

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS –**  
**ICEAC**  
**CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**  
**IURI CAPA VERDE COSTA**

**UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO POLO NAVAL NOS**  
**ÍNDICES DE CRIMINALIDADE DE RIO GRANDE COM A UTILIZAÇÃO DE**  
**MODELOS ESTRUTURAIS DE SÉRIES DE TEMPO**

**RIO GRANDE**  
**2016**

**IURI CAPA VERDE COSTA**

**UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO POLO NAVAL NOS  
ÍNDICES DE CRIMINALIDADE DE RIO GRANDE COM A UTILIZAÇÃO DE  
MODELOS ESTRUTURAIS DE SÉRIES DE TEMPO**

*Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio Grande – FURG, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.*

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Aguiar de Oliveira

**RIO GRANDE  
2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, devo agradecer em especial a meus pais, Eunice e José por vencerem essa barreira junto comigo, mostrando o caminho a seguir e me ensinando a superar quaisquer que fossem os problemas que surgissem neste período de aprendizado. Agradeço também a minha avó Sueli, que no início dessa caminhada me ofereceu o suporte necessário para que eu não desistisse deste sonho e seguisse a diante neste caminho. A minha tia Elaine e meu tio Volmir pelas oportunidades concedidas nos momentos difíceis, e ao restante da minha família que nos momentos difíceis sempre tiveram aquela palavra de carinho e me proporcionavam momentos de felicidade. A vocês, saibam que tudo que sou e que pretendo ser, é baseado em vocês e me orgulho de ser uma pequena parte deste nosso poço de alegrias.

Em especial, agradeço a Gabriela Freitas, por ter se tornado tão especial para a minha vida, por ter sido nos momentos mais complicados desta caminhada além de uma amiga, uma companheira, um amor. A ela, agradeço também por ter me dado um grande presente, uma grande alegria, meu afilhado Henrique, um pequeno príncipe que gerou em mim uma nova força para seguir em frente, e me tornar uma pessoa melhor, um acadêmico melhor.

Aos colegas e amigos, Gabriela Lima, Kelen, Augusto, Fábio, Eder, Luciana, Bruna, Rafael, Natalia, Karine, Cristielen, Danniele, Bruno, Vinicius, Alex, Taís, Cinthia, Marcelo e Japa, por todas as conversas, brigas, risadas, conselhos e caronas que me proporcionaram vocês se tornaram para mim parte da minha família, prezarei muito pela amizade de todos vocês.

Agradeço a todos os professores e amigos que contribuíram para minha formação acadêmica através de discussões, ensinamentos e conversas. Todos foram e serão exemplos para mim. Devo ainda um agradecimento especial ao Prof. Cristiano, que através dos seus conselhos fez com que esse trabalho se tornasse melhor do que poderia imaginar. Por fim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, fizeram parte e contribuíram para a minha formação. E deixo aqui meu muito obrigado. De coração, Amo todos vocês.

*“A verdadeira dificuldade não está em aceitar idéias novas, mas escapar das antigas”*

*John Maynard Keynes*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Especificação do Filtro de Kalman.....	22
Figura 1 – Gráfico dos Resíduos do modelo 1.....	29
Figura 2 – Gráfico dos Resíduos do modelo 2.....	30
Figura 3 – Gráfico dos Resíduos do modelo 3.....	32
Figura 4 – Gráfico dos Resíduos do modelo 4.....	33
Figura 5 – Ajuste do modelo 4 para o crime de Furto.....	34
Figura 6 – Ajuste do modelo 5 para o crime de Furto.....	36
Figura 7 – Ajuste do modelo 6 para o crime de Furto.....	37
Figura 8 – Ajuste do modelo 7 para o crime de Roubo.....	39
Figura 9 – Ajuste do modelo 9 para o crime de Roubo.....	42
Figura 10 – Gráfico dos Resíduos do modelo 10.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas.....	24
Tabela 2 –Estatísticas do modelo 1 para o crime de Roubo.....	28
Tabela 3 – Estatísticas do modelo 2 para o crime de Roubo.....	30
Tabela 4 – Estatísticas do modelo 3 para o crime de Roubo.....	31
Tabela 5 – Estatísticas do modelo 4 para o crime de Furto.....	33
Tabela 6 – Estatísticas do modelo 5 para o crime de Furto.....	35
Tabela 7 – Estatísticas do modelo 6 para o crime de Furto.....	36
Tabela 8 – Estatísticas do modelo 7 para o crime de Roubo.....	38
Tabela 9 – Estatísticas do modelo 8 para o crime de Roubo.....	40
Tabela 10 – Estatísticas do modelo 9 para o crime de Roubo.....	41
Tabela 11 – Estatísticas do modelo 10 para o crime de Furto.....	43
Tabela 12 – Estatísticas do modelo 11 para o crime de Furto.....	45
Tabela 13 – Estatísticas do modelo 12 para o crime de Furto.....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
<b>3 METODOLOGIA E DADOS</b> .....	17
3.1 Modelos estruturais de séries de tempo com quebra estrutural.....	17
3.2 Filtro de Kalman.....	20
3.2.1 Algoritmo do filtro de Kalman.....	21
3.3 Teste de Normalidade.....	23
3.4 Teste de Autocorrelação.....	23
3.5 Descrição dos dados.....	24
3.5.1 Roubos.....	25
3.5.2 Furtos.....	25
<b>4 RESULTADOS</b> .....	27
4.1 Modelos com intervenção manual.....	27
4.1.1 Modelos para o crime de Roubo.....	27
4.1.2 Modelos para o crime de Furto.....	32
4.2 Modelos com intervenção automática.....	38
4.2.1 Modelos para o crime de Roubo.....	38
4.2.2 Modelos para o crime de Furto.....	43
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	47
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## RESUMO

O crime está diretamente relacionado à economia, já que fatores econômicos como a pobreza, o desemprego, escolaridade e a distribuição de renda podem afetar a criminalidade em termos agregados. A cidade de Rio Grande é uma região onde o aspecto econômico está em constante mudança. O fato de ser uma cidade portuária a torna vulnerável a chegadas e saídas de investimentos. Isto faz com que se torne uma cidade detentora de ciclos econômicos, ou seja, hora com momentos de crescimento econômico, hora com declínio. A partir desta característica, vem o objetivo geral deste trabalho que será analisar a relação do ciclo econômico ocorrido na cidade de Rio Grande a partir de 2005 com a implementação do polo naval nos índices de criminalidade da região, utilizando a abordagem da teoria econômica do crime e uma metodologia baseada em um modelo estrutural de series de tempo com quebras com o uso do filtro de Kalman. Considerou-se a amostra dos crimes de roubo e furto da cidade do Rio Grande a partir de Janeiro do ano de 2002 até Dezembro do ano de 2015. As principais estimativas deste trabalho nos permitem concluir que não houve a ocorrência de uma quebra estrutural nos índices de crime uma vez que as quebras estruturais encontradas não tiveram resultados significantes.

**Palavras-Chave:** economia do crime, criminalidade, modelo estrutural, Rio Grande, ciclos econômicos.

## 1. INTRODUÇÃO

A criminalidade é um problema que preocupa parte considerável da população, gerando uma sensação de insegurança que altera o seu comportamento. Com essa preocupação com a criminalidade, vem o interesse de diversas ciências na procura de esclarecimentos de como funcionam os mecanismos que resultam em um número maior de crimes. No fundo, o que se busca é uma explicação a partir de um modelo individual que avalia a mentalidade e o sistema de incentivos de um criminoso, ou seja, se busca entender o que o leva a cometer um crime, quais são os ganhos ou as perdas que um criminoso venha a ter.

Segundo Brenner (2009) o crime é um ato que transgride a uma lei vigente na sociedade, que através do seu sistema judiciário e de sua legislação define o que é um ato legal ou ilegal. Sendo assim, segundo o autor, se o local obtém um rigor muito alto no que se refere a um ato ilegal, tenderá a ter um número maior de crimes cometidos, já que a possibilidade de se tornar um criminoso é bem maior.

A economia tem como característica ou conceito principal, ser a ciência que trata da alocação de recursos escassos. Tratando deste ponto, o crime e a economia possuem muitas relações que fazem com que se possa estudar e trazer o conceito de Teoria Econômica do Crime, que adota o criminoso como um agente dentro da economia, sendo ele responsável por calcular os custos e benefícios da realização do seu ato criminoso. A criminalidade está diretamente relacionada as atividades econômicas de uma região, alterações na pobreza dos indivíduos, nas taxas de desemprego da região, na distribuição de renda, entre outros, são capazes de afetar as taxas de criminalidade em termos agregados.

A cidade do Rio Grande passou por momentos de grandes oscilações quando se trata do aspecto econômico. A partir do ano de 2005, os anos que se passaram foram de prosperidade econômica para a cidade com o impulso dado pelo seu polo naval, que trouxe grandes investimentos para a região, implicando em crescimento, tanto em termos de renda quanto na quantidade de empregos. Porém, a partir de meados de 2014, a economia da região começou a mudar. As

investigações da Polícia Federal na operação que ficou conhecida como “Lava Jato” associada a deterioração financeira da Petrobras fizeram com que o investimento na região regredisse de forma substancial, causando demissões de trabalhadores do Polo Naval em grandes quantidades. Dados obtidos do Sinaval apontam que no ano de 2013 estariam empregados pelo Polo Naval de Rio Grande aproximadamente 20 mil trabalhadores, os mesmos, estimam que em 2016, seriam aproximadamente 7 mil trabalhadores empregados pelo Polo Naval.

Dados da Fundação de Economia e Estatística (FEE) apontam que a partir da implementação do Polo Naval, os efeitos na geração de empregos na cidade eram bem diferentes dos atuais, a geração de empregos diretos e indiretos estava em trajetória crescente, não somente neste setor, e sim no geral, o número total de pessoas ocupadas saiu de aproximadamente 39 mil pessoas no ano de 2006 para aproximadamente 60 mil pessoas no ano de 2013. Com estes empregos, foi possível observar também a ocorrência de um pequeno avanço no salário médio das famílias, que segundo dados também retirados da FEE passou de 3,8 no ano de 2006 para 3,9 em 2013.

Esta amostragem de informações, permite evidenciar os efeitos da implementação do Polo Naval no município e seus respectivos efeitos multiplicadores na renda e na quantidade de empregos no município. Como pode ser observado houve uma mudança brusca nas variáveis econômicas no período recente. Esta mudança brusca gera a possibilidade de se trabalhar com um quase experimento natural. Esta alternância se assemelha ao período de ápice de um ciclo econômico, porém, com uma variação mais abrupta do que as previstas pelos tradicionais modelos de Ciclos de Negócios.

A discussão entre ciclos econômicos e criminalidade tem uma ampla ocorrência em outros países, e são inúmeros trabalhos que lidam com este tema na literatura internacional (MOCAN e BALI, 2005; ZWIENEN, 2011; VUJIC et al,2016). Diferentemente do cenário internacional, na literatura brasileira são poucos os trabalhos que recorrem ao estudo deste assunto (JOHNSTON e OLIVEIRA ,2015; JUNIOR, 2012). Diante desta escassez na literatura atual e da possibilidade de tratar com um quase experimento natural, este trabalho visa avaliar os índices de criminalidade do município de Rio Grande e analisar os possíveis impactos da implementação do Polo Naval nos mesmos. Utilizando como referencial teórico a abordagem da Teoria Econômica do Crime e o método econométrico de modelos

estruturais de séries de tempo com quebras estruturais estimados com o uso do Filtro de Kalman para evidenciar estas relações.

O trabalho está organizado em mais quatro etapas a partir desta pequena introdução. Na próxima seção, serão apresentados os principais aspectos teóricos da Teoria Econômica do Crime, assim como os resultados encontrados em pesquisas feitas por outros autores. A segunda seção trata de apresentar a metodologia que será utilizada neste estudo, dando ênfase aos modelos estruturais de séries de tempo com quebras estruturais estimados com o uso do Filtro de Kalman. Em seguida, serão apresentados os principais resultados obtidos. E por fim, a última parte do trabalho traz as principais conclusões a respeito dos impactos da implementação do Polo Naval nos índices de criminalidade no município de Rio Grande.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Muitos autores tratam de relacionar a teoria econômica e a criminalidade. O marco dos estudos relacionando os crimes com a teoria econômica é o trabalho de Becker (1968). Nesse estudo, o autor traz a questão da racionalidade do indivíduo em querer cometer ou não um ato ilícito. Becker afirma que um indivíduo só irá cometer um ato ilegal se o benefício esperado por ele for maior que o benefício que ele terá se empregar o seu tempo em uma atividade legal.

Ainda segundo Becker (1968), existe uma função que pode ser considerada como a oferta de crimes. Esta leva em consideração que a oferta de crimes é dependente da probabilidade de o indivíduo ser condenado ao cometer o ato ilícito, do grau de severidade da sua punição e de outras variáveis como a própria renda que este indivíduo tenha a disposição, tanto na atividade legal como na ilegal.

Oliveira (2005) trata de enaltecer três contribuições feitas no estudo do autor.

“O artigo é um marco na abordagem do tema, devido as suas relevantes contribuições. Em primeiro lugar, o autor salienta que qualquer indivíduo pode ser um criminoso potencial, ou seja, os crimes não são necessariamente praticados por indivíduos com transtornos psíquicos. Em segundo lugar, destaca que toda prática de um crime envolve um certo grau de risco e, portanto, indivíduos com alto grau de aversão ao risco provavelmente não cometeriam crimes. Em terceiro lugar, relaciona a criminalidade com o mercado de trabalho formal, pois segundo o autor, o ato criminoso surgiria de uma decisão racional de um indivíduo que avaliaria entre os benefícios financeiros de sua ação criminosa e os custos associados a sua punição e os custos de oportunidade representados pelo retorno no mercado legal de trabalho. Como o primeiro custo envolve um risco e, portanto, está associado a uma distribuição de probabilidade, ou seja, há uma probabilidade de ser punido, o problema do indivíduo é o de maximizar uma função de utilidade esperada em que compara o retorno esperado de mercado ilícito com o retorno sem riscos do mercado lícito[...].

A partir da obra de Becker houve uma potencialização dos estudos relacionando crimes com variáveis econômicas, um dos principais estudos posteriores e que segue a linha de Becker é o de Ehrlich (1973). Neste estudo o autor busca avaliar os efeitos que variáveis relacionadas à renda e medidas de desigualdade podem causar nas variações das oportunidades da atividade

criminosa. Em seu artigo, o autor também enfatiza o fato de que os indivíduos podem gerar uma alocação ótima do tempo para a atividade ilegal, assim como pode ser gerado uma alocação ótima de tempo para a atividade legal.

Becker (1968), afirma em seu estudo que os crimes podem ser subdivididos em dois grupos, o lucrativo/econômico e o não-lucrativo/não-econômico. Crimes lucrativos são aqueles que possuem referência com algum valor monetário, podem-se exemplificar estes crimes com roubos, furtos, extorsão, estelionato, entre outros. Já o crime não-lucrativo, como homicídios, estupro, abuso de poder, etc, não trazem relação com algum valor monetário, embora possam trazer benefícios psíquicos.

Segundo Shikida e Borilli (2007) se o crime lucrativo faz parte da questão econômica, sendo inclusive objeto de estudo da Economia, as questões nucleares que emergem desta contextualização resumem-se em: quais as circunstâncias socioeconômicas da escolha ocupacional entre o setor legal e ilegal da economia, e por que os indivíduos decidem praticar crimes lucrativos. Neste sentido, Balbinotto Neto (2003) segue próximo a teoria de Becker (1968) e expõe que:

“[...] os indivíduos se tornam assaltantes e criminosos por que os benefícios de tal atividade são compensadores, quando comparados, por exemplo com outras atividades ilegais, quando são levados em conta os riscos, a probabilidade de apreensão, de condenação à severidade da pena imposta. Assim, para os economistas, os crimes são um grave problema para a sociedade por que, em certa medida, vale a pena cometê-los e que os mesmos implicam em significativos custos em termos sociais. O argumento básico da abordagem econômica do crime é que os infratores reagem aos incentivos, tanto positivos como negativos e que o número de infrações cometidas é influenciada pela alocação de recursos públicos e privados para fazer frente ao cumprimento da lei e de outros meios de preveni-los ou para dissuadir os indivíduos a cometê-los. Para os economistas, o comportamento criminoso não é visto como uma atitude simplesmente emotiva, irracional ou anti-social, mas sim como uma atividade eminentemente racional.

Baseando-se nas definições de Becker e buscando uma melhor compreensão do assunto proposto, diversos autores fazem estudos relacionando crimes em termos agregados com as flutuações econômicas que uma região possa a vir ter. Porém, o ponto de partida é sempre um modelo individual e micro. Por exemplo, Cerqueira e Lobão (2004) buscam estudar as várias teorias que estudam o comportamento desviante e criminoso um indivíduo destacando que o assunto é um fenômeno complexo e multifacetado, porém os resultados mostram também a

existência de determinadas regularidades nas estatísticas que variam conforme a dinâmica de criminalidade e região, em suas particularidades.

Quando se trata de analisar os crimes com ciclos e flutuações econômicas, podem-se destacar os trabalhos de Mocan e Bali (2005), Zwiene (2011) e de Dongil (2006). Mocan e Bali (2005) fazem um estudo buscando identificar a presença de ciclos de criminalidade assimétricos com séries temporais de dados agregados dos EUA e também com base em dados da cidade de New York utilizando três metodologias distintas para encontrar resultados. Os autores mostram que os crimes contra a propriedade possuem uma relação assimétrica ao longo do tempo, em que aumentos nestes índices são percebidos com maior nitidez e suas diminuições ocorrem de forma lenta e gradual. Deve-se destacar que os autores mostram que as variáveis desemprego, PIB real per capita e força policial são as que trazem maior influência na criminalidade.

Zwiene (2011) faz sua tese em cima da busca de ciclos assimétricos na relação entre índices de desemprego e crimes, ou seja, faz uma análise dos efeitos do desemprego nos índices de criminalidade com a objetivação de encontrar ciclos de crimes assimétricos. Os resultados obtidos pelo estudo podem ser considerados interessantes em alguns pontos, destacando os resultados que apontam assimetria nos ciclos de crimes para homens, com idade abaixo de 25 anos e que praticam os crimes de arrombamento e invasão. Outro ponto que pode ser destacado, é que em certas condições, os resultados indicam uma assimetria reversa, em que durante uma recuperação econômica torna com um aumento das taxas de criminalidade maior do que o aumento da criminalidade em condições de recessão.

Por sua vez, Dongil (2006) faz um estudo buscando analisar os efeitos que as condições econômicas podem ter nos índices de criminalidade na Coreia usando dados trimestrais e aplicando o teste de causalidade de Granger. Os resultados sugerem que a desigualdade de renda e o desemprego têm efeito positivo nos roubos, enquanto o nível de renda tem resultado contrário. Por sua vez, no nível de agressões, a desigualdade de renda não teve resultados significativos nesta análise, porém o desemprego tem um impacto positivo nas agressões assim como o nível de renda tem impacto negativo neste tipo de crime.

Nesta mesma área, se destacam também os trabalhos de Raphael e Winter-Ebmer (2001) e Altindag (2011). Raphael e Winter-Ebmer (2001) fazem um estudo sobre o efeito do desemprego sobre as taxas de sete crimes nos estados

americanos. Como principal resultado do estudo apresenta a presença de efeitos positivos do desemprego sobre os índices de criminalidade contra a propriedade, que são estáveis em todas as especificações do modelo. Possuindo estimativas que sugerem que um declínio nas taxas de criminalidade contra a propriedade durante a década de 1990 pode ser atribuído ao declínio da taxa de desemprego.

Altindag (2011) fez um estudo para investigar o impacto do desemprego sobre o crime através de um conjunto de dados em painel de nível nacional da Europa que contém estatísticas criminais consistentemente medidas. Como principal resultado o estudo destacou que o desemprego tem uma influência positiva sobre os crimes contra a propriedade.

Estes estudos permitem demonstrar que fazer uma análise dos crimes em busca de assimetrias nas suas condições quando relacionados com a economia ou até mesmo uma simples relação entre índices de desemprego e os crimes se tornam relevantes. Ainda quando se trata de Economia do Crime, Oliveira (2005) faz um estudo visando à investigação das causas da criminalidade nas cidades brasileiras e relacionando com os tamanhos da cidade, com este assunto o autor tem a seguinte resolução:

“ Esta investigação levou a conclusão de que a decisão de cometer um crime envolve um processo evolutivo anterior em que o ambiente de cada cidade é fundamental neste processo. Este ambiente chamado de macrossistema possui características próprias, dentre as quais se destaca o tamanho das cidades. A utilização de dados municipais permitiu observar que este é um fator relevante na explicação da criminalidade. Segundo o modelo apresentado, a criminalidade é maior em grandes cidades porque existe um maior retorno do crime, uma probabilidade menor de ser punido, menores custos associados ao crime.”

O estudo destaca em seus resultados os papéis da desigualdade de renda e da pobreza como fatores potencializadores da criminalidade e que para qualquer possibilidade de criar políticas públicas pelos agentes responsáveis, os mesmos, deverão levar em conta estas duas variáveis. Ainda no que se refere às variáveis renda e desemprego como causa da criminalidade, cabe destacar as contribuições de Santos (2009), Junior (2012) e Narayan (2004).

Santos (2009) faz um estudo buscando encontrar um efeito inércia inclusa nas taxas de crimes letais nos estados brasileiros, tendo o intuito de gerar novas evidências para a continuidade da criminalidade letal ao longo do tempo. Junior (2012) tem em seu estudo uma proposta similar a esta, visando através de dados

estatísticos quantificar o tamanho da influência das variáveis renda e desigualdade nos índices de homicídios nos estados brasileiros no período compreendido de 1990 e 2007. Como principais resultados, o autor encontra que um aumento da renda per capita, assim como um aumento da renda das famílias mais ricas causa um efeito positivo no que tange a variável crime. Destaca-se que, a partir dos resultados encontrados, o autor pode contribuir ao trazer mais evidência ao tema, já que os seus resultados foram de encontro aos obtidos por maior parte da literatura.

Narayan (2004) aplica o teste de causalidade de Granger para analisar diferentes categorias de crime e relacioná-las com as taxas de desemprego juvenil e o nível de ganho masculino semanal na Austrália. Como resultado, encontrou que crimes como roubo de veículo a motor, fraude e homicídios são co-integrados com os índices de desemprego juvenil masculino e com o salário médio semanal do sexo masculino, portanto, há uma relação de longo prazo entre estas variáveis.

Para finalizar esta seção, são apresentados os trabalhos que estudam municípios e regiões do Rio Grande do Sul. Neste caso, os trabalhos de Correa (2010) e de Johnston e Oliveira (2015).

Johnston e Oliveira (2015) buscam analisar a relação entre os efeitos dissuasórios do mercado de trabalho, como renda real e taxa de desemprego com as quedas nos totais de furtos e roubos na última década na região metropolitana de Porto Alegre. Como resultado encontrou uma relação de longo prazo entre as variáveis econômicas e de crime, como principal contribuição mostra que variações na renda impactam os roubos e variações na taxa de desemprego afetam o número de furtos na região metropolitana de Porto Alegre.

Por sua vez, Corrêa (2010) que faz uma análise econométrica da criminalidade do município do Rio Grande num período estabelecido de 2005 a 2010. O principal objetivo do estudo feito pela autora é analisar o comportamento da criminalidade do município, em determinados pontos, fazendo uma comparação dos índices do município com os índices de criminalidade do estado em geral. Os resultados, em geral, mostram que crimes considerados como crimes econômicos, ou seja, aqueles que trazem relação com algum objeto de valor mostraram uma tendência de crescimento. Já os crimes contra a vida, havia uma tendência de declínio.

Na próxima seção deste estudo, é apresentada a metodologia que será utilizada para a execução deste estudo, assim como a apresentação das características dos dados a serem utilizados.

### 3. METODOLOGIA E DADOS

Nesta seção, primeiramente será apresentada a metodologia empregada na execução do estudo, apresentando desde a forma geral do modelo de quebra estrutural até chegar aos testes necessários para a aceitação da qualidade da estimação. Posteriormente, será feita uma breve apresentação dos dados, demonstrando as suas análises descritivas, para que possa se obter uma melhor compreensão das variáveis e dados.

#### 3.1 Modelos estruturais de séries de tempo com quebra estrutural

É utilizado para a realização deste estudo o modelo econométrico conhecido como Modelo Estrutural de Séries Temporais. Segundo Oliveira e Favero (2003) uma série temporal pode ser descrita como o conjunto de observações de uma variável disposta no tempo. Como se refere Jalles (2009) um modelo de série temporal uni-variada pode ser representado da seguinte forma:

$$y_t = \mu_t + \psi_t + \gamma_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde  $(\mu_t)$  representa a tendência,  $(\psi_t)$  o ciclo,  $(\gamma_t)$  o componente sazonal e  $(\varepsilon_t)$  o erro, que reflete os movimentos aleatórios. Ainda segundo o autor, uma peculiaridade de um modelo estrutural é a sua flexibilidade em reconhecer diferenças no comportamento de uma mesma série, tomando os seus diferentes componentes como processos estocásticos governados por perturbações aleatórios.

Em seguida, são apresentadas as descrições individuais dos termos desta expressão.

**Tendência** $(\mu_t)$ : para Maia (2003), esse componente pode ser encarado como a parte capaz de captar movimentos longos ou suaves, em longos períodos de tempo dentro da série temporal. Segundo Jalles (2009) um modelo de tendência cíclica pode ser escrito por:

$$y_t = \mu_t + \epsilon_t \quad (2)$$

onde,  $\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t$  é o nível da tendência e,  $\beta_t = \beta_{t-1} + \alpha$  sua inclinação, com:

$\beta_t$  = inclinação

$\eta_t$  = erro da equação de transição do nível

$\alpha$  = erro da equação de transição da inclinação

**Ciclo** ( $\psi_t$ ): Para Maia (2003), o ciclo tem como significado algum movimento dentro de uma série temporal. Jalles (2009) faz a seguinte passagem:

“Em muitas séries de tempo econômico é importante fazer a distinção entre uma tendência de longo prazo e os movimentos cíclicos ou de curto prazo, que admite também uma especificação determinística ou estocástica. Um ciclo determinista descreve perfeitamente um comportamento periódico com uma dada frequência, que pode ser descrito como uma função de senos e co-senos do seguinte tipo [...]”

$$\psi_t = \alpha \cos(\lambda t) + \beta \sin(\lambda t) \quad (3)$$

A partir deste ponto, o autor abre estes termos para encontrar a tendência estocástica dessa equação, assim como, faz o acréscimo de um fator de amortecimento dentro da equação, afim de flexibilizar o ciclo estocástico, chegando assim na seguinte formulação;

$$\begin{pmatrix} \psi_t \\ \psi_{t*} \end{pmatrix} = \rho \begin{pmatrix} \cos \lambda & \sin \lambda \\ -\sin \lambda & \cos \lambda \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \psi_{t-1} \\ \psi_{t*-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \kappa_t \\ \kappa_{t*} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Onde:

$\rho$  = decaimento (amortecimento) do ciclo

$\lambda$  = frequência do ciclo

$\kappa_t$  = erro da equação de transição do ciclo

\* = é utilizado para que se possa identificar os parâmetros das equações

**Sazonalidade** ( $\gamma$ ): Maia (2003) tratam a sazonalidade como o movimento que apresenta um padrão repetido ao longo de subperíodos de um período de tempo considerado. Para Koopman et al *apud* Corrêa (2010), a função para este elemento fica da seguinte forma:

$$\gamma = -\sum_{j=1}^{s-1} \gamma_{-j} + \delta \quad (5)$$

Onde:

$\sum$  = somatório

$\delta$  = erro da equação de transição da sazonalidade

**Erro** ( $\varepsilon$ ): o erro ou também chamado de movimento aleatório dentro de uma série, é definido por Maia (2003) como um deslocamento esporádico da série temporal, que não é captado por nenhum dos outros três componentes: tendência, ciclo e sazonalidade. O erro então seriam aqueles componentes que o pesquisador não consegue captá-los e são assim minimizados dentro do modelo.

Assim, segundo este modelo, qualquer série de tempo poderia ser decomposta nestes termos. Especificamente no modelo a ser usado neste trabalho, além destes termos tradicionais do modelo, deverá ser acrescida ainda intervenções, automáticas ou manuais, para que seja possível captar os efeitos da mudança estrutural causada pela implementação de investimentos no Polo Naval nos níveis de criminalidade.

Dessa forma, a expressão ficaria da seguinte forma:

$$y_t = (\mu_t) + (\psi_t) + (\gamma) + Interv + (\varepsilon_t) \quad (6)$$

Ainda assim, para fim de encontrarmos os melhores resultados, será aplicado em conjunto com este modelo o Filtro de Kalman, que será explicado na continuidade desta seção.

### 3.2 Filtro de Kalman

O filtro de Kalman (FK) se origina em um artigo publicado por Rudolph Emil Kalman no ano de 1960, sendo ele um algoritmo recursivo capaz de alcançar a solução para problemas lineares que são relacionados à filtragem de dados discretos, tendo este estudo destacado sua importância a partir do avanço das áreas que o utilizam para realização de estudos.

Segundo Morettin e Toloi (1981), a utilização do FK pode ser descrita em problemas de previsão em que a série temporal é modelada por uma média, que obtém uma variação no tempo e que está superposta a um ruído aditivo. A média citada acima obtém, por hipótese, combinações lineares de função conhecidas cujos seus parâmetros são desconhecidos. Assim os autores fazem a seguinte passagem sobre a utilização do FK.

“Dessa maneira a série temporal pode ser representada por um sistema linear cujo vetor de estados é formado pelos coeficientes desconhecidos (parâmetros) e pelo valor da média do processo, no instante  $t$ . Nestas circunstâncias, o FK pode ser utilizado para obter estimativas ótimas do vetor de estados, com a vantagem de permitir a variação dos coeficientes através do tempo.”

O FK pode ser descrito como um conjunto de equações matemáticas constituinte de um processo recursivo eficiente de estimação, já que a partir de sua aplicação o erro quadrático é minimizado. Este se trata de um procedimento passível de aplicação a partir que os modelos estejam escritos sob a forma de espaço-estado. Outro ponto a ser ressaltado, é que o FK permite com que se possa estimar os parâmetros desconhecidos do modelo através da maximização da verossimilhança via decomposição dos erros de previsão.

A definição do modelo na forma de espaço-estado pode ser dada por:

$$y_t = z_t x_t + d_t + \varepsilon_t, \quad \text{com, } t = 1, 2, \dots, T \quad (7)$$

onde  $Z_t$  é uma matriz  $N \times m$ ,  $d_t$  é um vetor  $N \times 1$ ,  $\varepsilon_t$  é um vetor serialmente não correlacionado com média zero e matriz de covariância  $H_t$  e  $X_t$  um vetor  $m \times 1$  que contém as variáveis de estado não observáveis. Sendo as variáveis de estado produzidas através de um processo Markoviano de ordem 1 com sua equação recebendo a denominação de equação de transição.

$$X_t = T_t X_{t-1} + C_t + R_t N_t, \quad \text{com, } t = 1, 2, \dots, T \quad (8)$$

onde  $T_t$  é uma matriz  $m \times m$ ,  $C_t$  é um vetor  $m \times 1$ ,  $R_t$  é uma matriz  $m \times g$  e  $N_t$  é um vetor  $g \times 1$  serialmente não correlacionado com média zero e matriz de covariância  $Q_t$ . Dadas estas equações iniciais, podemos passar para a demonstração do algoritmo do filtro de Kalman.

### 3.2.1 Algoritmo do filtro de Kalman

Segundo Silva (2007), o FK possui dois grupos de equações que formam e funcionam como uma espécie de um sistema de retroalimentação, são elas agrupadas em equações de atualização da medição e equações de atualização do tempo. Ainda segundo o autor, as equações de tempo são responsáveis para projeção do estado atual (*a priori*) e as equações de medida são as que ficam responsáveis pela realimentação, ou seja, ela tem a responsabilidade de implementar uma nova medida na estimativa *a priori* para obter um estimador *a posteriori*.

Sendo então o modelo já demonstrado em (7) e (8), sendo  $\hat{x}_{t-1}$ , o estimador ótimo de  $X_{t-1}$  baseando-se o mesmo em informações obtidas até  $t - 1$  incluindo  $Y_{t-1}$ . Quando nos são dados  $\hat{x}_{t-1}$  e  $P_{t-1}$ , o estimador ótimo para  $X_t$ , segundo o autor seria dado por:

$$\hat{x}_t = T_t \hat{x}_{t-1} + C_t \quad (9)$$

sendo a matriz de covariância dos erros das variáveis de estado dada por:

$$P_t = T_t P_{t-1} T_t' + R_t Q_t R_t' \quad (10)$$

As equações (9) e (10) representam um grupo denominado de equações de previsão ou de atualização do tempo, elas representam uma modificação no tempo de  $t - 1$  para  $t$ , assim quando verificamos a existência de uma nova observação  $Y_t$ , pode ocorrer uma melhora ou correção do estimador ótimo  $\hat{x}_t$  de  $X_t$ . As equações responsáveis pela atualização da medida podem ser dadas a partir de:

$$K_t = P_t - Z_t'(Z_t P_t - Z_t' + H_t)^{-1} \quad (11)$$

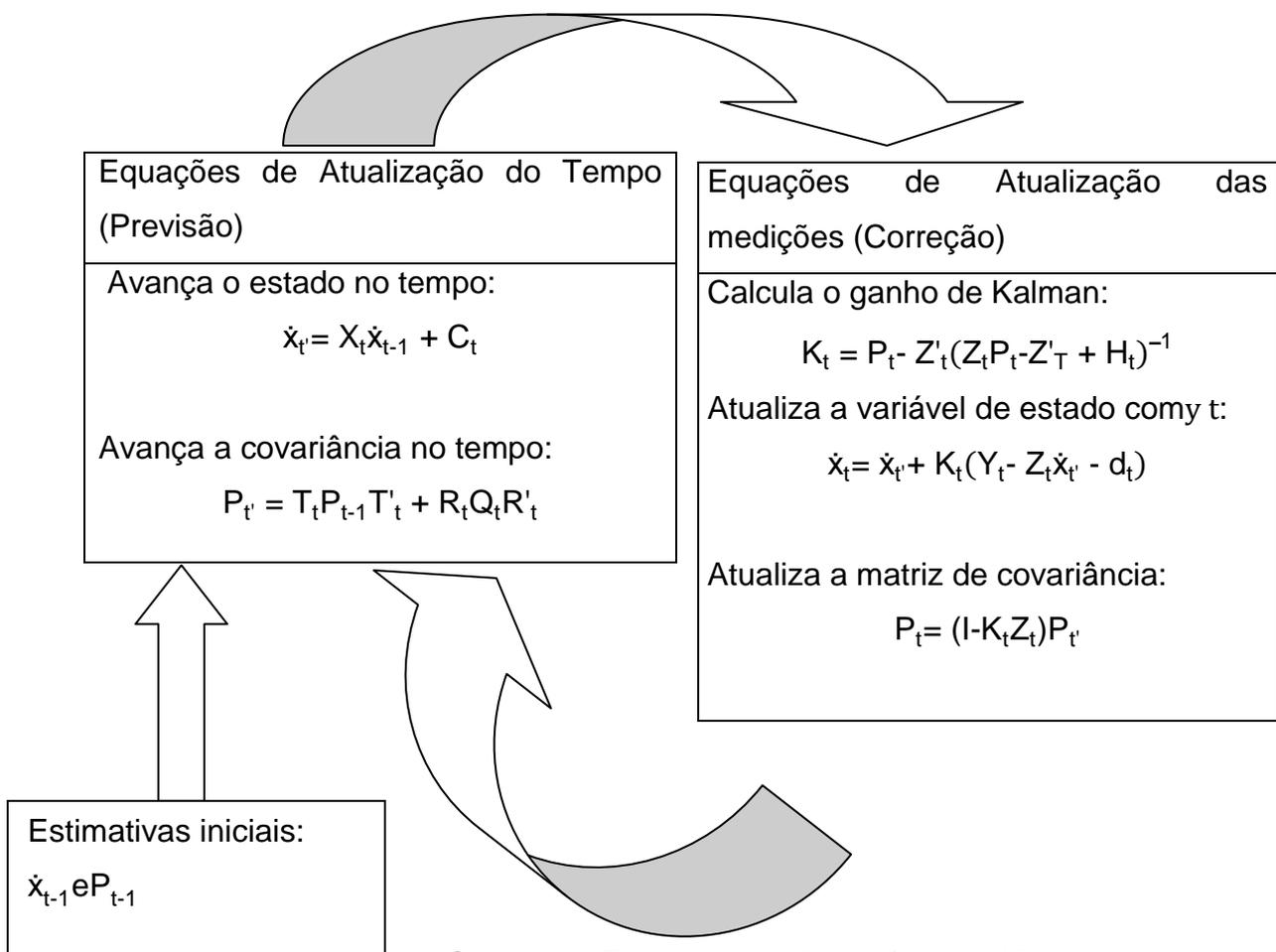
$$\hat{x}_t = \hat{x}_t + K_t(Y_t - Z_t\hat{x}_t - d_t) \quad (12)$$

$$P_t = (I - K_t Z_t) P_t \quad (13)$$

Essas três equações respectivamente representam o ganho  $K_t$ , dado pela equação (11), em seguida gerando através da equação (12) a estimação posterior  $\hat{x}_t$ , onde é incluída a nova observação  $Y_t$  à previsão anterior  $\hat{x}_t$ , acompanhada da matriz de ganho  $K_t$ . Por fim, se obteve a matriz de covariância dos erros através da equação (13). Ainda segundo Silva (2007):

“O ciclo do algoritmo se repete para o instante de tempo  $t+1$  sendo  $\hat{x}_t$  e  $P_t$  dados de entrada nas equações (9) e (10), respectivamente. Esta natureza recursiva do modelo o torna um instrumento de atualização de medidas em tempo real, daí o seu grande uso em sistemas de controle e rastreamento no campo da engenharia. Em Finanças tem um forte apelo nos mercados financeiros que produzem informações a cada instante. Desta forma, variáveis não observáveis podem ser estimadas a partir de preços obtidos no mercado à medida que uma nova informação é produzida.”

Assim, o Quadro (1) representa uma esquematização das etapas recursivas do FK, ressaltando a exigência do algoritmo que haja uma operação de inversão de matriz para o cálculo do ganho de Kalman.



Quadro 1 -Esquematização do filtro de Kalman

### 3.3 Teste de Normalidade

A fim de se verificar se os resíduos são normalmente distribuídos, se utiliza o teste de Jarque-Bera, que segundo Ferreira (2006) trata-se de um teste assintótico onde as hipóteses a serem testadas são:  $H_0$ : o erro do modelo de regressão linear possui distribuição normal, contra  $H_1$ : o erro do modelo de regressão linear possui distribuição não – normal na família de Pearson. Segundo Bueno (2011), o procedimento do teste se baseia em calcular os valores da assimetria e da curtose da amostra, tendo eles que ser iguais a 0 e a 3 respectivamente. Segundo Cardoso (2009), para podermos implementar o teste, podemos utilizar a seguinte estatística:

$$JB = \frac{N-K}{6} \left( S^2 + \frac{1}{4} (K-3)^2 \right) \quad (14)$$

onde,  $K$  é a representação do número de coeficientes estimados na modelagem,  $S$  é a assimetria e  $K$  é a curtose. A estatística Jarque-Bera dada pela equação (14) segue uma distribuição qui-quadrado com dois graus de liberdade, então, rejeitamos a hipótese de normalidade dos erros se o valor de JB for maior que o valor encontrado na distribuição Qui-quadrado.

### 3.4 Teste de Autocorrelação

Para que seja possível testar a hipótese de presença/ausência de autocorrelação no modelo estimado será utilizado o teste de Ljung-Box, que segundo Bueno (2011) é um modelo de teste em que as hipóteses nula e alternativa são mais bem inferidas, já que as autocorrelações são conjuntamente identificadas. As hipóteses do teste são as seguintes:

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0$$

$$H_1: \text{Pelo menos um } \rho_K \neq 0$$

A estatística do teste é dada por:

$$Q(K) = n(n+2) \sum_{j=1}^k \frac{r_j^2}{(n-j)} \quad (15)$$

O teste segue uma distribuição Qui-quadrado com  $n$  graus de liberdade. A hipótese nula do teste, se aceita, representa a ausência de autocorrelação.

### 3.5 Descrição dos dados

Os dados para a execução deste trabalho foram extraídos do banco de dados criminalísticos da Secretaria de Segurança Pública do Rio Grande do Sul. A Tabela 1 mostra as estatísticas descritivas das séries utilizadas do ano de 2002 até o ano de 2015.

**Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas**

Variável		
Média	118,690	338,560
Mediana	112,500	332,000
Mínimo	53,000	173,000
Máximo	327,000	527,000
Desvio padrão	40,434	65,879
C.V.	0,341	0,195
Enviesamento	1,582	0,356
Curtose Ex.	4,242	-0,140
percentil de 5%	68,800	241,350
percentil de 95%	203,250	455,000
Intervalo interquartil	45,500	88,500
Obs. ausentes	0,000	0,000

Fonte: Elaboração Própria através dos resultados obtidos no software estatístico Gretl

Podemos constatar a partir da Tabela 1, que mostra as estatísticas descritivas dos crimes de roubo e furto para o município de Rio Grande, que a incidência do crime de furto no município possui uma média de ocorrência bem maior que a do crime de roubo. Segundo o Centro de Estudos da Metrópole, ambos os crimes que vamos utilizar levam em sua formulação tipos específicos de delitos, e podem ser descritos da seguinte forma.

### 3.5.1 Roubos

O indicador de crimes de roubos contabiliza o total das ocorrências, tendo como exceção os roubos de veículos, já que o mesmo possui um indicador próprio. Apesar de não termos acesso a um indicador desagregado dos tipos de roubo, podemos definir cada um dos tipos conforme a especificação técnica:

- a) Roubo a transeunte: trata do total de roubos a pessoa física não motorizada, praticados em qualquer via pública ou logradouro público, qualquer que tenha sido o objeto ou valor subtraído (dinheiro, telefone celular, entre outros);
- b) Roubo a residência: considera o total de ocorrências praticadas no interior de residência particular, prédio ou condomínio residencial fechado, qualquer que tenha sido o objeto ou valor subtraído (dinheiro, telefone celular, entre outros);
- c) Roubo em estabelecimento comercial: quer os lesados sejam pessoa física ou jurídica, este tipo considera a soma de todos os roubos praticados no interior de prestador de serviços comerciais (shopping Center, supermercado, casa de festas, entre outros), que possuam acesso público;
- d) Roubo com restrição de liberdade da vítima: neste item tem-se a soma de todos os roubos nas quais o criminoso, para consumir o ato, restringe a liberdade da vítima, mantendo sob sua custódia mediante ameaça ou violência; e
- e) Outros roubos: considera todas as demais ocorrências de roubo que não são contabilizadas nas categorias anteriores, por exemplo, roubo de peças de veículos automotores, roubo no interior de veículo particular ou de taxi, entre outros.

### 3.5.2 Furtos

O indicador do crime de furto contabiliza o total dos tipos de furto em um único indicador. Assim como os roubos, os crimes de furto não possuem uma forma desagregada de demonstração, mas, através de especificação técnica, podemos definir cada um deles da seguinte forma.

- a) Furto de carga: são somadas o total de ocorrências de furto de carga transportada, incluindo aquelas que o veículo transportador é subtraído juntamente, quer configure furto simples, qualificados, agravados ou de coisa comum. São contabilizados aqui os furtos de todos os tipos de carga com valor comercial e transportado em qualquer tipo de veículo, seja terrestre, aéreo ou ferroviário;
- b) Furto a transeunte: é a soma de todos os furtos a pessoa física não motorizada, praticadas em via pública ou logradouro público, qualquer que tenha sido o objeto ou valor subtraído (dinheiro, telefone celular, entre outros);
- c) Furto em residência: neste item, soma-se todos os furtos simples, qualificados, agravados ou de coisa comum praticados no interior de residência particular, prédio ou condomínio residencial fechado, qualquer que tenha sido o tipo de objeto ou valor subtraído (dinheiro, telefone celular, entre outros); e
- d) Outros furtos: são contabilizados aqui todos os demais tipos de furto simples, qualificados, agravados ou de coisa comum que não estão descritos em nenhuma das categorias acima, por exemplo, furto no interior de veículo particular, taxi ou transporte coletivo, furto em repartição ou órgão público, entre outros.

Na próxima seção, serão demonstrados os resultados obtidos e suas principais explicações.

## **4. RESULTADOS**

O objetivo deste estudo é apresentar os melhores resultados obtidos que sejam capazes de representar alguma alteração causada pela implementação do Polo Naval nos índices de criminalidade. Para que isso possa ocorrer utilizamos o *software* estatístico STAMP (Structural Time Series Modeller and Predictor).

Em um primeiro momento, os modelos a serem apresentados partiram da inserção de intervenções feitas manualmente, ou seja, as intervenções ocorridas foram em datas intencionalmente planejadas. A partir de pesquisas feitas, foram escolhidas duas datas bases, são elas os meses de agosto do ano de 2006 e outubro de 2010. Foram escolhidas por serem respectivamente as datas de início das obras do polo de Rio Grande e data do início das operações do mesmo.

No momento seguinte, as intervenções serão localizadas pelo *software* estatístico STAMP através da utilização de métodos de espaço de estados com componentes não observáveis, assim seremos responsáveis por localizar e demonstrar o evento que pode ter ocorrido no Polo Naval, capaz de ter causado a quebra de estrutura no crime indicado.

### **4.1 Modelos com intervenção manual**

#### **4.1.1 Modelos para o crime de Roubo**

O primeiro modelo (modelo 1) a ser estudado para o crime de roubo obteve em sua composição as componentes não observáveis de Nível, Sazonalidade e Irregularidade, além de acompanhar o componente de ciclo e as intervenções propostas nas datas já comentadas anteriormente. Neste primeiro modelo a intervenção foi feita no termo de irregularidade, buscando encontrar alguma significância das datas em um possível choque nos crimes. Todos os elementos não observáveis neste modelo possuem um comportamento estocástico em si. O elemento de não observável de inclinação não estará incluso neste modelo

pois nos primeiros testes não foi significativo. A Tabela 2 mostra os resultados encontrados com esta modelagem.

**Tabela 2 – Estatísticas do modelo 1 para o crime de Roubo**

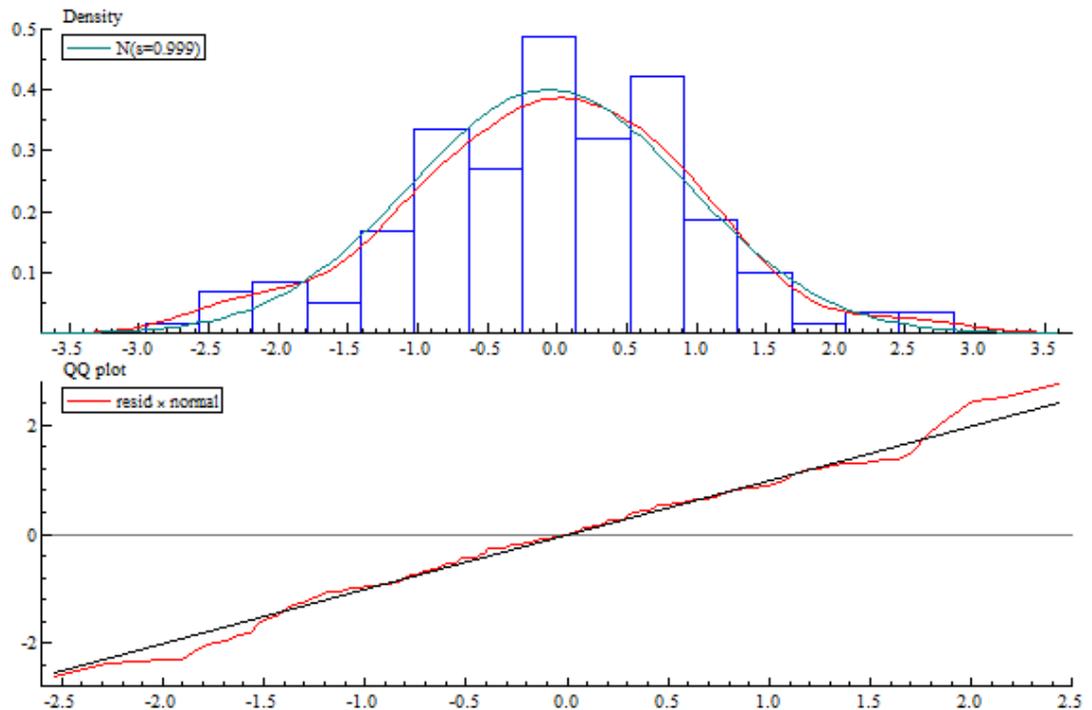
Estatísticas					
T	p	Normalidade (JB)	q	Q(q,q-p)	Rs <sup>2</sup>
168.000	5.000	45.616	24.000	32.347	0.29344
Teste de normalidade e Autocorrelação					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) = 32.347	p teste = [0.1186]			
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1) = 45.616	p teste = [0.0000]			
Variâncias dos distúrbios					
	Valor	P-valor			
<b>Nível</b>	68.045	(0.1452)			
<b>Sazonalidade</b>	0.211985	(0.0004522)			
<b>Ciclo</b>	9.858	(0.02103)			
<b>Erro</b>	468.785	1			
Efeitos da regressão no estado final do tempo					
	Coefficiente	RMSE	Teste t	P-valor	
Outlier 2006 (8)	-25.581	26.617	(-0.96108)	0.33802	
Outlier 2010 (10)	-49.127	26.557	(-1.84985)	0.06625	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

O modelo proposto apresentou um bom comportamento em relação ao problema de autocorrelação da regressão, onde o teste de Ljung-Box aceita a hipótese nula de ausência de autocorrelação serial, porém no que se trata do problema de normalidade dos resíduos o resultado encontrado não é satisfatório, pois o resultado do teste de Jarque-Bera indica que a hipótese nula de que os resíduos possuem uma distribuição normal não pode ser aceita. Assim, quaisquer afirmações sobre as datas e quebras sugeridas tornam-se inválidas com a existência deste problema.

Ao observar a Figura 1, que apresenta o gráfico dos resíduos, nota-se que realmente há um problema na normalidade da serie principalmente no gráfico de QQ-plot onde a distancia para a reta de normalidade é bem avançada.

**Figura 1 – Gráfico dos Resíduos do modelo 1**



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

Desta forma, mesmo que o modelo apresentasse em suas intervenções resultados consideráveis não se trata de um modelo confiável, já que possui este problema de normalidade em seus resultados.

Assim, se passa a segunda tentativa de modelagem (modelo 2) que irá conter os mesmos elementos não observáveis e especificações que o modelo 1, porém será adicionado o componente não observável de Inclinação a modelagem, além de mudar a aplicação da intervenção. A intervenção não será aplicada ao termo de irregularidade do modelo, a mesma passa a ser aplicada ao termo de nível do modelo proposto, buscando verificar se o início da construção e da operação trazem diferenças no nível da serie de roubos da cidade.

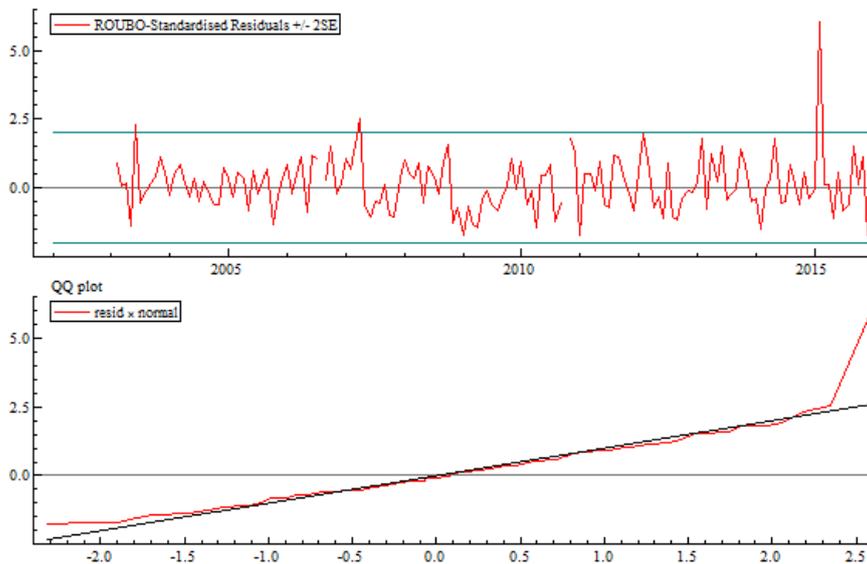
A Tabela 3 mostra os resultados obtidos com esta especificação. Assim como o modelo anterior o modelo 2 também não apresenta o problema de autocorrelação serial nos seus resultados, a hipótese nula do teste de Ljung-Box é aceita, porém o problema da normalidade dos resíduos persiste. O modelo também não apresenta resíduos normais o que nos faz mais uma vez negar que seja uma especificação correta para a análise de seus resultados.

Tabela 3 - Estatísticas do modelo 2 para o crime de Roubo

Estatísticas					
T	P	Normalidade (JB)	q	Q(q,q-p)	Rs <sup>2</sup>
168.000	6.000	42.176	24.000	32.548	0.28018
Teste de normalidade e Autocorrelação					
Ljung-Box Jarque-Bera	Chi <sup>2</sup> (24) = 32.548	p teste = [0.1140]			
	Chi <sup>2</sup> (1) = 42.176	p teste = [0.0000]			
Variâncias dos distúrbios					
	Valor	P-valor			
Nível	68.009	(0.1403)			
Inclinação	0.258934	(0.0000005341)			
Sazonalidade	0.178822	(0.0003689)			
Ciclo	11.374	(0.02346)			
Erro	484.778	1			
Efeitos da regressão no estado final do tempo					
	Coefficiente	RMSE	Teste t	P-valor	
Level Break 2006 (8)	-2.755	21.464	(-0.12837)	0.89802	
Level Break 2010 (10)	14.936	21.424	(-0.69717)	0.48675	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

Figura 2 – Gráfico dos Resíduos modelo 2



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

A Figura 2 ajuda a visualizar a falta de normalidade nos resíduos do modelo proposto, por este motivo este segundo modelo também não se trata do

ideal para analisar os resultados obtidos. Por fim, em busca de interferências destas duas datas nas estatísticas de roubo da cidade, faremos uma terceira modelagem com as mesmas características das duas primeiras. O modelo 3 agora será constituído dos elementos não observáveis do modelo 2, de um ciclo e também de intervenções que iram afetar a inclinação do modelo nas datas pré-estipuladas.

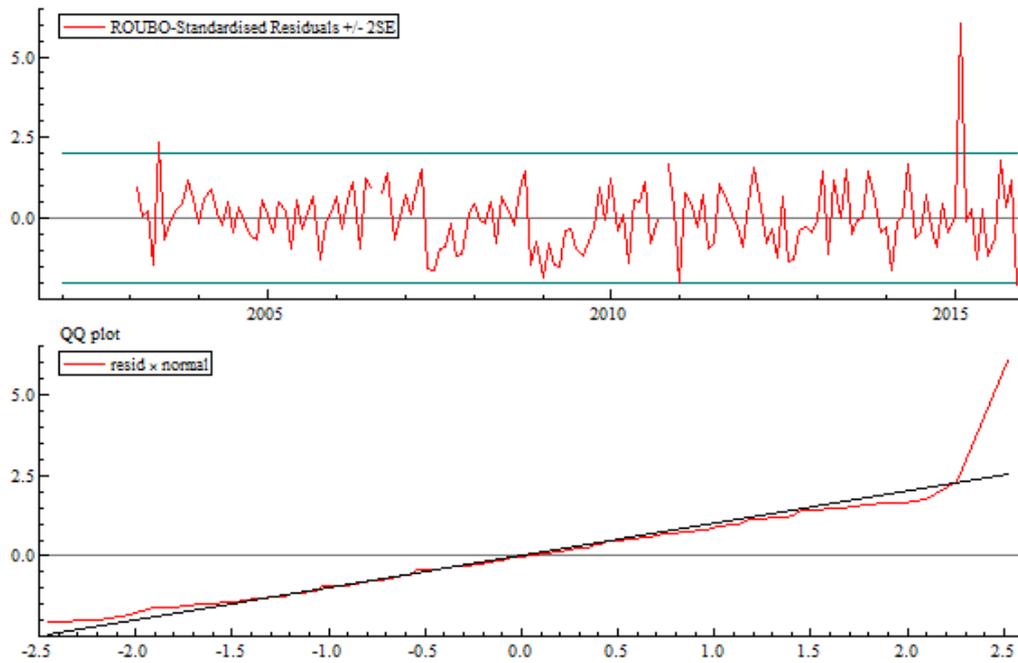
Assim como os dois modelos anteriores, o teste de Ljung-Box, aceita a hipótese de ausência de autocorrelação na modelagem especificada. Mas igualmente como nos modelos anteriores, o teste de Jarque-Bera indica a ausência de normalidade nos resíduos da regressão proposta, a Tabela 4 mostra os resultados que foram obtidos a partir da modelagem proposta. Logo abaixo da Tabela 4, a Figura 3 nos mostra o gráfico dos resíduos do modelo 3, mostrando que os resíduos em alguns pontos da distribuição realmente possuem picos longe da reta de normalidade.

**Tabela 4 - Estatísticas do modelo 3 para o crime de Roubo**

Estatísticas					
T	P	Normalidade(JB)	q	Q(q,q-p)	Rs <sup>2</sup>
168.000	6.000	48.405	24.000	32.883	0.26548
Teste de normalidade e Autocorrelação					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) = 32.883 p teste = [0.1066]				
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1) = 48.405 p teste = [0.0000]				
Variâncias dos distúrbios					
	Valor	P-valor			
<b>Nível</b>	0.00000	0.00000			
<b>Inclinação</b>	0.281312	(0.0008646)			
<b>Sazonalidade</b>	0.249905	(0.0007680)			
<b>Ciclo</b>	256.177	(0.7873)			
<b>Erro</b>	325.378	1			
Efeitos da regressão no estado final do tempo					
	Coeficiente	RMSE	Teste t	P-valor	
Slope Break 2006 (8)	1.166	2.489	0.46861	0.64001	
Slope Break 2010 (10)	3.146	2.489	26.381	0.20822	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

**Figura 3 – Gráfico dos Resíduos modelo 3**



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

Com estas três tentativas de intervenções, não foi possível reproduzir um modelo que fosse capaz de nos mostrar efeitos das datas pressupostas nos índices do crime de roubo na cidade de Rio Grande. Assim, pode-se começar a ver que os efeitos da implementação do Polo Naval no município do Rio Grande não foram consideráveis nos índices de criminalidade da cidade. Passa-se a seguir para a busca do modelo capaz de encontrar efeitos das datas estabelecidas, agora sendo trabalhado o crime de furto.

#### **4.1.2 Modelos para o crime de Furto**

O primeiro modelo (modelo 4) para o crime de furto contém os elementos não observáveis de Nível, Sazonalidade e Irregularidade, a Inclinação não foi significativa para este modelo. Além destes componentes não observáveis, constituem ainda o modelo o elemento de ciclo e as intervenções nas mesmas datas citadas no início desta seção. A primeira intervenção a ser testada, é a intervenção no componente de irregularidade do modelo. A Tabela 5 mostra os resultados da regressão com esta modelagem.

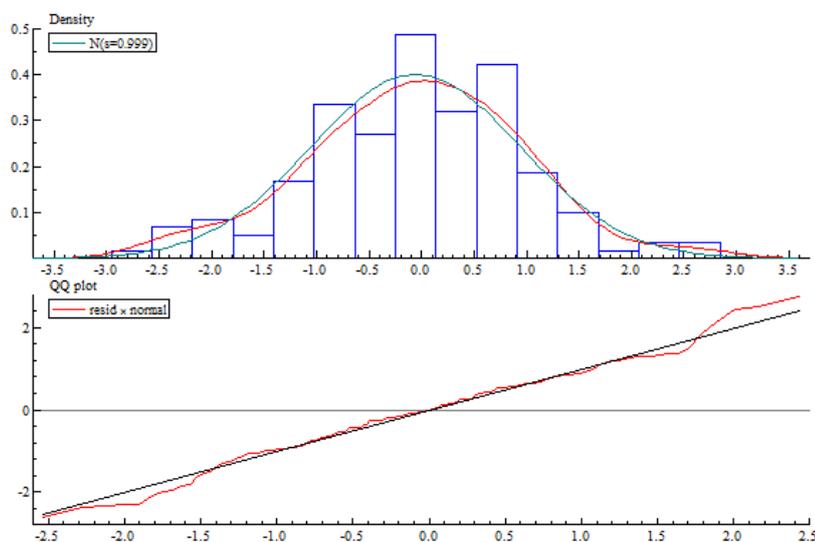
Tabela 5 - Estatísticas do modelo 4 para o crime de Furto

Estatísticas					
T	P	Normalidade(JB)	q	Q(q,q-p)	Rs <sup>2</sup>
168.000	5.000	1.099	24.000	13.877	0.23684
Teste de normalidade e Autocorrelação					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) =13.877	p teste = [0.9494]			
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1)= 1.099	p teste = [0.2943]			
Variâncias dos distúrbios					
Nível	Valor	P-valor			
Sazonalidade	168.959	(0.3024)			
Ciclo	0.693472	(0.001241)			
Erro	27.035	(0.04839)			
	558.723	1			
Efeitos da regressão no estado final do tempo					
	Coefficiente	RMSE	Teste t	P-valor	
Outlier 2006 (8)	-55.158	31.387	1.757	0.08084	
Outlier 2010 (10)	53.203	31.310	1.699	0.09129	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

Os resultados apresentados na Tabela 5 mostram que o modelo 4 para o crime de furto não tem problema de autocorrelação. O teste de Ljung-Box aceita a hipótese nula de ausência de autocorrelação serial na modelagem proposta. O Teste de normalidade de Jarque-Bera também aceita a hipótese nula de normalidade dos resíduos da regressão, assim, o modelo 4 para o crime de furto é um bom modelo para nosso estudo. A Figura 4 apresenta como ficam os resíduos do modelo 4.

Figura 4 – Gráfico dos resíduos do modelo 4

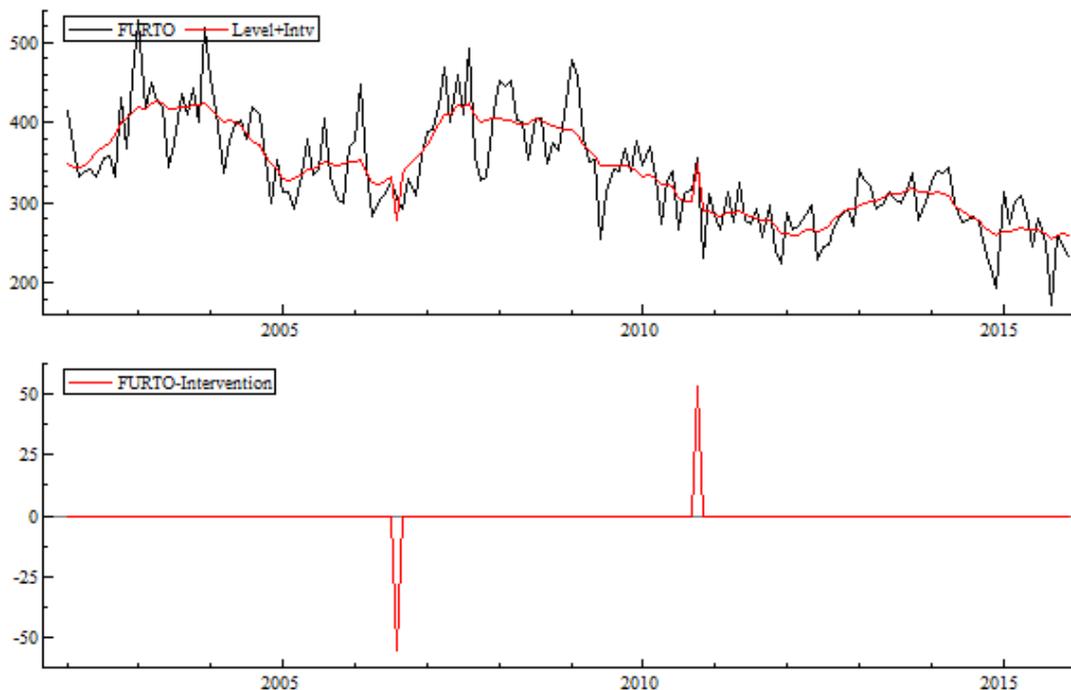


Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

A partir dos resultados expostos na Tabela 5, mostrando que nosso modelo não tem inferência dos problemas de autocorrelação e de normalidade, podemos passar para a demonstração dos efeitos de nossas intervenções. A intervenção proposta no mês de agosto de 2006 causa um outlier de declínio em aproximadamente 55 ocorrências deste crime. Já a intervenção proposta em outubro de 2010 sinaliza em um aumento de aproximadamente 55 ocorrências do crime de furto neste período.

A Figura 5 mostra o ajuste do modelo com suas intervenções e também o efeito individual de cada intervenção na tendência da serie de crime de furtos.

**Figura 5 – Ajuste do modelo 4 para o crime de Furto**



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

O modelo 4 já pode ser considerado um bom modelo para demonstrar o efeito da implementação do polo naval no município, com as intervenções sendo propostas nas datas especificadas anteriormente. Porém, serão testados outros modelos com outros tipos de intervenções para analisar se também causaram efeitos neste crime.

Assim, se propõe o modelo 5, que terá como componentes não observáveis os elementos de Nível, Sazonalidade e Irregularidade, além de também

conter o componente ciclo e as intervenções duas intervenções, que neste modelo iram acompanhar o componente de Nível do modelo. Então, com este tipo de intervenção, pretende-se analisar se os eventos que escolhemos causam mudanças na quantidade de ocorrências deste crime. A Tabela 6 demonstra os resultados alcançados por esta modelagem. Podemos ver que não temos problemas de autocorrelação ou ate mesmo de normalidade dos resíduos da regressão, o que já torna um modelo com aceitação suficiente para a exposição dos seus resultados.

O modelo 5 mostra que as duas intervenções propostas causam efeito negativo para o crime de furto, ou seja diminuem o numero de ocorrências da serie temporal deste crime. A primeira intervenção diminui em media aproximadamente 11 crimes ocorridos a partir deste período. Já a segunda intervenção, causa um efeito negativo na serie de furto de aproximadamente 5 ocorrências em média.

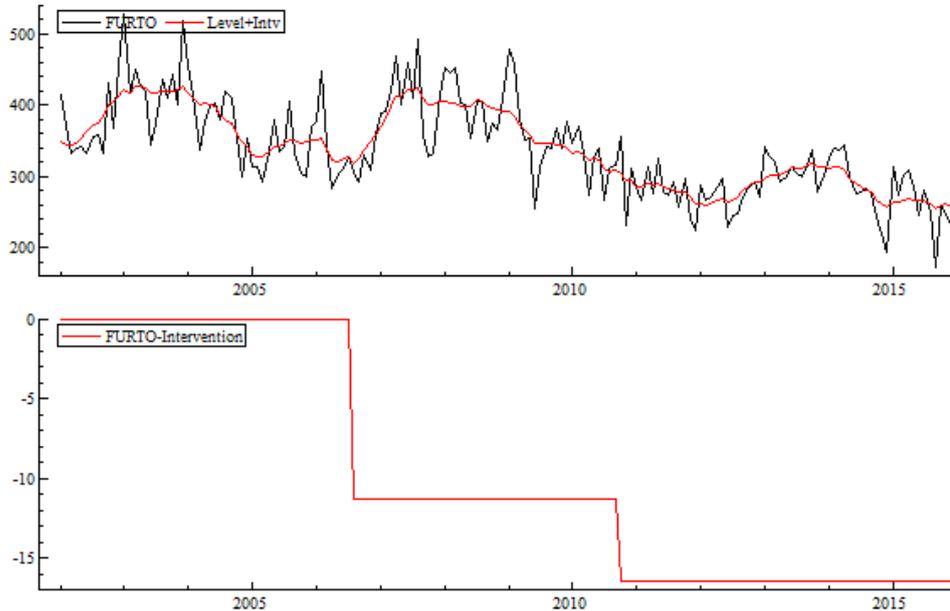
**Tabela 6 - Estatísticas do modelo 5 para o crime de Furto**

<b>Estatísticas</b>					
<b>T</b>	<b>p</b>	<b>Normalidade (JB)</b>	<b>q</b>	<b>(q,q-p)</b>	<b>Rs<sup>A2</sup></b>
168.000	5.000	1.438	24.000	15.193	0.21404
<b>Teste de normalidade e Autocorrelação</b>					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) =15.193		p teste = [0.9150]		
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1)= 1.438		p teste = [0.2304]		
<b>Variâncias dos distúrbios</b>					
	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>			
<b>Nível</b>	189.622	(0.3238)			
<b>Sazonalidade</b>	0.574532	(0.0009809)			
<b>Ciclo</b>	26.424	(0.04512)			
<b>Erro</b>	585.705	1			
<b>Efeitos da regressão no estado final do tempo</b>					
	<b>Coeficiente</b>	<b>RMSE</b>	<b>Teste t</b>	<b>P-valor</b>	
Level Break 2006 (8)	-11.286	29.750	(-0.37938)	0.70493	
Level Break 2010 (10)	-5.096	29.707	(-0.17156)	0.86401	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

A figura 6 mostra o ajuste do modelo 5, mostrando os efeitos das intervenções.

**Figura 6 – Ajuste do modelo 5 para o crime de Furto**



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

O modelo 5 representa uma segunda opção de modelo aceitável para mostrar os efeitos das datas previamente escolhidas, demonstrando que até o final do período ocorre um declínio de aproximadamente 16 ocorrências em média deste crime.

O último modelo proposto para intervenções manuais será, modelo 6 do nosso trabalho irá apresentar o acréscimo do Componente de inclinação, que nos dois modelos anteriores não obteve relevância na modelagem. Assim além do seu acréscimo as intervenções serão feitas neste elemento afim de, analisar se estas datas mudam na inclinação, ou seja, na velocidade de crescimento ou declínio desta serie. A Tabela 7 mostra os resultados alcançados com a execução do modelo 6.

**Tabela 7 - Estatísticas do modelo 6 para o crime de Furto**

Estatísticas					
T	p	Normalidade (JB)	q	Q(q,q-p)	Rs <sup>2</sup>
168.000	6.000	3.047	24.000	20.157	0.19702
Teste de normalidade e Autocorrelação					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) =20.157 p teste = [0.6878]				
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1)= 3.047 p teste = [0.0809]				
Variâncias dos distúrbios					
	Valor	P-valor			

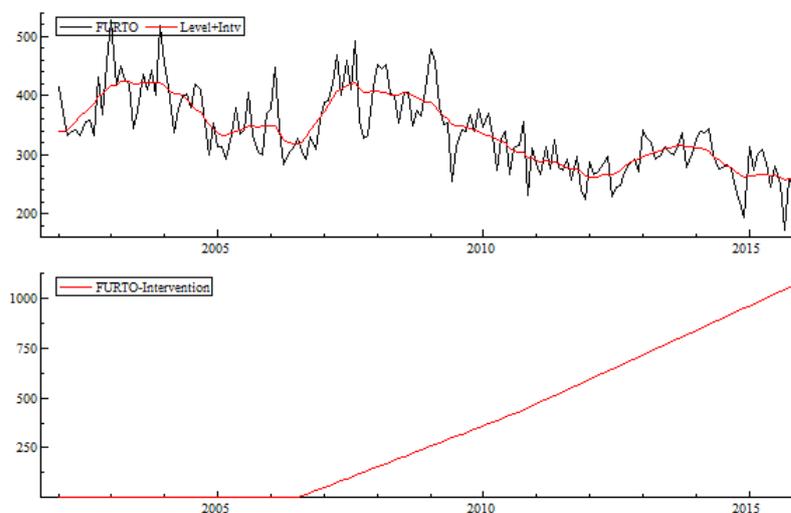
<b>Nível</b>	106.702	(0.1700)		
<b>Inclinação</b>	1.366	( 0.002177)		
<b>Sazonalidade</b>	0.571785	(0.0009109)		
<b>Ciclo</b>	25.896	( 0.04125)		
<b>Erro</b>	627.739	1		
<b>Efeitos da regressão no estado final do tempo</b>				
	<b>Coefficiente</b>	<b>RMSE</b>	<b>Teste t</b>	<b>P-valor</b>
Slope Break 2006 (8)	8.579	5.572	1.539	0.12571
Slope Break 2010 (10)	1.628	5.571	0.29229	0.77046

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

Os resultados obtidos com o modelo 6 mostram a partir do teste de Ljung-Box que não se tem problema de autocorrelação serial na estimação proposta. Já o teste de Jarque-Bera para a normalidade da distribuição dos resíduos também não rejeita a hipótese nula de que o modelo possui presença de resíduos normais, tornando assim, o modelo 6 também um modelo viável de análise.

As intervenções propostas causam um efeito positivo na inclinação da serie observada. A primeira intervenção em 2006(8) causa um efeito positivo de em média 8,57 ocorrências deste tipo de crime. Já a segunda intervenção, proposta para 2010(10), causa um efeito em média de aproximadamente 1,62 ocorrências de furtos. A Figura 7 mostra como ficou o ajuste gráfico do modelo, assim como o efeito das intervenções propostas pelo modelo.

**Figura 7 – Ajuste do modelo 6 para o crime de Furto**



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

Pode-se observar que diferentemente do crime de roubo, que não houve sucesso na inclusão das intervenções em nenhuma das modelagens propostas, o crime de furto adere melhor as propostas estabelecidas. Porém, não se pode afirmar que as intervenções causadas geram efeitos nos índices de criminalidade, pois nenhuma das *dummies* sugeridas foi estatisticamente significativa para o modelo. A partir de agora, será feita uma análise das quebras encontradas “automaticamente” pelo software STAMP.

## 4.2 Modelos com intervenção automática

### 4.2.1 Modelos para o crime de Roubo

A partir desta subseção, as intervenções serão encontradas pelo software STAMP, através da utilização de métodos de espaço de estados com componentes não observáveis, assim, pressupomos ao primeiro modelo desta etapa, modelo 7, uma modelagem consistente dos elementos não observáveis de Nível, Inclinação, Sazonalidade e Irregularidade. Todos os elementos neste modelo serão considerados estocásticos. Para primeira modelagem, busca-se um modelo para a variável roubo que não obtivesse nenhum tipo de ciclo para se analisar os efeitos causados. A Tabela 8 mostra os resultados da estimação deste primeiro modelo.

**Tabela 8- Estatísticas do modelo 7 para o crime de Roubo**

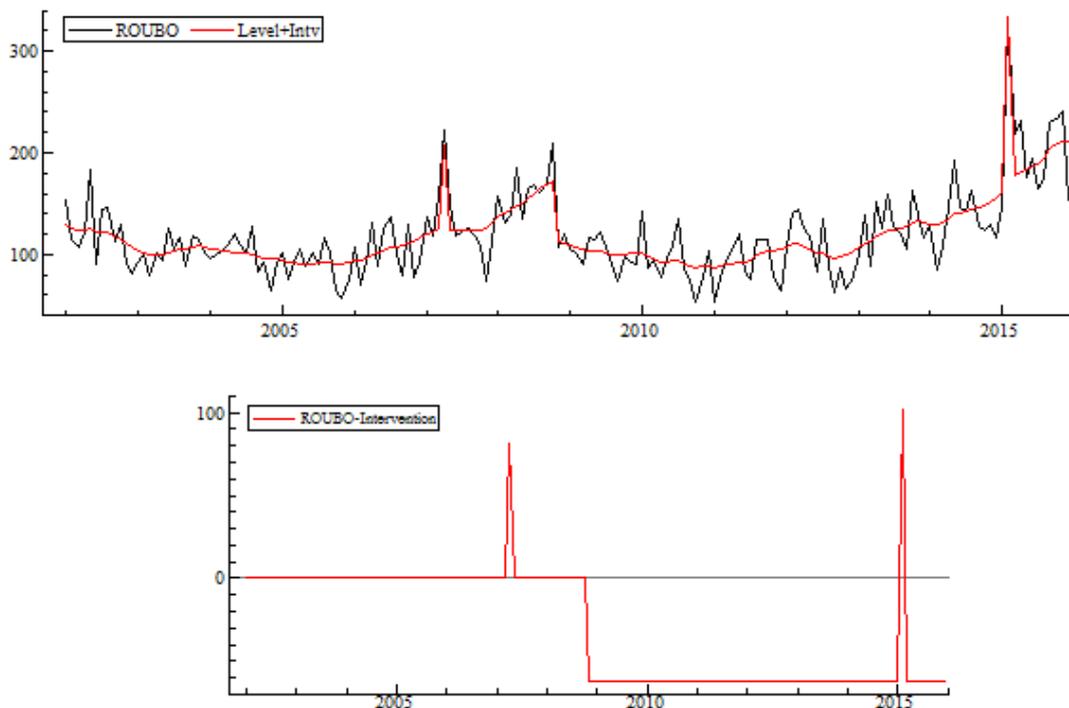
Estatísticas					
T	p	Normalidade(JB)	Q	Q(q,q-p)	Rs <sup>2</sup>
168.000	3.000	1.793	24.000	20.555	0.52973
Teste de normalidade e Autocorrelação					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) = 20.555		p teste = [0.6648]		
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1) = 1.793		p teste = [0.1805]		
Variâncias dos distúrbios					
	Valor	P-valor			
<b>Nível</b>	38.329	(0.08808)			
<b>Inclinação</b>	0.0453192	(0.0001041)			
<b>Sazonalidade</b>	0.0000	(0.0000)			
<b>Erro</b>	435.193	1			
Efeitos da regressão no estado final do tempo					
	Coeficiente	RMSE	Teste t	P-valor	
Outlier 2007 (4)	81.634	23.441	3.482	0.00065	
Outlier 2015 (2)	163.889	23.458	6.986	0.00000	
Level Break 2008(11)	-61.711	17.389	-3.548	0.00052	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

O modelo 7, gera um resultado muito satisfatório, o teste de autocorrelação de Ljung-Box aceita com valores consideráveis a hipótese nula de ausência de autocorrelação no modelo estimado, assim como, o teste de Jarque-Bera aceita a hipótese de normalidade dos resíduos gerados. Aquém destes dois testes, o valor de  $R^2$ , de 0,52973 representa um índice de explicação alto para o modelo. Tendo em vista que o valor de  $R^2$  representa o quanto que o modelo consegue explicar das mudanças nas variáveis propostas em comparação a se o mesmo fosse um passeio aleatório puro. Ou seja, este modelo explicaria em aproximadamente 52% das mudanças na variável roubo.

Partindo deste ponto, o modelo 7 nos gera como resultados três intervenções, sendo eles dois choques no termo de irregularidade e o mais importante que é a quebra de estrutura no nível da série, ou seja, localizou a partir de um certo ponto uma alteração na quantidade média de crimes do município. A quebra de nível gerada no mês de novembro de 2011 segundo os resultados diminuiriam em média aproximadamente 61 ocorrências deste delito a partir deste momento. A Figura 8 mostra como fica o ajuste da série com suas intervenções.

**Figura 8 – Ajuste do modelo 7 para o crime de Roubo**



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

A Figura 8 acima deixa nítido o efeito das intervenções no nível da série de roubos, evidenciando os dois picos que obtivemos e a quebra de estrutura no meio do período estudado. Podemos dizer que o modelo 7 se trata de um modelo que explica bem a nossa problemática. Porém, não se pode deixar de ressaltar que este modelo não possui o elemento de ciclo incluso, sendo assim, apesar de obter um alto nível de explicação das mudanças, será estimado um novo modelo.

O modelo 8 que será gerado a partir deste ponto, terá os mesmos componentes do modelo anterior, porém com a inclusão de ciclos para a sua estimação. A Tabela 9 traz os resultados encontrados neste novo modelo.

**Tabela 9 - Estatísticas do modelo 8 para o crime de Roubo**

Estatísticas				
T	p	Normalidade(JB)	q	Q(q,q-p) Rs <sup>2</sup>
168.000	6.000	0.34764	24.000	13.994 0.53257
Teste de normalidade e Autocorrelação				
<b>Ljung-Box Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (24) =13.994	p teste = [0.9468]		
	Chi <sup>2</sup> (1)= 0.34764	p teste = [0.5555]		
Variâncias dos distúrbios				
	Valor	P-valor		
<b>Nível</b>	32.060	(0.08808)		
<b>Inclinação</b>	0.0473114	(0.0001041)		
<b>Ciclo</b>	56.173	0.2061		
<b>Sazonalidade</b>	0.0000	(0.0000)		
<b>Erro</b>	272.506	1		
Efeitos da regressão no estado final do tempo				
	Coefficiente	RMSE	Teste t	P-valor
Outlier 2002 (5)	71.256	22.241	3.203	0.00165
Outlier 2007 (4)	74.297	21.819	3.405	0.00085
Outlier 2015 (2)	160.483	21.831	7.350	0.00000

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

O modelo 8 representa um modelo sem problemas na sua estimação. Os testes de autocorrelação e de normalidade aceitam a hipótese nula de ausência destes problemas na sua estimação. A capacidade do modelo de explicação em comparação com que se ele fosse um passeio aleatório puro é de valor considerável, aproximadamente 53%. A partir da variância dos distúrbios, vemos que o componente da sazonalidade, apesar do excelente ajuste do modelo não nos é representativo.

Por este motivo, se busca um terceiro modelo para esta série, logo, o modelo 9 terá as mesmas especificações do modelo anterior, exceto, a ausência do

componente não observável de sazonalidade. Assim, se tem neste novo modelo os componentes não observáveis de Nível, Inclinação e Irregularidade, acompanhados de um ciclo e das possíveis intervenções encontradas. A Tabela 10 apresenta os resultados da regressão deste novo modelo.

**Tabela 10 - Estatísticas do modelo 9 para o crime de Roubo**

Estatísticas				
T	p	Normalidade(JB)	q	Q(q,q-p) Rs <sup>2</sup>
168.000	5.000	0.61397	24.000	29.021 0.51231
Teste de normalidade e Autocorrelação				
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) =29.021	p teste = [0.2193]		
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1)= 0.61397	p teste = [0.4333]		
Variâncias dos distúrbios				
	Valor	P-valor		
<b>Level</b>	0.0789327	(0.0002029)		
<b>Slope</b>	0.184241	(0.0004737)		
<b>Ciclo</b>	388.951	1.000		
<b>Irregular</b>	119.048	(0.3061)		
Efeitos da regressão no estado final do tempo				
	Coeficiente	RMSE	Teste t	P-valor
Outlier 2002 (5)	70.612	22.000	3.209	0.00160
Outlier 2007 (4)	82.824	21.868	3.787	0.00021
Outlier 2015 (2)	149.578	21.890	6.832	0.00000
Level Break 2008(11)	-70.446	17.890	-3.937	0.00012

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

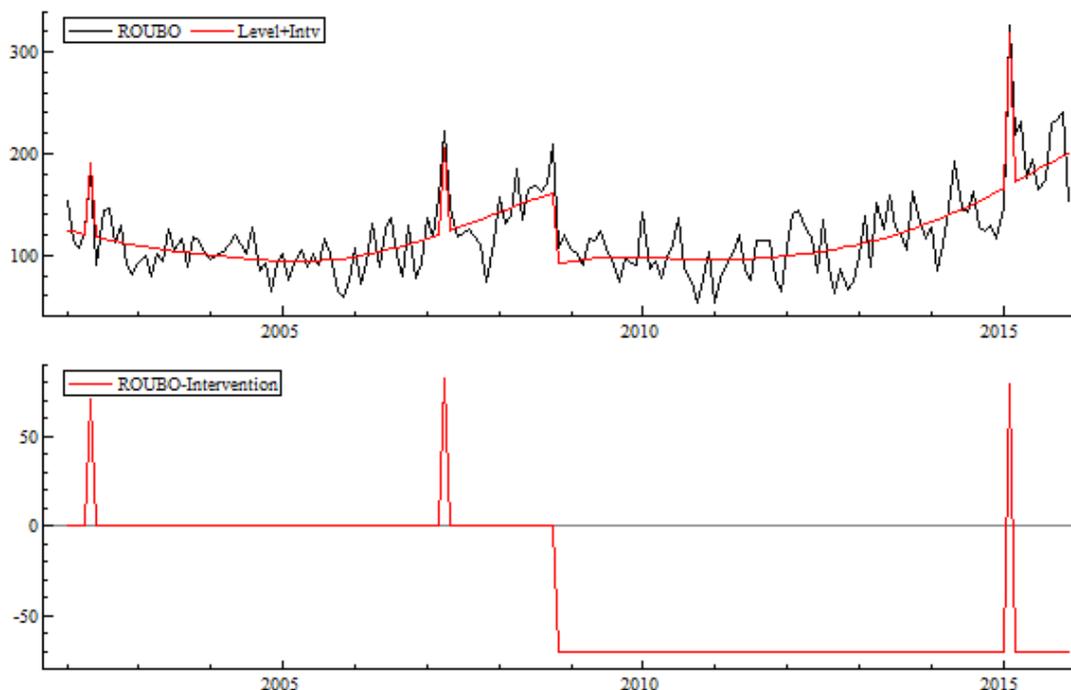
Ao analisar a Tabela 10, consegue-se ver que mesmo sem o elemento da sazonalidade, os resultados dos testes de Ljung-Box e Jarque-Bera não mudaram em relação ao anterior, por isso ainda possuímos um modelo com completa ausência de autocorrelação serial e de normalidade dos seus resíduos. Além dos testes não terem mudado, o nível de explicação diante de um passeio aleatório puro continua sendo muito satisfatório, por estes motivos que vamos considerar este o modelo ideal para analisarmos os efeitos relacionados ao Polo Naval no delito de roubo.

O modelo 9 apresenta quatro intervenções. Três outliers, ou seja, três choques e uma quebra na estrutura do nível da série. Essa quebra de estrutura no nível, ou seja, esta mudança na quantidade média de crimes ocorridos a partir deste ponto é o que se busca explicar. A quebra de nível foi encontrada no mês de novembro de 2008, assim como já havia sido encontrada no modelo 7.

Aceita-se que a principal causa para esta quebra de nível de tamanha expressão, já que modifica-se em média o nível da série a partir daí em aproximadamente 70 ocorrências. No mês de setembro de 2008 o Polo Naval se viu envolvido na assinatura de construção da plataforma P-55 vindo da Petrobras, um projeto que previu a aplicação de um investimento total de 4,5 bilhões de dólares e geração de aproximadamente 3.600 empregos diretos. Como forma de evidenciar isto, segundo dados da FEE, Rio Grande acabou o ano de 2008 com o PIB estimado em R\$6.302.581.400,00, sendo que no ano de 2007 seu PIB era de R\$4.442.147.349,00. Um aumento na renda desproporcional a série histórica do município antes de todos estes acontecimentos do setor naval.

A Figura 9 nos mostra como fica o modelo 9 para o crime de roubo que nos evidencia esta quebra de estrutura gerada pelas mudanças econômicas causadas pelo polo naval.

**Figura 9 – Ajuste do modelo 9 para o crime de Roubo**



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

Para o crime de roubo, não podemos supor que os resultados comprovam a importância do Polo Naval nos índices de criminalidade, já que os resultados encontrados possuem uma significância estatística muito aquém da desejada para

que pudesse ser afirmado a relação entre ambos fenômenos. Seu efeito gerador de renda atingiu negativamente nos índices deste tipo de crime, porém em datas alternativas aquelas consideradas como as datas de começo das obras e construção do polo e de começo de sua atividade em si. Segue agora a análise da serie de furto, para observar se também se encontram efeitos similares a estes já encontrados.

#### 4.2.2 Modelos para o crime de furto

Para o crime de furto, assim como para o crime de roubo, busca-se começar a procura a partir de um modelo que não contenha ciclo. O modelo 10 terá somente os componentes de Nível, Inclinação, Sazonalidade e Irregularidade, além disto, todos irão possuir um comportamento estocástico nesta análise. A Tabela 11 mostra os resultados obtidos através desta regressão.

**Tabelas 11 - Estatísticas do modelo 10 para o crime de Furto**

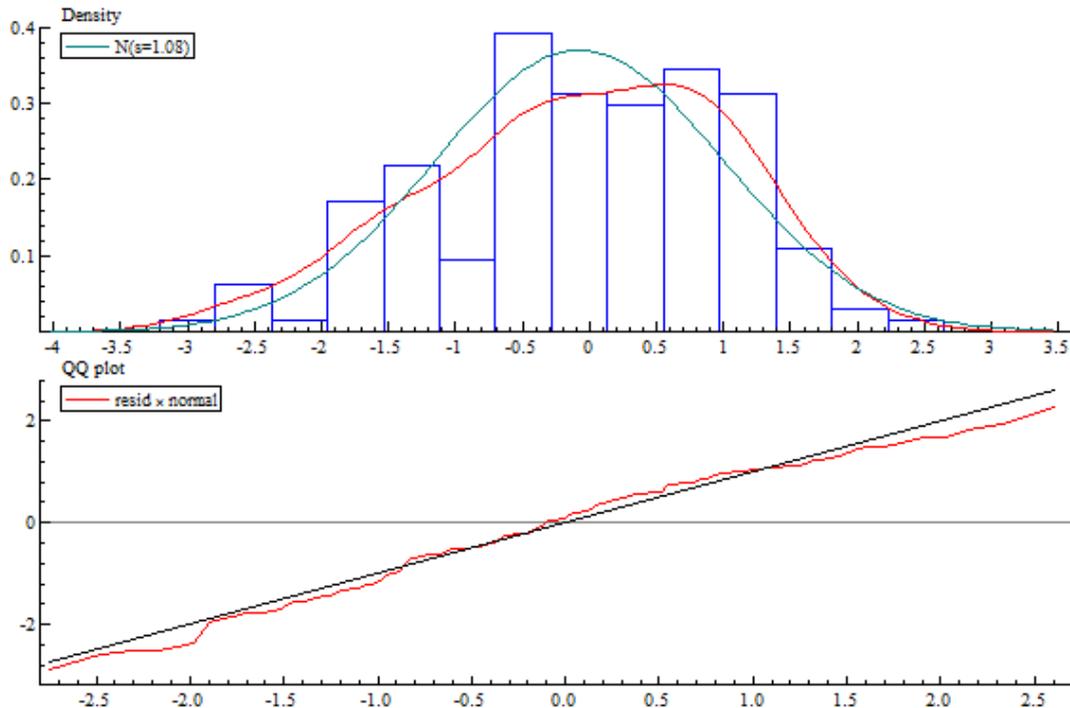
Estatísticas					
T	p	Normalidade(JB)	Q	Q(q,q-p)	Rs <sup>2</sup>
168.000	3.000	7.890	24.000	43.993	0.23282
Teste de normalidade e Autocorrelação					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) =43.993	p teste = [0.0076]			
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1)= 7.890	p teste = [0.0050]			
Variâncias dos distúrbios					
	Valor	P-valor			
<b>Nível</b>	361.483	(0.8603)			
<b>Inclinação</b>	0.00000	(0.00000)			
<b>Sazonalidade</b>	0.401517	(0.0009555)			
<b>Erro</b>	420.202	1			
Efeitos da regressão no estado final do tempo					
	Coefficiente	RMSE	Teste t	P-valor	
Outlier 2006 (2)	101.719	28.894	3.520	0.00057	
Level Break 2007(9)	-98.514	30.952	-3.182	0.00177	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

O modelo 10 apresenta problemas. Ao analisarmos os testes percebemos que o modelo aceita a hipótese alternativa de existência de autocorrelação serial na estimação e também aceita a hipótese alternativa de ausência de normalidade dos resíduos. Os problemas encontrados na estimação deste modelo o tornam um

modelo incapaz de fornecer bons resultados. A Figura 10 nos traz o gráfico dos resíduos deste modelo e nos auxilia na justificativa da negativa a este modelo.

**Figura 10 – Gráfico dos resíduos do modelo 10**



Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

A partir do fraco desempenho do modelo 10, se parte para um novo modelo a fim de minimizar os problemas existentes. Ao modelo 11, será incluído um ciclo aos componentes já utilizados no modelo anterior. Os resultados expostos na Tabela 12 mostram que o componente de inclinação para o modelo proposto não se faz necessário.

O teste de Ljung-Box, aceita a hipótese nula de ausência de autocorrelação serial, algo que não havia ocorrido no modelo anterior, porém, o teste de Jarque-Bera nos mostra que o problema na normalidade dos resíduos ainda persiste nos resultados da estimação, o que torna o modelo 11 um modelo em que os resultados obtidos podem não estar corretos, impedindo que se possa realizar a análise das intervenções a partir deste modelo. O que se pode analisar, é que o componente cíclico foi bastante relevante para a construção do modelo.

**Tabelas 12 - Estatísticas do modelo 11 para o crime de Furto**

<b>Estatísticas</b>					
<b>T</b>	<b>p</b>	<b>Normalidade(JB)</b>	<b>q</b>	<b>Q(q,q-p)</b>	<b>Rs<sup>2</sup></b>
168.000	6.000	10.390	24.000	24.372	0.38740
<b>Teste de normalidade e Autocorrelação</b>					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) =24.372		p teste = [0.4405]		
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1)= 10.390		p teste = [0.0013]		
<b>Variâncias dos distúrbios</b>					
	<b>Valor</b>	<b>P-valor</b>			
<b>Nível</b>	84.664	(0.1894)			
<b>Inclinação</b>	0.00000	(0.00000)			
<b>Sazonalidade</b>	0.462953	(0.001036)			
<b>Ciclo</b>	37.313	(0.08348)			
<b>Erro</b>	446.964	1			
<b>Efeitos da regressão no estado final do tempo</b>					
	<b>Coefficiente</b>	<b>RMSE</b>	<b>Teste t</b>	<b>P-valor</b>	
Outlier 2006 (2)	96.406	27.679	3.482	0.00065	
Outlier 2007 (8)	86.848	27.663	3.139	0.00204	
Level Break 2002(10)	83.307	24.207	3.441	0.00075	
Level Break 2007(3)	75.157	23.789	3.159	0.00191	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

A partir da significância para a inclusão do componente cíclico no modelo 11 e da falta da mesma no componente inclinação, se retira o componente inclinação da modelagem a fim de realizar um último experimento em busca da normalidade dos resíduos da regressão. Com isto, o modelo 12, último modelo a ser apresentado neste estudo, será composto pelos elementos de Nível, Sazonalidade, Irregularidade e Ciclo. Os resultados obtidos com este modelo são mais favoráveis que os modelos anteriores.

Os problemas de autocorrelação e de normalidade dos resíduos foram controlados com esta modelagem além de se ter um nível de explicação de aproximadamente 31% quando comparado com um passeio aleatório puro. A Tabela 13 mostra os resultados alcançados com o modelo 12. Os mesmos indicam a existência de dois outliers, choques, ocorridos nos meses de fevereiro do ano de 2006 e em agosto do ano de 2007 respectivamente.

**Tabelas 13 - Estatísticas do modelo 12 para o crime de Furto**

Estatísticas					
T	p	Normalidade(JB)	q	Q(q,q-p)	Rs <sup>2</sup>
168.000	5.000	1.566	24.000	17.953	0.31346
Teste de normalidade e Autocorrelação					
<b>Ljung-Box</b>	Chi <sup>2</sup> (24) =17.953	p teste = [0.8053]			
<b>Jarque-Bera</b>	Chi <sup>2</sup> (1)= 1.566	p teste = [0.2107]			
Variâncias dos distúrbios					
	Valor	P-valor			
<b>Nível</b>	140.950	(0.2901)			
<b>Sazonalidade</b>	0.495982	(0.001021)			
<b>Ciclo</b>	13.880	(0.02856)			
<b>Erro</b>	485.927	1			
Efeitos da regressão no estado final do tempo					
	Coeficiente	RMSE	Teste t	P-valor	
Outlier 2006 (2)	109.151	28.655	3.809	0.00020	
Outlier 2007 (8)	95.882	28.580	3.354	0.00100	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos resultados obtidos com o software STAMP

Assim, apesar de serem encontradas quebras estruturais em alguns dos modelos propostos, os resultados obtidos mostram que as quebras estruturais encontradas nas séries de criminalidade do município de Rio Grande não são significativamente estatísticas, assim não podemos afirmar que os índices foram modificados pela implementação do Polo Naval.

Além disto, as datas das quebras estruturais encontradas, não são compatíveis com as principais datas das mudanças causadas pelo Polo Naval, assim as taxas de crimes não são afetadas imediatamente pelas mudanças oriundas deste evento. O que podemos ressaltar, é que os índices de criminalidade do município do Rio Grande possuem uma dinâmica de transição no tempo, ou seja, as respostas das taxas de crime as mudanças ocasionadas por mudanças econômicas não são automáticas, os índices de criminalidade necessitam de um determinado período de tempo para serem afetados por estas mudanças.

A partir dos resultados encontrados nesta seção, serão apresentadas na seção seguinte as principais conclusões encontradas com este trabalho.

## 5. CONCLUSÕES

A análise da relação entre a criminalidade e as diversas variáveis econômicas como renda e emprego se torna relevante a partir da sensação de insegurança com que a sociedade convive. Como que os índices de crimes reagem às mudanças econômicas de uma região deve se tornar um estudo de realização contínua, a fim de gerar novas e consistentes evidências para esta relação. Fazer a relação entre criminalidade com um único evento ou com uma única variável não se trata de uma tarefa simples, já que este problema é de uma complexidade muito grande. A criminalidade se trata de um fenômeno com muitas faces, um evento multidimensional, o que dificulta a possibilidade de afirmação de uma única causa.

Além disso, também há dificuldades de construção de um exercício contrafactual e de se isolar o efeito do Polo Naval por problemas de variáveis omitidas, porém, cabe ao mesmo tempo ressaltar que os modelos estruturais de séries de tempo são capazes de auxiliar no controle deste problema.

Afim de fazer esta relação, este estudo teve como objetivo analisar os índices de criminalidade do município de Rio Grande, e demonstrar os possíveis impactos da implementação do Polo Naval nos mesmos, utilizando como referencial teórico a abordagem da Teoria Econômica do Crime e o método econométrico de estruturas de séries de tempo com quebra de estruturas acompanhado da aplicação do Filtro de Kalman para evidenciar estas relações. O trabalho destaca-se pelo método econométrico, por se tratar de um modelo que poucas vezes é utilizado em estudos nacionais em se tratando de economia do crime e também pelo alto nível de captação de mudanças que o método nos permite alcançar.

Entre os resultados, alguns dos modelos propostos apresentaram mudanças de estruturas nas variáveis de criminalidade, porém essas mudanças estruturais estavam atreladas a modelos em que se possuíam problemas na inferência econométrica, ou seja, em modelos que apresentaram problemas de autocorrelação ou problemas de normalidade dos resíduos nos seus resultados.

Podemos ressaltar que a implementação do Polo Naval não causa quebras de estruturas nos índices de criminalidade do município de Rio Grande. As quebras de estruturas encontradas nos resultados obtidos não foram significativas estatisticamente para apontarmos o Polo Naval como causa destas quebras. Além disto, mesmo que as quebras tivessem significância estatística, as datas onde são encontradas não são compatíveis com as principais datas do Polo Naval. Apesar de não encontrarmos quebras estruturais, os resultados permitem concluir que o crime tem uma dinâmica de transição, onde não responde de forma imediata as mudanças ocorridas na economia.

Pode-se concluir que os resultados obtidos foram considerados satisfatórios para a maioria das especificações utilizadas, cumprindo os objetivos pré-determinados por nós. Em algumas especificações, os resultados infelizmente se tornaram inconclusivos. Como por exemplo, a não adaptabilidade da variável roubo as intervenções propostas nos primeiros modelos estimados.

Por fim, os resultados que foram encontrados fazem com que possamos fornecer mais um meio de debate para os formuladores de políticas públicas na hora de analisarem a busca por novos investidores para a região, os mostrando quais os efeitos destes investimentos em um problema que, possui a necessidade de ser estudado e controlado.

## REFERÊNCIAS

ALTINDAG, Duha T. Crime and Unemployment: Evidence from Europe. **International Review of Law and Economics** **32**, p. 145-157. Outubro, 2011.

BALBINOTTO NETO, Giacomo. A teoria econômica do crime. **Revista Leader**, Edição n. 35, 2003.

BECKER, Gary Stanley. Crime and punishment: na economic approach. **Journal of Political Economy**, v. 76, p. 169–217, 1968. Acessado em: 19/10/2015

BRASIL. Lei nº 2.848, de 07 de dezembro de 1940. Crimes contra o patrimônio. In **Código penal brasileiro**. Rio de Janeiro, 1940. Acessado em: 01/05/2016

BRENNER, Geraldo; **Entendendo o comportamento criminoso**. Porto Alegre: AGE editora, 2009. 180 f.

BUENO, Rodrigo de Losso da Silveira; **Econometria de séries temporais**. 2ª Edição – São Paulo, 2011

CERQUEIRA, Daniel; LOBÃO, Waldir. **Determinantes da criminalidade**: uma resenha dos modelos teóricos e resultados empíricos. 2004. 31 f. Texto para discussão nº 956. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro.

CORRÊA, Elizangela Pereira. **Análise econométrica da criminalidade na cidade do Rio Grande no período de 2005 à 2009**. 2010. 81 f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Ciências Econômicas) – Curso de Economia, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, 2010.

DONGIL, Kim. The Effects of Economic Conditions on crimes. **Development and Society**, volume 35, numero 2, Dezembro 2006, p. 241 – 250.

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

FERREIRA, Marcelo Rodrigo Portela; Análise da sensibilidade dos testes de normalidade de Jarque-Bera e lilliefors em modelos de regressão linear;**Rev. Mat. Estat., São Paulo**, v.24, n.4, p.89-98, 2006

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em 01/05/2016.

JALLES, João Tovar. **Structural Time Series Models and the Kalman Filter: a concise review**. 2009. 30 f. Faculty of Economics and Politics, University of Cambridge, UK

JOHNSTON, Fernanda Lopes; OLIVEIRA, Cristiano Aguiar de. **Efeitos dissuasórios de ações policiais sobre roubos na Região Metropolitana de Porto Alegre**. 2015

JUNIOR, Karlo Marques. **A Renda, desigualdade e criminalidade no Brasil: Uma análise empírica**. 2012

MAIA, Sinézio. **Estatística básica aplicada: movimento de séries de tempo**. 2003. 08f. Notas de aula. Universidade federal da Paraíba. João Pessoa.

MOCAN, H. Naci; BALI, Turan G. **Asymmetric Crime Cycles**. NBER Working Paper No. 11210, Março 2005

MORETTIN, Pedro Alberto; TOLOI, Clélia Maria de Castro. **Modelos para Previsão de séries temporais**. 1981. Vol. 2

NARAYAN, Paresh Kumar; SMYTH, Russell. Crime rates, male youth unemployment and real income in Australia: evidence from Granger causality tests, **Applied Economics**. 36:18, 2079-2095. 2004.

OLIVEIRA, Cristiano Aguiar de. **Criminalidade e o tamanho das cidades brasileiras**: um enfoque da economia do crime. 2005. 23f. Texto para discussão – Universidade de Passo Fundo. Passo

OLIVEIRA, Mauri Aparecido; FAVERO, Luiz Paulo. **Uma breve descrição de algumas técnicas para análise séries temporais**: séries de Fourier, Wavelets, Arima, modelos estruturais para séries de tempo e redes neurais. 2003. 13f. Universidade de São Paulo. São Paulo.

RAPHAEL, Steven; WINTER-EBMER, Rudolf. Identifying the Effect of Unemployment on Crime, 2001. **Journal of Law and Economics**, Vol. 44, No. 1 (April 2001), pp. 259-283

SANTOS, M. J. Dinâmica temporal da criminalidade: mas evidências sobre o “efeito inércia” nas taxas de crimes letais nos estados brasileiros. **Economia**, 10(1), 169–194, 2009.

SHIKIDA, Pery Francisco; BORILLI, Salette Polônia. **Economia do crime**: estudo de casos nas penitenciárias paranaenses. 2007. 32f. Pesquisa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo.

SILVA, Leandro Aureliano da. **Filtros de Kalman no tempo e frequência discretos combinados com subtração espectral**. 127f. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Elétrica) apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, USP, 2007.

S. Vujic, et al., Intervention time series analysis of crime rates: The case of sentencing reform in Virginia, **Economic Modelling** (2016),

ZWIENEN, Michiel van. **Asymmetric Crime Cycles: An Empirical Study**. 2011. 34 f.  
Tese de Mestrado Msc Economia e Negócios Economia dos Mercados,  
Organizações e Política, Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, 2011.