineares, $y_{média\ geométrica}^2$ é o quadrado da média geométrica da variável explicada, e $SSE_{log-log}$ é a Soma do quadrado dos resíduos da regressão com as variáveis em logaritmo. Se $BoxCox > \chi^2_{1-\alpha; 1}$, então rejeita-se H_0 e conclui-se que um dos dois modelos é superior ao outro. Nesse

caso, se tivermos $\left(\frac{SSE_{linear}}{y_{média\ geométrica}^2} \right) > SSE_{log-log}$, conclui-se que o modelo log-

log é superior em relação ao modelo com variáveis em nível. Caso contrário, o modelo com as variáveis em nível é indicado como superior.

4.3.5 Teste do Multiplicador de Lagrange

O teste do Multiplicador de Lagrange (LM) é útil para sugerir qual a especificação mais apropriada para representar os dados. É o teste assintótico mais utilizado na literatura de econometria espacial por necessitar da estimação do modelo apenas sob a hipótese nula (ANSELIN et al, 2000). Ele pode ser realizado em sua versão tradicional ou robusta, tanto para o modelo que incorpora lag-espacial na variável dependente quanto no erro. No primeiro caso, temos as formas:

$$LM_{Lag} = \frac{\left(\frac{e'Wy}{(e'e)/n} \right)^2}{\frac{(WX\hat{\beta})'M(WX\hat{\beta})}{(e'e)/n} + tr(W'W + W^2)}$$

$$RLM_{Lag} = \frac{\left[\frac{e'Wy}{(e'e)/n} - \frac{e'We}{(e'e)/n} \right]^2}{\frac{(WX\hat{\beta})'M(WX\hat{\beta})}{(e'e)/n} + tr}$$

onde “tr” é o traço da matriz $M = I - X(X'X)^{-1}X'$ e “ $\hat{\beta}$ ” é o estimador de MQO. O teste com o modelo de erro espacial, nas versões tradicional e robusta, assume as seguintes funções:

$$LM_{err} = \frac{\left(\frac{e'We}{(e'e)/n} \right)^2}{tr(W'W + W^2)}$$

$$RLM_{err} = \frac{\left[\frac{e'We}{(e'e)/n} - tr \left(\frac{(WX\hat{\beta})'M(WX\beta)}{(e'e)/n} + tr \right)^{-1} \frac{e'Wy}{(e'e)/n} \right]^2}{tr - tr^2 \left(\frac{(WX\hat{\beta})'M(WX\beta)}{(e'e)/n} + tr \right)^{-1}}$$

As estatísticas do teste LM seguem uma distribuição Qui-Quadrado com apenas 1 grau de liberdade. Deve-se atentar que as versões robustas serão válidas apenas se as versões padrões forem significantes. Para decidir qual das opções é a melhor, deve-se observar qual teste LM tem o menor p-valor – ou escolher a alternativa com maior estatística LM. Se $RML > LM$ e for significativa, então deve-se selecionar a alternativa com maior RLM.

Neste capítulo foi apresentada a metodologia implementada neste trabalho, elucidando questões teóricas importantes a respeito de econometria espacial: tipo de matriz de vizinhança a ser escolhida, construção e seleção do modelo empírico que melhor se adequa aos dados.

O espaço, de acordo com a teoria criminológica, tem sido identificado como um fator relevante nesse escopo de estudo. Com a utilização dessa metodologia e com o desenvolvimento de variáveis que caracterizam o espaço, acredita-se que é possível captar correlações importantes que virão auxiliar na compreensão da ocorrência de crimes, mais precisamente, homicídios. O capítulo seguinte disserta a respeito dos bancos de dados utilizados e realiza uma análise descritiva dos mesmos.

5. DADOS E ANÁLISE DESCRITIVA

Para realizar as estimações foram utilizados três bancos de dados distintos. As informações referentes a crimes violentos letais e intencionais foram obtidas através do banco de dados INFOPOL SDS/PE, da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, e constam de um histórico de homicídios (e latrocínios) no período de 2004 a 2011 na cidade do Recife, registrados por bairro de ocorrência. Os crimes são descritos por dia da semana, dia do mês e ano e turno do dia em que ocorreu o homicídio. Além do período e do local geográfico que referencia onde ocorreu o crime, o banco traz um conteúdo completo sobre a vítima com características de raça, idade, sexo e também sobre o delito, como objeto utilizado pelo agressor e motivação do crime. Para este estudo, foi realizado um corte transversal no período de 2010 devido à falta de informações socioeconômicas e ambientais em outros anos, tendo como unidade de observação os bairros do Recife.

As variáveis socioeconômicas utilizadas foram coletadas do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o período de 2010 e por bairro, a saber: população total, renda *per capita* e área do bairro. A partir dessas variáveis, foram construídas outras para analisar a criminalidade e que foram utilizadas em outros trabalhos na literatura de economia do crime, como: índice de *Gini*, população e crescimento populacional. O *Gini* é o índice de desigualdade mais utilizado na literatura de economia do crime e, de acordo com Hoffmann (2001), detém a propriedade de ser mais sensível a transferências regressivas no intervalo onde a densidade de frequência é maior, geralmente em torno da moda ou mediana da distribuição. O índice foi calculado por bairro, considerando a renda *per capita* dos indivíduos residentes num determinado bairro.

A definição da amostra do Censo de 2010 pelo IBGE se dá com base em um banco de dados denominado Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) que registra e caracteriza todos os endereços do país. Com ele, é possível inserir informações ambientais que irão corroborar para captar algum tipo de correlação entre os homicídios e as características dos bairros. As observações são por domicílio e não são considerados lotes vagos ou edificações em construção sem morador. Os componentes do endereço são identificados por logradouro, número da edificação, complemento, localidade (bairro) e ponto de referência. Pode-se quantificar e identificar no banco os tipos de estabelecimento por bairro, como por exemplo, saber se um endereço está associado a um local destinado à moradia ou a alguma atividade comercial.

Com posse dos dois bancos de dados do IBGE foram construídas quatro variáveis ambientais. Como detalhado na Tabela 5.1, a variável “naores” diz respeito à proporção de estabelecimentos não residenciais no bairro “i” em relação ao total de estabelecimentos desse mesmo bairro. As outras variáveis correspondem à razão da quantidade de estabelecimentos não-residenciais (prop.nres), residenciais (prop.res) e totais (prop.tot) com a área do bairro medida em quilômetros quadrados. Elas foram concebidas dessa maneira para transmitir uma ideia de como os estabelecimentos estão distribuídos no espaço - ou seja, uma densidade desses estabelecimentos -, traçando, assim, um perfil do local.

Ainda na Tabela 5.1 são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis que foram utilizadas no modelo empírico, cada uma com 94 observações que correspondem a cada bairro da cidade. A primeira delas é a taxa de homicídio⁷ (tx_h) por bairro do Recife, sendo a quantidade de mortes dividida pela população multiplicada por 100.000. A média da taxa de homicídios é alta (78,642) porque existem duas observações aberrantes no banco, que são os bairros do Recife Antigo e Santo Antônio⁸, ambos localizados no centro da cidade, com taxas anuais de homicídio de 332,22 e 3.157,9 respectivamente - a taxa média de homicídio sem esses dois bairros cai para 42,415.

A densidade demográfica (dens2010) da cidade é moderada, possuindo cerca de 12.566 habitantes por km², em média. Além do fato de haver pequenos bairros onde as comunidades tem uma concentração de pessoas muito grande (com adensamento horizontal), essa alta densidade também decorre da verticalização da cidade e do mercado imobiliário bastante aquecido - já que um número muito grande de pessoas se instala na cidade devido ao bom crescimento da atividade econômica em vários setores. Também é interessante observar que o inchaço da cidade parece ser maior por causa de vazios urbanos decorrentes de condições geográficas, como áreas de mangue e verde. Pau Ferro é o bairro que apresenta menor densidade, seguido do Recife Antigo e Guabiraba, onde o último possui a maior área territorial, situado no extremo norte da cidade. Brasília Teimosa, Alto José do Pinho e Mangueira apresentam as maiores densidades demográficas (adensamento horizontal) e estão entre os 30 menores bairros em termos de área geográfica. A taxa de crescimento populacional dos bairros (dIndenss) no período entre 2000 e 2010 foi, em média, de 16%.

⁷ Na construção da taxa de homicídio foram considerados os latrocínios e homicídios, que se refere aos crimes violentos letais e intencionais. Apenas com o propósito de facilitar a discussão, foi adotado o termo “taxa de homicídio”.

⁸ São bairros pobres, com baixo número de domicílios residenciais e com atividade noturna intensa, de modo que poucas ocorrências dispare a taxa de homicídio.

Tabela 5.1 – Análise Descritiva das Variáveis Socioeconômicas e Ambientais

Variáveis		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
tx_h	(taxa de homicídio)	78,642	324,797	0	3.157,9
dlndenss	(taxa de crescimento da densidade demográfica)	0,16	0,42	-0,172	2,87
dens2010 (km ²)	(densidade demográfica)	12.566,59	7.068,259	139	31.970
gini	(índice de <i>Gini</i>)	0,481	0,076	0,334	0,787
renda	(renda <i>per capita</i>)	279,00	296,74	47,19	1.333,89
naores	(proporção de estabelecimentos não-residenciais sobre o total de estab.)	0,137	0,116	0	83,49
prop.nres	(densidade de estab. não-residenciais)	521,67	301,87	0	1.623,51
prop.res	(densidade de estab. residenciais)	4.058,31	2.345,13	11,251	10.514,83
prop.tot	(densidade total de estab.)	4.579,98	2.543,26	11,251	11.986,04

Total de observações: 94

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOL SDS/PE, Censo Demográfico e CNEFE (IBGE).

Em termos de desigualdade de renda (*gini*), os bairros do Recife apresentam uma dispersão moderada em torno da média (0,48), já que 0,07 pontos em termos de índice de *Gini* é algo significativo. Cabe ressaltar que se encontram muitas comunidades pobres vizinhas a áreas com padrões financeiros mais elevados dentro de um mesmo bairro, caracterizando também uma heterogeneidade intrabairro. Pau Ferro (0,726) e Santo Antônio (0,654) se enquadram nos bairros mais desiguais da cidade, onde o primeiro é formado de uma população de granjeiros e comerciantes – sendo considerado um reduto rural - e, o segundo, fica no centro da cidade e contém uma série de pontos históricos e áreas não residenciais. Os bairros de Jaqueira e Graças são os menos desiguais, com *gini* de 0,334 e 0,337, estando entre os quatro mais ricos da cidade em termos de renda *per capita* – R\$1.333,00 e R\$1.066,00

respectivamente. Além dos dois últimos mencionados, encontramos os bairros de Casa Forte (R\$1.111,00 *per capita*) e Afogados (R\$1.077,00) com elevada renda *per capita*, mas é curioso como são heterogêneos entre si. Afogados é o bairro mais populoso e o que detém a maior parcela de estabelecimentos não-residenciais dentre os quatro, onde a elevada renda *per capita* pode ser atribuída ao alto nível de atividades ligadas ao comércio e às indústrias na região. O bairro das Graças possui um polo de saúde desenvolvido que movimenta muitos recursos, enquanto Jaqueira e Casa Forte são bairros mais destinados a residências, embora tenha um setor de serviços bem aquecido. A média de R\$279,00 de renda *per capita* é bastante baixa para a cidade e tem uma dispersão alta (R\$296,00) devido a alguns pontos atípicos. Além disso, cerca de 40% dos bairros da cidade possuem renda *per capita* abaixo de R\$100,00.

A cidade do Recife é composta por uma porção de escolas e faculdades, hospitais e clínicas de saúde, estabelecimentos religiosos e comerciais em geral, dentre vários outros tipos de locais não destinados à moradia, e esses representam em média 13% (naores) dos estabelecimentos dos bairros, com desvio padrão de 11%. Santo Antônio é o bairro que apresenta a maior proporção de estabelecimentos não-residenciais (83%), seguido do Recife Antigo (67%) e Boa Vista (21%), sendo observações bastante atípicas em relação à distribuição dos bairros - os três estão localizados no centro da cidade. Pau Ferro, Aflitos, Monteiro e Boa Viagem são os mais residenciais e situados em pontos bem diferentes no mapa da cidade.

O cenário assume um aspecto diferente se se considera a concentração por tipo de estabelecimento nos bairros. Os 4 bairros que apresentam a quantidade de domicílios de forma menos concentrada (prop.res) na cidade são, respectivamente: Pau Ferro, Guabiraba, Cidade Universitária, Dois Irmãos. Analisando descritivamente os bairros que possuem a maior concentração de estabelecimentos não-residenciais (prop.nres), tem-se: Santo Antônio (1.623,51), Brasília Teimosa, Boa Vista e Totó. Os bairros de Brasília Teimosa (11.986,04 domicílios), Alto José do Pinho e Mangueira detêm a maior concentração de domicílios (prop.tot), embora Boa Viagem, Várzea e Cohab possuam a maior quantidade de endereços.

Este capítulo discorreu sobre os dados que foram tratados neste trabalho, realizando sua apresentação e análise descritiva. O propósito do capítulo seguinte é apresentar e discutir os resultados gerados pela implementação da metodologia, buscando compreender como se dá a correlação entre a criminalidade, mensurada pela taxa de homicídios, e as variáveis socioeconômicas e ambientais.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados das estimações estão apresentados nesta seção e o objetivo é demonstrar de que forma o ambiente – juntamente com os fatores socioeconômicos - se correlacionam com os homicídios, procurando captar algum efeito de *spillover* das variáveis consideradas e também os efeitos diretos e indiretos. Tem-se por hipótese que os bairros que apresentam uma menor concentração/proporção de estabelecimentos residenciais, em média, estão correlacionados com maior incidência de homicídios, dado que um ambiente com poucas testemunhas pode favorecer a ação do criminoso (BRANTINGHAM e BRANTINGHAM, 1995). Pelos dados, observa-se que a ocorrência de homicídios nos turnos da noite e madrugada é maior. Esse é o momento em que as ruas ficam mais desertas e há menos vigilantes e testemunhas - baixos *law* e *social enforcement* -, o que pode facilitar a ação do criminoso especialmente nos ambientes onde as pessoas não residem. Por outro lado, pode ser que o fato de ocorrer muitos homicídios em determinadas áreas do bairro leva as pessoas a quererem residir em outro local, dentro do mesmo bairro ou até mesmo em outro. Os dados observados compreendem o período de 2010, então, no curto prazo, é plausível considerar que não há mudança⁹ do tipo de estabelecimento nesse período, o que corrobora para argumentar certa exogeneidade das variáveis ambientais. A oferta de estabelecimentos é dada e, nesse prazo de um ano, assume-se que um estabelecimento tido como residencial, por exemplo, permanece destinado à moradia. Por esse prisma, a causalidade reversa entre ambiente e criminalidade não seria um impedimento e as variáveis socioeconômicas entrariam como controles. Torna-se complicado, então, controlar outras possíveis variáveis (não-espaciais) que estariam omitidas no termo de erro, o que enviesaria os estimadores. Como a endogeneidade mostra-se um problema difícil de se contornar, a busca pelas correlações é importante para averiguar o sentido da relação entre as variáveis, se está conforme a abordagem da teoria criminológica que enfatiza a importância do ambiente. Outro ponto essencial é que a forma como as variáveis ambientais foram construídas procura captar a ideia do *law* e *social enforcements*.

Foram testados 8 modelos empíricos que incorporam as características ambientais e socioeconômicas como variáveis explicativas e a taxa de homicídio como variável dependente. Foram utilizadas técnicas estatísticas para assegurar a escolha dos melhores

⁹ Pode até haver mudança do tipo de estabelecimento, mas ela não é significativa dado que é necessário um tempo considerável para transformar um local residencial num comercial, por exemplo - o contrário também é válido.

modelos que representam a relação entre as variáveis¹⁰ para implementar a técnica de econometria espacial, visto que não foi implementado explicitamente um modelo teórico, apesar de que a inclusão das variáveis e o que elas nos informam estejam consoantes com a base teórica criminológica.

Dentre os modelos propostos, escolhemos 3 deles - modelos (5), (6) e (7) - para averiguar se há presença e algum potencial efeito espacial nos dados. Para realizar o Teste do Multiplicador de Lagrange foi necessário inserir a matriz de vizinhança no modelo a se estimar, sendo testadas as matrizes tipo Queen, inverso da distância e a *k-nearest neighbour*. A que melhor se ajustou aos dados foi a matriz de distância e foi utilizada para realizar as estimações, posteriormente. A Tabela 6.2 mostra os resultados das estatísticas de teste e o seu respectivo *p*-valor para o teste LM. Para obtenção das estatísticas, apenas a estimação sobre os modelos de MQO especificados na Tabela 6.1 foi necessária. De acordo com os resultados, os três modelos averiguados possuem algum tipo de dependência espacial por meio de *lag*-espacial, podendo encontrar algum efeito de *spillover* tanto em termos de criminalidade para bairros vizinhos quanto dos fatores socioeconômicos.

Tabela 6.2 - Teste do Multiplicador de Lagrange

	Estatística de Teste			<i>p</i> -valor		
	(5)	(6)	(7)	(5)	(6)	(7)
LMerr	1.1612	0.6606	0.9910	0.281	0.416	0.319
LMlag	3.0463	3.440	3.656	0.081	0.063	0.055
RLMerr	0.2145	0.8731	0.505	0.643	0.350	0.477
RLMlag	2.0995	3.653	3.1702	0.196	0.056	0.075

Os termos entre parênteses representam o *p*-valor. Os *p*-valores em negrito indicam significância estatística.
 Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOP SDS/PE, Censo Demográfico e CNEFE (IBGE).

Partindo da indicação de dependência espacial nos modelos por meio do teste LM, foram realizadas as estimações por máxima verossimilhança incorporando a matriz de distância nos 3 modelos. As hipóteses de normalidade e homoscedasticidade dos erros são importantes para garantir que a estimação gere estimadores não-viesados, e apenas a de normalidade para garantir a consistência. A Tabela 6.3 indica as estatísticas e valores de probabilidade dos testes *Koenker* e *Jarque-Bera*, que averigam presença de heteroscedasticidade e não-normalidade, respectivamente. A heteroscedasticidade parece ser

¹⁰ Todos os modelos formulados e testes encontram-se no apêndice.

um problema apenas no modelo (5), enquanto que a hipótese de normalidade dos erros é violada nos três modelos propostos. Os gráficos 6.1, 6.2 e 6.3 mostram a plotagem dos resíduos dos modelos e, apesar de serem assimétricos, os resíduos dos modelos (5) e (6) assemelham-se mais com uma curva Normal que os do modelo (7). Como a amostra é pequena (94 observações), assumiremos a Lei dos Grandes Números que garante que a distribuição dos erros converge em probabilidade para uma Distribuição Normal quando a amostra tende ao infinito para poder realizar as inferências.

As estimações dos modelos SAR, SAC e SDM são apresentadas na Tabela 6.4. Os três modelos espaciais incorporam a variável dependente defasada espacialmente, embora o SAC e o SDM incluam a dependência nos resíduos e nos regressores, respectivamente. Vale salientar que o vetor “ β ” não pode ser interpretado da mesma maneira que em regressão clássica porque se deve considerar o peso das observações imposto pela matriz de vizinhança, ponto que será discutido na subseção posterior. Mesmo que a interpretação seja feita através das análises dos efeitos espaciais, a significância estatística de todos os coeficientes estimados por máxima-verossimilhança é importante porque os mesmos são argumentos na função dos efeitos Direto e Total.

Gráfico 6.1 – Distribuição dos Resíduos do Modelo (5)

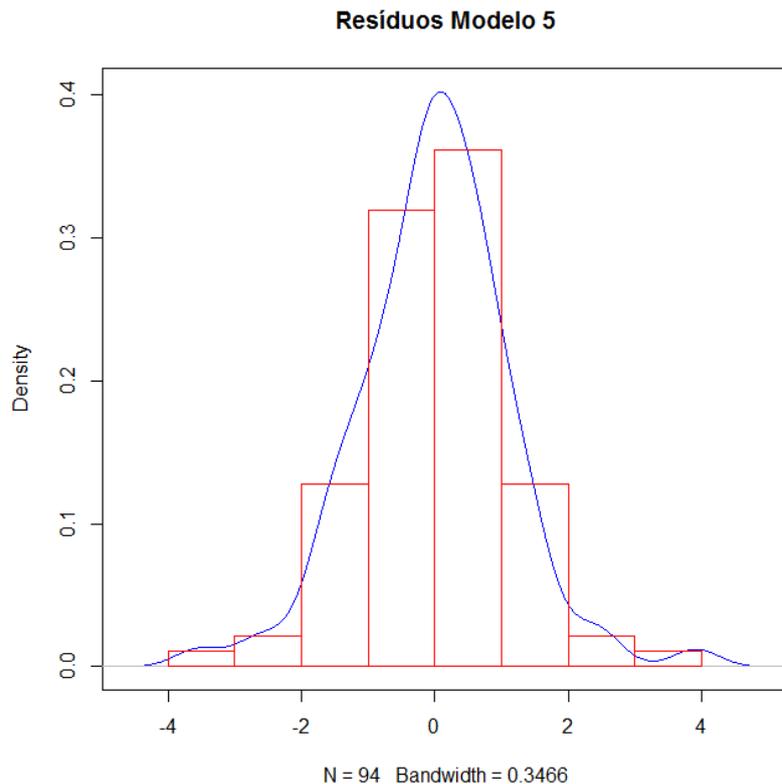


Gráfico 6.2 – Distribuição dos Resíduos do Modelo (6)

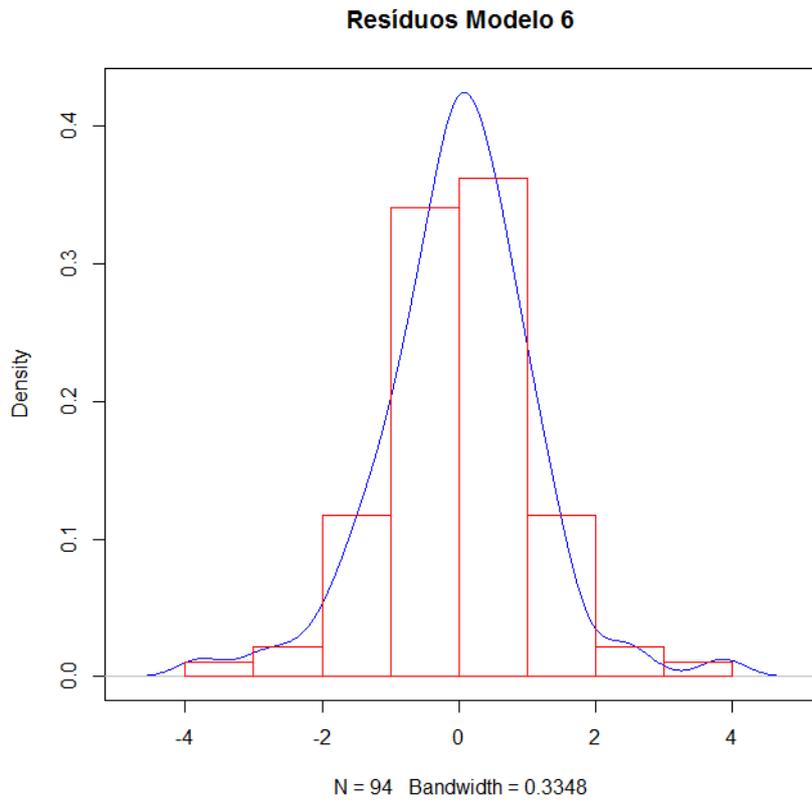


Gráfico 6.3 – Distribuição dos Resíduos do Modelo (7)

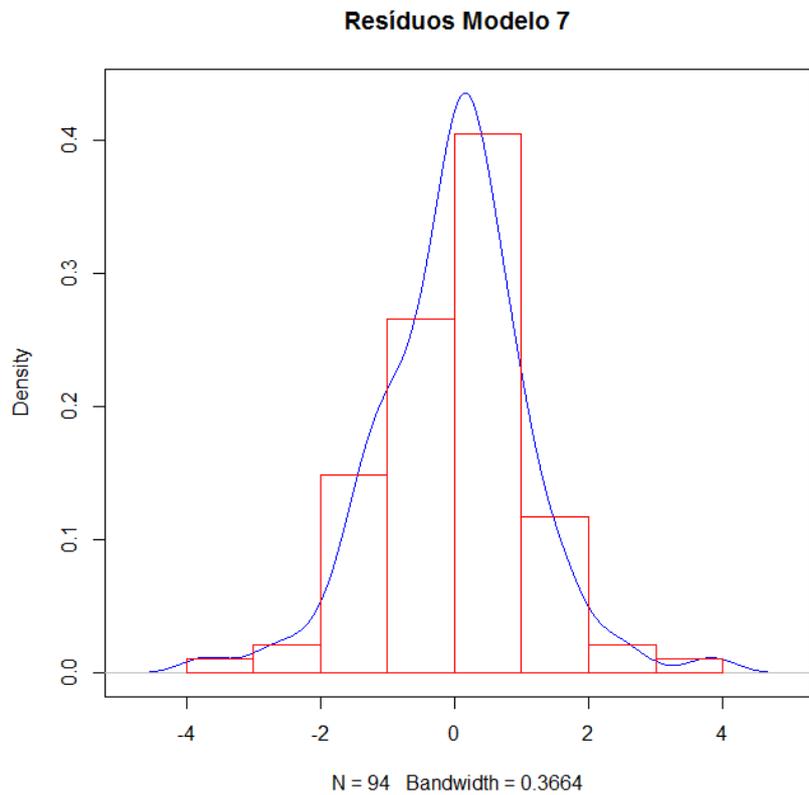


Tabela 6.3: Análise de Heteroscedasticidade e Normalidade dos Resíduos

	Koenker	<i>p</i> -valor	Jarque-Bera	<i>p</i> -valor
Modelo 5	16.769	0.018	9.05	0.010
Modelo 6	11.05	0.136	16.267	0.0002
Modelo 7	10.57	0.158	11.951	0.002

Os termos entre parênteses representam o *p*-valor. Os *p*-valores em negrito indicam significância estatística.
Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOL SDS/PE, Censo Demográfico e CNEFE (IBGE).

Em nenhum dos modelos SDM o parâmetro *rho* foi significativo, indicando que não há *spillover* espacial por essa modelagem. Nos modelos SAC, a dependência espacial na criminalidade é observada nos modelos (6) e (7), embora o coeficiente *lambda* – que capta a influência espacial nos resíduos – não seja significativa. Os modelos com os menores resultados do critério AIC (modelos (6) e (7)) incluem apenas o *lag* da variável dependente, com parâmetro *rho* negativo e significativo, resultado já encontrado anteriormente por Menezes et al (2011) - embora incluindo um conjunto de variáveis explicativas diferente -, denotando que a incidência de criminalidade nos bairros vizinhos está associada a uma redução da criminalidade num determinado bairro, de modo geral. Entre os dois modelos mencionados, o modelo (6) apresenta melhor ajuste em comparação com os dois restantes por apresentar a menor estatística pelo critério AIC.

Sem a obtenção dos efeitos sumários, não é possível fazer uma análise dos estimadores, tendo em vista que se deve considerar a informação incorporada pelas observações vizinhas. A análise das medidas sumárias foi realizada sob o modelo (6) por ter apresentado a melhor configuração de variáveis. Com a estimativa dos efeitos marginais é possível compreender de que forma uma característica de um determinado vizinho pode gerar um efeito de *feedback* num determinado bairro observado.

Deve-se ressaltar que esse tratamento corrige viés de variável omitida espacialmente, não permitindo tratar viés de outras variáveis. Mesmo existindo o viés por conta da omissão de variáveis explicativas, o viés dos estimadores é reduzido com o tratamento econométrico espacial. O problema da causalidade reversa é amenizado no curto prazo dado que não há alteração da forma que o estabelecimento é utilizado. As pessoas podem até optar por residir em locais onde se sintam mais seguras, mas o mesmo estabelecimento permanece destinado a abrigar indivíduos, e outros passarão a morar nesse local. O fato de o crime ser menos frequente numa determinada região não provocaria uma mudança no tipo de estabelecimento com o intuito de melhorar o *law and social enforcements*, dado que as pessoas irão arbitrar em

residir ou não no local. Portanto, o uso dos efeitos diretos, indiretos e totais passam a ser pertinentes mesmo com o viés gerado por variáveis omitidas.

Tabela 6.4 - Estimações dos modelos SAR, SAC e SDM

	SAR (5)	SAC (5)	SDM (5)	SAR (6)	SAC (6)	SDM (6)	SAR (7)	SAC (7)	SDM (7)
dens10	0.053 (0.015)	0.053 (0.016)	0.052 (0.016)	0.063 (0.054)	0.064 (0.052)	0.060 (0.066)			
lndens10							1.443 (0.000)	1.448 (0.000)	1.477 (0.000)
lnpop10	2.001 (0.010)	2.001 (0.012)	1.906 (0.030)	1.910 (0.003)	1.942 (0.007)	1.755 (0.020)	0.498 (0.022)	0.506 (0.020)	1.773 (0.038)
gini	4.195 (0.016)	4.1997 (0.016)	3.8531 (0.0445)	3.784 (0.023)	3.8776 (0.018)	3.2408 (0.070)	3.4035 (0.04)	3.444 (0.041)	2.4094 (0.186)
lnrenda	-3.024 (0.002)	-3.017 (0.004)	-3.017 (0.009)	-3.406 (0.000)	-3.400 (0.000)	-3.384 (0.000)	-0.78 (0.000)	-0.771 (0.002)	-2.648 (0.005)
lnnaores	0.537 (0.078)	0.529 (0.090)	0.548 (0.067)				0.459 (0.001)	0.458 (0.001)	1.718 (0.001)
naores				5.8054 (0.000)	5.7469 (0.000)	5.4812 (0.000)			
prop.nres				0.068 (0.576)	0.078 (0.518)	0.100 (0.423)	0.001 (0.000)	0.001 (0.000)	0.598 (0.000)
lnprop.nres	2.946 (0.003)	2.961 (0.004)	2.954 (0.003)						
prop.res				-0.060 (0.031)	-0.061 (0.0291)	-0.061 (0.028)			
lnprop.res	-1.4113 (0.001)	-1.4125 (0.001)	-1.3949 (0.001)						
lnprop.tot							-2.123 (0.007)	-2.127 (0.007)	-2.1693 (0.002)
lag.dens			0.046 (0.718)			-0.019 (0.96)			-2.387 (0.43)
lag.lnpop			-1.604 (0.4109)			-1.559 (0.414)			-1.626 (0.27)
lag.gini			-6.1704 (0.391)			-8.6558 (0.197)			3.044 (0.08)
lag.renda			0.985 (0.923)			-0.835 (0.927)			0.572 (0.821)
lag.lnnaores			2.891 (0.2036)			1.1604 (0.868)			1.420 (0.332)
lag.lnprop.nres			-1.8965 (0.1430)			-0.117 (0.402)			-0.108 (0.348)
lag.lnprop.res			0.675 (0.971)			-0.048 (0.883)			-0.260 (0.999)
constante	7.4530 (0.000)	7.4210 (0.000)	7.149 (0.001)	1.9158 (0.33)	1.9156 (0.329)	3.289 (0.063)	6.4558 (0.003)	6.3691 (0.003)	6.360 (0.005)
Rho	-0.4107 (0.055)	-0.417 (0.161)	-0.412 (0.136)	-0.445 (0.034)	-0.516 (0.0354)	-0.350 (0.21)	-0.446 (0.029)	-0.474 (0.060)	-0.385 (0.181)
Lambda		0.0294 (0.948)			0.196 (0.573)			0.105 (0.78)	
AIC	304.9	306.93	311.52	302.45	304.28	310.19	302.7	304.79	307.98

Os termos entre parênteses representam o *p*-valor. Os *p*-valores em negrito indicam significância estatística.
Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOL SDS/PE, Censo Demográfico e CNEFE (IBGE).

A Tabela 6.5 mostra os resultados dos efeitos e pode-se observar que os sinais são os mesmos obtidos com as regressões multivariadas, corroborando para assegurar o sentido dos mesmos. Todas as variáveis socioeconômicas e ambientais - com exceção da densidade de estabelecimentos não-residenciais que não apresenta nenhum efeito significativo - apresentam efeitos totais significativos e apenas os efeitos indiretos da densidade demográfica e de estabelecimentos residenciais são nulos. A significância dos efeitos totais é importante porque nenhum efeito que seja nulo invalida algum efeito significativo. Como a variável dependente é a taxa de homicídio linearizada, os efeitos médios são interpretados como elasticidades e semi-elasticidades, em caso de regressor linearizado ou em nível, respectivamente.

O fato de um bairro ter um grande adensamento populacional gera um efeito médio direto positivo sobre sua taxa de homicídio, mesmo que a densidade demográfica dos bairros vizinhos não afete a criminalidade do mesmo bairro observado (efeito indireto nulo). A quantidade de pessoas residentes num bairro também tem, em média, efeito direto positivo nos homicídios, visto que existem mais potenciais alvos aos olhos do agressor. Já o efeito indireto tem sentido contrário, representando que um maior nível populacional num bairro vizinho está associado a um menor nível de criminalidade num determinado bairro observado, ocorrendo uma espécie de migração de agressores para as regiões mais populosas. Nos bairros mais desiguais as taxas de homicídios são maiores, em média, e os bairros vizinhos que apresentam alto nível de desigualdade impactam negativamente na criminalidade do bairro observado.

Em relação às variáveis ambientais, os efeitos da proporção de estabelecimentos não-residenciais são fortemente significantes, conforme a Tabela 6.5. Quanto maior a proporção de locais destinados a fins que não sejam a residência particular em um bairro maior é o seu nível de criminalidade, sendo que o efeito indireto tem sentido contrário. Um maior adensamento de estabelecimentos residenciais num bairro parece estar associado a uma criminalidade menos intensa e o efeito de *feedback* é inexistente, ou seja, a concentração de residências nos bairros vizinhos não impacta na taxa de homicídio do bairro observado.

Tabela 6.5 - Resultados dos Efeitos Direto, Indireto e Total do Modelo SAR (6)

	Efeito Direto	Efeito Indireto	Efeito Total
dens10	0.064 (0.053)	-0.019 (0.152)	0.044 (0.070)
lnpop10	1.939 (0.002)	-0.596 (0.032)	1.342 (0.000)
gini	3.841 (0.024)	-1.180 (0.112)	2.660 (0.0391)
lnrenda	-3.447 (0.000)	1.059 (0.029)	-2.387 (0.0118)
Naores	5.886 (0.000)	-1.809 (0.047)	4.077 (0.001)
prop.nres	0.068 (0.580)	-0.021 (0.608)	0.047 (0.590)
prop.res	-0.060 (0.033)	0.018 (0.131)	-0.042 (0.044)

Os termos entre parênteses representam o p -valor. Os p -valores em negrito indicam significância estatística.
Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOL SDS/PE, Censo Demográfico e CNEFE (IBGE).

7. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo investigar a relação entre as características do ambiente e a criminalidade na cidade do Recife, tendo como *proxy* a taxa de homicídio, em vista à escassez de informações empíricas a esse respeito e em nível tão desagregado quanto os bairros. O estudo foi inovador por ter incluído informações sobre o ambiente com o auxílio de um banco de dados bastante atual e ainda pouco explorado pelos pesquisadores. Além de estudar tais características ambientais, foi analisado como os fatores socioeconômicos estão associados com a criminalidade em conjunto com as variáveis ambientais construídas.

O foco foi averiguar o sentido das correlações entre os fatores e a taxa de homicídio do Recife, já que problemas advindos de viés de variável omitida de qualquer natureza são comuns em estudos econômicos e exigem técnicas estatísticas diferentes para tratar a questão (BIDDERMAN et al, 2010; MUSSE, 2012; LEIGH e NEIL, 2010). Como foi discutido, a causalção reversa entre ambiente e crime pode ser amenizada devido à não alteração do tipo de estabelecimento dentro do período analisado, permitindo avaliar o ambiente como um preditor para a criminalidade dos bairros. Dentro desse contexto, para contornar o viés de variável espacial omitida, foi proposta a metodologia de econometria espacial a fim de investigar os efeitos das observações vizinhas.

Os resultados das regressões obtidos com o modelo SAR demonstram concordância com os estudos de criminologia que apontam o espaço como fator extremamente relevante para explicar o crime (BRANTINGHAM e BRANTINGHAM, 1995; COHEN e FELSON, 1979). Na cidade do Recife observa-se que nos bairros onde a proporção de não-residências em relação ao total de domicílios é alta ocorrem mais assassinatos, e uma possível explicação para isso é que nesses locais o *law* e o *social enforcements* são mais baixos e viabilizam os crimes. O crime violento letal e intencional é, por exemplo, muito mais notório que um furto ou roubo e, por isso, os locais onde o agressor é menos visado é preferível. Por bairro, a maioria dos homicídios ocorre no período da noite e madrugada, em sua maior parte em logradouros públicos, e os locais caracterizados por não haver residências particulares têm menos transeuntes nesses períodos do dia e, conseqüentemente, menos testemunhas.

A significância da variável que indica o adensamento de residências nos bairros corrobora com essa conjectura, visto que existem mais barreiras à prática do crime nos lugares onde as pessoas moram mais próximas uma das outras, dado o trânsito de indivíduos e maior número de testemunhas. Por consequência, se um bairro vizinho possui um ambiente mais

favorável e condizente com o cenário discutido, o agressor se torna mais apto a migrar para essas regiões e cometer o homicídio. A concentração (densidade) de estabelecimentos não-residenciais parece não importar para a ocorrência de homicídios, provavelmente porque o agressor escolhe pontos estratégicos no ambiente.

Atentando para as correlações entre taxa de homicídio e as variáveis econômicas, obteve-se um resultado intrigante em relação à densidade demográfica, que contraria o encontrado por Menezes et al. (2011). O efeito direto da densidade é positivo na criminalidade, indicando que se encontram mais crimes em regiões onde a concentração de pessoas é maior num determinado bairro, embora esse efeito não tenha *spillover* para regiões vizinhas. Pelos mapas Kernel, observa-se que existe uma correlação positiva muito forte entre áreas residenciais e densidade demográfica, quando era esperado que a última mantivesse o mesmo sentido (negativo) em relação à taxa de homicídio. Por outro lado, Glaeser e Sacerdote (1999) demonstraram que nos grandes centros urbanos a prática do crime é facilitada devido a menor probabilidade de o agressor ser identificado, sendo uma possível justificativa para o sinal encontrado para os coeficientes da densidade demográfica e também do nível populacional.

O alto nível de desigualdade de renda está associado a uma alta incidência de crime nos bairros do Recife e corrobora para reforçar a ideia do baixo nível de *social enforcement* dos bairros, de modo geral. Por outro lado, a elevada renda *per capita* do bairro correlaciona-se negativamente com a taxa de homicídio. De fato, os homicídios são mais recorrentes nos bairros mais pobres da cidade e, o fato de os bairros serem bastante heterogêneos (residências de classe média-alta vizinhas a comunidades carentes dentro de um mesmo bairro), favorece o resultado encontrado para o coeficiente do índice de *Gini* e está consoante com a literatura (FANJZYLBER et al., 1998; FANJZYLBER et al., 2000; KELLY, 2000; MENEZES et al., 2011).

Os resultados deste estudo trazem importante conteúdo a respeito do perfil da cidade do Recife no âmbito socioeconômico e ambiental de maneira a associá-los com a ocorrência de homicídios. É possível reduzir a criminalidade observando o ambiente e não apenas os mecanismos de incentivo dos criminosos, já que a realização de um ato ilícito pode ser facilitada de acordo com as características do local. Dado que a grande maioria dos crimes envolvendo morte ocorrem em logradouro público (ambiente aberto), uma forma de se investir na redução e controle da criminalidade é aumentando o *law enforcement* - vigilância por parte da polícia civil nas ruas não apenas em áreas residenciais; câmeras filmadoras de

alta resolução que auxiliam na identificação dos criminosos nos ambientes mencionados -, principalmente nos lugares onde as pessoas não residem e onde menos transitam. Para aumentar a eficiência do investimento em *law enforcement* e determinar estrategicamente os locais a receber maior reforço, poderia ser elaborado um estudo para detectar as maiores probabilidades de ocorrência de assassinatos condicionadas ao período do dia, e também do dia da semana. O efeito de *spillover* da criminalidade entre os bairros denota que o agressor busca o local mais favorável ao crime, então privilegiar a estratégia de implementação do *enforcement* em apenas alguns bairros pode não ser a mais eficiente. Portanto, esta medida seria um complemento às políticas de combate ao crime já vigentes na cidade do Recife.

Por fim, este trabalho teve por objetivo principal identificar a importância do ambiente para como fator associado à criminalidade. É certo que o processo de modelagem empírica é extremamente complexo, dado que o econometrista não é capaz de observar uma série de fatores, além de que podem existir outros modelos que se ajustam melhor aos dados. Uma sugestão para trabalhos futuros é incluir outras variáveis socioeconômicas e utilizar a Regressão Beta com econometria espacial, visto que a variável dependente é estudada em termos de taxa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. DE S.; HADDAD, E. A.; HEWINGS, G. J. D. **The Spatial Pattern of Crime in Minas Gerais: An Exploratory Analysis**. *Economia Aplicada*, v. 9(1), jan/mar 2005.
- ANDRADE, M. V.; LISBOA, M. B. **Desesperança de vida: Homicídio em Minas Gerais**. In: Henriques, R., editor, *Desigualdade e Pobreza no Brasil*, p. 347-384. IPEA, Rio de Janeiro, 2000.
- ANSELIN, L.; BERA, A. **Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics**. In: *Handbook of applied economic statistics*, edited by Amman Ullah and David E.A. Giles. New York: Marcel Dekker. 1998.
- ANSELIN, L.; COHEN, J.; COOK, W. G.; TITA, G. **Spatial Analyses of Crime. Measurement and Analyses of Crime and Justice**, *Criminal Justice*, vol 4, 2000.
- BEATO FILHO, C.; PEIXOTO, B. T.; ANDRADE, M. V. **Crime, oportunidade e vitimização**. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 19(55), p. 73-89, 2004.
- BECKER, G. S. **Crime and punishment: An economic approach**. *The Journal of Political Economy*, v. 76(2), p. 169-217, 1968.
- BENOIT, J.; MARTIN J. O. **Crime, Punishment, and Social Expenditure**. *Journal Institutional and Theoretical Economics*, 326-47, jun. 1995.
- BERRY, S. **Estimating Discrete Choice Models of Product Differentiation**, *Journal of Economics*, v. 25, p. 242-262, 1994.
- BERA, A. K.; JARQUE, C. M. **A test for Normality of Observations and Regression Residuals**. v. 55, n. 2, p. 163-172, ago. 1987.
- BIDDERMAN, C.; DE MELLO, J. M. P.; SCHNEIDER, A. **Dry Laws and Homicides: Evidence from the São Paulo Metropolitan Area**. *The Economic Journal*, v. 120, issue 543, 2010.
- BLOCK, M. K.; HEINEKE, J. M. "A Labor Theoretical Analysis of The Criminal Choice." *American Economic Review*, p. 314-325, jun. 1975.
- BRANTINGHAM, P.L.; BRANTINGHAM, P. J. **Nodes, paths and edges: considerations on environmental criminology**. *Journal of Environmental Psychology*, v. 13, p. 3-28, 1993b.
- BRANTINGHAM, P.J.; BRANTINGHAM, P.L., MOLUMBY, T. **Perceptions of crime in a dreadful enclosure Ohio**. *Journal of Science*, v. 77, p. 256-261, 1977.
- BRANTINGHAM, P.; BRANTINGHAM, P. "The Influence of Street Networks on the Patterning of Property Offenses". *School of Criminology, Simon Fraser University*. 1994
- BRANTINGHAM, P.L.; BRANTINGHAM, P.J., SEAGRAVE, J. **Crime and fear at a Canadian university**. In: B.S. Fisher, J.J. Sloan (eds.), *Campus Crime: Legal Social, and Policy Perspectives* Springfield (III), Charles C. Thomas, p. 123-155, 1995.

BRANTINGHAM, P.; BRANTINGHAM, P. **Crime Generators and Crime Attractors**. European Journal on Criminal Police and Research, v. 3(3), p. 1-26, 1995.

BUONANNO, P.; MONTOLIO, D.; VANIN, P. **Does Social Capital Reduce Crime?** Journal of Law and Economics, v. 52. feb. 2009.

CARNEIRO, L. P. **Violent crime in Latin America cities: Rio de Janeiro and São Paulo**. USP, Research Report 129, 2000.

CHOE, J. **Income Inequality and Crime in United States**. Economic Letters, v. 101, p. 31-33, 2008.

CLARKE, R.V.; MAYHEW, P. **Parking patterns and car theft risks: Policy Relevant Findings From The British Crime Survey**. In: R.V. Clarke (ed.), Crime Prevention Studies, Monsey (NY), Criminal Justice Press, v. 3, p. 91-107, 1994.

COHEN, L.E.; FELSON, M. **Social Change and Crime Rate Trends: A Routine Activity Approach.**" American Sociological Review, v. 44, p. 588-608, 1979.

DURKHEIM, E. **Suicide**. Translated by John A. Spaulding and George Simpson. New York: Free Press, [1897] 1966.

EATON, C. B.; WHITE, D. W. **The Distribution of Wealth and the Efficiency of Institutions**. Economic Inquiry, p. 336-50, abr. 1991.

ECK, J.; SPELLMAN, W. **Thefts from vehicles in ship yard parking lots**. In: R.V. Clarke (ed.), Situational Crime Prevention New York, Harrow and Heston, p. 164-173, 1992.

EHRlich, I. **The supply of illegitimate activities**. Unpublished manuscript, New York: Columbia University, 1967.

EHRlich, I. **Participation in illegitimate activities: A theoretical and empirical investigation**. Journal of Political Economy, v. 81(3), p. 526-536, 1973.

ERTUR, GALLO. **An Exploratory Spatial Data Analysis of European Regional Disparities, 1980-1995**. In: Fingleton, Growth. Springer, 2003.

FAJNZYLBER, P.; LEDERMAN, D.; LOAYZA, N. **Determinants of Crime Rates in Latin America and the World**. Washington, DC: The World Bank, 1998.

FAJNZYLBER, P.; LEDERMAN, D.; LOAYZA, N. **Crime and Victimization: An Economic Perspective**. Economia, v. 1(1), p. 219-278, 2000.

FAJNZYLBER, P.; LEDERMAN, D.; LOAYZA, N. **'Inequality and Violent Crime'**, Journal of Law and Economics, v. 45, p. 1-39, 2002.

FLEISHER, B. M. **The effect of unemployment on juvenile delinquency**. The Journal of Political Economy, v. 71(6), p. 543-555, 1963.

FLEISHER, B. M. **The effect of income on delinquency**. The American Economic Review, v. 61(1), p. 118-137, 1966.

FLEMING, Z.; BRANTINGHAM, P.; BRANTINGHAM, P. **Exploring auto theft in British Columbia**. In: R.V. Clark (ed.), *Crime Prevention Studies*, v. 3 Monsey CNY, Criminal Justice Press, p. 47-90, 1994.

GLAESER, E. L.; SACERDOTE, B.; SCHEINKMAN, J. **Crime and social interactions**. *Quarterly Journal of Economics*, v. 111, p. 507–548, 1996.

GLAESER, E. L.; SACERDOTE, B. **Why Is There More Crime in Cities?** *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, vol. 107(S6), p. S225-S258, dec. 1999.

GRUBESIC, T. H.; MACK, E. A. **Spatio-Temporal Interaction of Urban Crime**. *J Quant Criminol*, v. 24, p. 285–306, 2008,

GUERRY, A. **Essai sur la Statistique Morale de la France**. New York, Clearwater, [1833b] 1974.

GUERRY, A. Note. **In Research on the propensity for crime at different ages, by A. Quetelet**. Translated by Sawyer F. Sylvester. Cincinnati: Anderson Publishing Company, [1833a] 1984.

GUJARATI, D. N. **Basic Econometrics**, fourth edition, McGraw-Hill, 2003.

HOFFMANN, R. **Mensuração da desigualdade e da pobreza no Brasil**. In: HENRIQUES, R. (org.). *Desigualdade e pobreza no Brasil*. Rio de Janeiro: Ipea, p. 81-107, 2000.

KELLY, M. **Inequality and Crime**. *The Review of Economics and Statistics*, November, v. 82(4), p. 530-539, 2000.

KOENKER R. **A note on studentizing a test for heteroscedasticity**. *Journal of Econometrics*, v. 17, p. 107-112, 1981.

LAFREE, G. **A Summary and Review of Cross-National Comparative Studies of Homicide**, In: M. D. Smith and M. A. Zahn, eds, *Homicide: A Sourcebook of Social Research*, p. 125–45. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1999.

LEIGH, A.; NEILL, C. **Do Gun Buybacks saves Lives? Evidence from panel data**. *Oxford Journals*, 2010.

LEMONS, A. A. M.; SANTOS FILHO, E. P.; JORGE, M. A. **Um modelo para análise socioeconômica da criminalidade no município de Aracaju**. *Estudos Econômicos*, v. 35(3), p. 569-594, 2005.

LESAGE, J.; PACE, R. K. **Introduction to Spatial Econometrics**, CRC Press, 2009.

LOBO, L. F.; FERNANDEZ-CARRERA, J. **A criminalidade na região metropolitana de Salvador**. In XXXI Encontro Nacional de Economia. ANPEC, Porto Seguro. Disponível em: <http://econpapers.repec.org/paper/anpen2003/d26.htm>, 2003. Acesso em 28 de dezembro de 2012.

MADDALA, G.S. **Introdução à Econometria**. 3ª edição, LTC, 2004.

- MENDONÇA, M. J. C. **Criminalidade e violência no Brasil: Uma abordagem teórica e empírica**. Revista Brasileira de Economia de Empresas, v. 2(1), p. 33-49, 2002.
- MENEZES, T.; SILVEIRA NETO, R. M.; MONTEIRO, S.; RATTON, J. **Spatial Correlation Between Homicide Rates And Inequality: Evidence From Urban Neighborhoods In A Brazilian City**. Economic Letters, 120 (2013) 97-99.
- MESSNER, S. F. **Poverty, Inequality, and the Urban Homicide Rate: Some Unexpected Findings**, Criminology, v. 20, p. 103–14, 1982.
- MESSNER, S. F. **Economic Discrimination and Societal Homicide Rates: Further Evidence on the Cost of Inequality**, American Sociological Review, v. 54, p. 597–611, 1989.
- MESSNER, S. F.; ROSENFELD, R. **Political Restraint of the Market and Levels of Criminal Homicide: A Cross-National Application of Institutional–Anomie Theory**. Social Forces, v. 75, 393–416, 1997.
- MUSSE, I. F. **O crime de drogas e a violência em São Paulo: Uma análise a partir da lei de drogas**, Fundação Getúlio Vargas; dissertação, 2012.
- PEREIRA, R.; FERNANDEZ-CARRERA, J. **A criminalidade na região policial da grande São Paulo sob a ótica da economia do crime**. Revista Econômica do Nordeste, v. 31, p. 898-918, 2000.
- POYNER, B. **Situational crime prevention in two parking facilities**. In: R.V. Clarke (ed.), Situational Crime Prevention New York, Harrow and Heston, p. 174-184, 1992.
- PRIDEMORE, W. A. **Poverty Matters: A Reassessment of the Inequality-Homicide Relationship in Cross-National Studies**. Published by Oxford University Press on behalf of the Centre for Crime and Justice Studies (ISTD), BRIT. J. CRIMINOL. v. 51, p. 739–772, 2011.
- QUETELET, A. J. [1833]. **Research on the propensity for crime at different ages**. Translated by Sawyer F. Sylvester. Cincinnati: Anderson Publishing Company, 1984.
- RENGIFO, A. F.; BOLTON, A. **Routine activities and fear of crime: Specifying individual-level mechanisms**. European Journal of Criminology, v. 9(2), p. 99-119, 2012.
- SAMPSON, R. J.; RAUDENBUSH, S. W. **Systematic Social Observation of Public Spaces: A New Look at Disorder in Urban Neighborhoods**. American Journal of Sociology, v. 105(3), p. 603–51, Nov. 1999.
- SANTOS, M. J.; KASSOUF, A. L. **Estudos Econômicos das Causas da Criminalidade no Brasil: Evidências e controvérsias**. Revista EconomiA, Brasília(DF), v. 9, n. 2, p. 343-372, mai/ago, 2008.
- SAVOLAINEN, J. **Inequality, Welfare State, and Homicide: Further Support for the Institutional Anomie Theory**. Criminology, v. 38, p. 21–42, 2000.
- SCORZAFAVE, L. G., SOARES, M. K. **Income inequality and pecuniary crimes**. Economics Letters. Elsevier, 2009.

SHIKIDA, P. F. A.; ARAUJO JUNIOR, A. F.; SHIKIDA, C. D.; BORILLI, S. P. **Determinantes do comportamento criminoso: Um estudo econométrico nas penitenciárias central, estadual e feminina de Piraquara (Paraná)**. Pesquisa e Debate, v. 17(1), p. 125-148, 2006.

SMIGEL-LEIBOWITZ, A. **Does crime pay?** An economic analysis. Master's thesis, New York: Columbia University, 1965.

SOARES, R. R. **Development, crime and punishment: accounting for the international differences in crime rates**. Journal of Development Economics, v. 73, p. 155-184, 2004.

TYSZLER, M. **Econometria Espacial: discutindo medidas para a matriz de ponderação espacial**. Fundação Getúlio Vargas, 2006.

ZHANG, J. **The Effect of Welfare Programs on Criminal Behavior: A Theoretical and Empirical Analysis**. Economic Inquiry, v. 25, p. 120-137, jan. 1997.

WILCOX, S. **The Geography of Robbery; the Prevention and Control of Robbery**, v. 3 Davis, Center of Administration of Justice, University of California, 1973.

WILSON, J.Q.; KELLING, G. **Broken windows: The police and neighborhood safety**. Atlantic Monthly, p. 29-38, mar. 1982.

WITTE, A. D. **Estimating the Economic Model of Crime With Individual Data**. Published by John Wiley & Sons, Inc. The Quarterly Journal of Economics, feb. 1980.

WORTLEY, R.; MAZEROLLE, L. **Environmental Criminology and Crime Analysis**. Routledge, London and New York, 2008.

9. APÊNDICE

Esta seção apresenta algumas configurações de modelos em que são inseridas as variáveis de ambiente e socioeconômicas descritas na Tabela 6.1. Seguindo a ideia de Brantingham e Brantingham (1995) de que o ambiente carrega circunstâncias que propiciam a prática do crime, procurou-se averiguar se a relação crime/ambiente ocorre e em qual direção. Foram oito modelos testados no total, ocorrendo diferenças entre eles em termos da linearidade da variável dependente e independente e também das variáveis de ambiente. Em cada modelo foram consideradas 3 variáveis ambientais, não sendo incluídas as quatro simultaneamente para contornar o problema de multicolinearidade perfeita, o que tornaria algum coeficiente indeterminado matematicamente. Os dois primeiros modelos da Tabela 6.1 possuem todas as variáveis sem sofrer linearização (lin-lin), e o intuito é comparar com os modelos log-log (3) e (4) através do teste de especificação de Box-Cox. Em ambos os testes a hipótese nula é rejeitada, que postula que um dos modelos é superior ao outro, e pelo fato de o valor absoluto do numerador da estatística de teste ser maior que o denominador, o modelo com as variáveis loglinearizadas é mais representativo. O teste RESET e o critério de AIC também corroboram com a decisão de que os modelos (1) e (2) não são representativos dos dados, em comparação com os modelos (3) e (4).

Tendo em vista que a forma não linearizada dos modelos (1) e (2) das variáveis não se ajustou tão bem aos dados quanto à linearizada - e pelos resultados obtidos do teste RESET e critério de AIC -, partiu-se para a configuração de mais quatro modelos, agora realizando uma permutação entre variáveis linearizadas e outras em nível, embora todos apresentem a renda e a população em log neperiano. Em todos os modelos testados com a variável dependente log-linearizada, os coeficientes das variáveis socioeconômicas apresentam o mesmo sinal e são estatisticamente significativos, embora os efeitos das mesmas variáveis sejam diferentes em cada modelo. Os coeficientes das variáveis de proporção de estabelecimentos não-residenciais e densidade de estabelecimentos não-residenciais possuem sinal positivo, tanto com as variáveis em nível quanto linearizadas. Apenas nos modelos (4) e (6) a variável que representa a densidade de estabelecimentos não-residenciais não apresenta coeficiente significativo. Tanto a correlação entre a taxa de homicídio com a densidade de estabelecimentos residenciais quanto com a densidade de estabelecimentos totais é negativa e significativa nos modelos propostos.

Tabela 6.1 – Estimação por MQO dos modelos multivariados

	Variável dependente é a taxa de homicídio		Variável dependente é o logaritmo natural da taxa de homicídio					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
dens2010km2	0.541 (0.006)	0.541 (0.006)			0.058 (0.015)	0.018 (0.057)		
lndens2010			1.33 (0.008)	0.98 (0.018)			1.47 (0.002)	
dlndenss								0.83 (0.04)
pop2010	0.062 (0.290)	0.062 (0.290)						
lnpop2010			0.47 (0.000)	0.53 (0.000)	2.130 (0.030)	2.001 (0.022)	0.53 (0.022)	0.48 (0.000)
gini	1.329 (0.002)	1.329 (0.002)			4.28 (0.0240)	3.98 (0.0295)	3.42 (0.064)	3.44 (0.08)
lngini			1.80 (0.0537)	1.56 (0.087)				
renda	0.383 (0.187)	0.383 (0.187)						
lnrenda			-0.88 (0.005)	-0.89 (0.000)	-2.906 (0.008)	-3.347 (0.001)	-0.77 (0.013)	-1.05 (0.000)
naores	0.069 (0.004)	0.069 (0.004)				5.96 (0.000)		
lnnaores			0.30 (0.0124)	0.22 (0.0478)	0.529 (0.10752)		0.45 (0.014)	0.14 (0.11)
prop.nres	1.593 (0.0019)	1.133 (0.0135)				0.050 (0.700)	0.002 (0.000)	
lnprop.nres			0.90 (0.021)	0.50 (0.152)	2.938 (0.007)			0.77 (0.06)
prop.res		-0.456 (0.006)					-0.059 (0.049)	
lnprop.res				-1.58 (0.006)	-1.45 (0.000)			
prop.tot	-0.456 (0.019)							
lnprop.tot			-2.287 (0.017)				-2.15 (0.009)	-0.92 (0.01)
constante	-59.11 (0.032)	-59.11 (0.032)	6.37 (0.002)	5.16 (0.015)	15.87 (0.003)	0.282 (0.99)	4.58 (0.037)	5.47 (0.00)
R ² ajustado	0.61	0.615	0.51	0.535	0.539	0.548	0.545	0.49
AIC	1273.86	1273.869	312.279	307.256	306.486	304.725	305.168	314.72
Teste RESET	(0.00)	(0.00)	(0.122)	(0.114)	(0.86)	(0.86)	(0.51)	(0.32)
Teste Box-Cox	(0.00)	(0.00)						

Os termos entre parênteses representam o *p*-valor. Os *p*-valores em negrito indicam significância estatística
 Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das informações do INFOPOL SDS/PE, Censo Demográfico e CNEFE (IBGE).

O sinal positivo do coeficiente da taxa de crescimento populacional (dlndenss) e da densidade demográfica (dens2010km2 e lndens2010) em todos os modelos corrobora com a teoria de Glaeser e Sacerdote (1999), onde o processo de urbanização traz implicações à criminalidade. A direção das correlações das outras variáveis socioeconômicas estão consoantes com Menezes et al (2011) exceto para a densidade demográfica, que nos modelos propostos influencia positivamente a taxa de homicídio.

Os modelos (6), (7) e (5) possuem os menores valores do AIC e maiores R² ajustado, respectivamente. O fato de a hipótese nula do teste RESET não ter sido rejeitada indica que a

especificação do modelo é aceitável. Utilizando os dois critérios citados, selecionamos os 3 melhores ajustes de modelos para averiguar a existência de dependência espacial entre observações vizinhas e controlar o problema de viés de variável espacial omitida.