



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

IVANILDO BATISTA DA SILVA JUNIOR

**Criminalidade e desempenho econômico: Uma análise em séries temporais para a Região  
Metropolitana do Recife**

Recife-PE, 10 de setembro de 2018

IVANILDO BATISTA DA SILVA JUNIOR

**Criminalidade e desempenho econômico: Uma análise em séries temporais para a Região Metropolitana do Recife**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo aluno Ivanildo Batista da Silva Junior ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como pré-requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas sob a orientação do professor Dr. Diego Firmino Costa da Silva.

Recife-PE, 10 de setembro de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586c Silva Junior, Ivanildo Batista da  
Criminalidade e desempenho econômico: uma análise em séries temporais para a Região Metropolitana do Recife / Ivanildo Batista da Silva Junior. – 2018.  
40 f.: il.

Orientador: Diego Firmino Costa da Silva.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Economia, Recife, BR-PE, 2018.  
Inclui referências e apêndice(s).

1. Criminalidade urbana 2. Ocupações 3. Renda 3. Análise de séries temporais I. Silva, Diego Firmino Costa da, orient. II. Título

CDD 330

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

**Criminalidade e desempenho econômico: Uma análise em séries temporais para a Região Metropolitana do Recife**

IVANILDO BATISTA DA SILVA JUNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado com nota 10,0 (dez) apresentado em 22/08/2018

BANCA EXAMINADORA

---

Orientador Prof. Dr. Diego Firmino Costa da Silva

---

1º Examinador. Prof. Dra. Gisléia Benini Duarte

---

2º Examinador. Prof. Dr. André de Souza Melo

---

3º Examinador. Prof. Dr. Leonardo Ferraz Xavier

Recife, 10 de setembro de 2018

*"Soli Deo gloria"*. Dedico esse trabalho a Jesus Cristo, que sempre me ajudou e nunca me desamparou. Que sempre esteve ao meu lado e todo dia deu-me vitória.

"Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém."(Romanos 11:36).

## Resumo

O presente trabalho analisa o comportamento temporal das ocorrências de crimes na Região Metropolitana de Recife (uma importante região do país) e testar se a ocupação e a renda interferiram na dinâmica da criminalidade observada na RMR ao longo de 2007 a 2015. Foram utilizadas ferramentas econométricas de séries temporais para fazer a análise, sendo: Análise de correlação, teste de estacionariedade Dickey-Fuller, teste de cointegração de Johansen, teste de causalidade de Granger, modelo VAR (vetor autorregressivo), função impulso-resposta e a decomposição da variância. O teste de correlação mostrou que existem variáveis de crime que são correlacionadas com variáveis econômicas, como por exemplo, acidentes de trânsito, tráfico e posse de entorpecentes, que são correlacionadas com taxa de ocupação e renda. As funções impulso-resposta mostraram resultados autorregressivos e respostas significativas e persistentes do choque de variáveis econômicas em séries de crimes, principalmente no curto prazo. A decomposição da série mostrou que com o passar do tempo a composição da variância dos crimes de acidentes e furtos tem uma participação mais expressiva da variável de taxa de ocupação, enquanto para os crimes de posse e roubos essa participação na composição da variância torna-se um pouco mais expressiva para a variável econômica de renda.

**Palavras chaves:** Criminalidade, ocupação, renda, vetores autorregressivos.

## Lista de Tabelas

1	Correlação serial de crimes e variáveis econômicas . . . . .	23
2	Teste de estacionariedade das séries . . . . .	24
3	Teste de cointegração de Johansen . . . . .	24
4	Teste de causalidade . . . . .	25
5	Decomposição da variância de acidentes . . . . .	29
6	Decomposição da variância de CVLI's . . . . .	30
7	Decomposição da variância de tráfico . . . . .	30
8	Decomposição da variância de posse de entorpecentes . . . . .	31
9	Decomposição da variância de roubos . . . . .	31
10	Decomposição da variância de furtos . . . . .	32
11	Resultado do modelo VAR para CVLI's . . . . .	37
12	Resultado do modelo VAR para acidentes . . . . .	38
13	Resultado do modelo VAR para tráfico . . . . .	38
14	Resultado do modelo VAR para posse . . . . .	38
15	Resultado do modelo VAR para roubos . . . . .	38
16	Resultado do modelo VAR para furtos . . . . .	39

## Lista de Figuras

1	Séries de crimes . . . . .	18
2	Impulso resposta de acidentes . . . . .	26
3	Impulso resposta de CVLI's . . . . .	27
4	Impulso resposta de tráfico . . . . .	27
5	Impulso resposta de posse . . . . .	28
6	Impulso resposta de roubos . . . . .	28
7	Impulso resposta de furtos . . . . .	29

## **Siglas e abreviaturas**

ADF Augmented Dickey-Fuller

AIC Akaike information criterion

ARDL Autoregressive Distributed Lag

ARIMA Autorregressivo integrado com médias móveis

CAPA Crime and problem Unity

CVLI Crime Violento Letal Intencional

DATASUS Departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil

DIEESE Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos

Dr. Doutor

Dra. Doutora

EUA Estados Unidos da América

FBI Federal Bureau of Investigation

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INFOPOL Sistema de Informações Policiais

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MAR Médias móveis

PE Pernambuco

PIB Produto Interno Bruto

PNDA Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

R\$ Reais

RMR Região Metropolitana de Recife

RS Rio Grande do Sul

SARIMA Autorregressivo integrado de médias móveis sazonal

SDS Secretaria de Defesa Social

SEADE Fundação Sistema Estadual de Análise Dados

SIM Sistema de Informação sobre Mortalidade

SQE Soma dos quadrados dos erros

UFRPE Universidade Federal Rural de Pernambuco

VAR Vetor autorregressivo

VECM Vetor de correção de erros

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Referencial teórico</b>	<b>11</b>
2.1	Teoria econômica do crime	11
2.2	Evidências internacionais	12
2.3	Evidências para o Brasil	16
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>18</b>
3.1	Dados	18
3.2	Variáveis de crimes	18
3.3	Análise temporal	19
3.3.1	Critério de informação	19
3.3.2	Teste de estacionariedade	19
3.3.3	Teste de causalidade	20
3.3.4	Teste de cointegração	21
3.3.5	Modelo de vetores autorregressivos - VAR e VEC	21
3.3.6	Função impulso-resposta e decomposição da variância	22
<b>4</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	<b>22</b>
4.1	Análise de correlação	23
4.2	Teste de estacionariedade	23
4.3	Teste de Cointegração	24
4.4	Teste de causalidade	25
4.5	Resultados do modelo VAR	25
4.6	Função impulso-resposta	26
4.7	Decomposição da variância	29
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>32</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>34</b>
	<b>Apêndice</b>	<b>37</b>

## 1 Introdução

A criminalidade afeta direta e indiretamente, pessoas de todas as classes sociais não distinguindo cor, raça, origem e condição financeira, além de influenciar ou ser influenciada pela economia de uma região ou de um determinado país. Algumas literaturas tentam explicar e demonstrar motivos que levam os indivíduos a praticarem crimes. Existe as que utilizam uma abordagem econômica e relacionam a criminalidade com variáveis socioeconômicas como, por exemplo: o nível de escolaridade, pobreza, desigualdade social, nível de desemprego, PIB, etc. Becker (1968) explica que um indivíduo pratica um ato criminoso quando a utilidade desse ato ilícito é maior que a utilidade de outra prática lícita, ou seja, para que alguém pratique um ato criminoso, esse ato ilícito deve ter um custo de oportunidade maior que qualquer outro ato lícito. Chiricos (1987), por exemplo, após uma revisão de uma série de trabalhos, mostra que há uma forte e significativa relação entre desemprego e criminalidade. A abordagem econômica não explica completamente o fenômeno da criminalidade. Santos et al. (2007) afirma que “características culturais, sociais, religiosas e políticas explicam parcialmente as diferenças nas taxas de crimes entre os estados brasileiros”.

A importância de analisar a criminalidade está, além do custo social, o custo econômico resultante da mesma, tanto pelo valor gasto pelo poder público em segurança quanto o prejuízo causado diretamente às suas vítimas. Por exemplo, para Dos Santos & Kassouf (2008) a criminalidade gera “prejuízos materiais, gastos públicos e privados na sua prevenção e combate” além de levar a uma “redução do estoque de capital humano”. Carvalho et al. (2007), utilizando-se de ferramentas econométricas, estimou perdas para três tipos de crimes (homicídio, acidentes e suicídio) para o ano de 2001. Homicídios geraram uma perda R\$ 9,1 bilhões, acidentes de R\$ 5,4 bilhões e suicídios R\$ 1,3 bilhão.

Sobre a criminalidade no Nordeste: Segundo o Atlas da Violência do IPEA divulgado em 2016, o Nordeste destaca-se com seis, dos seus nove estados, apresentando elevados índices de violência. A Região Metropolitana de Recife é uma importante região metropolitana do Brasil, segundo o IBGE a RMR possui uma população de 3,69 milhões de pessoas em quatorze municípios, sendo a quinta maior região metropolitana do Brasil de um total de 27. As Estatísticas da Criminalidade Violenta em Pernambuco de 2016 mostra que no ano de 2015, dentre todas as regiões de Pernambuco, os crimes violentos ao patrimônio cometidos na RMR correspondiam 57.974 de todos os 84.828 cometidos em Pernambuco, ou seja, 68,34%; já em 2016 esse número salta para 77.603 de um total de 115.164 (67,34%); para os crimes violentos letais intencionais, no ano de 2015, a RMR correspondia a 41,96% do total e em 2016 sobe para 42,13%.

O presente trabalho visa explicar os passos que levaram ao desenvolvimento da análise de séries temporais dos determinantes da criminalidade na Região Metropolitana do Recife entre 2007 a 2015. O objetivo é analisar e identificar componentes responsáveis pelo comportamento da criminalidade na RMR com outras variáveis (ocupação e renda).

## 2 Referencial teórico

### 2.1 Teoria econômica do crime

Ao longo dos anos a ciência econômica, como uma ciência social, adentrou em áreas que aparentemente não estavam relacionadas com a economia em si. Segundo Conti & Justus (2016)

“A Ciência Econômica não se restringe apenas ao estudo de questões de ordem macroeconômica, como juros, câmbio e inflação, mas é, por excelência, a ciência que se preocupa com a alocação ótima dos recursos que, por natureza, são limitados, de fins alternativos e competitivos”.

Assim como a economia foi influenciada por áreas como psicologia, filosofia, política, sociologia e etc., também deu contribuições para outras ciências, dentre a qual está relacionada o trabalho, a área de criminologia.

Viapiana (2006) explica que o uso de métodos econômicos para analisar o crime é recente, iniciando na década de 1980 e até então as escolas de pensamento que estudavam o fenômeno da criminalidade absorveram e incorporaram “conceitos e descobertas provenientes da Sociologia, da Psicologia e da Antropologia”. Pode-se afirmar com veemência que o trabalho que deu impulso a análise do crime pela ótica econômica foi o “*Crime and Punishment: An Economic Approach*” de Gary Becker em 1968. Posner (1985) afirma que a análise do direito penal começou por volta do século XVIII e XIX com Beccaria e Bentham, mas o renascimento desse tipo de análise é datado do ano de 1968 com o trabalho de Gary Becker, já citado.

Dentro da análise de Becker (1968) o crime é tratado como uma atividade econômica ou um tipo de “indústria”. Dessa forma pode-se inferir que a criminalidade movimenta recursos e que existe uma relação de oferta e demanda (como no caso do tráfico de drogas analisado neste trabalho). Para Becker o criminoso é racional, assim como outro indivíduo, faz escolhas racionais e com elas toma decisões. Ou seja, o indivíduo irá praticar uma atividade ilícita, se a utilidade da atividade ilícita for maior que a utilidade esperada de uma atividade lícita. Assim, ele explica o comportamento criminal por uma ótica microeconômica. O trabalho de Becker, além da parte relacionada com a criminalidade, culminou no seu agraciamento com o Prêmio do Banco da Suécia para as Ciências Econômicas em Memória de Alfred Nobel em 1992.

Oliveira & Arraro (2016) afirma que a grande de contribuição de Becker “foi demonstrar que uma alocação ótima de recursos resulta em políticas públicas e privadas ótimas a fim de combater o crime”.

Na breve revisão teórica de Oliveira & Arraro (2016) é mostrado que Becker desenvolveu uma função que relaciona o número total de crimes com outras variáveis, dada pela seguinte equação:

$$O_j = O_j(p_j, f_j, u_j) \quad (1)$$

Onde é definido o número de crimes praticados  $O_j$ , probabilidade de identificação de crimes pelas

variáveis de decisões públicas  $p_j$ , o tamanho da condenação  $f_j$  é uma variável de transferência representando todas as outras influências  $u_j$ .

Após a contribuição de Becker (1968), outros trabalhos foram desenvolvidos. Autores como Stigler (1970), Sjoquist (1973), Witte (1980), Myers (1983), Schmidt & Witte (1989) e Ehrlich (1996) trouxeram contribuições relevantes para a área de análise econômica do crime e da lei. Autores mais atuais como Nuno Garoupa e Steven Shavell possuem trabalhos que tratam da relação de economia com o crime, principalmente tratando da Teoria da Dissuasão.

Polinsky & Shavell (1999) estudam, por exemplo, a relação entre desutilidade e tempo de encarceramento e analisa três possibilidades: se a desutilidade do encarceramento aumenta proporcionalmente à duração do período de encarceramento, se a desutilidade aumenta mais que proporcionalmente ao tempo de encarceramento ou se a desutilidade aumenta, em proporção, menor do que o tempo de encarceramento. Concluindo que, para crimes específicos e em faixas etárias um aumento da pena acaba não sendo uma proposta ideal se não houver a probabilidade de apreensão de bens e riqueza (taxa de desconto social e/ou privada) dos indivíduos presos.

Vários outros trabalhos com várias metodologias são desenvolvidos ao longo dos anos, mas tratando de séries temporais, pode-se citar Yamada et al. (1993) que apresentam um modelo teórico para utilizar séries temporais. Yamada et al. (1993) propõe um modelo de oferta e demanda por trabalho para mostrar os movimentos contra-cíclicos das taxas de desemprego e de crimes. Encontram resultados a partir de dados trimestrais de sete crimes diferentes para os EUA entre 1970 e 1983 mostrando que um aumento na taxa de desemprego é seguido por um aumento na taxa de crimes, também encontram que a taxa de desemprego é estatisticamente exógena no modelo VAR.

## 2.2 Evidências internacionais

Abaixo pode-se observar trabalhos que tratam da relação de crime e economia, com uso de metodologia de séries temporais para serem feitas as análises. Nesta subseção serão explicados os objetivos dos trabalhos, as metodologias usadas, os dados e suas fontes e a conclusão e cada trabalho com os resultados encontrados.

Corman et al. (1987) analisa as relações entre desemprego, prisões, polícia, demografia e crimes relacionados a propriedades em Nova Iorque de 1970 a 1984. Foram usadas cinco variáveis para fazer a mensuração: a taxa de crimes, taxa de prisões, tamanho da força policial, taxa de desemprego e taxa de desemprego masculina e 16 a 24 anos (que é uma faixa etária mais propensa ao crime). A série usada tem 174 observações do período de Janeiro de 1970 a Junho de 1984. Foi usado para análise o teste de Causalidade de Granger e a decomposição da variância do erro de previsão; foi encontrado que a taxa de detenção considerada exógena. Depois foi usada a função impulso-resposta para onde foi feita uma simulação do choque das variáveis usadas para análise a resposta gerada. Dentre os resultados encontrados estão que : prisões proporcionam um forte impedimento aos crimes, a mudança na taxa de desemprego apresentou um efeito fraco e breve nos crimes e que mudanças demográficas estão associadas a mudanças mais fortes na taxa de criminalidade.

No trabalho de Chamlin (1988) é usado um modelo ARIMA (Autorregressivo integrado com médias móveis) para identificar o montante de tempo necessário para que o nível atual de criminalidade produza mudanças na quantidade de prisões e o montante de tempo necessário para que o nível atual de prisões mude a quantidade de crimes. Os dados foram obtidos do Relatório Uniforme de crimes, que é um banco nacional de séries temporais de nível comunitário. O número de prisões registradas pelo FBI são mensais, do período de Janeiro de 1967 a Novembro de 1980 (cada série tem 167 observações). Os resultados mostram que na análise bivariada de modelo ARIMA que o efeito defasado de crimes são estatisticamente significantes em prisões, que para roubo, furtos e roubo de veículos o efeito defasado de prisões e crimes é idêntico ao registrado de crimes em prisões e o crimes de assalto tem relação defasada com crimes e prisões.

Yamada et al. (1993) propõe um modelo de oferta e demanda por trabalho para mostrar os movimentos contra-cíclicos das taxas de desemprego e de crimes. Os dados trimestrais abrangem sete crimes diferentes para os EUA entre 1970 e 1983. Esses dados mostram que um aumento na taxa de desemprego é seguido por um aumento na taxa de crimes, também encontram que a taxa de desemprego é estatisticamente exógena no modelo VAR. Primeiro foi estimado um VAR, onde as séries de crime e desemprego são estacionárias. Em seguida fazem teste de causalidade de Granger para verificar se existe causalidade de Granger do desemprego para os crimes e dos crimes causando desemprego. Após estimar o modelo VAR com as defasagens apropriadas, ele estima um modelo de média móvel (MAR), com isso ele tem as respostas cumulativas nas taxas de crime decorrente dos choques aleatórios no desemprego. Os resultados mostram que : a taxa de desemprego civil masculina acima de 25 anos é estatisticamente significativa para explicar os crimes de assassinato, estupro, assalto roubo e roubos de veículos, mas para taxa de desemprego masculina de 16 a 17 anos e 18 a 19 anos é fraca para explicar os crimes já citados. A melhor explicação encontrada é a de que o desemprego torna-se mais graves em situações e impacta mais economicamente e mentalmente essa faixa etária do que as outras. A taxa de desemprego é exógena e a taxa de criminalidade é direcionada por forças econômicas, e, por fim, foi identificado um efeito transbordamento.

Corman & Mocan (2000) analisam as séries temporais dos crimes de assassinatos, assaltos, roubos, furtos e roubos de veículos. Essa séries são semelhantes às que estão sendo estudadas no atual projeto de pesquisa (CVLI's, roubos, furtos e furtos de veículos). Os dados foram obtidos dos departamentos de saúde, família e segurança da cidade de Nova Iorque, abrangendo um período entre 1970 e 1996. Os dados têm periodicidade mensal. Os autores do artigo usaram quatro variáveis explicativas que foram o tamanho da força policial da cidade de Nova Iorque, as oportunidades de mercado legais (que seria uma proxy da pobreza), prisões e o uso de drogas. Entre os resultados encontrados pelos pesquisadores estão: i) A força policial reage a criminalidade com seis defasagens, ou seja, a entrada da força policial surte efeito seis meses depois; ii) A criminalidade (em todos os crimes analisados) é influenciada negativamente pela força policial com uma pequena defasagem; iii) Prisões influenciam os assassinatos e assaltos por curta duração de tempo; iv) O aumento da

taxa de assassinato e assalto não estão relacionados com o aumento da taxa de uso de drogas; v) A variável pobreza tem um impacto positivo em assassinatos e assaltos.

Funk & Kugler (2003) analisam a interação entre crimes de diferentes gravidades (teoria da janela quebrada). As variáveis usadas foram o número de desempregados, salário real médio por hora, renda per capita, pessoas que solicitaram asilos (variável exógena). A periodicidade dos dados é trimestral. Foram usados o teste de cointegração de Johansen que confirmou que ofensas são cointegradas com as variáveis exógenas e depois um vetor autorregressivo (VAR) que mostrou existe um relação de longo prazo entre a condição econômica e criminalidade, que no caso é que o ambiente econômico favorável tende a gerar menores níveis de criminalidade. Os resultados encontrados mostram que : gatilhos de roubos desencadeiam um aumento em crimes mais graves (como roubos e furtos), porém não se observa o contrário, a aplicação da lei em crimes menores desestimulam os infratores e reduzem as ocorrências de crimes mais graves, por exemplo, se um aumento das ofensas leves resultar em um aumento proporcional nas condenações o efeito “ninguém liga” será fraco, mostrando assim que há uma evidência empírica que corrobora com a “teoria da janela quebrada”; um choque em ofensas leves acompanha um aumento do número de iniciantes (teoria do ciclo de vida), crimes de roubos tem impacto positivo nos roubos seguintes, mesmo sendo controladas, indicando que a evolução das ofensas leves para graves independe do grau de fiscalização, e por fim, um aumento na fiscalização de crimes leves reduz infrações graves.

Saridakis (2004) trata da série temporal dos crimes violentos (assassinatos, estupros e assaltos em geral) nos Estados Unidos no período de 1960 a 2000. Os dados foram obtidos juntos ao FBI. As variáveis dependentes foram a população carcerária, índice de Gini, média de semanas de desemprego, taxa de trabalhador civil desempregado, as despesas com consumo de álcool local e o índice de preços. O modelo usado foi um Vetor de Correção de erros. Os resultados mostraram que não há vetor de cointegração no longo prazo para as variáveis estudadas. No curto prazo, porém, foram que as condições econômicas têm um papel marginal na violência, pode-se também destacar que : as taxas de criminalidade, com exceção do assassinato, verificou-se estar fortemente associado com desigualdade de renda, sugerindo que o assassinato pode estar relacionado a crimes econômicos ou ser um subproduto de crimes com incentivos econômicos, que há vínculo de causalidade entre o consumo de álcool no local e os crimes graves de assassinato e estupro e que as taxas de criminalidade foram associadas de perto às mudanças na composição racial da população juvenil masculina.

Kuştepli & Önel (2006) analisam diferentes categorias de crimes (crime contra o poder público, contra o público, contra o indivíduo e contra a propriedade), variáveis sócio-econômicas e uma variável dissuasora (número de ofensas resolvidas). As quatro variáveis independentes são: percentual de crimes resolvidos, PIB per capita, taxas de divórcio e de ensino superior. Os dados foram obtidos do Instituto de Estatística da Turquia e são baseados na lei penal turca. O período é de 1967 a 2004 e tem periodicidade anual. Foi aplicados testes de estacionariedade para averiguar se as séries são ou não estacionárias (Teste Dickey-Fuller Aumentado e o Teste Phillips-Perron),

depois o uso do teste de Johansen para saber se as séries são cointegradas e o uso do modelo VECM (Vetor de correção de erros). Os resultados encontrados mostram uma relação de curto prazo entre todos os crimes (com exceção de crimes contra o indivíduo), que o aumento da renda per capita aumenta os crimes contra a propriedade, contra o poder público e contra o público, já um aumento na educação reduz os crimes citados. Já a taxa de divórcios aumenta os crimes contra a propriedade, mas diminui os contra o poder público; e variável dissuasora reduz os crimes contra o poder público e contra o público.

Detotto & Pulina (2009) estudam como um conjunto de variáveis econômicas e uma variável de dissuasão afetam a atividade criminal no período de 1970 a 2004 na Itália (periodicidade anual). Os dados foram obtidos do Instituto Nacional de Estatísticas da Itália (ISTAT). Os crimes foram divididos em roubos, tentativas de homicídios, fraudes, crimes contra a propriedade e número total de crimes. As metodologias usadas foram: um modelo autorregressivo com defasagem distribuída (ARDL), um vetor de correção de erros (VECM), um vetor autorregressivo (VAR) e o teste de causalidade de Granger. Os resultados encontrados mostram que variáveis sociodemográficas não tem efeitos sobre a atividade criminal a nível nacional (Itália), a falta de dissuasão afeta positivamente furtos, roubos, extorsões, sequestros, crimes contra propriedade e crimes totais; roubos e fraudes são explicados pela renda per capita e outros crimes pela produção real per capita. Também constataram que crimes são prejudiciais à economia como, por exemplo, homicídios e crimes contra a propriedade levam a um efeito crowding out na produção real per capita e que outros crimes levam a uma redução nos empregos, pois ocorre um trade-off entre atividades legais e atividades ilegais.

Sookram et al. (2009) analisa empiricamente os efeitos do sistema da justiça criminal e as condições sócio-econômicas em crimes graves (que inclui crimes contra propriedade e crimes violentos) em Trinidad e Tobago ao longo do período de 1970 e 2007. Os dados foram coletados da CAPA (Crime and problem Unity) do Ministério Nacional de Segurança e do escritório central de estatísticas de Trinidad e Tobago. As variáveis explicativas foram: a taxa de desemprego, percentual da força de trabalho com nível superior, população feminina empregada e a taxa de detecção de crimes. A metodologia usada foi o Teste de Johansen que é um método de análise de cointegração de série de tempo e um modelo VAR com duas defasagens. Durante o processo foi feito o teste de estacionariedade (Dickey-Fuller Aumentado) e as séries que não eram estacionárias foram estacionarizadas e as variáveis de crime e detenção como variáveis endógenas. Foi encontrado que a taxa de detecção de crimes, taxa de desemprego, percentual de mulheres no mercado de trabalho e percentual da força de trabalho com nível superior tem impacto na criminalidade de Trinidad e Tobago nas últimas quatro décadas. A taxa de detecção de crimes e crimes está negativamente relacionada, o aumento da criminalidade em Trinidad e Tobago nos anos 2000 está relacionada com a queda na taxa de prisões, a taxa de desemprego é uma importante causa de crimes, enquanto a educação tem um efeito negativo; por fim, o aumento da taxa de emprego feminino, pelo aumento na renda, está associado com a redução de crimes.

### 2.3 Evidências para o Brasil

Carvalho et al. (2007) utiliza dados da PNDA (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) do IBGE dos anos de 2001, 2002 e 2003 e do SIM do Ministério da Saúde nos anos de 2000 e 2001 para as perdas de capital humano resultantes de mortes violentas. Foram usadas diferentes modelos para realizar a estimação econométrica dos custos de mortes violentas. Realizadas as estimações o resultados mostraram que as perdas decorrente de mortes violentas estão em torno de R\$ 20,1 bilhões e que os anos de vida perdidos foram de 4,96 milhões de anos. Esses valores alto se deram por conta do número grande de vítimas jovens.

Tourinho Peres et al. (2012) analisa a associação entre homicídios e indicadores de segurança pública no Município de São Paulo entre 1996 e 2008, para taxa de desemprego e proporção de jovens na população. A metodologia usada foi um estudo ecológico, ou seja, um estudo que focaliza a comparação de grupos, ao invés de indivíduos. A análise se ateve ao Município de São Paulo, no período entre 1996 e 2008. A variável dependente foram as mortes por homicídio e as variáveis independente foram a taxa de aprisionamento-encarceramento, o acesso a armas de fogo e a atividade policial. A análise foi feita com o software Stata, onde foram construídos modelos de regressão binomial negativa simples e multivariadas. Dentre os resultado encontrados foi demonstrado pela análise multivariada que há uma forte relação entre as mortes provocadas por homicídio e as taxas de aprisionamento-encarceramento e de atividade policial. O acesso a armas de fogo mostrou-se como não tendo relação com as mortes por homicídio.

Lins & Rocha (2012) estuda os CVLI's ocorridos no Estado de Pernambuco no período de janeiro de 2007 a março de 2012, com dados obtidos da INFOPOL que é um sistema de informação da polícia de Pernambuco controlado pela SDS/PE. Foi usado um modelo SARIMA (um modelo ARIMA sazonal). Dentre as conclusões estão as seguintes: i) Fins de semanas são os períodos mais violentos; ii) Armas de fogos são, frequentemente, mais usadas em Pernambuco; iii) O modelo SARIMA usado sugeriu que existe uma influência sazonal com ciclo de doze meses, indicando que a taxa de homicídios oscila dependendo do mês, provavelmente por conta de períodos festivos ou de comércio intenso.

de Lima et al. (2015) trata da crescente tendência de homicídios na Região Metropolitana de Natal, composta por onze municípios, no período de 2000 a 2010. Os dados foram obtidos pelo Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde. A metodologia usada foi um estudo observacional de séries temporais sobre a tendência de mortes por homicídio, utilizando-se o método de regressão linear por mínimos quadrados generalizados (correção de Prais-Winsten) e mínimos quadrados ordinários e além da estatística Durbin-Watson para identificar se há autocorrelação. Os resultado apresentaram crescimento da tendência de homicídios nas cidades de Natal, Macaíba, São Gonçalo do Amarante, Monte Alegre e Ceará-Mirim. Foi identificado também que municípios com intenso processo de urbanização tiveram uma tendência mais expressiva de homicídios, como Natal e São Gonçalo do Amarante.

Provenza (2015) usa uma base de dados mensais do Ministério da Saúde e do Instituto de Se-

gurança Pública do Estado do Rio de Janeiro que abrange do ano de 2001 a 2010, para analisar homicídios dolosos no Rio de Janeiro. O objetivo desse artigo é encontrar qual a melhor metodologia de Suavização exponencial (Simples, Linear de Brown, Holt ou Holt-Winter) é a mais apropriada para fazer a previsão de homicídios dolosos do Rio de Janeiro. O resultado encontrado é que as melhores metodologias foram a Suavização Exponencial Simples e a Suavização Exponencial Holt.

Oliveira & Arraro (2016) trata dos efeitos dissuasórios (efeito de fazer uma pessoa mude de opinião ou desista de algo) da taxa de desemprego e renda real, na região metropolitana de Porto Alegre, no período de janeiro de 2013 a janeiro de 2014, com periodicidade mensal. Foi usado o modelo Vetor de Correção de Erros (VEC). Os resultados encontrados foram que variações na renda tem impactos nos roubos e variações na taxa de desemprego tem impactos nos furtos.

Nóbrega Jr (2016) analisa a relação entre distribuição de renda e homicídios na Região Nordeste do Brasil. O método foi a utilização do Coeficiente de Correlação de Pearson bivariada, que mede o nível de correlação entre duas variáveis, variando entre +1 e -1. Os dados foram tirados do IBGE e do SIM/DATASUS e a variável independente foi o coeficiente de Gini (que varia de 0 a 1) do IBGE do período de 2001 a 2008 (dados mensais). O estudo mostrou que há uma alta correlação negativa entre o coeficiente de Gini e as Taxas de homicídios.

Dutra et al. (2017) analisa e relaciona o nível econômico da região metropolitana de São Paulo e o número de homicídios do período de 2002 a 2016. Os dados foram extraídos da Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo, já os dados de taxa de desemprego e salário mínimo real foram obtidos, respectivamente, do DIEESE e na Fundação Sistema Estadual de Análise Dados (SEADE), órgão vinculado a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional do Governo do estado de São Paulo. Todos foram encontrados com periodicidade mensal para o período de janeiro de 2002 a novembro de 2016. Foram usados os modelos de vetores autorregressivos (VAR) e o modelo vetor de correção de erros (VEC). Os resultados encontrados mostram uma relação, no curto prazo, entre prisões e os homicídios. No longo prazo, os resultados mostram a relação significativa entre a taxa de desemprego, armas de fogo apreendidas e prisões.

Oliveira & Costa (n.d.) tenta buscar evidências relações entre ciclo econômicos e crimes de patrimônio. Foi avaliado o impacto da construção de polos navais no município de Rio Grande (RS). Os dados são mensais e vão de janeiro de 2002 a dezembro de 2015 (cerca de 168 meses). A metodologia utilizada foi um modelo de Modelo Estrutural de Séries Temporais, onde a série foi decomposta em Tendência, Ciclo, Sazonalidade e Erro. Além do Modelo Estrutural de Séries Temporais foi usado o Filtro de Kalman, permitindo trazer soluções para problemas lineares e estimar os parâmetros desconhecidos do modelo através da maximização da verossimilhança via decomposição dos erros de previsão. O principal resultado encontrado foi que a melhora da condição econômica gerada pela construção dos polos navais gerou um efeito de dissuasão que resultou na redução da criminalidade.

Em toda literatura revisada foram usadas metodologias de séries temporais, onde foi analisada a criminalidade de regiões no Brasil e no mundo e explicando a criminalidade com outras variáveis

socioeconômicas, assim como se propõe esse trabalho. Ainda não há trabalhos em séries temporais mais aprofundados que tratam da criminalidade na Região Metropolitana de Recife, que é umas das regiões mais importantes do país, principalmente pela sua importância econômica e política no país.

### 3 Metodologia

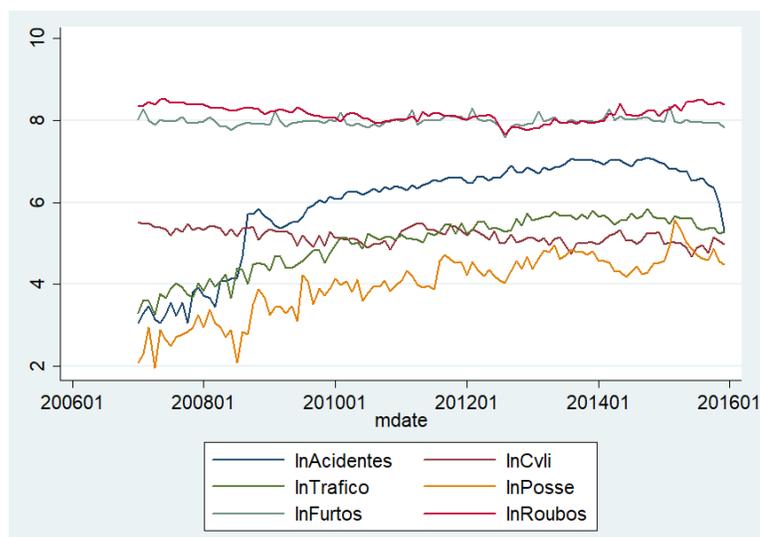
#### 3.1 Dados

Os dados utilizados para a análise temporal da criminalidade na Região Metropolitana de Recife foram obtidos dos registros de boletins de ocorrência da Polícia Civil do Estado de Pernambuco, junto com a Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco. Os crimes analisados podem ser divididos em seis tipos: Acidentes de trânsito, CVLI's <sup>1</sup>, tráfico, posse, roubos e furtos. Os dados são mensais, de Janeiro de 2007 a Dezembro de 2015. Já as variáveis econômicas, com a mesma periodicidade e intervalo de tempo, foram obtidas do IBGE.

#### 3.2 Variáveis de crimes

Abaixo um gráfico com as séries de crimes e seu comportamento ao longo do tempo:

Figura 1: Séries de crimes



Fonte : Elaboração própria

Pode-se observar alguns comportamentos das séries de crimes, como por exemplo, a sazonalidade da série de furtos, a queda no fim da série de acidentes coincidindo com o comportamento da série econômica, uma queda conjunta em 2012 na série de furtos e roubos, o comportamento semelhante

<sup>1</sup>CVLI significa "Crimes Violentos Letais e Intencionais"

entre as séries de acidentes e entorpecentes, a tendência de queda dos CVLI's e sua mudança em 2013, etc.

### 3.3 Análise temporal

Por fim será feita uma análise de séries temporais. Segundo Maddala (2003) uma série temporal é “uma sequência de dados numéricos na qual cada item é associado a um instante particular de tempo”. Nessa parte do trabalho serão realizados testes de estatísticos de metodologias de séries temporais.

#### 3.3.1 Critério de informação

Conforme Hill et al. (2010) um dos problemas em econometria é a seleção das defasagens de um modelo. Algumas métodos foram propostos para encontrar a defasagem e encontrar o melhor modelo, mas que acabam por trazer tendenciosidades nas estimações. Uma outra forma de definir a defasagem para o modelo econométrico são o uso de critério de informação. Neste trabalho será usado o critério de Akaike (AIC), onde

$$AIC = ln * \frac{SQE_n}{T - N} + \frac{2(n + 2)}{T - N} \quad (2)$$

#### 3.3.2 Teste de estacionariedade

A constatação de uma série temporal, segundo Bueno (2008), é fundamental para permitir a realização de inferências estatísticas “sobre os parâmetros estimados com base na realização de um processo estocástico”. Bueno (2008) ainda explica que uma análise visual de uma série de tempo, em raros casos, permite distinguir se a série é de tendência estocástica ou determinística.

Gujarati (2011) afirma que para que um processo seja considerado estacionário, suas médias e variâncias devem ser constantes e a covariância deve depender apenas da distância, do intervalo ou da defasagem entre os períodos.

$$E(Y_t) = \mu \quad (3)$$

$$Var(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (4)$$

$$\gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \quad (5)$$

Caso essas características não estejam satisfeitas o processo é não estacionário. O caso clássico, conforme explica Gujarati (2011) é o modelo de passeio aleatório, que pode ser sem descolamento e com deslocamento, conforme pode ser visto abaixo:

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t \quad (6)$$

$$Y_t = \delta + Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

Um processo estocástico de raiz unitária apresenta a seguinte forma:

$$Y_t = \delta(Y_{t-1}) + u_t \quad (8)$$

O componente  $\rho$  é o componente raiz unitária e varia de -1 a 1; caso o seu valor seja igual a 1, Gujarati (2011) afirma que é encontrado o problema de raiz unitária. Para isso então é necessário realizar testes que permitem essa identificação desse componente. O mais utilizado é o teste Dickey-Fuller Aumentado que testa três situações: passeio aleatório, passeio aleatório com deslocamento e passeio aleatório com de deslocamento em torno de uma tendência determinística, conforme abaixo:

$$\Delta Y_t = \delta(Y_{t-1}) + u_t \quad (9)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta(Y_{t-1}) + u_t \quad (10)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta(Y_{t-1}) + u_t \quad (11)$$

O teste Dickey-Fuller testa se há a presença do componente raiz unitária. A hipótese nula do teste ( $h_0$ ) é que há a presença de raiz unitária, então para isso a hipótese nula deve ser rejeitada. Caso seja identificado por meio desse teste que há a existência de raiz unitária, a série é considerada não estacionária.

### 3.3.3 Teste de causalidade

Segundo Johnston & Dinardo (2001), antes de estimar um modelo VAR é preciso identificar a existência de causalidade entre as variáveis, ou seja, verificar se o valor de uma delas depende dos valores passados das demais. Gujarati (2011) explica que a questão da causalidade é um questão filosófica; a ideia de causalidade é que uma variável causa ou é causada por outra. Existem vários testes que analisam a existência ou não de causalidade entre variáveis, como o teste de Causalidade de Sims, o de escolha de defasagens, causalidade para variáveis cointegradas etc. O teste mais comum e mais usado, e que será usado neste trabalho é o teste de causalidade de Granger.

O teste de Granger, conforme explica Gujarati (2011), "pressupõe que as informações relevantes à previsão das respectivas variáveis preditivas...estão contidas unicamente nos dados das séries temporais dessas variáveis". Realizado o teste pode surgir os seguintes casos: Causalidade unidirecional, causalidade bilateral ou independência.

A hipótese nula ( $H_0$ ) é que a variável de crimes não é causada pela variável econômica. Bueno (2008) explica que a principal questão é se uma variável ajuda a prever a outra, se isso não acontecer, informa ele, que "y não-Granger-causa z". Sendo assim a hipótese nula deve ser rejeitada, ou seja, o resultado do teste deve ficar fora da região de aceitação a um nível de significância, que pode ser de 10%, 5% ou 1%. Bueno (2008) ainda afirma que para que o teste seja realizado as

séries devem ser estacionárias, por esse motivo a necessidade do teste Dickey-Fuller aumentado, apresentado anteriormente.

### 3.3.4 Teste de cointegração

Cointegração refere-se, conforme explica Gujarati (2011), é uma situação em que a combinação linear entre duas séries, que tenham tendência estocástica, é estacionária, conforme abaixo:

$$X_t = \beta_1 + \beta_2 Y_1 + u_t \quad (12)$$

$$u_t = X_t - \beta_1 - \beta_2 Y_1 \quad (13)$$

Ao isolarmos  $u_t$  e aplicarmos o teste Dickey-Fuller ou Dickey-Fuller Aumentado e obter-se o resultado de que os erros são estacionários, então pode-se concluir que as séries são cointegradas. Porém Gujarati (2011) ressalva que o teste Dickey-Fuller ou Dickey-Fuller Aumentado não são apropriados para essa identificação, por isso foram desenvolvidos outros teste para identificar se há ou não cointegração entre séries temporais, como o Teste de Engle-Granger e o Engle-Granger Aumentado.

O teste de cointegração que será utilizado é o Teste de Johansen. Esse teste foi escolhido, pois é o teste usado para identificar quantidade de vetores de cointegração usada no modelo vetor de correção de erros, que será uma das metodologias desse trabalho. Caso seja identificado pelo menos um vetor de cointegração será usado um modelo VECM, caso contrário será usado um modelo VAR.

### 3.3.5 Modelo de vetores autorregressivos - VAR e VEC

O modelo de vetores autorregressivos foi escolhido por permitir identificar relações de curto e de longo prazo entre variáveis. Esse modelo consiste em um sistema de equações, em que cada uma das variáveis que compõem o sistema é função dos valores das demais variáveis no presente, dos seus valores e dos valores das demais variáveis defasadas no tempo, mais o termo de erro. De acordo com Enders (1995), as equações de um modelo VAR podem conter também tendências determinísticas e variáveis exógenas. A partir de algumas operações matemáticas o modelo VAR pode ser transformado de modo que, nas equações, os valores do presente deixam de constar como variáveis explicativas. Como afirma Enders (1995), esta forma é conhecida como VAR reduzido. Segundo Johnston & Dinardo (2001), um VAR, em sua forma reduzida, de primeira ordem e duas variáveis pode ser escrito da seguinte forma matricial:

$$y_t = \begin{pmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \end{pmatrix} = m + Ay_{t-1} + \epsilon_t \quad (14)$$

ou, de modo equivalente, como o seguinte sistema de equações:

$$y_{1t} = m_1 + a_{11}y_{1,t-1} + a_{12}y_{2,t-1} + \epsilon_{1t} \quad (15)$$

$$y_{2t} = m_2 + a_{21}y_{1,t-1} + a_{22}y_{2,t-1} + \epsilon_{2t} \quad (16)$$

Em seguida é necessário determinar o número de defasagens do VAR, que será realizada por meio de um teste assintótico, que consiste na comparação de modelos com ordens diferentes. De acordo com Enders (1996), a hipótese nula desse teste afirma que os modelos não possuem defasagens, aceitando essa hipótese então o modelo escolhido é aquele que possui menor número de defasagens. Caso contrário, rejeitando, deve-se optar pelo modelo com maior número de defasagens. Após conhecer a ordem do modelo, os parâmetros são estimados. Com o modelo pronto, serão estimadas a função impulso-resposta e a decomposição da variância.

Ainda com relação ao modelo VAR, Enders (1995) explica que, se mais de uma das séries das variáveis que se pretende incorporar ao sistema não for estacionária, então é provável que haja uma relação de cointegração entre elas, ou seja, apresentam uma tendência comum. Existindo essa relação, que é confirmada a partir de um teste de cointegração, o modelo VAR não é o método mais indicado para a análise das séries, devendo-se usar o método dos Vetores de Cointegração (VEC), que é semelhante a um VAR, porém em todas as equações do primeiro está contido um vetor de correção de erro para corrigir as relações de cointegração, conforme Johnston & Dinardo (2001). Depois de corrigir as equações com o vetor de correção de erro, a análise prosseguirá da mesma forma que em um VAR simples, com uma exceção: o número de defasagens será determinado a partir da comparação dos resultados dos testes de autocorrelação dos resíduos para modelos com diferentes números de defasagens, sendo escolhido o modelo que não apresentar autocorrelação.

### 3.3.6 Função impulso-resposta e decomposição da variância

Conforme Mayorga et al. (2007) a função impulso-resposta tem como objetivo medir o impacto (choque) da variação de uma variável do modelo VAR. Segundo Enders (1995), utilizando a função de impulso-resposta, é possível perceber como uma variação ocorrida em uma das variáveis do sistema repercute nas demais em um determinado horizonte de tempo. Já a decomposição da variância, revela a proporção da variância do erro de previsão para uma das variáveis que se deve a ela mesma, e às demais.

## 4 Resultados e Discussão

Nessa seção, serão apresentados os resultados obtidos por meio da metodologia utilizada.

#### 4.1 Análise de correlação

A análise de correlação foi realizada e na tabela abaixo estão os resultados encontrados, com os coeficientes entre as séries de crimes, como também, entre as variáveis econômicas, que seguem abaixo:

Tabela 1: Correlação serial de crimes e variáveis econômicas

	Acidentes	CVLI	Tráfico	Posse	Furtos	Roubos	Ocupação	Renda
Acidentes	1							
CVLI	-0.4791	1						
Tráfico	0.9493	-0.5363	1					
Posse	0.7434	-0.5042	0.8180	1				
Furtos	0.1649	0.1843	0.1697	0.1766	1			
Roubos	-0.5487	0.2749	-0.4939	-0.2269	0.0528	1		
Ocupação	0.8143	-0.2072	0.7759	0.5484	0.1621	-0.7010	1	
Renda	0.8733	-0.4871	0.8874	0.7351	0.1159	-0.3756	0.6755	1

Fonte : Elaboração própria

Dentre os resultados encontrados pode-se observar que a série de acidentes de trânsito é fortemente correlacionada com a série de tráfico, posse, taxa de ocupação e de renda. Já a série de CVLI's é correlacionada negativamente com as séries de tráfico, posse e renda. A série de tráfico é correlacionada positivamente com a série de posse, taxa de ocupação e de renda. A série de posse é positivamente correlacionada com a série de renda; e por fim, a série de furtos não se mostrou fortemente correlacionada com outras séries, seja de crime como econômica.

#### 4.2 Teste de estacionariedade

Como já explicado anteriormente, o teste Dickey-Fuller identifica se uma série temporal é estacionária ou não. A hipótese nula ( $h_0$ ) do teste é de que há a existência de raiz unitária, logo essa hipótese deve ser rejeitada no teste a um determinado nível de significância, que serão a 1% e a 5%. Abaixo os resultados encontrados do teste:

Tabela 2: Teste de estacionariedade das séries

Série	Resultado do teste
Acidentes	-2.5122**
CVLI's	-3.058**
Tráfico	-1.727
Posse	-2.575
Furtos	-6.151***
Roubos	-1.275
Renda	-3.7662**
Ocupação	-1.843

Notas: Estimativas do autor. \* Significante a 10%. \*\* Significante a 5%. \*\*\* Significante a 1%.

Fonte : Elaboração própria

A séries que se mostraram estacionárias foram a de acidentes, CVLI's, Furtos e Renda a, pelo menos, o nível de significância de 5%. Para essas séries serão feitas diretamente o modelo de vetor autorregressivo. As que não se apresentaram estacionárias, passarão pelo teste de cointegração de Johansen para identificar se há pelo menos um vetor de cointegração, caso seja positivo, será utilizado um modelo de vetor autorregressivo com mecanismo de correção de erros.

### 4.3 Teste de Cointegração

Para as séries não estacionárias foi aplicado o teste de cointegração de Johansen, para saber se a série é cointegrada com as séries de variáveis econômicas e identificar se há pelo menos um vetor de cointegração. Abaixo segue os resultados

Tabela 3: Teste de cointegração de Johansen

Crime	Rank	Traço	valor crítico
	0	29.2917*	29.68
Tráfico	1	10.0623	15.41
	0	27.1057*	29.68
Posse	1	7.4203	15.41
	0	21.3016*	29.68
Roubos	1	6.6467	15.41

Fonte : Elaboração própria

Conforme pode-se observar para todas as séries que não são estacionárias o valor do traço ficou abaixo do valor crítico, assim caindo na área de aceitação da hipótese nula, que afirma que existe pelo menos um número  $r$  de vetores de cointegração, porém, todos os testes apresentaram que não há vetor de cointegração entre essas séries de crime e de variáveis econômicas. Sendo assim, essas séries serão diferenciadas e será usado um modelo VAR.

#### 4.4 Teste de causalidade

O teste de causalidade testa se uma série causa ou não a outra. Foram gerados os testes com as taxas das variáveis de crimes e as variáveis econômicas (IPCA , renda média real e taxa de ocupação). Abaixo a tabela com os resultados encontrados mostram a variável de crime, a variável que causa o crime e a variável econômica que é causada pela variável de crime. Assim como nos testes anteriores serão considerados os resultados com nível de significância de 1% e 5%.

Tabela 4: Teste de causalidade

Série	Causada por	Causa
Acidentes	Ocupação**	Renda**
CVLI's	nenhuma	Ocupação**
Tráfico	nenhuma	nenhuma
Posse	Renda**	nenhuma
Furtos	Ocupação** Todas as variáveis em conjunto**	nenhuma
Roubos	nenhuma	nenhuma

Notas: Estimativas do autor. \* Significante a 10%. \*\* Significante a 5%. \*\*\* Significante a 1%.

Fonte : Elaboração própria

Como observado na tabela acima, a um nível de significância de 5%, pode-se rejeitar a hipótese nula de que “y não-Granger-causa z”, ou seja, que ocupação causa acidentes e acidentes causa renda. Outras variáveis de crime foram: posse que é causada pela renda e furtos que é causada pela taxa de ocupação e pelas variáveis em conjunto.

#### 4.5 Resultados do modelo VAR

Nessa seção serão mostrados, brevemente, os resultados dos modelos de vetores autorregressivos gerados das variáveis de crime com as variáveis econômicas. As tabelas com os resultados encontram-se no apêndice deste trabalho.

Os resultados do modelo vetor autorregressivo mostra que há uma influência positiva da defasagem de um período da própria variável de acidentes, a um nível de significância de 1%, ou seja, um aumento da própria variável de acidentes contribui positivamente para o incremento dos acidentes de trânsito no período seguinte. A variável econômica que se mostrou significativa para influenciar, de forma positiva, os acidentes foi a variável de taxa de ocupação a um nível de significância de 1%.

O resultados do vetor autorregressivo para os crimes violentos letais e intencionais mostra que não há influência significativa das variáveis econômicas, porém existe influência significativa das ocorrências passadas da própria variável CVLI; tanto a primeira como a segunda defasagens con-

tribuem positivamente para incrementar as ocorrências de CVLI's nos períodos seguinte, sendo a defasagem mais recente mais expressiva que a segunda defasagem.

Na variável de crime tráfico se observa o mesmo resultado que dos CVLI's, porém as defasagens da série de crime sendo significativas para influenciar negativamente as ocorrências dos períodos seguintes, ou seja, um aumento nos períodos anteriores de tráfico contribuem para redução. A defasagem mais recente (assim com em CVLI) é mais expressiva e mais significativa para contribuir para redução de ocorrências de tráfico nos períodos seguintes. Pode-se interpretar que ocorrências de tráfico em determinada região atraíam a atenção dos órgãos de segurança pública, que em seguida passam a atuar na área.

Diferentes dos resultados anteriores as, defasagens da variável de crime não foram significativas para a influenciar, mas a variável de renda mostrou-se significativa para contribuir com o aumento do crime de posse de entorpecentes.

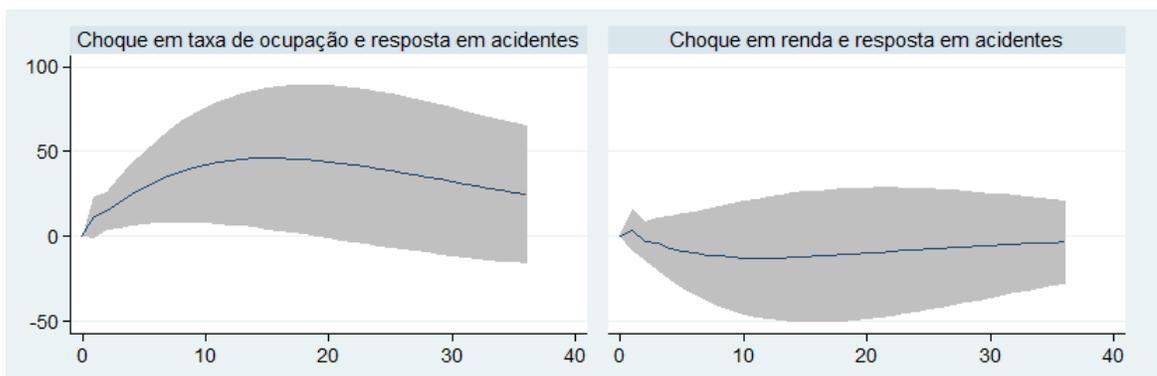
Para os resultados do crime de roubo só foi encontrado que a defasagem do crime de roubo influencia negativamente, ou seja, um aumento das ocorrências do crime de roubo contribui para reduzir as ocorrências de roubo no período seguinte. Pode-se considerar o mesmo que ocorre com a variável de tráfico, onde um aumento de ocorrências de roubos atraí a atenção de órgãos de segurança pública, que em seguida passam a atuar na área e, conseqüentemente, geram uma redução desse tipo de crime.

Por fim, o crime de furtos mostrou-se influenciável pela sua própria defasagem de forma positiva, ou seja, ocorrências passadas contribuem para o incremento nas ocorrências nos períodos seguintes; além disso a variável de ocupação (segunda defasagem) apresentou-se significativa para contribuir com o aumento do crime de furtos.

#### 4.6 Função impulso-resposta

Os gráficos abaixo mostram os resultados da função impulso-resposta para os o choque que ocorre nas variáveis e sua resposta na variável de crimes:

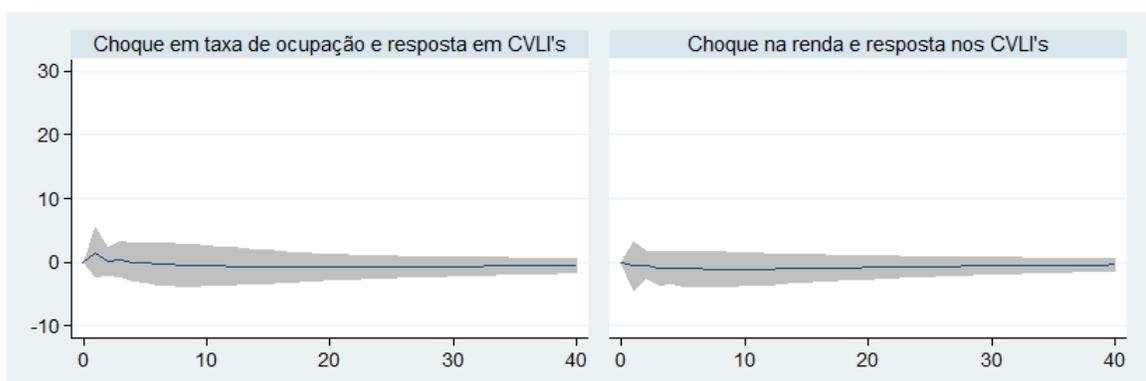
Figura 2: Impulso resposta de acidentes



Fonte : Elaboração própria

No primeiro gráfico é mostrado um choque que ocorre na taxa de ocupação e a resposta nos acidentes nos períodos seguintes. Conforme pode-se observar a resposta ao choque é persistente e continua a ser estatisticamente significativa por quase 20 períodos (longo prazo) e depois decai. Já o segundo gráfico mostra que a resposta ao choque na renda nunca é significativo.

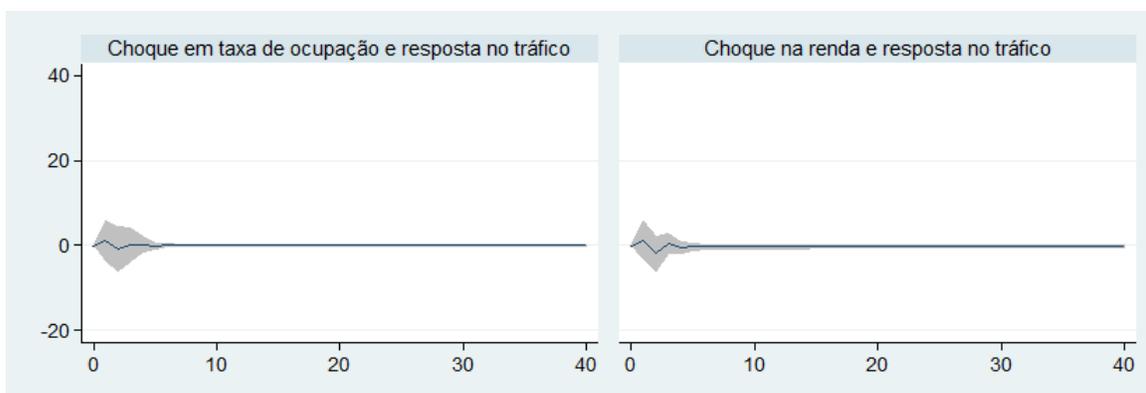
Figura 3: Impulso resposta de CVLI's



Fonte : Elaboração própria

O primeiro gráfico mostra o choque de que ocorre na taxa de ocupação e a resposta nos CVLI's. Conforme pode-se observar a resposta ao choque não é persistente. O segundo gráfico mostra um resultado semelhante ao do primeiro, que não há resposta estatisticamente significativa do choque da renda nos CVLI's.

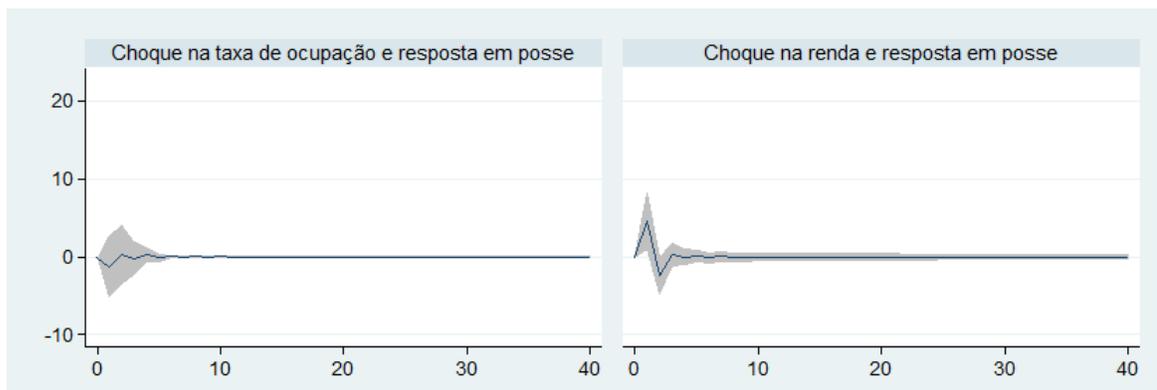
Figura 4: Impulso resposta de tráfico



Fonte : Elaboração própria

O primeiro gráfico mostra que um choque na taxa de ocupação só gera um resposta rápida, apenas no curto prazo e não estende-se no longo prazo. Semelhantemente ocorre com o choque na renda que gera uma breve resposta no curtíssimo prazo.

Figura 5: Impulso resposta de posse



Fonte : Elaboração própria

Acima o primeiro gráfico mostra o choque na taxa de ocupação não apresenta uma resposta estatisticamente significativa. Entretanto o choque na renda apresenta ser significativa para gerar variações em posse, pelo menos nos dois primeiros períodos, mostrando que a resposta é de curtíssimo prazo.

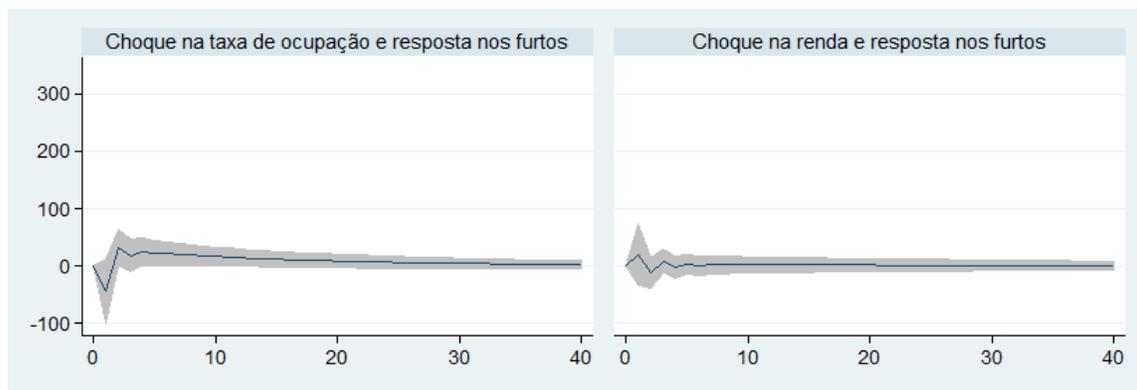
Figura 6: Impulso resposta de roubos



Fonte : Elaboração própria

O primeiro gráfico mostra que um choque na taxa de ocupação e mostra que a resposta é estatisticamente nula, igualmente para o choque na renda que apresentou um resultado estatisticamente não significativo.

Figura 7: Impulso resposta de furtos



Fonte : Elaboração própria

Para o crime de furtos a resposta, com choque na taxa de ocupação, é de curtíssimo prazo

#### 4.7 Decomposição da variância

A decomposição da variância tem por objetivo identificar a parcela de participação das variáveis selecionadas na variância do modelo ao longo do tempo. Abaixo segue os resultados encontrados:

Tabela 5: Decomposição da variância de acidentes

Período	Acidentes	Ocupação	Renda
0	0	0	0
1	1	0	0
5	0.9218	0.0737	0.0044
10	0.7909	0.1927	0.0163
15	0.6811	0.2949	0.0239
20	0.6040	0.3690	0.0269
25	0.5534	0.4190	0.0275
30	0.5214	0.4512	0.0273
35	0.5017	0.4713	0.0269
40	0.4900	0.4834	0.0265

Fonte : Elaboração própria

Conforme a tabela acima, após quarenta períodos a composição da variância referente a variável de acidentes caiu de 1 para 0,49, enquanto as proporção da variância das outras variáveis aumentaram. No caso a taxa de ocupação foi mais significativa e subiu de 0 para 0,483 da proporção da variância. Já a renda não teve nenhum aumento significativo, aumentando apenas de 0 para 0,026.

Tabela 6: Decomposição da variância de CVLI's

Período	CVLI's	Ocupação	Renda
0	0	0	0
1	1	0	0
5	0.9939	0.0034	0.0025
10	0.9871	0.0037	0.0090
15	0.9787	0.0060	0.0152
20	0.9712	0.0090	0.0197
25	0.9651	0.0120	0.0227
30	0.9605	0.0147	0.0247
35	0.9570	0.0168	0.0261
40	0.9545	0.0184	0.0270

Fonte : Elaboração própria

Para o crime de CVLI, após quarenta períodos, não há uma queda significativa da proporção da variância que se refere a própria variável. Em relação às outras variáveis, não houve nenhum expressivo aumento na sua participação na proporção da variância. O resultado apresentou-se autorregressivo.

Tabela 7: Decomposição da variância de tráfico

Período	Tráfico	Ocupação	Renda
0	0	0	0
1	1	0	0
5	0.9903	0.0025	0.0070
10	0.9897	0.0026	0.0076
15	0.9892	0.0026	0.0080
20	0.9889	0.0026	0.0084
25	0.9886	0.0026	0.0086
30	0.9884	0.0026	0.0088
35	0.9883	0.0026	0.0090
40	0.9882	0.0026	0.0091

Fonte : Elaboração própria

Para o crime de tráfico, após quarenta períodos, a proporção da variância que refere-se a própria variável de tráfico não muda, não houve queda expressiva, e nem aumento significativo da participação das variáveis de renda e taxa de ocupação na composição da variância.

Tabela 8: Decomposição da variância de posse de entorpecentes

Período	Posse	Ocupação	Renda
0	0	0	0
1	1	0	0
5	0.9359	0.0043	0.0597
10	0.9358	0.0043	0.0598
15	0.9358	0.0043	0.0598
20	0.9358	0.0043	0.0598
25	0.9358	0.0043	0.0598
30	0.9357	0.0043	0.0598
35	0.9357	0.0043	0.0598
40	0.9357	0.0043	0.0598

Fonte : Elaboração própria

O composição da variância referente ao crime de posse, cai de 1 para 0,9357 em quarenta períodos; para a variável de taxa de ocupação não há participação expressiva após o mesmo período, mas para a variável de renda há um aumento significativo de 0 para 0,0598. Mostra que a participação de renda na variância é de apenas curto prazo, não se mantêm no longo prazo.

Tabela 9: Decomposição da variância de roubos

Período	Roubos	Ocupação	Renda
0	0	0	0
1	1	0	0
5	0.9798	0.0084	0.0116
10	0.9783	0.0085	0.0131
15	0.9771	0.0085	0.0143
20	0.9762	0.0085	0.0151
25	0.9755	0.0085	0.0158
30	0.9750	0.0085	0.0163
35	0.9747	0.0085	0.0166
40	0.9744	0.0085	0.0169

Fonte : Elaboração própria

Após quarenta períodos a participação na composição da variância do crime de roubos não cai expressivamente : saindo de 1 para 0,9744 .Nem existe um aumento expressivo para a variável de taxa de ocupação, porém há um aumento, pouco expressivo de 0 para 0,0169 da variável de renda, após os mesmos quarenta períodos.

Tabela 10: Decomposição da variância de furtos

Período	Furtos	Ocupação	Renda
0	0	0	0
1	1	0	0
5	0.9548	0.0390	0.0061
10	0.9349	0.0587	0.0062
15	0.9245	0.0690	0.0064
20	0.9189	0.0744	0.0065
25	0.9159	0.0773	0.0067
30	0.9141	0.0789	0.0068
35	0.9131	0.0799	0.0069
40	0.9125	0.0804	0.0070

Fonte : Elaboração própria

Na participação da proporção da variância do crime de furtos há uma queda de 1 para 0,9125 para os quarenta períodos, porém a variável econômica de taxa de ocupação mostrou um aumento na participação da composição da variância crescendo de 0 para 0,0804. Já a renda não teve uma variação em sua participação expressiva na composição da variância. A participação das variáveis econômicas na variância do erro cresce pouquíssimo no longo prazo, mostrando que o resultado é autorregressivo.

## 5 Conclusão

Esse trabalho possibilitou o estudo sobre um tema já abordado no Brasil e com uma metodologia que é pouco usual para a análise, principalmente para a Região Metropolitana de Recife, uma importante região do Brasil pelo sua importância econômica, dimensão espacial e populacional.

Entre os objetivos desse trabalho estava identificar associações entre os crimes e as variáveis econômicas, como correlação e/ou causalidade, e por meio dos teste estatísticos observou-se que existem variáveis de crime que são fortemente correlacionadas com variáveis econômicas, como os acidentes de trânsito, tráfico e posse de entorpecentes, que são correlacionadas com taxa de ocupação e renda. Quanto a causalidade foi identificado que séries como acidentes de trânsito, posse e furtos são causadas pela taxa de ocupação e renda.

Outro objetivo foi identificar o impacto da mudança das variáveis socioeconômicas na criminalidade da Região Metropolitana de Recife. Com os modelos de vetores autorregressivos foram observados os parâmetros e identificadas as influências tanto das variáveis econômicas e como da própria ocorrência passadas das séries de crime. As funções impulso-resposta mostraram que existem respostas significativas e persistentes do choque de variáveis econômicas em séries de crimes, como no caso de acidentes e furtos causadas pela variável de taxa de ocupação. As outras variáveis de crime apresentaram uma breve resposta autorregressiva ou uma resposta ao choque nas variáveis econômicas nos primeiros períodos que em seguida desaparece.

A decomposição da série mostrou que com o passar do tempo a composição da variância dos crimes de acidentes e furtos tem uma participação mais expressiva da variável de taxa de ocupação, enquanto para os crimes de posse e roubos essa participação na composição da variância torna-se um pouco mais expressiva para a variável econômica de renda.

Mesmo com as limitações de dados de variáveis econômicas, por conta da periodicidade e intervalo de tempo, os resultados apontam que para as séries de crimes possuem influência de curto prazo e possivelmente de longo prazo, como no caso de acidentes.

## Referências Bibliográficas

- Becker, G. S. (1968), Crime and punishment: An economic approach, in 'The economic dimensions of crime', Springer, pp. 13–68.
- Bueno, R. D. L. d. S. (2008), *Econometria de séries temporais*, Cengage Learning.
- Carvalho, A. X., Cerqueira, D. R., Rodrigues, R. I. & Lobão, W. J. (2007), 'Custos das mortes por causas externas no brasil'.
- Chamlin, M. B. (1988), 'Crime and arrests: An autoregressive integrated moving average (arima) approach', *Journal of Quantitative Criminology* **4**(3), 247–258.
- Chiricos, T. G. (1987), 'Rates of crime and unemployment: An analysis of aggregate research evidence', *Social problems* **34**(2), 187–212.
- Conti, T. V. & Justus, M. (2016), 'A história do pensamento econômico sobre crime e punição de adam smith a gary becker: Parte i', *Texto para Discussão* (271).
- Corman, H., Joyce, T. & Lovitch, N. (1987), 'Crime, deterrence and the business cycle in new york city: A var approach', *The Review of Economics and Statistics* pp. 695–700.
- Corman, H. & Mocan, H. N. (2000), 'A time-series analysis of crime, deterrence, and drug abuse in new york city', *The American economic review* **90**(3), 584–604.
- de Lima, A. L. B., de Lima, K. C., de Souza Maia, L. T. & de Oliveira, T. C. (2015), 'Tendência crescente de violência homicida na região metropolitana de natal-rn, brasil', *Revista Ciência Plural* **1**(2), 19–28.
- Detotto, C. & Pulina, M. (2009), 'Does more crime mean fewer jobs? an ardl model'.
- Dos Santos, M. J. & Kassouf, A. L. (2008), 'Estudos econômicos das causas da criminalidade no brasil: evidências e controvérsias', *Revista Economia* **9**(2), 343–372.
- Dutra, G. J., da Conceição, A. F. & de Mattos, L. B. (2017), 'Atividade econômica e crimes na região metropolitana de são paulo'.
- Ehrlich, I. (1996), 'Crime, punishment, and the market for offenses', *Journal of Economic Perspectives* **10**(1), 43–67.
- Enders, W. (1995), 'Applied econometric time series', *John Wiles and Sons, Canada-1995*.
- Enders, W. (1996), *RATS Handbook for Econometric Time Series*, John Wiley & Sons, Inc.
- Funk, P. & Kugler, P. (2003), 'Dynamic interactions between crimes', *Economics Letters* **79**(3), 291–298.

- Gujarati, D. N. (2011), *Econometria Básica*, 5a edição edn, AMGH Editora. ISBN 978-85-63308-32-0.
- Hill, R. C., Griffiths, W. E., Judge, G. G. & de Farias, A. A. (2010), *Econometria*, Saraiva.
- Johnston, J. & Dinardo, J. (2001), 'Métodos econométricos. tradução: Manuela magalhães hill, fátima ferrão, rui menezes'.
- Kuştepelı, Y. & Önel, G. (2006), 'Different categories of crime and their socio-economic determinants in turkey: Evidence from vector error correction model'.
- Lins, L. N. & Rocha, T. T. B. (2012), 'Sazonal forecast model and other determinant aspects concerning the occurrence of lethal violent crimes in pernambuco'.
- Maddala, G. S. (2003), *Introdução à Econometria*, 3a edição edn, LTC Editora. ISBN 85-216-1386-5.
- Mayorga, R. d. O., Khan, A. S., Mayorga, R. D., Lima, P. V. P. S. & Margarido, M. A. (2007), 'Análise de transmissão de preços do mercado atacadista de melão do brasil', *Revista de Economia e Sociologia Rural* **45**(3), 675–704.
- Myers, S. L. (1983), 'Estimating the economic model of crime: Employment versus punishment effects', *The Quarterly Journal of Economics* **98**(1), 157–166.
- Nóbrega Jr, J. M. (2016), 'Distribuição de renda e sua relação com os homicídios na região nordeste do brasil', *Revista LEVS* **18**(18).
- Oliveira, C. A. d. & Arraro, D. A. (2016), 'Efeitos de dissuasão do mercado de trabalho sobre o crime na região metropolitana de porto alegre', *Economic Analysis of Law Review* **7**(2), 577–597.
- Oliveira, C. A. d. & Costa, I. C. V. (n.d.), 'Ciclos econômicos e crimes contra o patrimônio: uma análise quase-experimental'.
- Polinsky, A. M. & Shavell, S. (1999), 'On the disutility and discounting of imprisonment and the theory of deterrence', *The Journal of Legal Studies* **28**(1), 1–16.
- Posner, R. A. (1985), 'An economic theory of the criminal law', *Columbia law review* **85**(6), 1193–1231.
- Provenza, M. M. (2015), 'Análise e previsão de séries temporais do homicídio doloso no rio de janeiro', *Cadernos de Estudos Sociais e Políticos* **4**(7), 63–83.
- Santos, M. J. d., Kassouf, A. L. et al. (2007), 'Uma investigação econômica da influência do mercado de drogas ilícitas sobre a criminalidade brasileira', *Revista EconomiA*.

- Saridakis, G. (2004), 'Violent crime in the united states of america: a time-series analysis between 1960–2000', *European Journal of Law and Economics* **18**(2), 203–221.
- Schmidt, P. & Witte, A. D. (1989), 'Predicting criminal recidivism using 'split population'survival time models', *Journal of Econometrics* **40**(1), 141–159.
- Sjoquist, D. L. (1973), 'Property crime and economic behavior: Some empirical results', *The American Economic Review* **63**(3), 439–446.
- Sookram, S., Basdeo, M., Sumesar-Rai, K. & Saridakis, G. (2009), 'A time-series analysis of crime in trinidad and tobago', *Universidade de West Indies. Mimeo* **16**.
- Stigler, G. J. (1970), 'The optimum enforcement of laws', *Journal of Political Economy* **78**(3), 526–536.
- Tourinho Peres, M. F., Feliciano de Almeida, J., Vicentin, D., Ruotti, C., Batista Nery, M., Cerda, M., Cardia, N. & Adorno, S. (2012), 'Evolução dos homicídios e indicadores de segurança pública no município de são paulo entre 1996 a 2008: um estudo ecológico de séries temporais', *Ciência & Saúde Coletiva* **17**(12).
- Viapiana, L. T. (2006), *Economia do crime: uma explicação para a formação do criminoso*, Editora AGE Ltda.
- Witte, A. D. (1980), 'Estimating the economic model of crime with individual data', *The Quarterly Journal of Economics* **94**(1), 57–84.
- Yamada, T., Yamada, T. & Kang, J. M. (1993), 'Crime rate and labor market conditions: Theory and time-series evidence', *The Economic Studies Quarterly* **44**(3), 250–262.

## Apêndice

Resultados do modelo VAR para cada variável de crime

Variável	Acidentes	Ocupação	Renda
Acidentes <sub>t-1</sub>	0.8698***	0.0010	0.00004
Acidentes <sub>t-2</sub>	0.0949	-0.0009	0.00002
Ocupação <sub>t-1</sub>	17.0521**	0.6479***	0.0009
Ocupação <sub>t-2</sub>	-4.1647	0.2569***	-0.0025
Renda <sub>t-1</sub>	133.9268	3.2255	0.4650***
Renda <sub>t-2</sub>	-320.7518	-2.9669	1.7668***
Constante	208.2663	6.7706	0.0859

Notas: Estimativas do autor. \* Significante a 10%. \*\* Significante a 5%. \*\*\* Significante a 1%.

Fonte : Elaboração própria

Variável	CVLI's	Ocupação	Renda
CVLI's <sub>t-1</sub>	0.4306***	-0.0058*	-0.0002**
CVLI's <sub>t-2</sub>	0.2855***	0.0081***	0.0001
Ocupação <sub>t-1</sub>	2.3619	0.7274***	0.0048
Ocupação <sub>t-2</sub>	-2.4361	0.1847*	-0.0015
Renda <sub>t-1</sub>	-17.8568	3.7224*	0.5269***
Renda <sub>t-2</sub>	-6.0809	-2.7606	0.3652***
Constante	231.6627	0.6374	0.5176**

Notas: Estimativas do autor. \* Significante a 10%. \*\* Significante a 5%. \*\*\* Significante a 1%.

Tabela 11: Resultado do modelo VAR para CVLI's

Fonte : Elaboração própria

Tabela 12: Resultado do modelo VAR para acidentes

Variável	Tráfico	Ocupação	Renda
Tráfico <sub>t-1</sub>	-0.5566***	0.0013	-0.0002**
Tráfico <sub>t-2</sub>	-0.1899**	0.0030***	0.0001
Ocupação <sub>t-1</sub>	1.7344	-0.3282***	0.0048
Ocupação <sub>t-2</sub>	0.07681	0.1847*	-0.0015
Renda <sub>t-1</sub>	41.8497	3.7224*	0.5269***
Renda <sub>t-2</sub>	-69.0029	-2.7606	0.3652***
Constante	201.5265	0.6374	0.5176**

Notas: Estimativas do autor. \* Significante a 10%. \*\* Significante a 5%. \*\*\* Significante a 1%.

Tabela 13: Resultado do modelo VAR para tráfico

Fonte : Elaboração própria

Tabela 14: Resultado do modelo VAR para posse

Variável	Posse	Ocupação	Renda
Posse <sub>t-1</sub>	-0.0868	-0.00009	-0.0001
Posse <sub>t-2</sub>	-0.1355	0.0018	-0.00004
Ocupação <sub>t-1</sub>	-1.4481	-0.3298***	0.0008
Ocupação <sub>t-2</sub>	-0.4696	-0.0908	-0.0034
Renda <sub>t-1</sub>	149.7741**	2.8645	0.5704***
Renda <sub>t-2</sub>	-148.7468**	-3.6996*	0.3905***
Constante	-6.7925	6.1367	0.2886

Notas: Estimativas do autor. \* Significante a 10%. \*\* Significante a 5%. \*\*\* Significante a 1%.

Fonte : Elaboração própria

Tabela 15: Resultado do modelo VAR para roubos

Variável	Roubos	Ocupação	Renda
Roubos <sub>t-1</sub>	-0.3523***	-0.0001	-0.0000006
Roubos <sub>t-2</sub>	-0.0227	-0.0003	-0.00001
Ocupação <sub>t-1</sub>	37.9867	-0.3495***	0.0001
Ocupação <sub>t-2</sub>	28.4594	-0.1044	-0.0037
Renda <sub>t-1</sub>	-486.9371	2.6913	0.5780***
Renda <sub>t-2</sub>	932.9997	-3.4253*	0.3856***
Constante	-3264.975	5.4011	0.2687

Notas: Estimativas do autor. \* Significante a 10%. \*\* Significante a 5%. \*\*\* Significante a 1%.

Fonte : Elaboração própria

Tabela 16: Resultado do modelo VAR para furtos

Variável	Furtos	Ocupação	Renda
Furtos <sub>t-1</sub>	0.1874**	-0.0001	-0.0000005
Furtos <sub>t-2</sub>	0.0266	-0.00003	-0.0000006
Ocupação <sub>t-1</sub>	-61.1739	0.6664***	0.0026
Ocupação <sub>t-2</sub>	95.7864**	0.2582***	0.0002
Renda <sub>t-1</sub>	686.6777	3.1297	0.5477***
Renda <sub>t-2</sub>	-666.3603	-2.7181	0.3769***
Constante	-1011.903	4.4584	0.3193

Notas: Estimativas do autor. \* Significante a 10%. \*\* Significante a 5%. \*\*\* Significante a 1%.

Fonte : Elaboração própria