



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Programa de Pós-Graduação em Economia

Ensaaios sobre Segurança no Trânsito

Robson Oliveira Lima

João Pessoa - PB
2021

Ensaaios sobre Segurança no Trânsito

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, em cumprimento às exigências do Curso de Doutorado em Economia.

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Programa de Pós-Graduação em Economia

Orientador: Dr. Hilton Martins de Brito Ramalho
Coorientador: Dr. Alessio Tony Cavalcanti de Almeida

João Pessoa - PB

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732e Lima, Robson Oliveira.

Ensaaios sobre segurança no trânsito / Robson Oliveira
Lima. - João Pessoa, 2021.
85 f. : il.

Orientação: Hilton Martins de Brito Ramalho.

Coorientação: Alessio Tony Cavalcanti de Almeida.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCSA.

1. Trânsito - Violência. 2. Política pública de
segurança - Trânsito. 3. Câmeras de velocidade. 4.
Descentralização fiscal. I. Ramalho, Hilton Martins de
Brito. II. Almeida, Alessio Tony Cavalcanti de. III.
Título.

UFPB/BC

CDU 343.346.5(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

ATA N° 11 / 2021 - PPGE (11.01.13.38)

N° do Protocolo: 23074.025286/2021-31

João Pessoa-PB, 15 de Março de 2021

Universidade Federal da Paraíba

Centro de Ciências Sociais Aplicadas

Programa de Pós-Graduação em Economia

Campus Universitário I - Cidade Universitária - CEP 58059-900 - João Pessoa - Paraíba

Telefone: (83) 3216-7482 - <http://www.ufpb.br/pos/ccsa/ppge> - E-mail: ppge.ccsa@gmail.com

Ata da reunião da Banca Examinadora designada para avaliar o trabalho de tese do doutorando **ROBSON OLIVEIRA LIMA** submetido para obtenção do grau de Doutor em Economia área de concentração em **Economia Aplicada**.

Aos vinte e quatro dias do mês de fevereiro do ano dois mil e vinte e um, às quatorze horas, no PPGE, do Centro de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal da Paraíba, reuniram-se, remotamente, os membros da Banca Examinadora, constituída pelos professores **Hilton Martins de Brito Ramalho** (Orientador), da Universidade Federal da Paraíba; **Aléssio Tony Cavalcanti de Almeida** (Coorientador), da Universidade Federal da Paraíba; **Jevuks Matheus de Araújo** (Examinador Interno), da Universidade Federal da Paraíba; **Wallace Patrick Santos de Farias Souza** (Examinador Interno), da Universidade Federal da Paraíba; **Giuseppe Trevisan Cruz** (Examinador Externo), da Universidade Federal de Pernambuco; e **Antonio Vinícius Barros Barbosa** (Examinador Externo), da Universidade Federal da Paraíba, a fim de examinarem o candidato ao grau de Doutor em Economia, área de concentração em **Economia Aplicada**, **Robson Oliveira Lima**. Iniciando a sessão, o professor Hilton Martins de Brito Ramalho, na qualidade de presidente da Banca Examinadora, comunicou aos presentes qual a finalidade da reunião e os procedimentos de encaminhamento desta. A seguir, concedeu à palavra ao discente, para que fizesse oralmente a exposição do trabalho, apresentado sob o título: **“Ensaio em Segurança no Trânsito”**. Concluída a exposição, o presidente solicitou que fosse feita a arguição por cada um dos examinadores. Após, foi concedida a palavra ao discente, para que respondesse e esclarecesse às questões levantadas. Terminadas as arguições, a Banca Examinadora passou a proceder a avaliação e ao julgamento do discente. Em seguida, o presidente comunicou aos presentes que a Banca Examinadora, por unanimidade, **aprovou** a tese apresentada e defendida com o conceito **APROVADO**, concedendo assim, o grau de **Doutor em Economia**, área de concentração em **Economia Aplicada**, ao doutorando **Robson Oliveira Lima**. E, para constar, eu, **Ricardo Madeira Cataldi**, Secretário *Ad Hoc*, do Programa de Pós-Graduação em Economia, lavrei a presente ata, que assino junto com os membros da Banca Examinadora. João Pessoa, 24 de fevereiro de 2021.

Prof. Dr. Hilton Martins de Brito Ramalho

Orientador - UFPB

Prof. Dr. Aléssio Tony Cavalcanti de Almeida

Coorientador - UFPB

Prof. Dr. Jevuks Matheus de Araújo

Examinador Interno - UFPB

Prof. Dr. Wallace Patrick Santos de Farias Souza

Examinador Interno - UFPB

Prof. Dr. Giuseppe Trevisan Cruz

Examinador Externo - UFPE

Prof. Dr. Antonio Vinícius Barros Barbosa

Examinador Externo - UFPB

Ricardo Madeira Cataldi

Secretário Ad Hoc - PPGE/ UFPB

(Assinado digitalmente em 15/03/2021 15:32)

**ALESSIO TONY CAVALCANTI DE
ALMEIDA**

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 1813840*

(Assinado digitalmente em 15/03/2021 14:07)

ANTONIO VINICIUS BARROS BARBOSA

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 3007591*

(Assinado digitalmente em 29/03/2021 13:37)

HILTON MARTINS DE BRITO RAMALHO

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 2476028*

(Assinado digitalmente em 13/04/2021 12:40)

JEVUKS MATHEUS DE ARAUJO

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 1861745*

(Assinado digitalmente em 16/03/2021 11:29)

RICARDO MADEIRA CATALDI

*ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
Matrícula: 1813942*

(Assinado digitalmente em 15/03/2021 08:53)

**WALESKA CHRISTINA DE CASTRO
GONDIM DO NASCIMENTO**

*ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
Matrícula: 1851244*

(Assinado digitalmente em 16/03/2021 22:24)

**WALLACE PATRICK SANTOS DE FARIAS
SOUZA**

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 1267722*

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: **11**, ano: **2021**, documento (espécie): **ATA**, data de emissão: **15/03/2021** e o código de verificação: **690ac65d38**



Emitido em 07/06/2021

ATA DE DEFESA DE TESE Nº 316/2021 - DEP CCA (11.34.31)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 07/06/2021 16:10)

GIUSEPPE TREVISAN CRUZ
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
3090832

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <http://sipac.ufpe.br/documentos/> informando seu número:
316, ano: **2021**, tipo: **ATA DE DEFESA DE TESE**, data de emissão: **07/06/2021** e o código de verificação:
2c0821a1c0

Agradecimentos

Aos professores Hilton Ramalho (orientador) e Aléssio Almeida (coorientador), pelos ensinamentos e pela disponibilidade constante durante todo o processo de construção deste projeto.

Aos professores Antônio Barbosa e Giuseppe Trevisan, pelas trocas de ideias e pelas valiosas sugestões durante a construção da tese.

Aos professores Wallace Souza e Jevuks Araújo, da banca examinadora, pelos comentários detalhados que contribuíram para a construção deste trabalho.

À minha esposa Camila Raissa, pela paciência e suporte em todos os momentos, sobretudo os mais difíceis.

Aos meus amigos e familiares que torceram por mim durante todo o processo de construção deste projeto.

Resumo

Acidentes de trânsito representam uma das maiores causas de mortes no mundo, afetando de maneira desproporcional países de baixa e média renda. Como um destes países, o Brasil adotou uma série de políticas com o objetivo de reduzir o total de acidentes e a sua severidade. Em 2010, o Programa Nacional de Controle de Velocidade foi implementado com o objetivo de instalar milhares de câmeras eletrônicas de velocidade nas rodovias federais brasileiras. Em meio a diversas críticas sobre a efetividade do programa, ele foi brevemente interrompido em 2019. Com dados de acidentes de trânsito ocorridos durante o período de 2011 a 2018, pudemos construir um painel com milhares de segmentos de estradas que receberam um destes equipamentos. Nos aproveitamos do modo escalonado como as câmeras eletrônicas foram sendo instaladas nas estradas federais para identificar o efeito destas sobre o total de acidentes nas estradas utilizando uma estratégia de *event study*. Nossos resultados parecem sugerir que a instalação de uma câmera em um trecho de estrada é capaz de reduzir não apenas o número total de acidentes como a severidade dos acidentes. Quando associando as características das estradas com o número de acidentes e óbitos, percebemos que as câmeras são mais efetivas em trechos rurais e durante o dia. No segundo capítulo, analisamos o papel que a descentralização das políticas de acidentes de trânsito tiveram na redução do número de acidentes e óbitos. Em 1997, o Brasil atualizou o seu Código de Trânsito, e instituiu uma série de novas responsabilidades para os municípios. Contudo, atualmente menos de um terço dos municípios brasileiros se adequaram a legislação. A cobertura da municipalização do trânsito no Brasil não é uniforme, e alguns estados fizeram um grande esforço em promover a universalização da descentralização das políticas de trânsito no seu território. Com uma cobertura de 95% dos municípios, utilizamos o caso do Rio Grande do Sul para avaliar o impacto desta municipalização sobre o número de óbitos e de acidentes nos municípios tratados. Novamente, nos aproveitamos da forma escalonada como a política foi sendo adotada, e estimamos que esta política apresentou um pequeno efeito na redução dos óbitos, mas não teria sido capaz de reduzir as internações por acidentes de trânsito. As características dos municípios parecem ter um importante papel em explicar os efeitos desta descentralização sobre os acidentes. Municípios da principal região metropolitana do estado parecem ter se aproveitado mais dos benefícios da municipalização. Um indício que diferenciais na administração da estrutura de trânsito possuem importante impacto na redução dos acidentes.

Palavras-chave: Violência no trânsito, política pública de segurança no trânsito, câmeras de velocidade, descentralização fiscal

Abstract

Traffic accidents represent one of the largest causes of death in the world, with increase evidence that low and middle income countries are being disproportionately affected. Brazil has adopted policies aimed at reducing accidents and decrease its severity. In 2010, *Programa Nacional de Controle de Velocidade*, National Plan for Speed Control, was implemented with the objective of installing thousands of electronic speed cameras on Brazilian federal highways. Amidst several criticisms about the program's effectiveness, it was briefly interrupted in 2019. Using data about traffic accidents for the period 2011-2018, we build a panel for thousands of roads that were treated by a speed camera. We took advantage of the staggered way as electronic cameras were being installed on federal roads to identify their effect on the total number of road accidents using a event study empirical strategy. Our results seem to suggest that the installation of a camera on a site can reduce accidents and its severity. When analysing heterogeneity in the relationship between site characterists and accidents rate, we conclude that speed cameras are more effective on rural sites and during daylight. Our second paper analyzed the role of decentralization of traffic accident policies had in reducing traffic accidents. In 1997, Brazil saw major changes to its Traffic Code, including a set of news responsibilities for its municipalities. Despite this changes, less than one third of Brazilian municipalities have adapted to the legislation. The coverage is not uniform, and some states have made a great effort to promote the universalization of the decentralization of transit policies in their territory. The state of Rio Grande do Sul has 95% its traffic controlled by local governments, so that we use its experience to evaluate the impact of descentralization on road safety. Again, we took advantage of the staggered adoption of policy and estimated that this policy had a small effect in reducing deaths, but was not able to reduce hospitalizations rate for traffic accidents. Local characteristics seem to play an important role in explaining the effects of this decentralization on accidents. Municipalities in the major metropolitan area seem to have taken more advantage of descentralization. An indication that traffic structure management have an important impact on accident reduction.

Keywords: Road safety, speed cameras, road safety policy, fiscal descentralization

Lista de tabelas

Tabela 1 – Categorias do CID-10 Para Acidentes de Trânsito	24
Tabela 2 – Estatísticas Descritivas para o Rio Grande do Sul (Ano 2001)	26
Tabela 3 – Impacto sobre Óbitos, Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018	31
Tabela 4 – Relação entre Características dos Municípios (em 1998) e Óbitos . .	34
Tabela 5 – Relação entre Total de Veículos (em 2001) e Óbitos	36
Tabela 6 – Robustez - Diferentes Especificações	42
Tabela 7 – Estatísticas descritivas	56
Tabela 8 – Impacto das Câmeras Eletrônicas sobre Acidentes Ocorridos a 500 metros	64
Tabela 9 – Robustez - Subamostra por Ano	67
Tabela 10 – Robustez - Efeitos Fixos e Tendências Temporais	71
Tabela A1 – Taxa de Acidentes em Trechos de Estrada com Câmera de Velocidade	79
Tabela B1 – Estatísticas Descritivas para o Brasil (Ano 2001)	82
Tabela B2 – Impacto da Municipalização sobre Hospitalização em Municípios do Rio Grande do Sul	83
Tabela B3 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos Masculinos em Municípios do Rio Grande do Sul	83
Tabela B4 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos Femininos em Municípios do Rio Grande do Sul	84
Tabela B5 – Robustez - Diferentes Especificações	84

Lista de ilustrações

Figura 1 – Expansão da Municipalização do Trânsito entre os Municípios Brasileiros	21
Figura 2 – Municípios Vinculados ao Sistema Nacional de Trânsito em 2018 (%)	22
Figura 3 – Expansão da Municipalização do Trânsito no Rio Grande do Sul . .	23
Figura 4 – Tendências Agregadas da Taxa de Mortalidade em Acidentes de Trânsito no Rio Grande do Sul	27
Figura 5 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos em Acidentes de Trânsito. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018	31
Figura 6 – Impacto da Municipalização sobre Hospitalização por Acidente de Trânsito. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018	33
Figura 7 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos em Acidentes de Trânsito - Sexo. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018	38
Figura 8 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos de Jovens em Acidentes de Trânsito. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018	39
Figura 9 – Robustez - Subamostras	40
Figura 10 – Heterogeneidade na Relação entre Óbitos e Características do Município - Removendo região da amostra	41
Figura 11 – Distribuição Espacial das Câmeras Eletrônicas de Velocidade, 2011-2018	49
Figura 12 – Distribuição Espacial das Câmeras Eletrônicas em Janeiro de 2019 .	50
Figura 13 – Tipos de Câmeras Eletrônicas de Velocidade	51
Figura 14 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre o Total de Acidentes	60
Figura 15 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes com Vítimas Feridas	61
Figura 16 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes com Vítimas Fatais	62
Figura 17 – Robustez - Subamostra para o período entre 2010 e 2015	66
Figura 18 – Efeito das Características das Estradas sobre Acidentes	68
Figura 19 – Robustez - Estimativa de Impacto sobre Acidentes Totais, Remoção de Estados da Amostra	68
Figura 20 – Robustez - Estimativa de Impacto sobre Acidentes Totais, Remoção de Anos da Amostra	69
Figura 21 – Estimativas de Câmeras de Velocidade sobre Acidentes Totais, Diferentes Distâncias	70
Figura 22 – Função de Distribuição Acumulada das Estimativas do Primeiro Trimestre Após Tratamento de 1000 Regressões Placebo	71
Figura 23 – Impacto das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes: Período do dia	72

Figura 24 – Impacto das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes: Tipo de Equipamento	73
Figura 25 – Impacto das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes: Tipo de zona	74
Figura 26 – Impacto das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes: Tipo de Estrada	74
Figura A1 – Decomposição de Bacon para o Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes Totais, 2010-2018	79
Figura A2 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Total de Vítimas Fatais	80
Figura A3 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Total de Vítimas Feridas	80
Figura A4 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Total de Feridos Graves	80
Figura A5 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre a Segurança no Trânsito, Estimativas de Event Study sem Ponderação	81
Figura B1 – Tendências Agregadas da Taxa de Mortalidade em Acidentes de Trânsito no Brasil	85
Figura B2 – Tendências Agregadas da Taxa de Hospitalização em Acidentes de Trânsito no Brasil	86
Figura B3 – Tendências Agregadas da Taxa de Hospitalização em Acidentes de Trânsito no RS	87
Figura B4 – Impacto da Municipalização sobre Hospitalização Masculinas por Acidente de Trânsito. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018	88

Sumário

1	A DESCENTRALIZAÇÃO DAS POLÍTICAS DE TRÂNSITO	14
1.1	Introdução	14
1.2	Descentralização Fiscal e a Política de Trânsito no Brasil	16
1.2.1	Dados	23
1.3	Estratégia Empírica	28
1.4	Resultados	29
1.4.1	Resultados Principais	30
1.4.2	Heterogeneidade e Análise de Robustez	34
1.5	Conclusão	44
2	EFEITOS DAS CÂMERAS DE VELOCIDADE SOBRE SEGURANÇA NO TRÂNSITO	46
2.1	Introdução	46
2.2	Revisão da Literatura	48
2.2.1	Programa Nacional de Controle de Velocidade	48
2.2.2	Dissuasão e Segurança Rodoviária	51
2.3	Dados	54
2.4	Estratégia Empírica	56
2.5	Resultados Empíricos	59
2.5.1	Câmeras de velocidade são capazes de reduzir acidentes?	59
2.5.2	Robustez	62
2.5.3	Resultados Adicionais	72
2.6	Conclusão	75
	REFERÊNCIAS	76
3	APÊNDICE	79

1 A Descentralização das Políticas de Trânsito

1.1 Introdução

Acidentes de trânsito representam a oitava causa de morte mais comum no Brasil, produzindo 36.430 mortes em 2017, e gerando um elevado custo social e econômico [IPEA \(2015\)](#). Como parte do esforço público de reduzir o número de acidentes no trânsito, o Brasil iniciou em 1997 um processo de descentralização dos serviços relacionados ao trânsito, em que parte da autoridade de fiscalizar, planejar, gerenciar e tomar decisões sobre esta matéria foi transferida dos estados para os municípios. Com a promulgação do Código Brasileiro de Trânsito (CBT), os municípios ficaram obrigados a fiscalizar o cumprimento da legislação e das normas de trânsito, organizar a circulação de veículos e pessoas, implementar e operar o sistema de sinalização, aplicar multas para condutores infratores, além de elaborar estudos sobre acidentes na sua jurisdição e promover ações de educação no trânsito.

Uma série de infrações listadas no CBT são de competência exclusiva dos municípios, de modo que a descentralização das políticas procuraria garantir a efetiva fiscalização do trânsito nestes municípios. Portanto, este processo teria o objetivo de expandir a oferta destes serviços públicos, promover a melhoria da gestão pública, o aumento da transparência, da governança e da prestação de contas, uma vez que entre os benefícios esperados do processo de descentralização está uma melhor alocação destes serviços, dado que a demanda por eles é localmente heterogênea [Oates \(1972\)](#). Preferências por políticas públicas são definidas a nível local e custos associados com a oferta destes serviços tendem a variar entre diferentes localidades. Assim, as prefeituras seriam munidas de melhores informações sobre a realidade e capazes de ofertar bons serviços. A descentralização poderia ainda produzir competição entre as unidades locais e impulsionar inovação, uma vez que governos descentralizados teriam mais liberdade em implementar novos métodos de produção [King \(2018\)](#). Por outro lado, ela impõe uma série de custos a autoridades subnacionais, incluindo o perigo de que sejam capturadas por elites locais, reduzindo a resposta das políticas as necessidades da comunidade, sobretudo se as preferências destas elites diferem substancialmente das preferências da maioria dos eleitores ([MARTINEZ-VAZQUEZ; MCNAB, 2003](#)).

Em relação ao processo de municipalização do trânsito, em 2018 apenas 30% dos municípios brasileiros haviam tomado a iniciativa de se responsabilizarem diretamente

pela gestão do trânsito. Isto porque o processo de descentralização não é automático, mas depende da iniciativa da autoridade local, sendo exigido dela o atendimento de uma série de requisitos, que inclui a construção de uma infraestrutura mínima para provisão dos serviços de trânsito. Apesar dos benefícios esperados, que incluem políticas mais eficazes e o incremento de receitas advindas da aplicação de multas, as autoridades locais parecem desconhecer o processo ou não desejam assumir os custos de implantação, que podem incluir custos políticos de adotar medidas impopulares como a fiscalização do cumprimento das normas de trânsito e a punição de infratores (SCHMIDT, 2013).

A literatura empírica documenta uma série de benefícios resultantes da descentralização da provisão de políticas públicas, como na área de educação (Hoxby (2009); Wößmann (2003); Falch e Fischer (2012)) e de saúde (Bhalotra, Rocha e Soares (2019); Rocha e Soares (2010)). Em relação a segurança no trânsito, uma série de intervenções realizadas à nível local são documentadas. Por exemplo, estimativas para o Reino Unido produzidas por Tang (2021) indicam que uma política de pedágio urbano introduzida em uma região central de Londres reduziu o fluxo de tráfego, reduziu a poluição, diminuiu os acidentes e aumentou o valor das residências da região afetada. Contudo, mudanças institucionais que descentralizam a provisão das políticas de trânsito como a municipalização do trânsito não são comuns. Ao que consta, esta é a primeira tentativa de avaliar o impacto da municipalização do trânsito que ocorreu no Brasil a partir de 1997.

Nesse contexto, este artigo realiza um esforço de contribuir para a literatura empírica que avalia o impacto da descentralização da oferta de políticas públicas sobre a efetividade dos serviços prestados no Brasil. Vale ressaltar que o processo de municipalização é potencialmente endógeno. Municípios com mais acidentes seriam predispostos a adesão ao programa, enquanto municípios de pequeno porte teriam poucos incentivos a concluir este processo. Contudo, os dados desse processo no Brasil sugerem um papel heterogêneo e decisivo da gestão estadual. Por exemplo, no estado do Rio Grande do Sul (RS), como parte de um esforço das autoridades estaduais, quase a totalidade dos seus municípios passaram a se responsabilizar sobre o trânsito, divergindo da média de adesão dos municípios brasileiros. Destarte, o caso do RS chama atenção para um experimento em que há uma potencial exogeneidade das características municipais no processo de adesão ao programa em destaque.

Para tanto, procuramos investigar a hipótese de que ao delegar as responsabilidades de tomada de decisão sobre o trânsito para os municípios, seríamos capazes de observar uma redução do número de internações e óbitos que ocorrem em acidentes de trânsito. Fazemos uso de dados municipais do RS para avaliar o impacto da municipalização das políticas de trânsito sobre a mortalidade em acidentes rodoviários,

ao nos aproveitarmos da forma escalonada e heterogênea como a municipalização foi sendo implementada no período de 1998 a 2018.

Deste modo, nossa especificação principal utiliza uma estratégia empírica de diferença-em-diferença e de *event study* para estimar estes efeitos sobre os municípios do RS. A despeito dos esforços das autoridades estaduais de garantir que os municípios se responsabilizem pela aplicação das normas de trânsito, os nossos resultados parecem indicar que apenas a municipalização não foi capaz de reduzir a taxa de mortalidade e de hospitalização nestes municípios.

Quando distinguimos entre acidentes e óbitos envolvendo condutores de automóveis e motocicletas, encontramos uma associação negativa entre municipalização e óbitos para estas categorias. Da mesma forma, a municipalização parece ter afetado de maneira similar homens e mulheres, mas foram incapazes de reduzir o óbito entre jovens, um dos públicos mais vulneráveis a acidentes de trânsito.¹ Nossas estimativas apontam ainda para diferenças entre os municípios, reforçando a suspeita de que apenas a integração ao Sistema Nacional de Trânsito não seja suficiente para reduzir o número de óbitos no trânsito. Nossa hipótese é que estas diferenças podem ser o resultado de heterogeneidades na administração da estrutura de trânsito, com municípios capazes de contratar agentes de trânsito próprios e adotar políticas efetivas, observando uma redução maior do número de acidentes e óbitos no trânsito.

Este artigo é estruturado da seguinte maneira. Na seção 1.2 apresentamos uma breve história da literatura sobre descentralização fiscal e sobre a municipalização do trânsito a partir da instituição do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei 9703/97. Na seção 1.2.1 descrevemos os dados utilizados e suas limitações. Na seção 1.3 discutimos a estratégia empírica. A seção 1.4 apresenta os resultados do impacto da municipalização do trânsito na mortalidade, junto com uma série de heterogeneidades e análises de robustez. Finalmente, a seção 1.5 apresentamos nossas conclusões.

1.2 Descentralização Fiscal e a Política de Trânsito no Brasil

Sob a hipótese de que governantes são capazes de responder as preferências dos seus eleitores, os gestores locais seriam melhor equipados em atender demandas que são heterogêneas. Segundo, [Sewell \(1996\)](#) dado um ambiente democrático, onde agentes públicos tem agendas alinhadas com seus eleitores – seja por benevolência ou por pressões eleitorais –, se as preferências por bens públicos variam entre localidades, o nível de bem-estar alcançado pela provisão descentralizada seria maior do que o obtido pela provisão uniforme do governo central realizada em todas as jurisdições

¹ Segundo dados da DATASUS do Ministério da Saúde, acidentes de trânsito representam a segunda maior causa de mortes entre jovens de 14-29 anos.

(OATES, 1972). Contudo, se por um lado, governos locais seriam capazes de prover bens públicos de modo eficiente, de outro, existiriam sérias limitações a suas capacidades de implantação de políticas de redistribuição e de estabilização macroeconômica.

Primeiro, governos subnacionais teriam uma capacidade limitada em influenciar os níveis de emprego e preço das suas jurisdições; segundo, políticas que redistribuíssem renda de agentes ricos para pobres poderiam ser limitadas pela migração de famílias e firmas abastadas para outras localidades (TIEBOUT, 1956). Assim, esta teoria de descentralização de primeira geração (OATES, 2005) garantiria ao governo local a provisão de bens públicos locais e ao governo central a responsabilidade de administrar políticas macroeconômicas de estabilização, a provisão de bens públicos nacionais e a adoção de políticas de redistribuição de renda.

Na literatura empírica, Boustan (2013) analisam o preço de residências em bairros que se localizam na fronteira das cidades a fim de estimar a disposição a pagar entre diferentes jurisdições. Os autores argumentam que diferenciais de disposição a pagar são explicados por diferenciais de bens públicos locais providos em cada lado da fronteira. Assim, cidadãos seriam atraídos por locais com melhor oferta de bens públicos locais.

Por outro lado, a abordagem de escolha-pública produz uma visão alternativa sobre a provisão de bens públicos. Um pilar central desta teoria é de que tomadores de decisão públicos são maximizadores de utilidades com suas próprias funções objetivas, que não necessariamente se alinhariam com a função objetiva da população. Segundo esta perspectiva, agentes públicos tentariam maximizar o tamanho do seu próprio orçamento, produzindo mais influência e poder.

Rodden (2003) utilizam um painel de países para realizar uma comparação internacional entre descentralização e gastos do governo, concluindo que este comportamento maximizador de gastos seria condicionante a forma como os programas são financiados. Quando governos locais dependem das receitas das próprias tributações, haveria uma associação negativa entre o tamanho do governo e a descentralização. Contudo, quando estes programas locais são financiados primariamente com transferências dos governos nacionais, haveria uma tendência a produzir programas que aumentem o orçamento total. Haveria assim um problema associado com a indisciplina fiscal em países que promoveram descentralização através da expansão das transferências governamentais.

Nosso interesse, contudo, é discutir se políticas públicas providas de maneira descentralizada, com uma maior autonomia, seriam mais efetivas. A evidência empírica apresenta resultados mistos sobre os benefícios da descentralização de serviços públicos. Na área de educação existem evidências de que sistemas descentralizados

de educação promovem melhorias no desempenho escolar. Hoxby (2009) mostra que *charter schools*, que desfrutam de maior autonomia, produzem resultados melhores do que escolas públicas nos EUA. Wößmann (2003) encontra uma associação positiva entre performance e autonomia escolar sobre os processos de contratação de professores ao examinar 260.000 estudantes de 39 países. Por outro lado, estima uma associação negativa entre performance escolar e autonomia orçamentária das escolas. Falch e Fischer (2012) utilizam uma painel de 25 países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) com informações sobre desempenho em testes padronizados para o período de 1980 a 2000. Eles estimam que uma maior descentralização dos gastos com educação promove melhoria da performance dos estudantes, sem que este efeito seja mediado por maiores gastos com educação. Os autores encontram que o efeito positivo da descentralização fiscal é menor em países com um setor público maior.

Na área de saúde, há algumas evidências de que unidades descentralizadas seriam capazes de prover bens públicos de maneira mais efetiva. No Brasil, após a promulgação da Constituição de 1988, estados e municípios passaram a gozar de autonomia orçamentária, mas adquiriram uma série de novas responsabilidades (FACCHINI; TESTA, 2008). Em relação à provisão de serviços de saúde, a instituição do Programa Saúde da Família (PSF) em 1995 foi responsável pela expansão do acesso da população atendida por cuidado primário no país, que foi obtido através da descentralização da estrutura de atendimento, em que a provisão de serviços de saúde deixaram de ser centralizados em torno de hospitais públicos localizados em grandes centros urbanos e migraram para centros de saúde localizados em comunidades locais. Bhalotra, Rocha e Soares (2019) utilizam dados municipais de implementação do PSF e de indicadores de saúde para estimar o efeito causal deste processo de descentralização do atendimento primário em saúde. Se aproveitando da forma escalonada como o programa foi implementado, os autores concluem que a expansão do PSF estava associada com uma redução da mortalidade neonatal, pós-natal e materna nos municípios tratados. Estas reduções parecem ter afetado de maneira mais marcante as mães com menor escolaridade e foi capaz de reduzir a fertilidade média nos municípios. Rocha e Soares (2010) estimam o impacto da implementação do PSF sobre a mortalidade municipal utilizando uma estratégia de diferença-em-diferença, cujos resultados sugerem que o programa produziu uma redução na mortalidade, sobretudo entre os municípios das regiões norte e nordeste, as mais pobres do Brasil.

Outro importante processo de descentralização no Brasil ocorreu a partir da atualização do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) em 1997, Lei 9703/97, quando as responsabilidades dos municípios e estados em relação ao trânsito foram revisitadas, e os municípios adquiriram uma série de novas competências na gestão do trânsito

(Art. 24, CTB). Especificamente, passou a ser obrigação dos municípios a fiscalização do cumprimento da legislação e das normas de trânsito, inclusive com a organização de uma polícia ostensiva de trânsito, capaz de aplicar as penalidades cabíveis pela legislação de trânsito. Também foi transferido aos municípios a responsabilidade por arrecadar, processar e julgar os recursos administrativos de multas aplicadas dentro da sua área de competência. Ou seja, caberiam as municipalidades a organização e planejamento da circulação de veículos e pessoas; a implantação e operação do sistema de sinalização, como faixas de pedestre, sinalização vertical, horizontal e de semáforos; além da elaboração de estudos sobre acidentes no seu território e a promoção de ações de educação no trânsito.

Já aos estados, competiria a formação e suspensão dos condutores e a expedição de documentos para os motoristas e para veículos, como a licenças para dirigir e os registros de veículos. Sendo também obrigação dos órgãos estaduais, vistoriar e inspecionar as condições dos veículos e aplicar penalidades que não estão previstas como obrigação dos municípios. Assim, para financiar a execução municipal das competências do governo local, o município teria a sua disposição recursos das multas de trânsito, uma parte do valor do Imposto de Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), que é paga aos Estados e tem parte do seu valor redistribuído aos municípios, além de outros recursos orçamentários.

Contudo, a municipalização do trânsito não ocorre de maneira automática, mas é uma iniciativa do executivo municipal. O processo exige do município a aprovação de um projeto de lei pelo legislativo municipal, o atendimento de uma série de requisitos, além da construção de infraestrutura mínima para produzir os serviços de trânsito. Entre os requisitos institucionais estão a criação e organização de um órgão ou entidade municipal de trânsito (Art. 8, CTB); a construção de convênios com os demais entes federativos sobre compartilhamento de obrigações e informações; a criação de Junta Administrativa de Recursos de Infração (Jari), que tem como responsabilidade julgar recursos administrativos das multas aplicadas (Art. 16, CTB); e por fim, a integração ao Sistema Nacional de Trânsito (SNT), que é composto por todos os órgãos de trânsito nos três níveis de governo.

Contudo, mesmo após o processo de municipalização, é possível que parte das obrigações de trânsito sejam delegadas parcialmente aos órgãos estaduais. Atualmente, entre vários municípios, o papel de polícia ostensiva de trânsito é delegado totalmente ou parcialmente à polícia militar estadual ou agência equivalente, desde que seja firmado entre o governo municipal e estadual um convênio que defina a relação entre a polícia estadual e a autoridade de trânsito do município (Art. 23, CTB). Esse convênio pode estipular uma relação de modo bilateral, em que agentes municipais fiscalizam normas de competência estadual e vice-versa, ou unilateral, onde os municípios

sem agentes próprios delegam as competências de fiscalização a agentes estaduais. Da mesma forma, o município e o governo do estado podem dividir obrigações operacionais e de arrecadação, de modo que a cidade receba apenas parte dos recursos arrecadados para aplicação na infraestrutura de trânsito. De modo semelhante, a fim de reduzir custos associados a criação dessa infraestrutura, pequenos municípios podem implantar estrutura de trânsito a partir de estrutura administrativa já existente, como a criação de um departamento de trânsito dentro de uma secretaria.

Assim, apenas um subconjunto dos municípios dispõe efetivamente de órgãos executivos para o trânsito e de ações efetivas realizadas por agentes próprios. Desse modo, espera-se uma elevada heterogeneidade na forma como os municípios atuam, com diferentes graus de autonomia municipal, sobretudo entre municípios de pequeno porte. Por outro lado, é importante destacar que parte importante das infrações de trânsito listadas no CTB são de competência dos municípios, de modo que o período anterior a integração ao STN se caracteriza pela provável ausência de fiscalização destas infrações. Dado que na ausência de mão de obra própria, a municipalização do trânsito permite transferir estas competências para agentes estaduais, a descentralização das políticas de trânsito não deve ser completamente inócua.

A figura 1 mostra a expansão da municipalização do trânsito entre os municípios brasileiros no período entre 1998 e 2018. É possível observar que ao final desse período, apenas 30% dos 5.570 municípios brasileiros já haviam se integrado ao SNT. Contudo, a disparidade no porte dos municípios que se integram ao SNT é evidente, uma vez que entre os municípios com mais de 100 mil habitantes, a cobertura ao fim do período era quase completa, enquanto que para o grupo de municípios com menos de 100 mil habitantes, essa cobertura era de apenas 27% em 2018. Segundo Schmidt (2013), essas diferenças se explicariam em parte pelo desconhecimento das normas, pelos custos diretos envolvidos no processo de municipalização, pelo custo político das ações de fiscalização, e pela percepção de que a municipalização traria benefícios ínfimos, sobretudo entre municípios de pequeno porte e com frotas de veículos reduzidas, e assim, com baixo potencial de arrecadação.

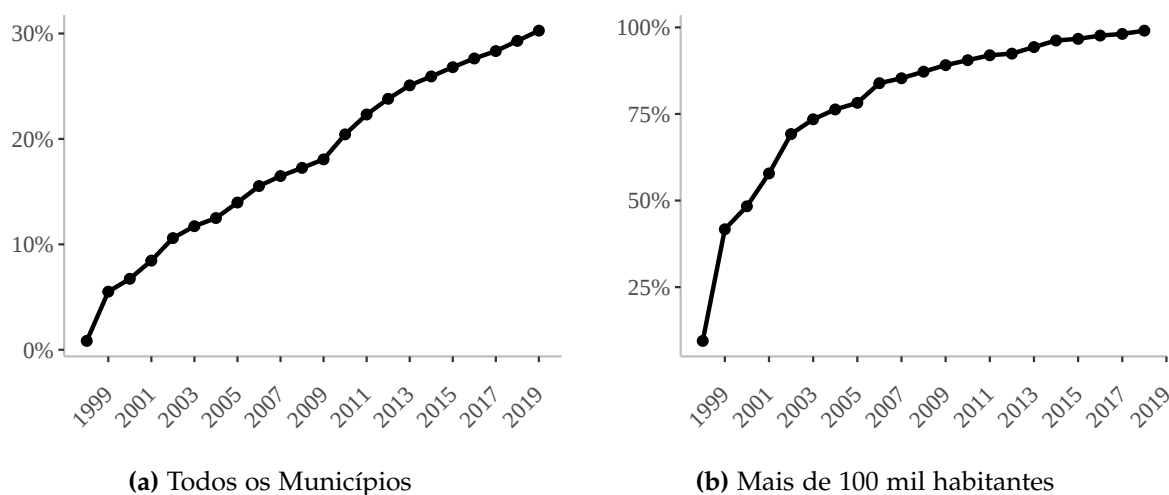


Figura 1 – Expansão da Municipalização do Trânsito entre os Municípios Brasileiros

Contudo, como mostra a figura 2, essa heterogeneidade também ocorre entre estados. Em 2018, o Rio Grande do Sul (RS) possuía 95% dos seus municípios com trânsito municipalizado, seguido do Mato Grosso do Sul com 77% e Rio de Janeiro, 75%. No outro extremo, temos estados como o Tocantins (5%), Piauí (5,3%) e Roraima (6%) com um pequeno número de municípios integrados ao SNT. Essas diferenças parecem não ser o resultado apenas da capacidade fiscal dos estados e seus municípios, mas são em parte o resultado de incentivos produzidos pelos Departamentos de Trânsito Estaduais e outros órgãos dos respectivos estados para que seus municípios se integrem ao SNT. Estes incentivos operariam sobre a conscientização da importância dessas políticas, na divisão das responsabilidades que o CTB atribui aos municípios, e mesmo na divisão de custos operacionais e políticos.

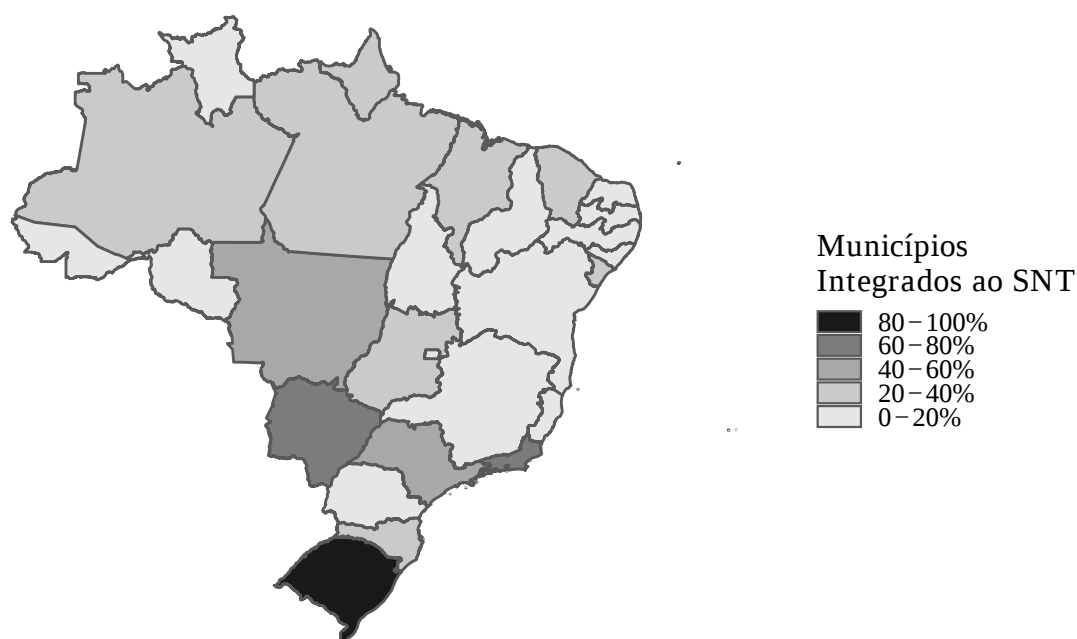


Figura 2 – Municípios Vinculados ao Sistema Nacional de Trânsito em 2018 (%)

Schmidt (2013) discute em detalhes o processo de municipalização no RS, explicando que o esforço de integração ao SNT passou por diversas fases. Em 2009, o estado passou a adotar um novo modelo de convênio entre os órgãos do estado e dos municípios, de modo a permitir que entre outros pontos, a polícia militar do estado fosse responsável pela fiscalização das normas de trânsito e que a arrecadação de multas fosse centralizada no estado, com a posterior redistribuição aos municípios da parcela acordada. De acordo com a Resolução nº024/2009, do Conselho Estadual de Trânsito do RS, o pedido de integração deve ser seguido de uma visita técnica, onde deve ser apresentado o programa municipal sobre política de trânsito, com informações sobre engenharia de tráfego; fiscalização e operação de trânsito; educação de trânsito; coleta, controle e análise de estatísticas de trânsito do município. Em 2011, houve um novo esforço com a criação do Comitê Estadual de Mobilização pela Segurança no Trânsito, que buscou fomentar a municipalização do trânsito no estado, e estabeleceu um compromisso de promover a integração de todos os municípios do estado ao SNT. A figura 3 resume o processo de adesão dos municípios do estado, e parece indicar que

o processo foi marcado por uma evolução intermitente, com um crescimento linear até 2008, seguido por uma aceleração do processo de adesão durante o período 2009-2013.

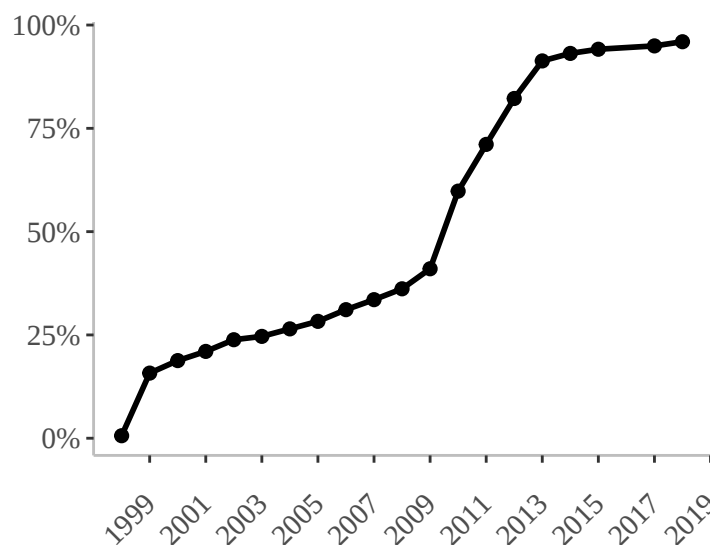


Figura 3 – Expansão da Municipalização do Trânsito no Rio Grande do Sul

Assim, dado que a municipalização do trânsito no estado ocorreu de maneira quase universal, do ponto de vista empírico, seria menor a preocupação de que características dos municípios estejam correlacionadas com a decisão de municipalizar o processo de gestão de trânsito. Contudo, ainda restam dúvidas sobre o tempo de adoção da política, uma vez que os municípios que foram integrados ao SNT inicialmente podem ser muito diferentes daqueles municípios tratados nos últimos anos do período de análise.

1.2.1 Dados

Os dados sobre a implementação da municipalização do trânsito foram obtidos do Ministério da Infraestrutura, incluindo a data em que cada município formalmente passou a ser o gestor do trânsito e a integrar o SNT. Entre os 5.570 municípios brasileiros atuais, 1.702 (30%) são registrados como tratados em 2018 (integrados ao SNT). Dentre os municípios do RS, 475 (96%) estavam devidamente integrados ao SNT, de um total de 495. É importante destacar que não existe reversão da política, uma vez que ao ser tratado o município nunca o deixa de ser.

Como o objetivo é identificar o impacto da municipalização sobre o número de vítimas de acidentes de trânsito, informações de internações de vítimas de acidentes de trânsito e o número de vítimas fatais foram obtidas do Ministério da Saúde (MS/Datasus). O número anual de óbitos por município foi construído a partir dos microdados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (Datasus/SIM), que registra

informações para cada morte registrada no Brasil. O sistema possui informações sobre o local e data da ocorrência, informações socioeconômicas do paciente (idade, gênero, local de residência), além da causa da morte, que é categorizada segundo a Classificação Internacional de Doenças (CID-10). A tabela 1 mostra as subcategorias do índice de acidentes com veículos.

Tabela 1 – Categorias do CID-10 Para Acidentes de Trânsito

Categoria	Descrição
V01-V09	Pedestre traumatizado em acidente de transporte
V10-V19	Ciclista traumatizado em acidente de transporte
V20-V29	Motociclista traumatizado em acidente de transporte
V30-V39	Ocupante de triciclo motorizado traumatizado em acidente de transporte
V40-V49	Ocupante de automóvel traumatizado em acidente de transporte
V50-V59	Ocupante de caminhonete traumatizado em acidente de transporte
V60-V69	Ocupante de veículo de transporte pesado traumatizado em acidente
V70-V79	Ocupante de ônibus traumatizado em acidente de transporte
V80-V89	Outros acidentes de transporte terrestre
V90-V94	Acidentes de transporte por água
V95-V97	Acidentes de transporte aéreo e espacial
V98-V99	Outros acidentes de transporte e os não especificados

Para nossa análise, limitamos a amostra à óbitos classificados como acidentes terrestres, utilizando as subcategorias V010 à V899. Assim, construímos um painel de óbitos anuais por município contendo o número de vítimas fatais de acidentes de trânsito, categorizadas por tipo de vítima: se era pedestre, ocupante de motocicleta ou ocupante de automóvel. Com o uso das informações socioeconômicas das vítimas, foi possível construir um painel com o número de vítimas por sexo e idade.

As informações sobre total de internações de acidentes de trânsito foram obtidas do Sistema de Informações Hospitalares (Datasus/SIH), incluindo vítimas fatais e vítimas não-fatais que foram hospitalizadas em decorrência de uma acidente de trânsito. Os microdados do Datasus/SIH contém informações sobre cada admissão hospitalar financiada pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e possuem informações detalhadas sobre a data de admissão e a saída do paciente, seu tempo de internação, seu município de residência, custo total da internação, além de uma variável que indica se o paciente recebeu alta médica ou faleceu. Também foram selecionados apenas os pacientes admitidos com o diagnóstico de acidente terrestre segundo o CID-10. O Datasus/SIH só passou a utilizar a CID-10 a partir de 1998, e devido a dificuldade de compatibilizar a classificação de doenças entre o CID-9 (utilizado até 1997) e o CID-10. Portanto, limitamos nosso painel às informações disponíveis a partir de 1998.

Para o período destacado, construímos um painel com internações em decorrência de acidentes de trânsito. Essa base de dados do Datasus/SIH possui algumas diferenças em relação ao Datasus/SIM. Primeiro, ela não é exaustiva, uma vez que

vítimas de acidentes leves podem não deslocar-se para hospitais, ou podem ser tratados em hospitais não conveniados ao SUS. Segundo, diferentemente do Datasus/SIM, o Datasus/SIH não informa o local de ocorrência do acidente, mas o município de residência do paciente, o que pode adicionar erros de medidas quando se calcula o número de vítimas de acidentes por município. Esse erro de medida pode ser relevante, dada a presença de migração pendular nos municípios brasileiros, um fenômeno que resulta da migração diária de parte da população dos municípios de residência para municípios vizinhos, geralmente por motivos econômicos. Devido ao efeito desta migração, atribuir o acidente ao município de residência pode não capturar perfeitamente o local do acidente. Além disto, essa proximidade entre municípios pode produzir uma dependência espacial em que o tratamento tenha efeito sobre seus vizinhos (GOBILLON; MAGNAC, 2016). Da mesma maneira, municípios próximos podem compartilhar uma série de características não observadas que fazem com que eles respondam a estímulos de maneira semelhante.

Na tentativa de controlar parte da dependência espacial reportada, construímos uma variável que captura o número médio de internações e de óbitos que ocorreram nos vizinhos limítrofes de cada município, de modo que temos a informação sobre o taxa de mortalidade e de hospitalizações do município A e a taxa de mortalidade e hospitalizações média para seus v_A vizinhos limítrofes.

Outros controles a nível de município também são adquiridos. Despesas per capita do município foram coletadas no sistema Finanças Brasil (FINBRA) mantido pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN). Tais dados representam a soma dos valores empregados nas operações destinadas à manutenção e funcionamento de serviços públicos, a exemplo de pagamento de pessoal, aquisição de insumos e pagamento de serviços. Despesas com saúde também foram obtidas no FINBRA, e se referem aos gastos com saúde e saneamento realizado pelo município no ano corrente. O número de estabelecimentos de saúde por município foram acessados no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) do Ministério da Saúde. Contudo, esta informação está disponível apenas a partir de agosto de 2005, e foi utilizada apenas em algumas análises de robustez. O total de automóveis e de motocicletas por município foram obtidas do ministério da infraestrutura, mas tem início apenas em 2001.

A tabela B1 no apêndice apresenta algumas estatísticas descritivas para o total de óbitos e de hospitalização no Brasil para o ano de 2001². O número médio de óbitos de trânsito naquele ano era de 5,5, o que produz uma taxa de mortalidade média de 15 óbitos por 100 mil habitantes. Em relação aos passageiros de automóveis, em média observamos 1 vítima por município, produzindo uma taxa mortalidade de 2,5 mortos por 100mil habitantes. Entre os acidentes com motocicletas, menos de 1 morto

² O 2001 foi escolhido para incluir as informações de automóveis e motocicletas.

por 100mil habitantes (0,6 óbitos/ano por município) e de pedestres, 3,6 mortos por 100mil.

Já a tabela 2 apresenta as mesmas informações para o RS, e mostra que a taxa de mortalidade neste período era menor que a média nacional, bem como para a maioria das outras medidas de óbitos e de hospitalização.

Tabela 2 – Estatísticas Descritivas para o Rio Grande do Sul (Ano 2001)

	<i>Obs.</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio-padrão</i>	<i>Min</i>	<i>Máx</i>
Mortalidade					
Óbitos - Total	495	3,6	16,3	0	315
Óbitos - Automóvel	495	0,5	2,5	0	47
Óbitos - Motocicleta	495	0,3	1,4	0	21
Óbitos - Pedestres	495	1,0	5,2	0	100
Hospitalização					
Acidentes - Total	495	12,3	74,2	0	1.518
Acidentes - Automóvel	495	1,8	16,4	0	354
Acidentes - Motocicleta	495	1,3	9,4	0	197
Acidentes - Pedestre	495	3,3	29,5	0	565
Mortalidade - vizinhos					
Óbitos Vizinhos - Total	495	25,1	48,9	0	440
Óbitos Vizinhos - Automóvel	495	3,8	8,4	0	66
Óbitos Vizinhos - Motocicleta	495	1,8	3,6	0	24
Óbitos Vizinhos - Pedestre	495	6,9	15,3	0	142
Hospitalização - vizinhos					
Acidentes Vizinhos - Total	495	83,9	223,9	0	2.008
Acidentes Vizinhos - Automóvel	495	12,1	50,7	0	467
Acidentes Vizinhos - Motocicleta	495	8,4	30,2	0	293
Acidentes Vizinhos - Pedestre	495	23,4	89,2	0	736
Controles por Município					
Despesa Corrente (R\$ Percapita)	495	1.686,8	669,9	513,6	4.844,6
Despesa com Saúde (R\$ Percapita)	495	328,1	171,1	0,2	1.639,9
Automóveis (por 1.000 habitantes)	495	138,9	57,9	0,0	284,4
Motocicletas (por 1.000 habitantes)	495	31,1	19,1	0,0	119,1

Nota: Esta tabela fornece estatísticas descritivas para todos os municípios do estado do Rio Grande do Sul. Dados de frotas de veículos não estão disponíveis antes de 2001 e dados de leitos hospitalares não estão disponíveis antes de 2005.

A figura B1a apresenta as tendências agregadas para a taxa de mortalidade e de hospitalização das variáveis analisadas para o Brasil. A taxa de mortalidade no trânsito cresceu durante o período de análise, saindo de 15 mortes por 100.000 habitantes em 1998 para um pico de quase 25 mortes por 100 mil habitantes em 2012. No período posterior se observa uma redução persistente da série, com uma taxa de mortalidade de 18,6 mortos por 100 mil habitantes em 2018, que é semelhante a registrada em 2007. Este ponto de inflexão em 2012 coincide com uma série de políticas de trânsito adotadas no país, como a Lei 12.760/2012, chamada de Lei Seca, que aplicava penalidades mais rigorosas a condutores com qualquer concentração de álcool por litro de sangue, e o Programa Nacional de Redução de Velocidade, iniciado em 2011, que instalou milhares

de câmeras de velocidade em estradas federais.

Em 2012, cerca de 24% dos municípios já integravam o SNT, enquanto a cobertura dos municípios com mais de 100 mil habitantes era de 93%. Quando considerado apenas as mortalidades de ocupantes de automóveis e motocicletas, as tendências são semelhantes a exibida pela taxa de mortalidade total, com um aumento consistente durante todo o período da amostra, e um redução após ponto de inflexão no período de 2011. A taxa de mortalidade entre os pedestres apresentou um comportamento distinto, com redução consistente desde o ano base de 1998.

O comportamento das tendências agregadas para o RS é exibido na figura 4a, registrando comportamentos semelhantes ao nacional. Há aumento geral da taxa de mortalidade no último ano da amostra em comparação ao ano base de 1998, que é acompanhando de aumentos na taxa de mortalidade para acidentes com automóveis e motocicletas. Observa-se, por outro lado, uma redução da taxa de óbitos de pedestres.

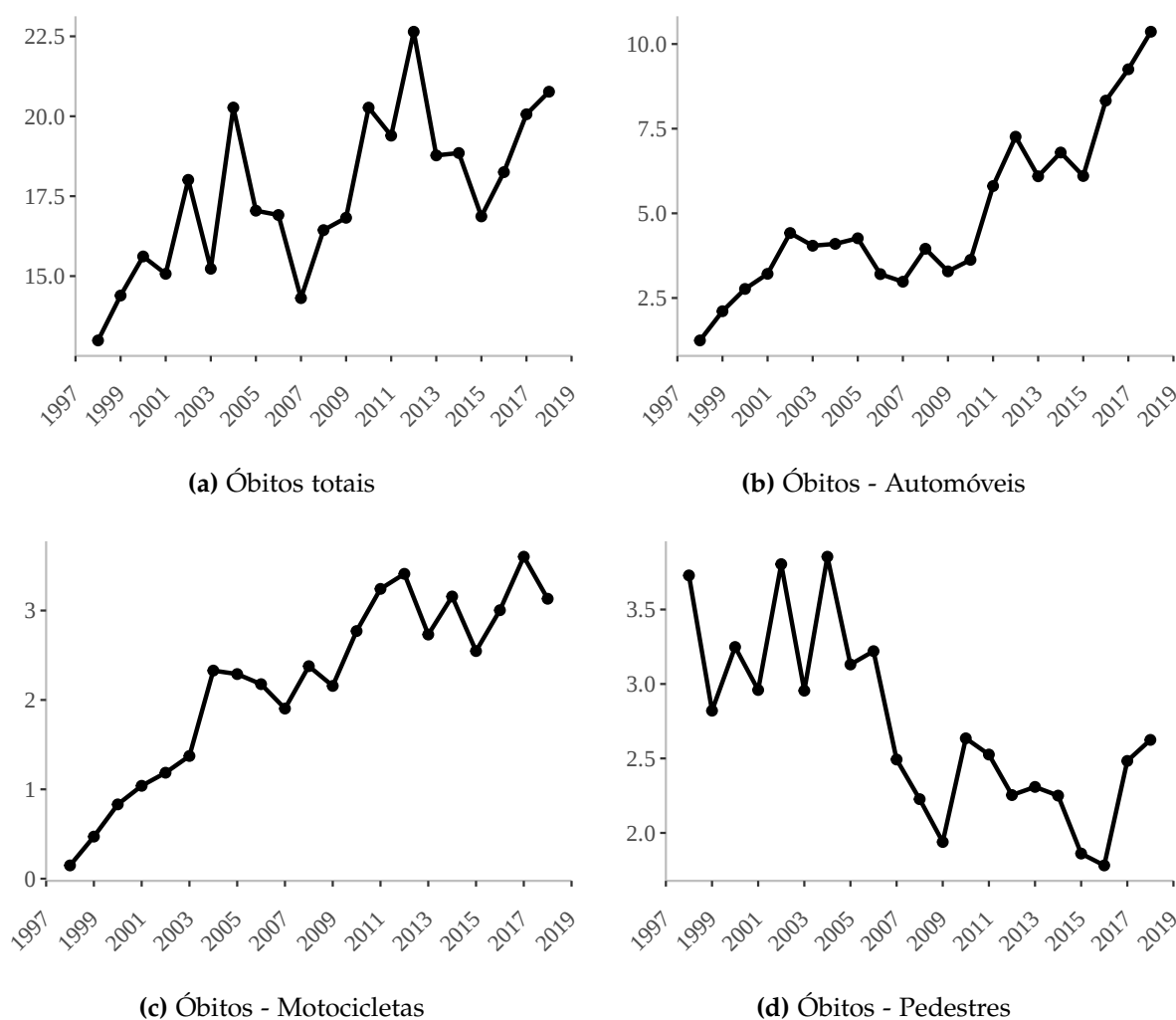


Figura 4 – Tendências Agregadas da Taxa de Mortalidade em Acidentes de Trânsito no Rio Grande do Sul

1.3 Estratégia Empírica

Nossa unidade de observação é o município em um ponto do tempo, enquanto nossa variável de tratamento é uma *dummy* indicando se um município está integrando o SNT em um dado ano ou uma *dummy* indicando o total de anos antes ou depois do tratamento. Contudo, dado que a decisão de integrar-se ao SNT pode depender da própria mortalidade no trânsito, o processo de autosseleção pode acentuar as diferenças entre municípios integrados e não integrados, de modo que nossa variável de tratamento é potencialmente endógena.

Todavia, no estado do RS, quase a totalidade dos municípios haviam sido tratados até 2018, de modo que a eventual integração ao SNT deste sub-grupo de municípios pode não ter sofrido deste problema. Assim, nossa especificação principal será um estudo de caso da experiência deste estado. Contudo, endogeneidade ainda pode estar presente em relação à data específica da municipalização.

Outro problema potencial é que ao considerar todos os municípios integrados ao SNT como iguais, estamos ignorando a possibilidade de heterogeneidade do tratamento ou mesmo a não conformidade da política por parte de alguns municípios. Nossa estimativa mediria o efeito médio de ser integrado ao SNT. É esperado que estimativas sejam mais conservadoras do que aquelas que seriam obtidas quando controladas pela intensidade da política, que poderia ser obtida caso tivéssemos, por exemplo, acesso ao número de multas aplicada à nível de município. Assim, dado que o processo de descentralização foi sendo adotado ao longo do tempo, nos aproveitamos desta natureza escalonada da integração ao SNT e utilizamos inicialmente um estimador de diferença-em-diferença com efeitos fixos e efeitos fixos de tempo (*two-way fixed effects*):

$$Y_{it} = \beta \text{SNT}_{it} + \phi \mathbf{X}_{it} + \lambda_i + \delta_{st} + \epsilon_{it}, \quad (1.1)$$

onde $i = 1, 2, \dots, N$ e $t = 1, 2, \dots, T$.

Nesta especificação, Y_{it} representa o número de óbitos ou de internações por acidentes de trânsito no município i no ano $t = 1998, \dots, 2018$. SNT_{it} é um indicador binário que é igual a unidade caso o município i esteja integrado ao SNT no ano t , de modo que β representa o efeito de se integrar ao SNT sobre y_{it} . Utilizamos esta medida binária de tratamento porque não possuímos informações sobre a presença de agentes de trânsito próprios ou sobre as multas aplicadas, que nos permitiria mensurar a “dose” do tratamento. $\mathbf{X}_{it}$ é um vetor de características observáveis dos municípios, como o número de internações/óbitos dos municípios limítrofes, as despesas do município com saúde, o número de automóveis e motocicletas per capita e a densidade de leitos do município. λ_i representa o efeito fixo do modelo, isto é, características não observáveis

de cada município e δ_{st} são efeitos fixos de estado-por-ano que capturam efeitos no tempo comuns aos municípios de um estado específico, que são necessários dados que municípios de um mesmo estado estão sujeitos a políticas públicas e incentivos comuns produzidos pelos órgãos estaduais. Na nossa especificação principal, que envolve estimação apenas para os municípios do RS, este efeito fixo se resume a um efeito fixo de tempo na forma λ_t .

Alternativamente, seguindo uma estratégia semelhante a de (BAILEY; GOODMAN-BACON, 2015) e de (ROCHA; SOARES, 2010), podemos utilizar a variação em *quando* e *onde* a municipalização ocorreu para estimar seu efeito sobre as taxas de mortalidade. Para tanto, usamos uma especificação de *event study* como se segue:

$$Y_{it} = \mu_i + \mu_t + \left(\sum_{\ell=-4, \ell \neq -1}^0 \zeta_l D_{it}^\ell \right) + \left(\sum_{\ell=1}^4 \lambda_l D_{it}^\ell \right) + \phi \mathbf{X}_{it} + \epsilon_{it} \quad (1.2)$$

onde D_{it}^l representa a interação de SNT_{it} com *dummies* de ano-evento, $l(t - T_i^* = l)$, que são iguais a unidade quando o ano da observação é $l = -5, \dots, 0, \dots, 5$ anos de T_i^* , a data que o município i se integrou ao SNT. Os termos *Leads* ζ_l são termos de tratamento associados com os anos anteriores ao tratamento, e nos permitem testar a hipótese de que o município e ano exato da municipalização não estão correlacionados com mudanças pré-tratamento no número de óbitos e hospitalização. Os termos λ_l são coeficientes de interesse, e capturam a divergência dos óbitos que ocorrem l anos após a municipalização, e capturam o efeito da municipalização sobre as nossas variáveis de interesse. Como a especificação inclui *leads* e *lags*, ela também nos permite controlar para a heterogeneidade do efeito da municipalização como função do tempo de exposição deste processo de descentralização, de modo que a identificação do efeito da municipalização ocorre pelas diferenças no ano de integração ao SNT e pelo tempo de exposição a descentralização. De acordo com uma literatura recente (Goodman-Bacon2018, Abraham2018, Callaway2019, Athey2018b), esta especificação garante que não estamos utilizando unidades já tratadas como unidades de controle, como ocorre na especificação de diferença-em-diferença.

1.4 Resultados

Essa seção apresenta os principais resultados para nossas estimativas do efeito da municipalização do trânsito sobre o total de vítimas fatais de trânsito e para o total de hospitalizados no SUS. Especificamente, analisamos oito variáveis dependentes ao nível de município: total de vítimas fatais de acidente de trânsito, total de óbitos de pedestres, total de óbitos de ocupante de motocicleta e óbitos de ocupantes de automóveis, internações totais por acidentes de trânsito, além de pedestres, motociclistas e

ocupantes de automóveis internados. Todas as nossas variáveis dependentes são medidas como $\ln(1 + y)$, onde y representa o total de óbitos. Nossos dados compreendem o período entre 1998 e 2018. O intervalo de confiança de 95% é calculado a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível de município.

1.4.1 Resultados Principais

A tabela 3 exibe os resultados do efeito da municipalização dos municípios do RS sobre o total de óbitos em acidentes de trânsito utilizando uma especificação de diferença-em-diferença. A coluna (1) exibe o impacto da municipalização sobre a mortalidade, e sua especificação inclui uma série de controles a nível de município. A coluna (2) registra os mesmos resultados, mas não inclui estes controles. Independentemente da especificação, os resultados para diferença-em-diferença parecem indicar que o processo de municipalização não afetou de maneira significativa o número total de vítimas fatais nos municípios tratados. Nas colunas (3) e (4) temos os resultados para o número de óbitos de condutores de motocicletas. Para este tipo específico de acidente, obtemos um resultado negativo e estatisticamente significativo. A especificação sem controles é significativa apenas a 10%, mas o resultado permanece negativo. O mesmo ocorre nas colunas (5) e (6), que mede o impacto sobre os óbitos de condutores de automóveis. Ambas as especificações estimam coeficientes negativos e significativos. Nas colunas (7) e (8), estimamos coeficientes positivos, o que parece contra-intuitivo.

Resultados para o total de internações por acidentes de trânsito são exibidos na tabela B2. As estimativas do efeito da municipalização sobre o total de internações é apresentado nas colunas (1) e (2). Em ambos os casos, os coeficientes estimados são positivos mas não significativos. Nas colunas (3) e (4) estão presentes os resultados para as internações por acidentes envolvendo motocicletas. Diferentemente dos resultados para óbitos, a municipalização parece não estar associada com uma redução no número de pacientes internados. Isso pode ser um indício de que a municipalização foi capaz de reduzir a severidade dos acidentes mas não a probabilidade de ocorrência dos acidentes. Uma possível explicação seria o aumento da fiscalização sobre o uso de capacete. As estimativas para acidentes envolvendo automóveis e pedestres, presentes nas colunas (5)-(8) apresentam um coeficiente positivo e significativo. Este não parece ser um resultado esperado da política.

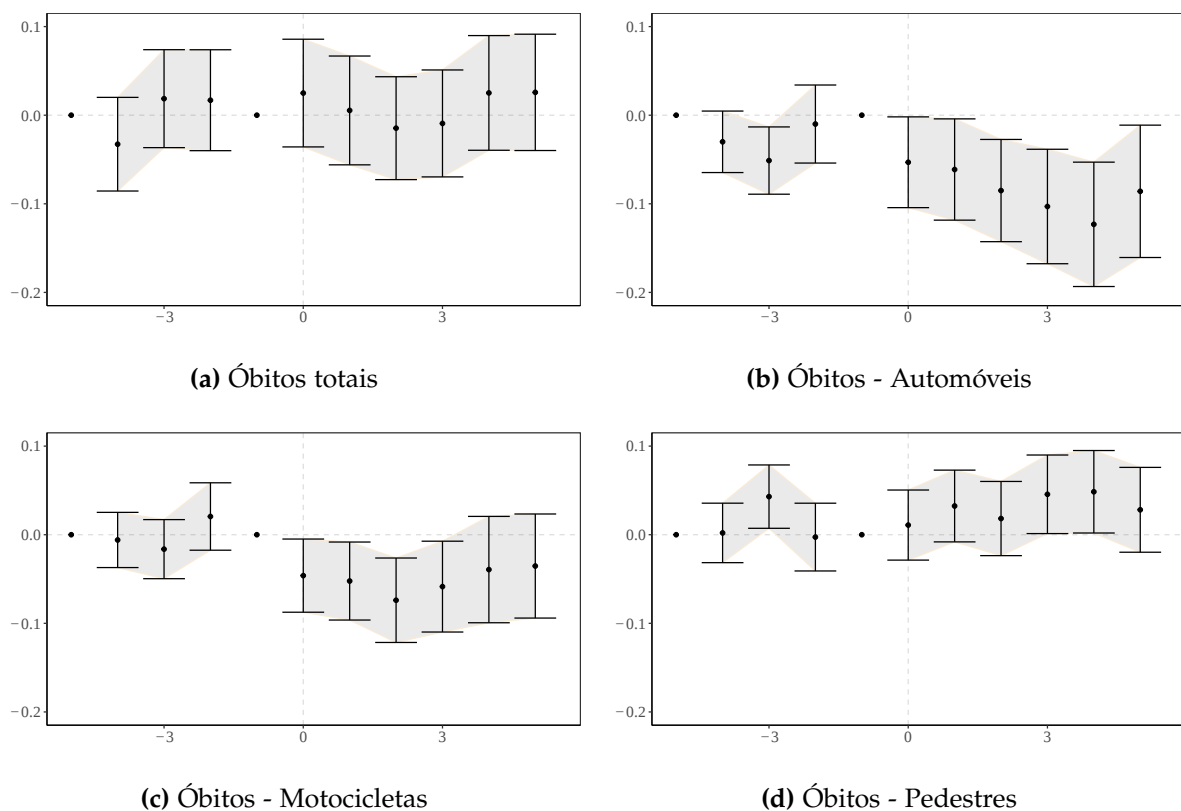
Em uma especificação alternativa, permitimos que o tratamento seja uma função do tempo de exposição a municipalização. A figura 5 exibe os resultados para o impacto da municipalização para o total de óbitos em acidentes de trânsito. Cada ponto na figura representa o coeficiente estimado para os *leads* ξ e *lags* λ como presente na equação 1.2. As linhas escuras e a área cinzenta representam o intervalo de confiança de 95%. Apresentamos as estimativas para até quatro períodos antes e depois da

Tabela 3 – Impacto sobre Óbitos, Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018

	Total		Motocicletas		Automóveis		Pedestres	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Municipalização	0,004 (0,020)	0,001 (0,019)	-0,056*** (0,018)	-0,033* (0,017)	-0,067*** (0,022)	-0,038* (0,021)	0,023 (0,015)	0,012 (0,014)
EF município?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Tempo?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle?	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Pré-tratamento	3,21	3,21	0,29	0,29	0,54	0,54	0,85	0,85
N	8.910	10.395	8.910	10.395	8.910	10.395	8.910	10.395

Nota: Todas as especificações são estimadas utilizando um painel anual de municípios do RS para o período 1998 a 2018. A variável dependente é o $\ln(1 + y)$, onde y é o total de óbitos para cada município. A regressão inclui uma *dummy* igual a unidade quando o município está integrado ao Sistema Nacional de Trânsito. A especificação com controles inclui despesas totais, despesas com saúde, automóveis e motocicletas por 1000 habitantes, e leitos hospitalares por 1000 habitante. Intervalo de confiança de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível de município.

integração do município no SNT.

**Figura 5 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos em Acidentes de Trânsito. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018**

Seguindo [Borusyak e Jaravel \(2018\)](#), excluímos ao menos duas variáveis de período relativo devido a potenciais problemas de multicolineariedade. Excluímos D^{-1} , que representa o período anterior ao tratamento e excluímos D^{-5} , que representa

o período mais distante do tratamento. Analisando as estimativas para os cinco períodos anteriores ao tratamento, não observamos evidências da existência de efeito antecipatório ou diferenciais de tendências dos óbitos nos municípios tratados antes da municipalização ocorrer. Contudo, as estimativas pós-tratamento permanecem não significativas, o que parece sugerir que a municipalização do trânsito que ocorreu entre os municípios do RS não contribuiu de modo significativo para a redução do total de vítimas fatais no trânsito.

Na figura A5b temos o resultado para a mortalidade entre ocupantes de carros, que apresenta coeficientes negativos e significativos para o período pós-tratamento. O primeiro ano após a municipalização estaria associada com uma redução de $-6,1\%$ no total de óbitos em acidentes de automóveis, chegando a uma redução de $12,3\%$ quatro anos depois. Há, contudo, uma preocupação com a presença de pré-tendências, com um dos coeficientes de *lead* diferentes de zero.

O resultado para vítimas fatais entre condutores de motocicletas estão exibidos na figura A5c, e parecem reforçar a associação negativa apresentada na especificação de diferença-em-diferença. Contudo, ao contrário do efeito observado sobre óbitos em automóveis, o efeito negativo é se reverte no longo prazo. Observamos uma redução de $5,2\%$ no primeiro ano de exposição a municipalização, seguido de reduções de $7,4\%$ e $5,8\%$, dois e três anos após o tratamento, respectivamente.

A avaliação sobre mortalidade entre pedestres é apresentada na figura A5d. De modo semelhante ao observado na tabela 3, a municipalização parece não ter sido capaz de reduzir o número de óbitos neste público.

Estimativas do impacto sobre a taxa de hospitalização estão presentes na figura 6a e parecem indicar que a municipalização também não impactou a taxa de internações por acidentes de trânsito em nenhuma das medidas construídas. Não observamos nenhuma evidência de tendências divergentes para as estimações de óbitos totais, óbitos de ocupantes de automóveis e de motocicletas. Contudo, entre as vítimas pedestres, existe uma pré-tendência positiva antes da adoção da política, o que nos leva a crer que os resultados não são válidos. Assim, não existem evidências de que a municipalização pode ter sido capaz de reduzir o número de internações por acidentes de trânsito.

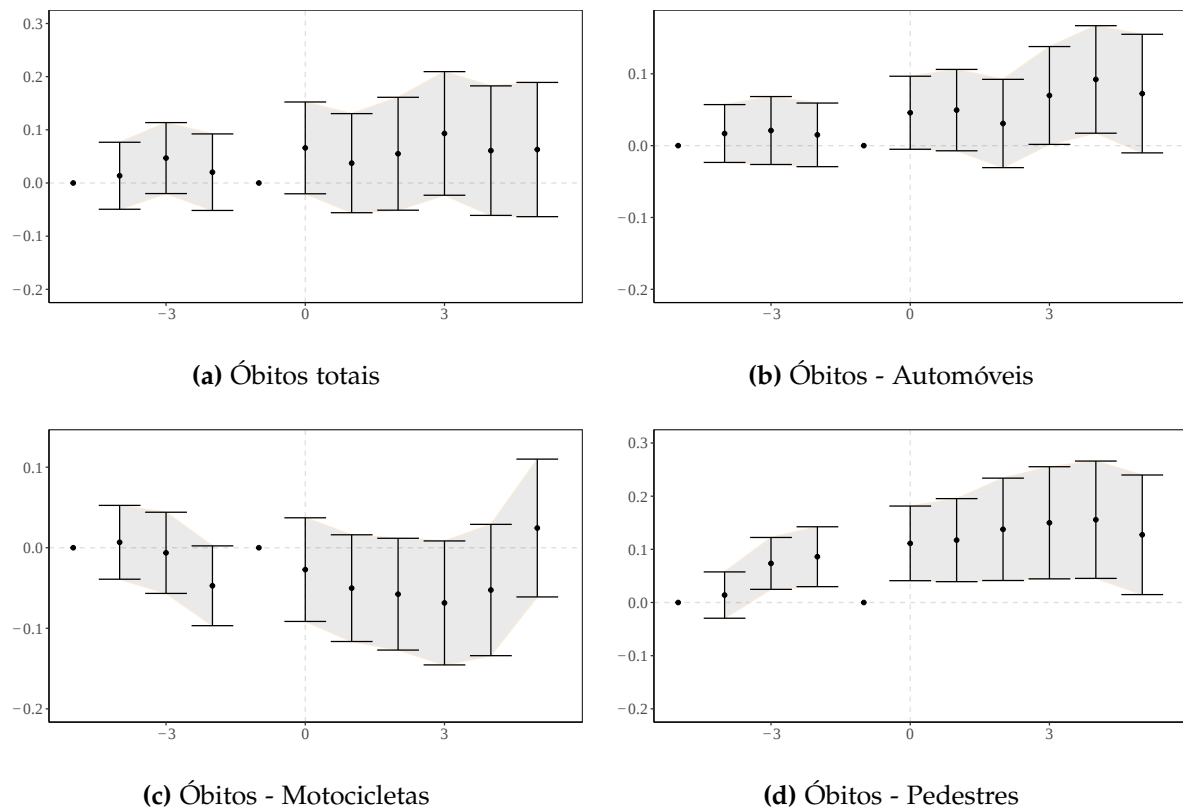


Figura 6 – Impacto da Municipalização sobre Hospitalização por Acidente de Trânsito. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018

É importante destacar que as medidas de internações são imperfeitas, pois podem não estar capturando o total de acidentes, mas apenas o total de vítimas leves e graves. Além disto, o total de acidentes é calculado a nível de município de residência e não de ocorrência. Se formos comparar com as estimativas para vítimas fatais, os resultados para acidentes seriam uma evidência que a municipalização pode ter tido um pequeno papel na redução da severidade dos acidentes, mas não foi capaz de diminuir o seu total. Uma explicação possível é a de que a fiscalização do trânsito que ocorreu como resultado da municipalização pode ter aumentado a conformidade dos condutores com normas de trânsito que reduzem a severidade dos acidentes, mas não os acidentes. Assumindo que a conformidade a estas normas de trânsito depende de um motivo instrumental, que é a percepção de perigos envolvendo comportamento perigoso, e um motivo normativo, que envolve o medo de ser punido, podemos formular a hipótese de que a motivação normativa pode estar dominando a motivação instrumental, de modo que os condutores continuam assumindo riscos desnecessários mas agora com a proteção de itens de segurança.

1.4.2 Heterogeneidade e Análise de Robustez

Dividimos nossa amostra em dois grupos de municípios, aqueles que observaram óbitos em um nível maior do que a mediana do estado no ano base e os municípios que observaram um valor abaixo. A tabela 4 apresenta os resultados de *event study* para cada subamostra. Na coluna (1) temos a subamostra de municípios com óbitos totais acima da mediana do estado. Em média, esses municípios registram 11 óbitos totais por ano. As estimativas para este subgrupo são semelhantes àsquelas observadas para a amostra completa. Ou seja, sem a presença de pré-tendência ou de divergências nas tendências de óbitos após a implantação da municipalização.

Tabela 4 – Relação entre Características dos Municípios (em 1998) e Óbitos

	Total		Motocicletas		Automóveis		Pedestres	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Ano -4	0.005 (0.064)	-0.044 (0.030)	-0.033 (0.195)	-0.007 (0.016)	-0.044 (0.079)	-0.033* (0.018)	0.004 (0.056)	-0.006 (0.016)
Ano -3	0.018 (0.067)	0.019 (0.031)	-0.001 (0.188)	-0.018 (0.017)	-0.162 (0.128)	-0.048** (0.019)	-0.012 (0.047)	0.046** (0.019)
Ano -2	0.039 (0.073)	0.003 (0.032)	-0.133 (0.197)	0.023 (0.019)	0.085 (0.108)	-0.016 (0.022)	-0.018 (0.061)	-0.014 (0.018)
Ano 0	-0.018 (0.070)	0.027 (0.034)	-0.051 (0.165)	-0.044** (0.021)	-0.057 (0.125)	-0.051* (0.027)	0.011 (0.060)	-0.012 (0.017)
Ano 1	0.068 (0.067)	-0.033 (0.036)	-0.111 (0.165)	-0.049** (0.023)	0.015 (0.144)	-0.066** (0.030)	0.059 (0.058)	-0.005 (0.018)
Ano 2	-0.024 (0.063)	-0.035 (0.035)	-0.278* (0.159)	-0.069*** (0.025)	0.049 (0.122)	-0.101*** (0.031)	0.037 (0.055)	-0.021 (0.018)
Ano 3	-0.028 (0.063)	-0.033 (0.035)	-0.256 (0.152)	-0.051* (0.026)	-0.260* (0.135)	-0.096*** (0.034)	0.070 (0.057)	-0.002 (0.018)
Ano 4	0.108 (0.067)	-0.049 (0.037)	-0.054 (0.193)	-0.038 (0.031)	-0.240* (0.138)	-0.120*** (0.038)	0.059 (0.055)	0.002 (0.020)
Ano 5	0.014 (0.064)	-0.019 (0.041)	-0.039 (0.143)	-0.029 (0.030)	-0.196 (0.131)	-0.079* (0.041)	0.082 (0.061)	-0.035* (0.018)
Subamostra	Acima mediana	Abaixo mediana	Acima mediana	Abaixo mediana	Acima mediana	Abaixo mediana	Acima mediana	Abaixo mediana
Média (ano base)	10.94	0.86	5.02	0.41	3.74	0.57	2.72	0.16
N	2,754	6,156	306	8,604	756	8,154	2,646	6,264

Nota: Todos os modelos são estimadas utilizando a especificação principal do event study. A mediana de óbitos do estado é calculada para o ano de 1998. Nas colunas (1) e (2) é calculada a mediana de óbitos totais. Na coluna (3) e (4), os óbitos envolvendo condutores de motocicletas, nas colunas (5)-(6), as medianas de óbitos de condutores de automóveis e em (7)-(8), os óbitos de pedestres. Os municípios são divididos entre aqueles que apresentavam óbitos acima ou abaixo do valor mediano do estado no ano base.

Já na coluna (2), temos o mesmo resultado, mas para municípios que registraram óbitos em um número menor que a mediana do estado. Entre eles, a média de óbitos é de cerca de 1 óbito ano e os resultados das estimativas de *event study* são semelhantes aos encontrados na coluna (1). Para os óbitos envolvendo ocupantes de motocicletas,

áreas com menos óbitos nesta categoria (coluna 5) experimentaram uma redução significativa nestes óbitos um ano após a municipalização. No segundo ano pós-tratamento, estes municípios observaram uma redução relativa dos óbitos quase duas vezes maior do que entre os municípios acima da mediana. Este padrão se repete entre óbitos envolvendo ocupantes de automóveis.

As colunas (5) e (6) mostram uma disparidade no efeito da municipalização entre os dois grupos, com os municípios abaixo da mediana apresentando uma redução de óbitos significativa e persistente para todo o período de cinco anos após a municipalização. Comparando os resultados para óbitos de motocicletas e de automóveis podemos afastar a hipótese de que a municipalização pode ter tido efeitos maiores em regiões com maior mortalidade no trânsito.

Uma segunda hipótese é a municipalização poderia beneficiar mais municípios que inicialmente tinham um número maior de motocicletas per capita, uma vez que a municipalização promoveria uma maior fiscalização das normas relativas a uso de capacete. A mediana para este grupo é calculada para o ano de 2001, o primeiro ano da nossa série de frota de veículos, de modo que temos dois grupos de municípios, abaixo e acima da mediana estadual.

As estimativas de *event study* estão registradas na tabela 5. Observando as colunas (3)-(4), contudo, os resultados parecem inconsistentes com esta hipótese. Entre os municípios com mais motos no ano base, o efeito da municipalização sobre os acidentes envolvendo condutores de motos é não significativo. Entre os municípios que tinham uma menor densidade de motocicletas em 2001, o efeito da municipalização é significativo e persistente durante todo o período de cinco anos após a descentralização das políticas de trânsito. Contudo, é possível que municípios com baixa densidade de motocicletas no ano base, tenham experimentado um grande crescimento durante o período.

Entre os municípios com motocicletas per capita acima da média, o total de motocicletas passou de 45 para mil habitantes em 2001 para 134 por mil habitantes em 2018, representando uma média de 96,9 motocicletas por mil habitantes e um crescimento de quase três vezes. Entre os municípios com menor cobertura inicialmente, observamos uma densidade de 17 em 2001 para 87 em 2018, indicando que a densidade de motocicletas quintuplicou.

As colunas (5)-(6) comparam os resultados dos municípios com uma frota per capita acima e abaixo da mediana do estado no ano base. Para ambos os grupos de municípios, vemos uma redução dos óbitos associados a ocupantes de automóveis após a municipalização do município. Contudo, entre os municípios com uma baixa densidade de automóveis no ano base, o efeito é observado um ano após a municipa-

Tabela 5 – Relação entre Total de Veículos (em 2001) e Óbitos

	Total		Motocicletas		Automóveis	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ano -4	0.019 (0.043)	-0.073** (0.034)	-0.005 (0.023)	-0.005 (0.022)	0.004 (0.032)	-0.058*** (0.019)
Ano -3	0.048 (0.040)	-0.002 (0.039)	-0.006 (0.025)	-0.026 (0.024)	-0.057* (0.034)	-0.043* (0.023)
Ano -2	0.055 (0.041)	-0.014 (0.040)	0.046* (0.028)	-0.003 (0.027)	0.033 (0.036)	-0.036 (0.028)
Ano 0	0.010 (0.047)	0.040 (0.041)	-0.029 (0.032)	-0.061** (0.028)	-0.052 (0.040)	-0.045 (0.035)
Ano 1	0.033 (0.044)	-0.018 (0.045)	-0.016 (0.033)	-0.086*** (0.030)	-0.032 (0.044)	-0.079** (0.040)
Ano 2	-0.0004 (0.045)	-0.024 (0.038)	-0.014 (0.034)	-0.134*** (0.034)	-0.038 (0.044)	-0.119*** (0.040)
Ano 3	0.021 (0.044)	-0.040 (0.042)	0.022 (0.038)	-0.138*** (0.035)	-0.084* (0.051)	-0.111** (0.044)
Ano 4	0.019 (0.047)	0.030 (0.046)	0.012 (0.042)	-0.090** (0.044)	-0.140*** (0.053)	-0.093* (0.050)
Ano 5	0.067 (0.048)	-0.019 (0.045)	0.030 (0.041)	-0.089** (0.042)	-0.075 (0.055)	-0.073 (0.052)
Subamostra	Acima mediana	Abaixo mediana	Acima mediana	Abaixo mediana	Acima mediana	Abaixo mediana
Média (ano base)	495.97	338.3	96.9	55.64	291.23	187.41
N	4,446	4,464	4,446	4,464	4,446	4,464

Nota: Todos os modelos são estimadas utilizando a especificação principal do event study. A mediana de total de veículos é calculada para o estado em 2001, o primeiro ano da série de frota de veículos. Nas colunas (1) e (2) é calculada a mediana de veículos totais por 1000 habitantes. Na coluna (3) e (4), a mediana de motocicletas por 1000 habitantes e nas colunas (5)-(6) a mediana de automóveis por 1000 habitantes. Os municípios são então estratificados de acordo com a densidade de veículos existente no ano base de 2001.

lização do trânsito. Entre os municípios com elevada frota de automóveis per capita, existe uma associação negativa entre óbitos e municipalização, mas apenas no terceiro e quarto anos após a política. Para estas estimativas, existe uma preocupação com a presença de pré-tendência, sobretudo no grupo de municípios abaixo da mediana cinco e quatro anos antes da municipalização do trânsito. Esta divergência de tendências ocorre muitos anos antes das mudanças no trânsito no ano zero, mas ainda podem gerar preocupações quanto a validade dos resultados. A diferença entre os resultados deste dois tipos de municípios pode sugerir que a municipalização pode ter beneficiado mais os municípios com menor densidade de automóveis no ano base.

Outra hipótese é a de que a municipalização pode ter resultado em um impacto maior entre os homens do que entre as mulheres. Assim, nós investigamos a disparidade existente entre óbitos femininos e masculinos. Na nossa amostra para o Brasil, homens são bem mais vulneráveis a este tipo de ocorrência, com o total de óbitos masculinos para o período entre 1998-2018 chegando a mais de 600 mil pessoas, enquanto o número de mulheres vítimas de acidentes foi de 140 mil. A partir das informações socioeconômicas das vítimas, que incluem sua idade e sexo, podemos construir medidas de mortalidade e hospitalização separadas.

No painel 7a vemos o resultado do impacto da municipalização sobre o total de óbitos femininos e masculinos no RS. A comparação do painel (a) e (b) parece indicar que não há uma grande diferença na forma como a municipalização impactou a mortalidade entre estes dois grupos. Quando considerado o subgrupo de óbitos de ocupantes de automóveis, a municipalização parece está associada a uma redução de magnitude semelhante entre homens e mulheres. Após a descentralização do trânsito, os óbitos masculinos apresentam uma redução estatisticamente significativa de $-4,9$ no primeiro ano, de $-6,8$ no segundo ano e alcançando $-10,5$ quatro anos depois. Entre as mulheres houve uma redução percentual de $-3,9$ no primeiro ano, de $-4,6$ no segundo ano, chegando a $-5,0$ no quarto ano. Assim, os dados não produzem nenhuma evidência de a municipalização possa ter beneficiado de maneira desproporcional um dos grupos. Também observamos um resultado semelhante para os óbitos envolvendo motocicletas e pedestres.

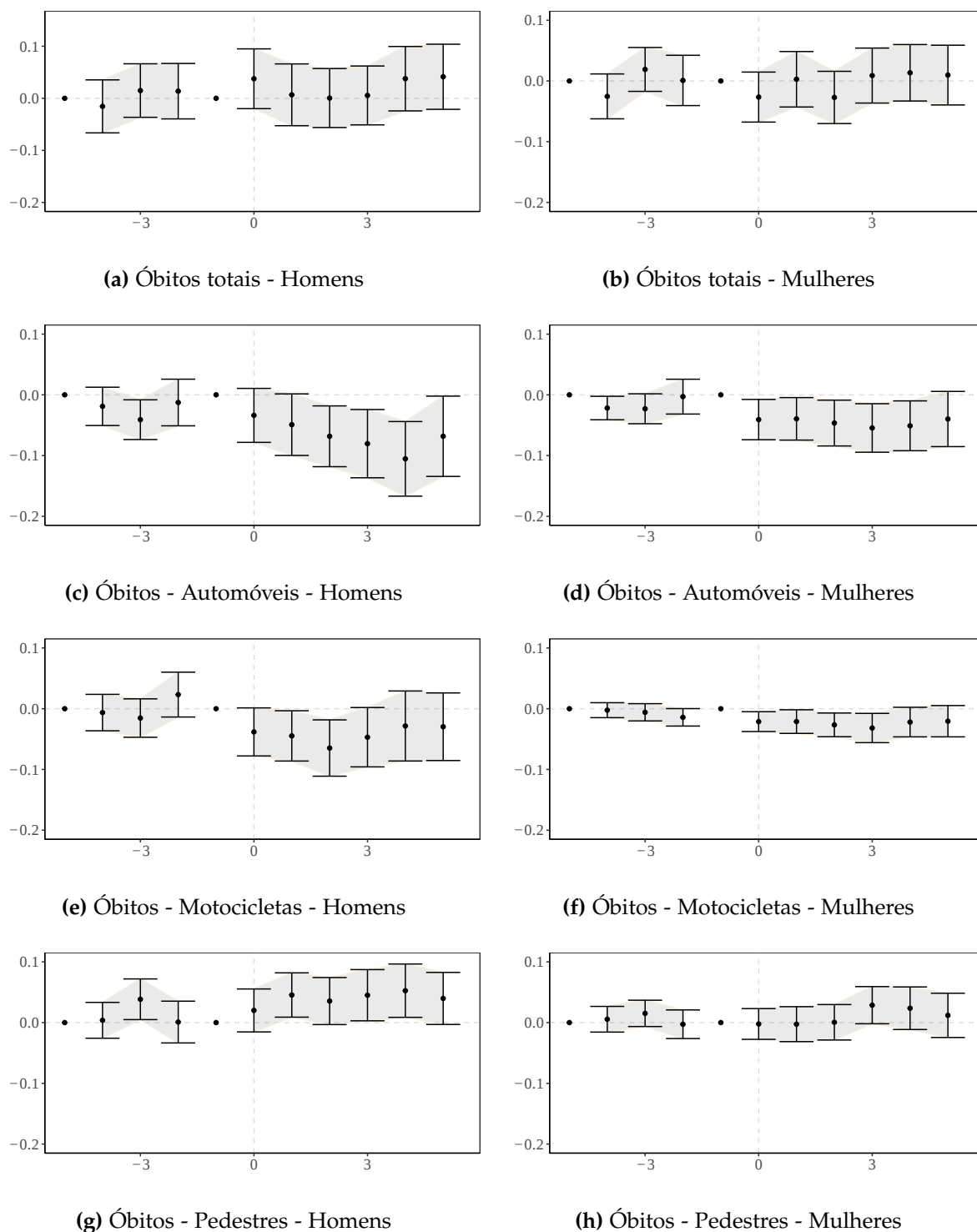


Figura 7 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos em Acidentes de Trânsito - Sexo. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018

Cabe também levantar a hipótese de que a municipalização pode ter afetado de maneira diferente o grupo de jovens ocupantes de veículos. Entre os jovens de 13 a 29 anos, acidentes de trânsito são a segunda principal causa de mortes. Os resultados exibidos a partir do painel 8 mostram o impacto da municipalização sobre o total

de vítimas nesta faixa etária parecem menos conclusivos do que os estimados para o público geral.

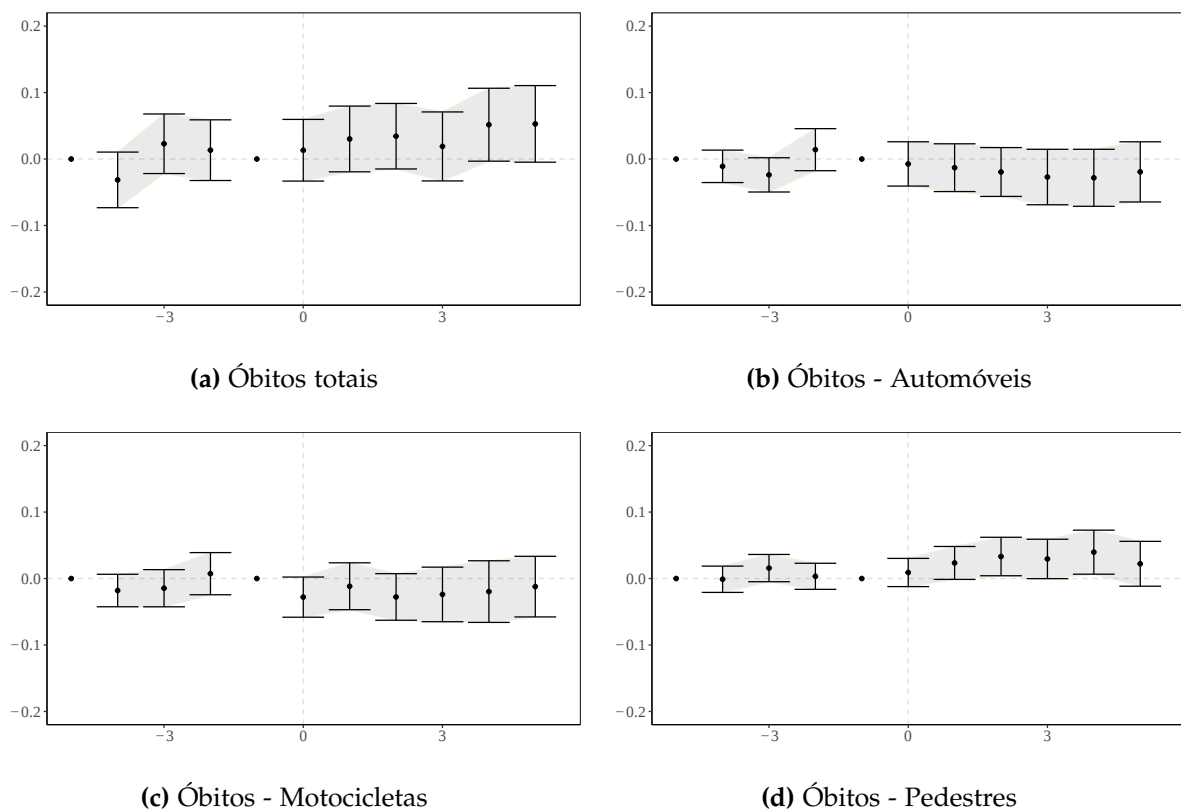


Figura 8 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos de Jovens em Acidentes de Trânsito. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018

Os coeficientes para vítimas fatais nas quatro categorias não são estatisticamente diferentes de zero. É possível especular que este é o resultado de menor conformidade da política entre os jovens comparado ao público de maior idade. Segundo (YAGIL, 1998), a motivação entre jovens condutores para dirigir de maneira segura é menor do que entre outros grupos etários. Além disto, existiria dentro deste grupo etário uma percepção menos negativa sobre outros indivíduos que desobedecem a lei do que a percepção observada entre indivíduos de maior idade.

Para afastar a possibilidade de que as estimativas são sensíveis a eventos ocorridos em um ano específico, estimamos outra especificação de *event study* sem a inclusão de um dado ano e exibimos o coeficiente referente ao primeiro ano de tratamento na figura 9. No painel (a), vemos que para cada uma das 20 subamostras, nenhuma delas apresentou associação entre a municipalização e o total de óbitos estatisticamente diferente de zero. Contudo, as estimativas para o total de óbitos envolvendo ocupantes de automóveis é significativa para algumas subamostras. Este é um comportamento presente apenas nas estimativas de primeiro ano, quando consideramos os coeficientes

para o segundo, terceiro e quarto ano de tratamentos, os resultados são consistentemente negativos. Entre os óbitos envolvendo ocupantes de motocicleta, as estimativas são negativas para todas as subamostras. Resultado semelhante foi obtido para os óbitos envolvendo pedestres, onde os coeficientes estimados não são diferentes de zero para nenhuma subamostra.

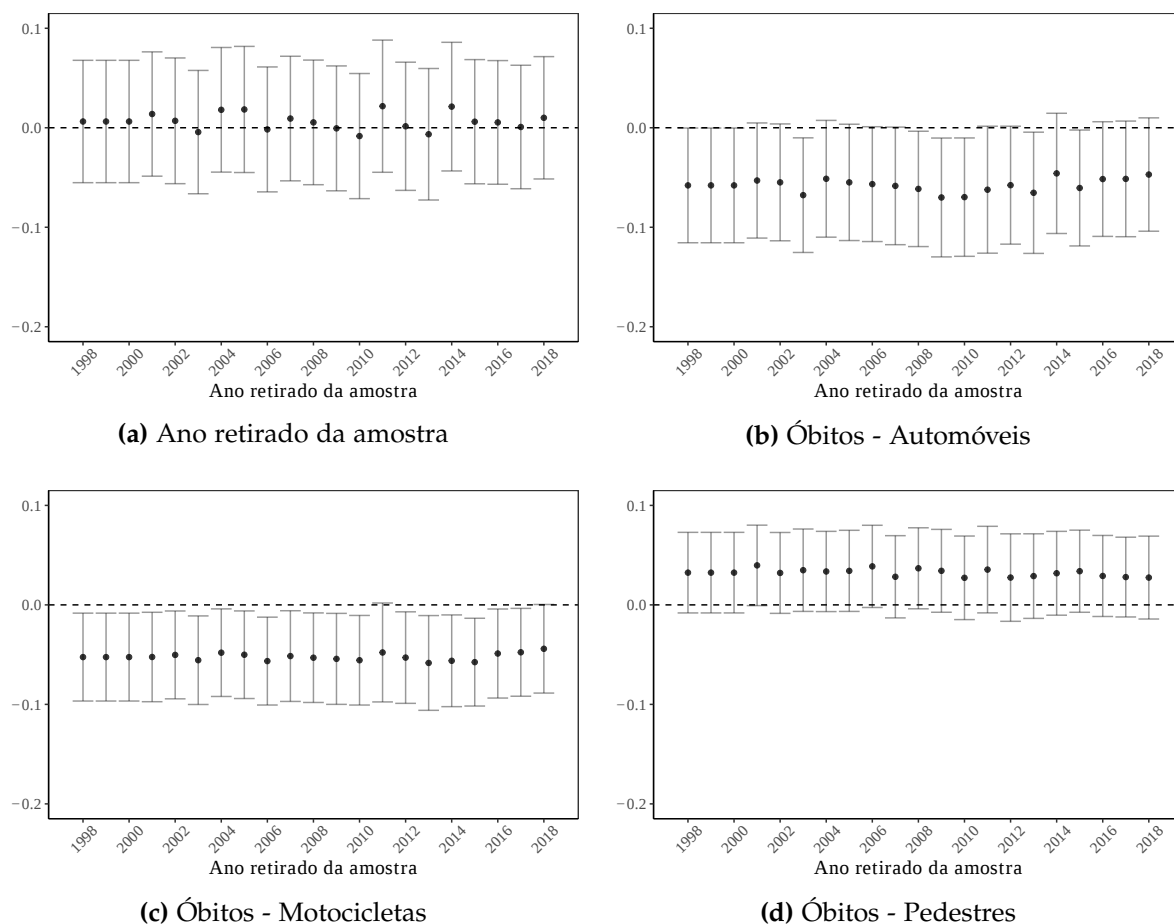


Figura 9 – Robustez - Subamostras

Uma última hipótese explorada neste estudo é a de que o efeito da municipalização pode ter sido maior nas microrregiões fora da região metropolitana de Porto Alegre (RM-POA) – a região onde se encontra a capital do estado, e com melhor infraestrutura do estado. A figura 10 mostra a sensibilidade da especificação principal à remoção de uma microrregião específica.

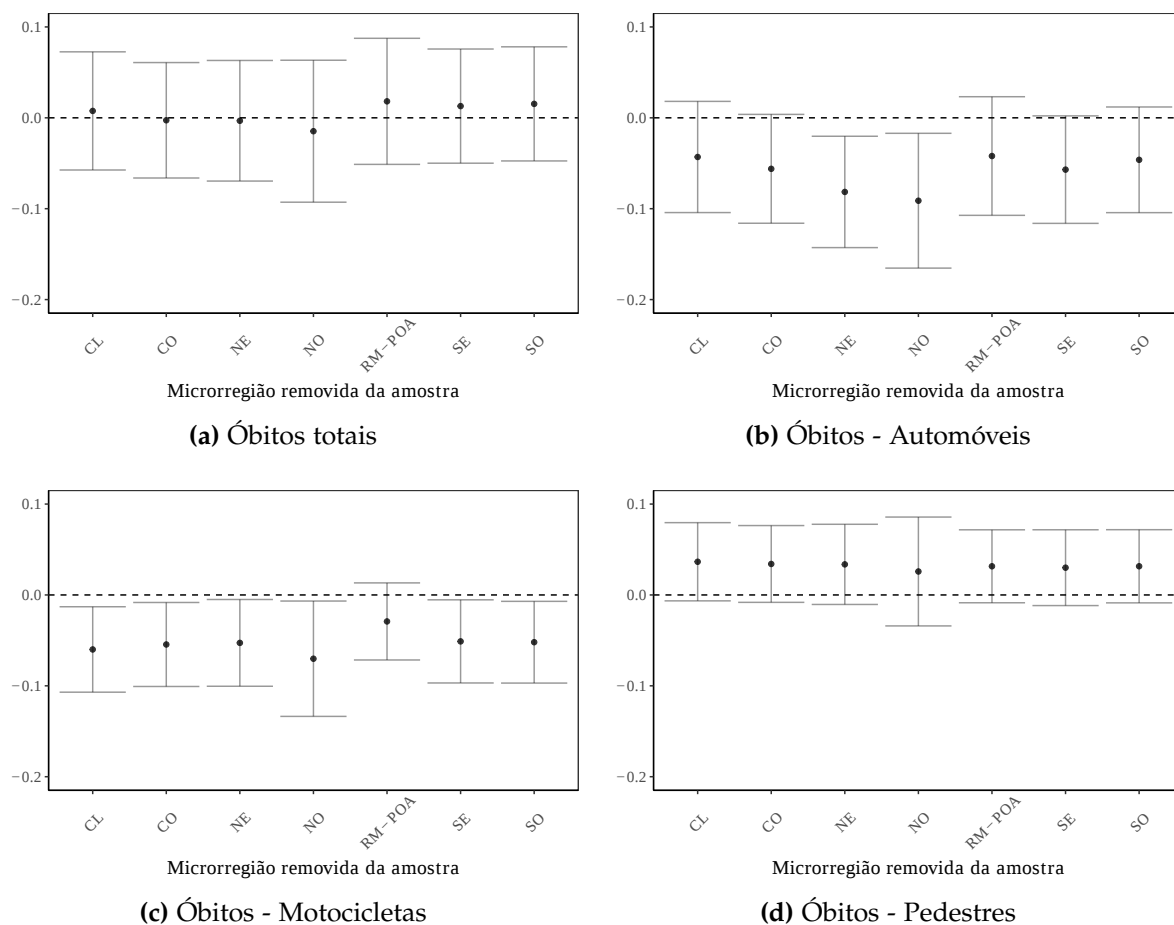


Figura 10 – Heterogeneidade na Relação entre Óbitos e Características do Município - Removendo região da amostra

No painel (a), as estimativas de redução dos óbitos totais é consistentemente não diferente de zero. Para os óbitos de ocupantes de automóveis, a exclusão da região metropolitana produziu resultados diferentes da especificação principal com todos os municípios. As estimativas para ocupantes de motocicletas no painel (c) mostram o mesmo comportamento. Ao excluir a região metropolitana de Porto Alegre, o efeito da municipalização é não significativo. Como esperado, os painéis (b) e (c) parecem indicar que existe uma importante heterogeneidade na forma como a descentralização das políticas de municipalização ocorreu no estado. Por concentrar alguns dos maiores municípios do estado, a região metropolitana estaria melhor posicionada para prover os serviços de trânsito com uma dosagem maior. Este é um indício de que a administração da estrutura de trânsito municipal é um importante mecanismo na redução dos óbitos no trânsito.

A tabela 6 mostra estimativas do nosso modelo de diferença-em-diferença para o total de óbitos de ocupantes de motocicleta considerando diferentes grupos de controles. Como já discutido na especificação principal da tabela 8, o efeito de menor

magnitude é obtido quando estimamos o resultado sem nenhuma variável de controle (coluna 1). Na coluna (2) temos a inclusão de duas variáveis fiscais, despesas totais per capita e despesas com saúde e saneamento per capita. A coluna (3) inclui duas variáveis relativas a frotas de veículos. A inclusão dessas duas variáveis produzem uma mudança significativa no efeito da municipalização sobre os óbitos de condutores de motocicletas.

Tabela 6 – Robustez - Diferentes Especificações

	Óbitos de Ocupantes de Motocicleta					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Municipalização	-0.033* (0.017)	-0.034* (0.017)	-0.056*** (0.018)	-0.056*** (0.018)	-0.056*** (0.018)	-0.056*** (0.018)
Despesas (per capita)		-0.045** (0.021)	-0.014 (0.030)	-0.014 (0.030)	-0.015 (0.030)	-0.014 (0.030)
Despesa Saúde (per capita)		0.014 (0.012)	0.004 (0.014)	0.004 (0.014)	0.003 (0.014)	0.003 (0.014)
Automóveis (per capita)			-0.108** (0.052)	-0.108** (0.052)	-0.095* (0.051)	-0.095* (0.051)
Motocicletas (per capita)			0.041 (0.035)	0.041 (0.035)	0.042 (0.035)	0.041 (0.034)
Leitos (per capita)					0.019** (0.009)	0.020** (0.009)
Óbitos - Moto (vizinhos)						0.041*** (0.007)
EF município?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Tempo?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
N	10,395	10,395	8,910	8,910	8,910	8,910

Nota: Todas as especificações são estimadas utilizando um painel anual de municípios do RS para o período 1998 a 2018. A variável dependente é o $\ln(1 + y)$, onde y é o total de óbitos de ocupantes de motocicletas. A regressão inclui uma *dummy* igual a unidade quando o município está integrado ao Sistema Nacional de Trânsito. Dados de leitos per capita estão disponíveis a partir de 2005. Dados de frotas de veículos estão disponíveis a partir de 2001. Intervalo de confiança de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível de município.

Uma hipótese da literatura é a de que parte do aumento da mortalidade no trânsito é o resultado do aumento de fluxos de veículos. Romem e Shurtz (2016) utilizam a redução do volume de tráfego diário que ocorre durante a observação religiosa do Sabá em Israel para estimar o efeito do volume de tráfego sobre a probabilidade de acidentes. O autor observa uma externalidade negativa do volume de tráfego durante o fim do Sabá. A inclusão do total de automóveis e motocicletas por município nas nossas estimativas (coluna 3) parece impactar nas estimativas da municipalização sobre o total de óbitos.

A coluna (5) inclui o número de leitos per capita como variável de controle. Por fim, a coluna (6) inclui uma medida de óbitos de motocicletas que ocorrem nos municípios vizinhos. Este controle é positivo e significativo, levando a suspeitas de que existe uma dependência espacial na mortalidade de municípios que compartilham fronteiras.³

³ A tabela B5 mostra diferentes especificações para a equação de óbitos de ocupantes de automóveis.

1.5 Conclusão

Seguindo a sugestão da teoria da descentralização fiscal de que a provisão local de bens e serviços públicos seria mais eficiente do que a oferta produzida por um governo central, o Brasil adotou, após a promulgação da Constituição de 1998, um processo de descentralização de suas políticas públicas, que incluiu a atualização do Código Brasileiro de Trânsito em 1997. Esta legislação promoveu uma descentralização das políticas de trânsito, com municípios adquirindo uma série de novas responsabilidades referentes a fiscalização das normas de trânsito, a organização e o planejamento das suas vias rodoviárias.

A despeito desta nova legislação instituir a obrigatoriedade da municipalização do trânsito a partir de 1998, apenas 30% dos municípios cumpriam os requisitos mínimos necessários para prover estes serviços públicos em 2018. Ademais, mesmo entre os 1.701 municípios que se integraram ao Sistema Nacional de Trânsito, último requisito legal para a municipalização, uma parcela considerável destas cidades não foram capazes de atender os requisitos ideais, como a constituição de agências municipais e a contratação de agentes públicos para a realização de fiscalização efetiva.

No caso de municípios de pequeno porte, a implementação da municipalização seria vista como uma política com elevados custos, inclusive políticos, e reduzidos benefícios, sobretudo em relação à baixa capacidade de arrecadação dos municípios com pequenas frotas de veículos. Assim, a fim de incentivar este processo de descentralização, vários estados adotaram uma série de estratégias que envolviam convênios para compartilhamento de obrigações, com o objetivo de reduzir os custos operacionais e políticos para os municípios.

Este artigo analisou o processo de implementação desta política de municipalização no estado do Rio Grande do Sul, um estado que instituiu o objetivo de universalização da descentralização de políticas de trânsito, e que pode servir de exemplo para diversos estados. Em 2018, 95% dos municípios do estado haviam se integrado ao Sistema Nacional de Trânsito, produzindo uma oportunidade de avaliação dos impactos desta política sobre o total de vítimas de trânsito.

Nossos resultados principais mostrariam que a municipalização não foi capaz de reduzir o total de óbitos ocorridos em acidentes de trânsito, mas sugerem que a municipalização registrou um pequeno impacto em reduzir o número de vítimas fatais entre condutores de motocicletas e veículos. Tais evidências estão de acordo com as teorias de que políticas de fiscalização precisam ser percebidas como críveis, o que só ocorreria com a presença de ações efetivas na localidade. Avaliamos também os efeitos desta política sobre o total de internações em hospitais públicos em decorrência de acidentes de trânsito. Os resultados são menos conclusivos, e parecem indicar um

efeito nulo da política sobre esta medida de segurança no trânsito. É possível que este resultado reflita a capacidade da fiscalização local em reduzir apenas a severidade dos acidentes, e não o número de acidentes.

Ao aplicar de maneira mais efetiva a fiscalização das normas de trânsito, como uso de capacete e cinto de segurança, os municípios seriam capazes de evitar o agravamento de acidentes que ocorreriam de toda a forma. Contudo, não podemos afastar preocupações que estes resultados sejam influenciados por erros de medidas presentes nestas medidas, uma vez que dados de internações oferecidos pelo Ministério da Saúde não incluem o local de ocorrência do acidente, mas apenas o local de residência.

Nossas análises apontam para diferenças dos efeitos da municipalização entre os municípios, reforçando a suspeita de que apenas a integração ao Sistema Nacional de Trânsito não seja suficiente para reduzir o número de óbitos no trânsito. Estas diferenças no efeito tratamento podem ser o resultado de heterogeneidades na administração da estrutura de trânsito, com municípios capazes de contratar agentes de trânsito próprios e adotar políticas efetivas, observando uma redução maior do número de acidentes e óbitos no trânsito. Além disto, diferenças nas características dos municípios existentes no início do tratamento, como o tamanho da frota municipal de veículos, parecem explicar em parte o efeito da municipalização sobre os óbitos no trânsito. Nossos achados sugerem ainda que o aumento da fiscalização de trânsito nos municípios não afetou de modo significativo os óbitos que ocorrem entre jovens e homens, dois dos grupos mais vulneráveis a acidentes de trânsito. A experiência do RS parece indicar que outros estados que pretendam universalizar a cobertura da municipalização do trânsito devem estar dispostos a dividir responsabilidades com os governos locais, liderando este esforço.

2 Efeitos das Câmeras de Velocidade sobre Segurança no Trânsito

2.1 Introdução

Segundo a [OMS \(2018\)](#), em 2016 o número de mortes por acidentes de trânsito chegou a 1,35 milhão em todo o mundo, representando a oitava maior causa de mortes naquele ano. Estes mesmos acidentes produziram entre 20 e 50 milhões de feridos no mundo, com muita das vítimas desenvolvendo deficiências físicas permanentes. No Brasil, o país registrou 36.429 vítimas fatais em 2017 ¹ deste tipo de causa. Em rodovias federais no mesmo ano, 204.289 indivíduos se envolveram em acidentes de trânsito, produzindo 65.583 vítimas leves, 18.673 vítimas graves e 6.245 vítimas fatais ².

Em resposta a este problema, a Organização das Nações Unidas (ONU) proclamou em 2010 a década de 2011-2020 como a Década de Ações para a Segurança no Trânsito ([ONU, 2010](#)), e em 2015 incluiu na sua agenda de desenvolvimento sustentável, a meta de reduzir pela metade o número de vítimas fatais e feridas por acidentes de trânsito até o ano de 2020. Entre os países de renda média como o Brasil, 60 dos 98 países observaram aumento no número de acidentes, com 23 sendo capazes de reduzir o número de acidentes. Já entre as nações de alta renda, metade foi capaz de diminuir o número de mortos no trânsito, a despeito de já possuírem uma taxa de mortalidade baixa ([OMS, 2018](#)).

O excesso de velocidade é fator importante do problema de segurança no trânsito, uma vez que velocidades mais altas geram menos tempo de reação para o condutor, produzem distâncias de frenagem maiores e diminuem a manobrabilidade do veículo. Nas estradas federais brasileiras, 38% dos acidentes são ocasionados por falta de atenção, 10% por condução sob influência de álcool e 8% devido ao excesso de velocidade³. A resposta do poder público a esse problema envolve limites estritos de velocidade, com fiscalização feita por meio de agentes de trânsito ([Deangelo \(2009\); DeAngelo e Hansen \(2014\)](#)) e/ou por meio de câmeras eletrônica de velocidade ([Tang \(2017\); Ang, Christensen e Vieira \(2019\)](#))

No Brasil, o Programa Nacional de Controle de Velocidade (PNCV), iniciado em março de 2011, foi responsável pela instalação inicial de 3.659 câmeras eletrônicas de

¹ Segundo dados do DATASUS do Ministério da Saúde.

² Segundo os dados de acidentes de trânsito disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal do Brasil.

³ Dados da Polícia Rodoviária Federal compilado por tipo de acidente.

velocidade em 52 mil quilômetros de estradas federais. O programa foi expandido ao longo dos anos, e em dezembro de 2018, quase 5.000 equipamentos estavam operando em 841 cidades do país. Estas câmeras eletrônicas instaladas em estradas federais arrecadaram em 2018 um valor de R\$ 737 milhões como resultado da emissão de 4.840.535 de multas por excesso de velocidade ⁴ a um custo estimado de R\$ 3 bilhões para renovação de todas as câmeras no Brasil.

Achados de outros estudos indicam que estes equipamentos são efetivos em reduzir acidentes (Li, Graham e Majumdar (2013); Ang, Christensen e Vieira (2019); Tang (2019); Hoye (2015)). Ang, Christensen e Vieira (2019) mostram que uma política de redução de velocidade realizada na cidade de São Paulo foi capaz de reduzir o número de acidentes, e que locais com câmeras de segurança observaram reduções maiores. Tang (2019) avalia o efeito da instalação de câmeras de velocidades nas estradas do Reino Unido, com estimativas indicando que estes equipamentos foram capazes de reduzir não apenas os acidentes como sua severidade.

Contudo, o Reino Unido possui uma taxa de mortalidade no trânsito bastante baixa, de 3 mortes por 100 mil habitantes, resultado quase sete vezes menor que o presente no Brasil, levando a preocupações de que resultados para países desenvolvidos podem não ser válidos no contexto de um país em desenvolvimento como o Brasil. Além disto, o Brasil é territorialmente maior, o que produz uma série de dificuldades em relação à fiscalização de trânsito, sobretudo em áreas mais remotas. Além de possuir uma população mais jovem, e uma maior proporção de motocicletas na sua frota rodoviária, que são mais vulneráveis a acidentes de trânsito. Nesse contexto, procuramos estimar o efeito causal da instalação das câmeras de velocidade em rodovias federais brasileiras, o que inclui localidades rurais e remotas, diferentes do contexto urbano explorado por Ang, Christensen e Vieira (2019). Para alcançar este objetivo, utilizamos uma estratégia de diferença-em-diferença e de *event study* que se aproveita da implementação escalonada do Programa Nacional de Controle de Velocidade no Brasil.

Nossos resultados principais mostram que a implementação do programa de velocidade está associada a uma redução significativa no número de acidentes e na sua severidade, com uma redução dos acidentes ocorrendo já no primeiro trimestre de monitoramento. O programa parece reduzir não apenas o número de acidentes totais, mas também reduzir o número de acidentes graves, com vítimas feridas e fatais. Quando consideramos a relação entre as características do local e os acidentes, descobrimos que as câmeras de velocidade parecem mais efetivas em vias rurais, que carecem de outras formas de fiscalização e onde os condutores tendem a desenvolver velocidades mais elevadas.

⁴ Calculados a partir dos dados de multas disponibilizado pela Polícia Rodoviária Federal

O efeito benéfico das câmeras parece ser potencializado durante o dia, o que pode indicar que o efeito das câmeras é menor em condições ruins de visibilidade. Além disso, a infraestrutura viária parece ter um papel importante, visto que localidades de pista simples parecem se beneficiar mais da instalação de câmeras de velocidade do que locais estradas com múltiplas pistas. Estas estradas simples produzem situações de ultrapassagem mais perigosas, e a instalação da câmera pode estar dissuadindo os condutores a não realizarem essas manobras.

Este artigo é estruturado da seguinte maneira. Na seção 2.2 apresentamos uma breve história da programa de controle de velocidade no Brasil e outros resultados da literatura. Na seção 2.3 descrevemos os dados utilizados. Na seção 2.4 discutimos a estratégia empírica. Seção 2.5 apresenta os resultados do impacto da instalação das câmeras de velocidade sobre os acidentes totais em estradas federais e a severidade desses acidentes e para uma série de heterogeneidades e análises de robustez. Finalmente, na seção 2.6 apresentamos nossas conclusões.

2.2 Revisão da Literatura

2.2.1 Programa Nacional de Controle de Velocidade

No Brasil, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é uma agência federal cujo objetivo é implementar as políticas de infraestrutura de transporte, desde sua operação, manutenção, restauração e expansão. Em 2011, o DNIT implementou o Programa Nacional de Controle de Velocidade (PNCV), que tinha como objetivo reduzir o número de acidentes e a severidade desses acidentes em estradas federais a partir da instalação de milhares de câmeras de velocidade para monitorar cerca de 5.392 estradas por um período de cinco anos.

O PNCV foi desenhado para permitir a fiscalização da extensa malha rodoviária brasileira, sendo uma alternativa ao uso de agentes de trânsito. A expansão desse programa é retratado na figura 11.

Os dados mostram que o PNCV teve início no biênio 2011-2012 com cerca de 1.743 equipamentos, cobrindo 16 estados brasileiros, e chega a 2018 com quase 5.000 equipamentos instalados em todo o país. Entre março de 2011 e janeiro de 2019, quatro extensões do contrato original ocorreram, com a manutenção das câmeras já em funcionamento e a instalação de novos equipamentos.

Em 14 de janeiro de 2019, em meio a controvérsias políticas em que o presidente brasileiro fez duras críticas ao sistema de câmeras de velocidade, o governo encerrou os contratos de todas as câmeras de controle de velocidade. O DNIT, que já havia mudado o modelo de licitação para ser dividido em 24 lotes, dos quais 17 já estavam

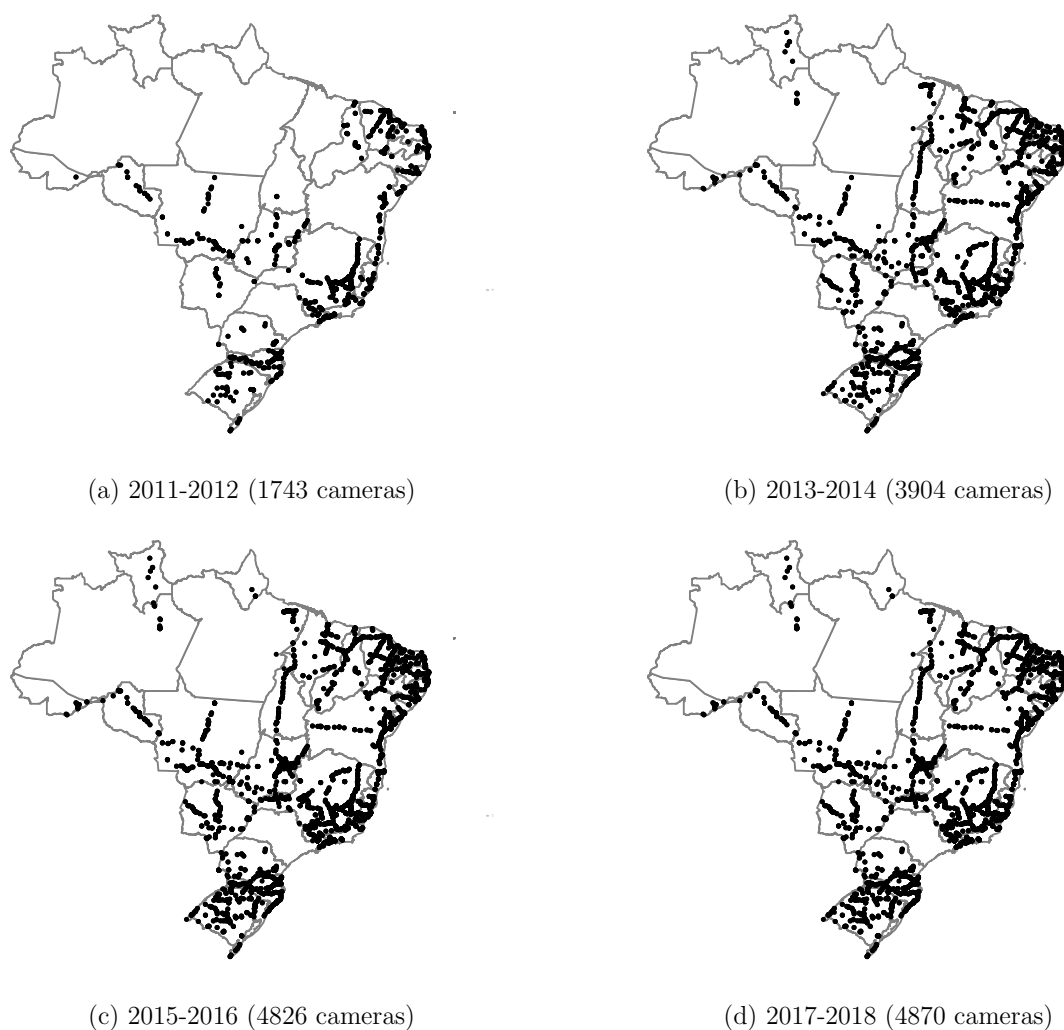


Figura 11 – Distribuição Espacial das Câmeras Eletrônicas de Velocidade, 2011-2018

em execução, interrompe a operação de milhares de câmeras. Após 14 de janeiro, apenas 471 novas câmeras foram instaladas de acordo com o cronograma inicial e 762 outras estavam contratadas mas não instaladas. A figura 12 mostra a localização das câmeras que foram instaladas pelos contratos já executados (pontos escuros) e a localização das câmeras que tiveram seus contratos interrompidos.

De acordo com a legislação federal⁵, existem no Brasil quatro tipos de equipamentos para fiscalização eletrônica de velocidade: os equipamentos fixos, estáticos, móveis e portáteis. Um dispositivo fixo é aquele instalado em um local permanente, sem a possibilidade de mudança. As câmeras estáticas são montadas em um veículo parado ou em suporte apropriado. Equipamentos móveis são instalados em veículos em movimento, sendo capazes de realizar a medição ao longo de uma rodovia. E por fim, equipamentos portáteis são utilizados por agentes de trânsito e devem ser

⁵ <https://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_CONTRAN_396_11.pdf>



Figura 12 – Distribuição Espacial das Câmeras Eletrônicas em Janeiro de 2019

direcionados manualmente em um veículo alvo.

Este estudo trata apenas de câmeras de velocidade fixa, uma vez que elas tem uma localização física permanente e possuem registro da sua data de instalação. A figura 13 mostra os dois tipos de câmeras fixas utilizadas no Brasil: os controladores eletrônicos de velocidade (CEV), que tem o objetivo de fiscalizar o limite máximo regulamentado para a via e os redutores eletrônicos de velocidade (REV), que tem o objetivo de supervisionar o limite de velocidade em um trecho crítico, que por alguma razão necessitam de um limite de velocidade menor do que limite máximo regulamentado para aquele tipo de via. Os dois tipos de câmeras capturam informações sobre os veículos que cometem infração de velocidade, tais como a data e horário da infração, a placa do veículo e a velocidade medida do veículo infrator.

Para instalar esses equipamentos em um novo trecho de rodovia, um relatório técnico deve ser elaborado com informações como o número de acidentes na localidade (dentro de 500 metros do local da câmera), o limite de velocidade da via e a velocidade média registrada no local, além de uma lista de outras soluções de engenharia de trânsito que foram utilizadas anteriormente, como o uso de redutores físicos de



Figura 13 – Tipos de Câmeras Eletrônicas de Velocidade

velocidade (lombadas físicas). Assim, uma câmera de velocidade fixa só deve ser instalada em locais com fatores de risco suficientes e com nenhuma outra solução com melhor custo-benefício.

Além dos fatores destacados, uma nova câmera, fixa ou não, não deve ser instalada a menos de que 500 metros de outro dispositivo em uma rodovia urbana (ou a menos de 2km para áreas rurais). Uma vez instalada, uma sinalização clara deve ser posta a menos de 500 metros do local da câmera.⁶

2.2.2 Dissuasão e Segurança Rodoviária

A motivação deste tipo de intervenção é a de viabilizar o monitoramento da extensa malha rodoviária brasileira, e com a alocação de câmeras eletrônicas em pontos estratégicos, inibir o excesso de velocidade através da emissão de multas para condutores infratores. Segundo a teoria da dissuasão, a aplicação deste tipo de sanção pode deter crimes ou infrações futuras seja de modo direto ou indireto. De acordo com [Piquero e Paternoster \(1998\)](#), no nível direto, o condutor adquire um estoque de experiências pessoais ao ser multado, que pode produzir um tipo de mecanismo de dissuasão pessoal; já ao nível indireto, o possível infrator aprende sobre a aplicação de normas legais a partir da experiência de terceiros, produzindo um tipo de dissuasão geral, que pode prevenir um possível infrator ou criminoso de cometer um crime devido a possibilidade de ser punido.

A teoria da escolha racional de [Becker \(1968\)](#) afirma que criminosos realizam uma análise de custo-benefício em que o indivíduo pondera a utilidade esperada de cometer um crime ou infração contra a utilidade esperada da punição. Assim,

⁶ Se o limite de velocidade for maior que 80km/h e se a pista for localizada em zona urbana. Para estradas rurais, a sinalização deve ficar entre 1km a 2km do dispositivo. Se o limite de velocidade for menor que 80km/h: para áreas urbanas, de 100-300 metros; para áreas rurais, de 300 a 1000 metros.

um motorista pode cometer uma infração de excesso de velocidade, esperando que o benefício, na forma de um deslocamento mais rápido, seja maior do que o custo esperado de ser punido. Desse modo, uma política de fiscalização deve aplicar sanções e punições que são efetivas em compensar esses benefícios. Ao elevar o custo do crime, sanções poderiam inibir uma atividade criminosa de ocorrer ou de se repetir. Porém, para serem efetivas, as sanções devem ser percebidas como críveis pelos indivíduos.

O comportamento infrator também é consistente com outras explicações econômicas, como na presença de informação incompleta ou imprecisa, que limita o processo de decisão e faz com que indivíduos dependam de heurísticas; limites na racionalidade (*bounded rationality*), que podem criar imperfeições no processo de decisão que produzem assimetrias na forma como os indivíduos se comportam; e saliência (TVERSKY; KAHNEMAN, 1986), em que existe um grau de inatenção dos indivíduos, de modo que mesmo que tenham acumulado experiências pessoais, eles não as consideram quando realizam decisões importantes. É possível até mesmo que a punição encoraje novas ofensas, especialmente quando os indivíduos avaliam que a chance de ser punido novamente é menor (POGARSKY; PIQUERO, 2003).

Na literatura empírica existe um acúmulo de evidências de que intervenções de trânsito com uso de sanções são capazes de reduzir acidentes. Hansen (2015) mostra que indivíduos que cometem crimes, respondem a um aumento na punição com uma redução na reincidência. Utilizando dados administrativos do estado de Washington nos Estados Unidos (EUA), o autor utiliza um abordagem de Regressão com Descontinuidade que inclui apenas indivíduos que por muito pouco ultrapassaram o limiar legal de álcool no sangue. O objetivo foi avaliar o efeito causal deste limite legal sobre a reincidência, ao estimar se indivíduos infratores voltaram a dirigir alcoolizados após a punição original. Suas estimativas parecem sugerir que esta política é efetiva em reduzir futuras infrações, ao reduzir reincidência no curto e no longo prazo. A redução da reincidência é ainda maior quando se consideram os indivíduos que sofreram sanções mais pesadas por terem apresentado um nível de álcool muito elevado. Esta pode ser uma evidência de que experiências pessoais relacionadas a punições como multas, tempo de prisão ou perda de licença são fatores importantes em reduzir infrações relacionadas ao consumo de álcool.

Outra intervenção importante para reduzir acidentes de trânsito foi a criação de leis obrigando o uso de cintos de segurança. Cohen e Einav (2003) investigam o efeito de leis estaduais nos EUA sobre o uso deste dispositivos, se aproveitando do fato de que durante o período da amostra, todos os estados americanos, com exceção de um, aprovaram leis sobre a obrigatoriedade do uso do cinto. Assim, a identificação causal vem da variação no tempo de aplicação da políticas. Os autores estimam que estas leis foram capazes de reduzir o número de óbitos em acidentes de trânsito e que

o aumento de 1% no uso do cinto poderia salvar até 137 vidas anualmente. Já [Burger, Kaffine e Yu \(2014\)](#) avaliam o efeito de uma lei que proíbe o condutor de veículo de manusear aparelhos celulares sobre o número de acidentes de trânsito. Os autores estimam uma Regressão com Descontinuidade e não encontram evidências de uma redução no número de acidentes médios diários após a publicação da lei. A explicação mais simples é que neste caso, os condutores não estão obedecendo a lei, por não acreditarem que a punição é crível.

Em relação a intervenções com o objetivo de inibir o excesso de velocidade, [Li, Graham e Majumdar \(2013\)](#) avaliam o impacto do uso de câmeras de velocidade sobre os acidentes em estradas do Reino Unido. O autor utiliza uma estratégia de *matching* para atribuir estradas tratadas e não tratadas. Para tanto, são utilizadas as informações do estudo de viabilidade técnica que foi utilizado para atribuir a câmera a um dado trecho de estrada, e que inclui informações como número de colisões e números de vítimas na região. O autor observa uma redução do número de acidentes até 500 metros do equipamento. Contudo, esta diferença pode mudar com o local, uma vez que variação no efeito tratamento pode estar relacionada a diferenças nas características do trecho de estrada. Um local que recebe um câmera eletrônica de velocidade é naturalmente mais perigosa e propensa a acidentes. Isso pode produzir um viés de seleção que faz com que trechos de rodovias sem câmeras sejam muito diferentes daqueles que foram tratadas.

Estudos que usam *matching* criam grupos de controle através de um conjunto de critérios que estariam correlacionados ao tratamento e ao número de acidentes. Porém, a instalação de uma câmera pode ocorrer mesmo que estes critérios não sejam cumpridos. Para remediar este problema, [Tang \(2019\)](#) restringe sua amostra apenas para trechos de estradas que receberam uma câmera de velocidade e usam um modelo de diferença-em-diferença que compara o número de acidentes antes e depois da instalação do equipamento, assim como com outros trechos de estradas que receberão câmeras no futuro. O autor estima que o efeito destes equipamentos é localizado dentro de 500 metros. Estratégia empírica semelhante foi empregada por [Ang, Christensen e Vieira \(2019\)](#), que buscaram avaliar um programa de redução de velocidade ocorrido na cidade de São Paulo. Para tanto, os autores empregam um *event study* que explora variação na data de adoção da política em diferentes vias da cidade. Eles estimam que o programa foi capaz de reduzir os acidentes em 21,7%, e que vias que limitavam a velocidade em conjunto com câmeras eletrônicas de velocidade tinham um impacto maior.

É importante investigar o impacto da instalação destas câmeras nas estradas brasileiras. Apesar de ser uma política bem motivada, ela pode não produzir os resultados desejados, como ocorreu no Reino Unido ([TANG, 2019](#)) e em São Paulo

(ANG; CHRISTENSEN; VIEIRA, 2019). Primeiro, o fato de câmeras serem capazes de inibir o comportamento infrator em ambientes urbanos, não garante que elas produzam o mesmo resultados em trechos de estradas rurais, onde as velocidades desenvolvidas são maiores e a visibilidade em condições adversas pode ser menor. Segundo, existe diferenças marcantes entre o Brasil e países desenvolvidos como o Reino Unido na extensão da malha rodoviária e na composição de veículos, com motocicletas passando a ter uma importante participação na frota de veículos brasileiro⁷, o que pode ser um fator importante no aumento da severidade dos acidentes de trânsito. Terceiro, diferenças observadas no impacto das câmeras de velocidade podem refletir diferentes capacidades de alocar equipamentos em locais realmente críticos, com câmeras instaladas primeiro sendo mais efetivas, uma vez que locais mais suscetíveis a acidentes podem ter sido priorizados. Nas próximas seções tentamos produzir evidências sobre o impacto da instalação de câmeras de velocidade, e responder partes destes questionamentos.

2.3 Dados

Dados de acidentes nas estradas. No Brasil, a Polícia Rodoviária Federal (PRF) é uma agência de polícia ostensiva que tem como principal função patrulhar toda a malha rodoviária federal. A PRF disponibiliza um banco de dados de alta frequência com informações sobre todos os acidentes de trânsito registrados em rodovias federais⁸ no período entre 2007 e 2020.

Os dados incluem informações detalhadas para cada ocorrência, incluindo o dia e horário do acidente, sua localização, as condições climáticas no momento do evento, informações sobre os veículos envolvidos e as condições da estrada, além de detalhes sobre as vítimas envolvidas, como a severidade dos ferimentos, o sexo e idade.

Informações sobre câmeras eletrônicas de velocidade. O DNIT nos forneceu dados sobre as câmeras eletrônicas de velocidade, com informações sobre todos os equipamentos já instalados em rodovias federais, mesmo que já desativados. Como nossos dados incluem equipamentos instalados em rodovias federais, eles não incluem o estado de São Paulo, que possui uma ampla malha rodoviária estadual e com concessões privadas. Os dados incluem a localização precisa, na forma da latitude e longitude, de 6.124 dispositivos, além da data de instalação de cada câmera, o tipo de equipamento (se é um controlador ou um redutor de velocidade), qual o modelo

⁷ Segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito, motocicletas representam em 2018 cerca de 20% da frota total de veículos no país.

⁸ Os dados de acidentes em rodovias federais são disponibilizados no portal da Polícia Rodoviária Federal: <<https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos>>

e marca do equipamento, o limite de velocidade afixado para aquele trecho de pista, além de informações sobre o relatório técnico que foi conduzido no local.

Dados de acidentes na vizinha de uma câmera de velocidade. A partir destes dois bancos de dados, foi possível construir um painel com informações sobre cada trecho de estrada federal que em algum momento recebeu uma câmera de velocidade. Para capturar os acidentes que ocorreram nas proximidades da câmera, seria possível fazer uso das informações de latitude e longitude dos dois bancos de dados. Porém, informações precisas para a localização dos acidentes só se tornaram disponíveis a partir de 2017. Diante desta limitação utilizamos informações comuns aos dois grupos de dados, como o nome da rodovia federal, o quilômetro e o sentido da pista (crescente ou decrescente).

Este novo banco de dados nos permite contar o número de acidentes que ocorreram em um trecho de estrada de c metros de comprimento, cujo ponto central é o local que recebeu uma câmera de velocidade identificada por i em uma data de instalação t durante um certo período de tempo. Devido ao nível de detalhamento dos dados de acidentes, podemos contar o número de acidentes totais dentro destes trechos, além do número de acidentes com vítimas fatais, o total de acidentes com ao menos uma vítima ferida, além do total de vítimas, de vítimas graves e de vítimas fatais.

É importante destacar o dilema existente ao definir o comprimento do trecho de rodovia utilizado. A literatura sugere que as câmeras de velocidade são efetivas apenas ao redor de um certo raio, o que nos induz a escolher um trecho de estrada de pequeno comprimento. Ao mesmo tempo, um comprimento c muito pequeno tornará os eventos de acidentes ainda mais raros, incluindo um grande número de zeros. Nossos resultados principais utilizaram um trecho de 500 metros, seguindo a legislação específica de sinalização. Também realizamos uma análise de robustez para diferentes tamanhos de trecho de estrada.

Da mesma forma, uma agregação de acidentes por semana ou mês produz um número muito pequeno de acidentes, de modo que nosso painel é construído a nível de trimestre. Portanto, temos um painel de trechos de rodovia federal que em algum ponto no tempo receberam câmeras de velocidade, com informações sobre o número total de acidentes nessa localidade. Nosso painel é restrito para os equipamentos instalados até dezembro de 2018 e para o período que vai do primeiro trimestre de 2010 até o último trimestre de 2018. O ano de 2010 representa um ano, ou quatro trimestres, anteriores a instalação da primeira câmera de velocidade. Já o quarto trimestre de 2018 foi escolhido para garantir que nossa amostra possua unidades que uma vez tratadas serão sempre tratadas, dado que em janeiro de 2019 uma série de equipamentos foram desativados.

Variáveis de controle. Um conjunto de variáveis de controle a nível de município foi construído para capturar qualquer choque regional. A primeira variável computada foi a frota de veículos por município, que foi fornecida pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), órgão vinculado ao Ministério da Infraestrutura. Os dados fornecidos possuem informações mensais sobre o número total de cada tipo de veículo para cada município brasileiro, que foram convertidos em duas variáveis: o número trimestral de motocicletas e o número trimestral de automóveis por município.

Dados de salário real médio por município foram calculados a partir dos dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). A população total por município foi coletada das estimativas populacionais calculadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A tabela 7 apresenta algumas estatísticas descritivas para as variáveis dependentes e para variáveis a nível de município. As medidas de acidentes e de vítimas são calculadas considerando um trecho de 500 metros ao redor do local de instalação das câmeras de velocidade. Em média ocorrem 1 acidente por trimestre, mas há uma grande heterogeneidade, com alguns destes trechos registrando 39 acidentes em um único trimestre.

Tabela 7 – Estatísticas descritivas

	N	Média	SD	Min	Máx
Medidas de acidentes					
Acidentes totais	3723	1,1	2,5	0	39
Acidentes com vítimas feridas	3723	0,4	0,9	0	12
Acidentes com vítimas fatais	3723	0,03	0,2	0	3
Medidas de vítimas					
Vítimas fatais	3723	0,04	0,2	0	5
Vítimas feridas	3723	0,6	1,5	0	20
Vítimas com ferimentos graves	3723	0,2	0,6	0	7
Controles por Município					
Frota de automóveis	3713	33316,7	116111,3	16,0	875585,3
Frota de motocicletas	3713	10699,1	20992,6	22,3	151249,3
Salário Real do município	3721	632,8	194,2	293,4	1647,5

2.4 Estratégia Empírica

Para que a estimação do efeito das câmeras de velocidade sobre o total de acidentes seja válida, é preciso que características não observadas dos trechos de rodovia federal não sejam correlacionadas com a instalação das câmeras nesses locais. Contudo, essa hipótese é violada dado que o processo de escolha desses trechos

é potencialmente endógeno. Câmeras de velocidade são instaladas em locais mais susceptíveis a acidentes e esse processo de seleção acentua as diferenças entre trechos com e sem câmeras de velocidade. No intuito de superar o problema reportado, nós empregamos um desenho de pesquisa semelhante ao utilizado por [Ang, Christensen e Vieira \(2019\)](#) e [Tang \(2019\)](#), ao utilizar uma amostra que inclui apenas unidades tratadas. Dado o modo escalonado como as câmeras eletrônicas foram instaladas nas estradas, podemos utilizar a variação temporal das datas de tratamento como uma fonte de identificação.

Quando o tratamento é escalonado no tempo, a maioria dos pesquisadores tende a adotar um modelo de diferença-em-diferença com efeitos fixos de unidade e de tempo, o *two-way fixed effects* (TWFE), que controla para características não observadas invariantes no tempo e efeitos comuns no tempo, respectivamente. Assim, nossa especificação para estimar o efeito da instalação das câmeras de velocidade é definida pela equação 2.1:

$$Y_{cijt} = \beta \text{SpeedCamera}_{cijt} + \mu_i + \mu_t + \phi X_{jt} + \epsilon_{ijt} \quad (2.1)$$

Onde Y_{cijt} representa o total de acidentes que ocorreram dentro de um trecho de estrada de c metros onde ocorreu a instalação da câmera de velocidade i no tempo t , localizada na cidade j . O termo μ_i representa o efeito fixo para o trecho de rodovia federal que recebeu a câmera, μ_t é um efeito fixo de trimestre-ano. X'_{jt} é um vetor de controles variantes no tempo ao nível de cidade e tempo, e que controlam para qualquer choque regional que pode estar correlacionado com o tratamento e a reposta do modelo. Entre os controles temos o salário real médio do município, a população e o número de veículos registrados na cidade, como motocicletas e carros. $\text{SpeedCamera}_{cijt}$ é uma variável indicadora que é igual a unidade quando a câmera está instalada no local e mede o impacto do equipamento sobre nossas variáveis dependentes.

A despeito do uso frequente da especificação acima, uma literatura recente ([Goodman-Bacon \(2018\)](#); [Abraham e Sun \(2018\)](#); [Callaway e Sant'Anna \(2019\)](#); [Athey e Imbens \(2018\)](#)) tem discutido que em cenários com efeito tratamento heterogêneo e onde a data do tratamento é diferente para cada unidade, o estimador TWFE pode apresentar tendências. [Abraham e Sun \(2018\)](#) mostram que o estimador TWFE β é uma média ponderada de diferentes efeitos tratamentos médios, onde cada uma dessas estimativas está associada com uma comparação de diferença-em-diferença 2×2 que compara cada grupo tratado em uma data específica com outro grupo. [Goodman-Bacon \(2018\)](#) explica que cada uma dessas comparações é ponderada por um peso, e que alguns desses pesos podem ser negativos porque ao se comparar uma unidade que será tratada no futuro com uma unidade já tratada, a última serve como uma

unidade de controle, e mudanças no seu efeito tratamento ao longo do tempo são subtraídos da estimativa TWFE final. Para evitar este problema, vamos empregar um desenho de *event study* que incluem *leads* e *lags* do tratamento como regressores e que nos permite capturar o efeito para cada período que se segue ao tratamento. A seguinte especificação de *event study* pode ser estimada a partir da seguinte equação:

$$Y_{cijt} = \mu_i + \mu_t + \left(\sum_{\ell=-10, \ell \neq -1}^0 \xi_l D_{it}^\ell \right) + \left(\sum_{\ell=1}^{10} \lambda_l D_{it}^\ell \right) + \phi \mathbf{X}_{jt} + \epsilon_{ijt} \quad (2.2)$$

Onde D_{it}^l é um indicador para o número de l trimestres relativos a um determinado trimestre de instalação. Com o *event study* nós mudamos o foco de um índice de tempo para cada trimestre-ano t para o índice de tempo relativo l , onde o último permite a comparação de diferentes coortes enquanto mantém-se constante o tempo de exposição ao tratamento. Nós incluímos ainda nove termos *lags* para capturar efeitos de curto-prazo e um coeficiente (λ_{10+}) que captura o efeito de longo prazo da política. Portanto, os termos λ_l são nossos coeficientes de interesse, que medem mudanças no número de acidentes em locais tratados após a instalação de uma câmera de velocidade (onde $l = 1$ representa o primeiro trimestre de tratamento). *Leads* de tratamento associados com os trimestres anteriores ao tratamento também são incluídos e nos permitem testar a hipótese de tendências paralelas.

Contudo, a hipótese de que locais que vão receber câmeras de velocidade no futuro são similares a locais que possuem câmeras agora pode ser inadequada caso trechos de estrada mais perigosos sejam tratados primeiro. Quando o efeito tratamento varia entre os diferentes coortes, o coeficiente associado com o tempo relativo l pode absorver termos que consistem de efeitos tratamentos de outros períodos. Alternativamente, podemos estimar o chamado *cohort-specific average treatment effects* (CATT) no tempo relativo l como proposto por [Abraham e Sun \(2018\)](#). Assim, cada coorte representaria um conjunto de trechos de rodovia que são tratados no mesmo trimestre. Cada $CATT_{e,l}$ representa o efeito tratamento médio do l trimestres a partir da data de tratamento e . Deste modo, podemos estimar $CATT_{e,l}$ utilizando a seguinte especificação:

$$Y_{cijt} = \mu_i + \mu_t + \sum_e \sum_{l \neq -1} \lambda_{el} (1\{E_i = e\} \dot{D}_{it}^l) + \phi \mathbf{X}_{jt} + \epsilon_{ijt} \quad (2.3)$$

Onde $\lambda_{el} (1\{E_i = e\} \dot{D}_{it}^l)$ é um termo que interage os indicadores de tempo relativo com o indicador de coorte, e E_i são indicadores específicos de cada coorte que indicam se um trecho de rodovia recebeu uma câmera de velocidade em um dado período. Seguindo [Abraham e Sun \(2018\)](#), efeitos CATT são ponderados pela proporção

de observações dentro de cada coorte de tratamento e o modelo é saturado com efeitos fixos para cada coorte e para cada período relativo. Portanto, podemos recuperar estimativas de *event-study* semelhantes a equação 2.3 ao calcular a combinação linear de cada $CATT_{e,l}$ ponderada pela proporção relativa de cada coorte.

2.5 Resultados Empíricos

Esta seção apresenta os resultados principais das nossas estimações do efeito da instalação das câmeras de redução e de controle de velocidade nas rodovias federais sobre seis variáveis relacionadas a acidentes nas estradas: o total de acidentes, os acidentes com vítimas fatais, acidentes com vítimas feridas, o número de vítimas feridas, o total de vítimas com ferimentos graves e o total de vítimas fatais. Todas as seis variáveis dependentes são medidas como $\ln(1 + y)$, onde y representa o total de eventos que ocorreram dentro de 500 metros de uma câmera durante um dado trimestre. Nosso período de análise compreende o período entre o primeiro trimestre de 2010 e o quarto trimestre de 2018. Intervalos de confiança de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível do trecho de estrada.

2.5.1 Câmeras de velocidade são capazes de reduzir acidentes?

A figura 14 mostra os resultados do efeito da instalação dos equipamentos de velocidade sobre o total de acidentes nas estradas. O coeficiente apresentado é o λ como presente na equação 2.3. As estimativas do CATT incluem *leads* e *lags* para até 10 períodos antes e depois da data de instalação. Seguindo Borusyak e Jaravel (2018), excluimos ao menos duas variáveis de período relativo devido a multicolineariedade. Primeiro, excluimos D^{-1} , que representa o período anterior ao tratamento, e excluimos D^{-10} , que representa o período mais distante do tratamento.

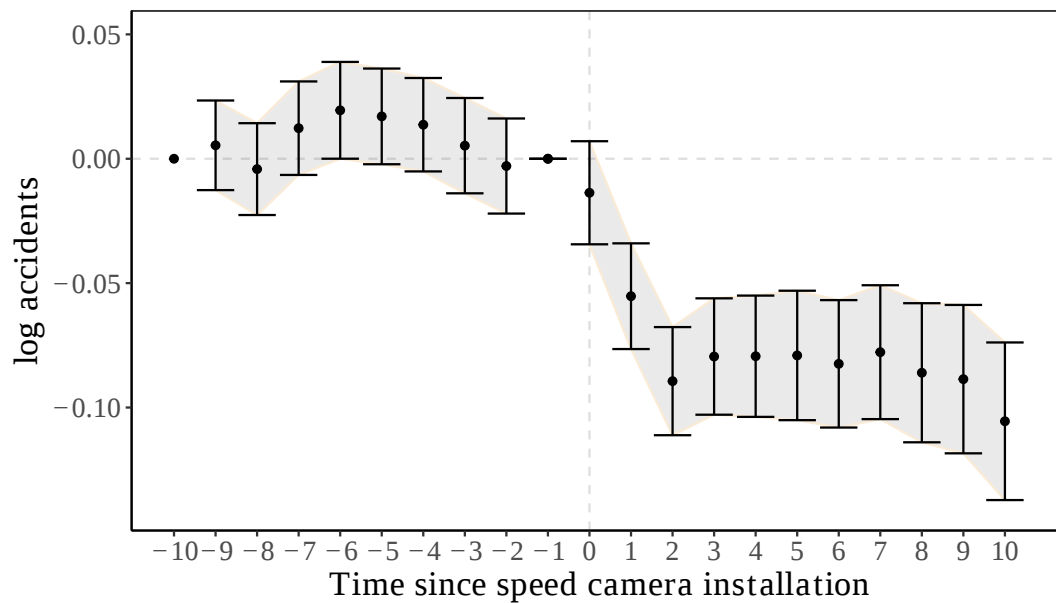


Figura 14 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre o Total de Acidentes

Analisando a figura em destaque é possível afirmar que a hipótese das retas paralelas parece se confirmar, uma vez que observamos todos os coeficientes pré-tratamentos iguais a zero, sugerindo que não há divergências nas tendências de acidentes dos grupos de controle e tratamento antes da instalação das câmeras. Isto sugere que é improvável que câmeras de velocidade sejam instaladas após saltos no número de acidentes. Os coeficientes associados com o trimestre imediatamente posterior a instalação das câmeras sugerem uma redução abrupta do total de acidentes logo após a instalação das câmeras. Esse efeito permanece estatisticamente significativo e com magnitude negativa pelos próximos 10 trimestres. Os coeficientes sugerem uma redução de 5% nos acidentes um trimestre após a instalação das câmeras, aumentando para 9% um ano após o evento, e para 10% quando 10 trimestres se passam.

A figura 15 apresenta a estimativa para o número de acidentes com vítimas feridas. De modo semelhante, não é possível observar nenhum efeito antecipatório, e todos os coeficientes pré-tratamento não são estatisticamente diferentes de zero. Um trimestre após a instalação dos equipamentos, já é possível observar uma redução significativa do número de acidentes com vítimas. Esse efeito persiste por todo o período pós-tratamento, sem que exista uma reversão.

Alternativamente, podemos estimar o efeito das câmeras sobre o número de vítimas feridas. Contudo, esta resposta pode sofrer a influência de acidentes individuais que envolvem um grande número de vítimas. Contudo, a figura sugere que a redução promovida pelas câmeras de velocidade sobre os acidentes com vítimas também age sobre o total de vítimas. Quando consideramos apenas o total de vítimas com ferimentos graves, na figura A4, a magnitude do efeito é menor, mas negativa e

significativa. Estes três resultados parecem indicar que as câmeras são capazes de reduzir os acidentes totais, mas também a severidade deles.

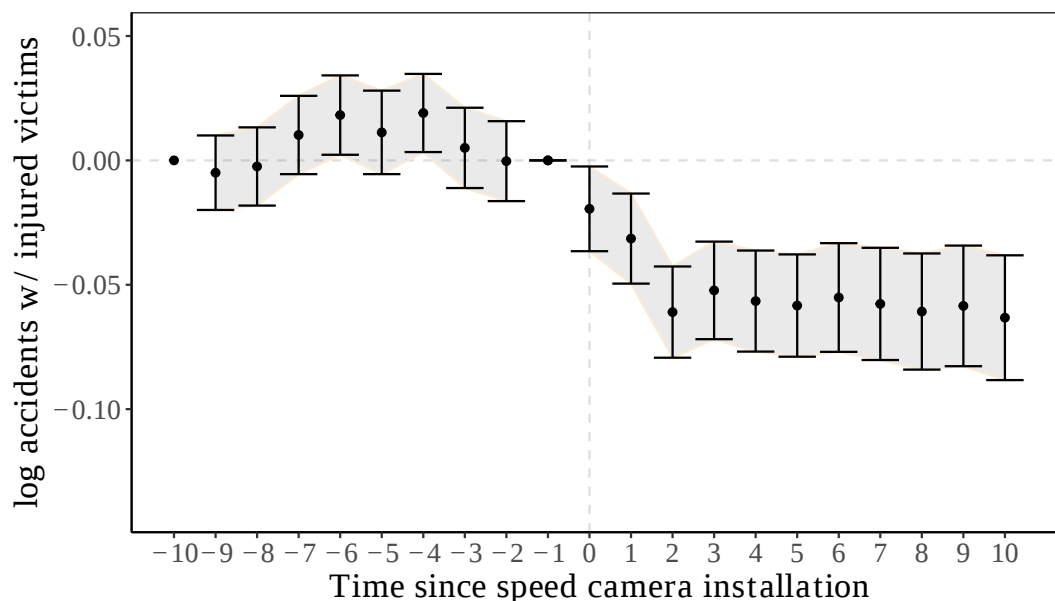


Figura 15 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes com Vítimas Feridas

O resultado destacado é reforçado quando analisamos o efeito da exposição das câmeras sobre acidentes que envolvem vítimas fatais. A figura 16 indica um efeito de menor magnitude, mas em linha com o obtido na tabela 8. De modo semelhante aos resultados anteriores, o efeito da política parece ser persistente durante todo o período de análise. Quando analisamos o total de vítimas fatais na figura A2, vemos um efeito tratamento muito pequeno, mas negativo e significativo.

Os resultados para o CATT são consistentes com as estimativas de um *event study* sem ponderação. Na figura A5 vemos no painel (a) os resultados para o total de acidentes. Existe uma pré-tendência para os anos relativos a sete, oito e nove anos antes do tratamento, mas que parecem não existir para anos mais recentes. Acreditamos que estimativas para o CATT tenham solucionado parte deste problema. Os resultados pós-tratamento são negativos e significativos para os seis trimestres de exposição ao tratamento, e reverterem a zero no longo prazo, o que não ocorreu com as estimativas da figura 14. No painel (b) temos os resultados para o total de vítimas fatais, que confirmam o observado nas estimativas para o CATT. O mesmo é observado para o impacto das câmeras sobre o total de vítimas feridas e vítimas feridas graves, com uma redução abrupta logo após a instalação das câmeras, que se mantém até o fim do período de análise.

O conjunto de resultados apresentados pela estimativa de *event study* parecem indicar que a instalação desses equipamentos pode não apenas reduzir os acidentes mais

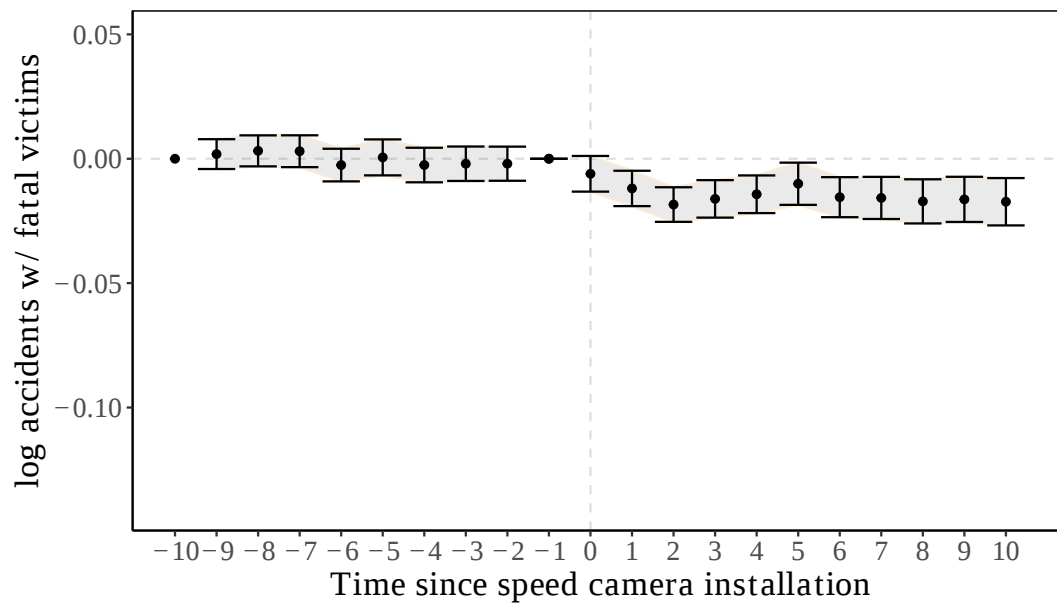


Figura 16 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes com Vítimas Fatais

também reduzir a severidade dos eventos que ocorrem nas estradas, possivelmente convertendo acidentes graves em acidentes mais leves. Este conjunto de resultados está em linha com os obtidos por [Tang \(2021\)](#) e [Ang, Christensen e Vieira \(2019\)](#), que mostram que equipamentos de controle de velocidade são capazes de reduzir o total de acidentes. [Tang \(2021\)](#) encontra uma redução nos acidentes totais superior a 10% um ano após a implantação de uma câmera de velocidade em estradas do Reino Unido. Apesar das diferenças existentes entre o Brasil e o Reino Unido, os resultados apresentados são semelhantes.

2.5.2 Robustez

Regressão de diferença-em-diferença: Nós esperamos que os resultados para o modelo de diferença-em-diferença sejam tendenciosos, uma vez que unidades já tratadas podem ser utilizadas como controle, subestimando nossas estimativas ao comparar uma unidade tratada com outra que experimentou o possível efeito da política. A figura [A1](#) no apêndice mostra o resultado para a decomposição de [Goodman-Bacon \(2018\)](#) quando a resposta do modelo é o total de acidentes. Esta decomposição realiza diversas comparações de diferença-em-diferença, que incluem a comparação entre unidades já tratadas sendo utilizadas como controle e unidades ainda não tratadas como unidades de tratamento, e vice-versa. É possível observar que quando unidades tratadas no futuro agem como controle, a maioria dos coeficientes estimados são negativos, uma redução média de 10% em acidentes após a instalação dos equipamentos. Ao utilizar unidades tratadas no passado como controle, os coeficientes são na sua

maioria positivos, com um efeito médio muito próximo de zero, 0,337%.

Na tabela 8 apresentamos os resultados para a regressão de diferença-em-diferença apresentado na equação 1.1. Aqui reportamos os achados para nossas seis variáveis dependentes e para diferentes especificações, sempre incluindo efeitos fixos para o trecho de estrada e efeitos fixos de tempo. Na coluna (1) estimamos o impacto das câmeras sobre o total de acidentes com controles para características da cidade onde se encontra o segmento de estrada. Na coluna (2), efetuamos a mesma regressão sem incluir controles.

Tabela 8 – Impacto das Câmeras Eletrônicas sobre Acidentes Ocorridos a 500 metros

	Acidentes		Acidentes com vítimas feridas		Acidentes com vítimas fatais		Vítimas feridas		Vítimas feridas graves		Vítimas fatais	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Câmera	-0,026*** (0,006)	-0,026*** (0,006)	-0,035*** (0,004)	-0,035*** (0,004)	-0,007*** (0,001)	-0,007*** (0,001)	-0,051*** (0,005)	-0,051*** (0,005)	-0,019*** (0,003)	-0,019*** (0,003)	-0,008*** (0,001)	-0,008*** (0,001)
EF Trimestre-ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Trecho	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Média pré-tratamento	1,13	1,13	0,435	0,435	0,0355	0,0355	0,667	0,667	0,193	0,193	0,0415	0,0415
Observações	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678

Notas: Todas as especificações são estimativas utilizando um painel trimestral para o período entre o primeiro trimestre de 2010 e o último trimestre de 2018. A variável dependente é $\ln(1 + y)$, onde y é o total de acidentes que ocorreram a 500 metros de uma câmera de velocidade. As estimativas controlam para população, tamanho da frota do município e para o salário real. Intervalo de confiança de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível do trecho de estrada.

Nossos resultados parecem robustos a ambas especificações, sem demonstrar grande sensibilidade a inclusão de variáveis de controle. Em ambos os casos, os coeficientes estimados são similares, com a instalação dos equipamentos reduzindo o número total de acidentes em cerca de 3% naqueles locais que receberam as câmeras. Uma preocupação com este resultado pode estar relacionado a sub notificação de acidentes de trânsito, sobretudo quando os acidentes em questão são leves ou não apresentam vítimas feridas ou vítimas fatais.

Nas colunas (3) e (4), vemos resultados apenas para aqueles acidentes em que ao menos uma vítima ficou ferida. Entre estes acidentes, a probabilidade de sub notificação é bem menor, mas os coeficientes são similares àqueles obtidos para o total de acidentes. Isso parece um indicativo de os resultados não são sensíveis a uma possível sub notificação. Já as regressões presentes nas colunas (5) e (6) mostram que o impacto das câmeras sobre o total de acidentes com vítimas fatais é menor do que nas especificações anteriores. Mesmo assim, os coeficientes estimados são negativos e estatisticamente significativos.

Em especificações alternativas, usamos o número de vítimas como a resposta do modelo. Aqui estamos interessados em responder se a instalação desses equipamentos pode reduzir a severidade dos acidentes, e se ela é capaz de diminuir o número de vítimas feridas e de vítimas fatais. Contudo, contar o total de vítimas em comparação ao total de acidentes com vítimas pode apresentar resultados com mais ruído ou de maior magnitude, uma vez que um único acidente pode produzir um elevado número de vítimas.

A despeito da observação reportada, os resultados obtidos estão em linhas com os achados para o número de acidentes. Nas colunas (7) e (8) observamos uma redução significativa no número de vítimas com ferimentos, com a instalação dos equipamentos diminuindo em 5% o total desse tipo de vítimas – resultado em maior magnitude que o verificado para o total de acidentes com vítimas feridas. Nas colunas (9) e (10), temos resultados para o total de vítimas com ferimentos graves, apresentando uma redução de 2% em comparação ao período pré-tratamento. Por fim, as colunas (11) e (12) registram uma pequena redução, de quase 1%, no total de vítimas fatais.

Tais achados indicam que estimativas de diferença-em-diferença pode estar subestimando o efeito da instalação dos equipamentos nas estradas, uma vez que ela representa uma média ponderada desses dois cenários, como indicado pelos resultados da decomposição de Goodman-Bacon.

Mudanças nas regras de relato de acidente: A partir de junho de 2015, acidentes de trânsito sem vítimas, que não envolviam mais do que cinco veículos e/ou não produziam vazamento ou derramamento de produto na pista passaram a ser

registrados pela internet, sem a necessidade da presença do policial rodoviário federal no local da ocorrência. Este registro deve conter as mesmas informações completas sobre o acidente que seriam produzidas por um agente de trânsito presencial: horário e local preciso do evento, o tipo de acidente, informações sobre os veículos envolvidos, condições da pista, traçado da rodovia, presença de sinalização horizontal e vertical, além das condições climáticas no momento do acidente.

Existe a preocupação de que esse tipo de registro possa produzir uma sub-notificação dos casos, sobretudo entre os acidentes que não produziram vítimas. Inicialmente, as estimativas do impacto das câmeras sobre todos as demais variáveis (acidentes com vítimas, acidentes com vítimas fatais, total de vítimas, vítimas graves e fatais) sugerem este não parece ser o caso.

A fim de reforçar este resultado, estimamos nossa especificação principal apenas para uma amostra de acidentes que ocorreram até o dezembro de 2015. A figura 17 exibe a estimação do CATT para a amostra entre os anos de 2010 e 2015, período em que todas as ocorrências de acidente nas rodovias federais eram notificadas por agentes presentes no local do acidente. O resultado é semelhante ao obtido para a amostra entre 2010 e 2018, sem a presença de pré-tendência ou efeito antecipatório, e um impacto negativo das câmeras durante todo o período pós-tratamento.

Para esta sub-amostra a magnitude do efeito é ainda maior que a presente para a amostra completa, o que nos faz crer que as primeiras câmeras instaladas foram alocadas em regiões mais propensas a acidentes, reforçando a necessidade de se estimar um efeito tratamento médio específico por coorte (CATT).

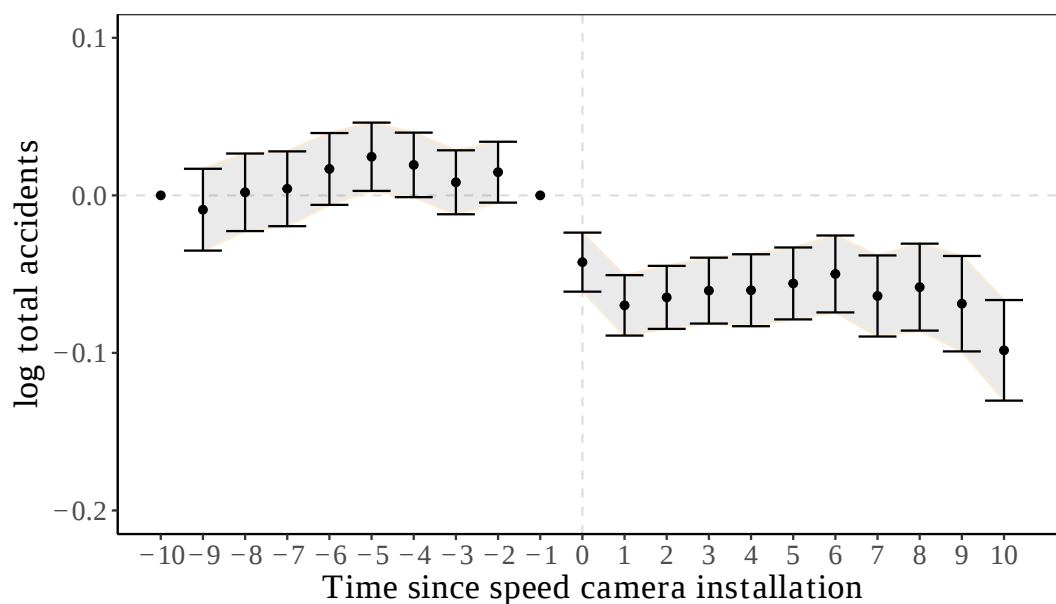


Figura 17 – Robustez - Subamostra para o período entre 2010 e 2015

Efeito de choques não observados: É possível que choques ocorridos em anos específicos produzam efeitos sobre o número de acidentes que não estão correlacionados com a instalação das câmeras de velocidade. A figura 9 mostra as estimativas de diferença-em-diferença quando são excluídos um ano específico da amostra⁹. Os coeficientes estimados são todos negativos e significativos, sem nenhuma descontinuidade aparente. Estes resultados sugerem que é improvável que os resultados principais apresentados anteriormente estejam sendo afetados por choques não observados não correlacionados com a instalação das câmeras. É interessante notar que ele não são estáveis, e apresentam um aumento de magnitude quando são excluídos os últimos anos do calendário, o que reforça a teoria de que a alocação das primeiras lombadas se deu em locais mais perigosos.

Tabela 9 – Robustez - Subamostra por Ano

	Acidentes totais							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Câmera	-0,020*** (0,006)	-0,028*** (0,006)	-0,032*** (0,006)	-0,026*** (0,007)	-0,032*** (0,006)	-0,034*** (0,006)	-0,036*** (0,006)	-0,039*** (0,006)
EF trecho	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Yes	Yes
EF trimestre-ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Excluir ano:	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Observações	117,850	117,850	117,886	117,886	117,886	118,018	118,058	118,018

Nota: Todas as especificações são estimadas utilizando um painel trimestral para o período entre o primeiro trimestre de 2010 e o último trimestre de 2018. A variável dependente é o $\ln(1 + y)$, onde y é o total de acidentes que ocorreram a 500 metros de distância do local de instalação da câmera de velocidade. A regressão inclui uma *dummy* igual a unidade quando o local possui uma câmera de velocidade instalada naquele trimestre. Cada coluna representa uma estimativas onde um ano específico é excluído da amostra. Intervalos de confiança de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível de município.

Os resultados também podem estar sendo influenciados por um conjunto de regiões mais propensas a acidentes. Excluímos da amostra os trechos rodoviários com maior número de acidentes acumulados e os trechos com menor número de acidentes (percentil 10 e 90), reduzindo a amostra em 878 vias rodoviárias. Os resultados presentes na figura 18a parecem indicar que as estimativas não são sensíveis a presença desses locais mais influentes¹⁰. A figura 18b apresenta os resultados do CATT quando excluímos da amostra as capitais de estado, uma vez que a porção das rodovias federais que passam por estes centros urbanos podem ser muito distintos dos demais. Contudo, a exclusão destas cidades não modifica de maneira substancial os coeficientes estimados.

⁹ O mesmo conjunto de estimações foi realizada para a especificação de event study. Resultados estão em linha com o observado na tabela 9

¹⁰

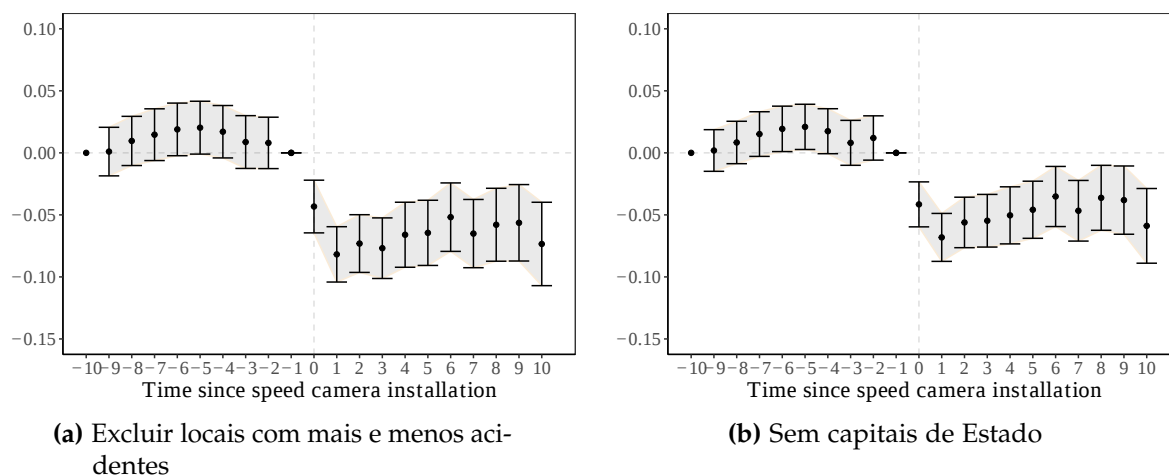


Figura 18 – Efeito das Características das Estradas sobre Acidentes

A figura 19 exibe o impacto da instalação das câmeras de velocidade sobre os acidentes no primeiro trimestre de instalação quando excluímos da amostra estados específicos. Todos os coeficientes estimados são negativos e significativos, e em sua maioria, estão próximos do coeficiente obtido para a amostra completa. Minas Gerais parece ser o estado com maior impacto nos resultados estimados, uma vez que sua exclusão reduz o coeficiente de impacto para 5,6%. O resultado é esperado, na medida que o estado possui a maior malha rodoviária federal do país.

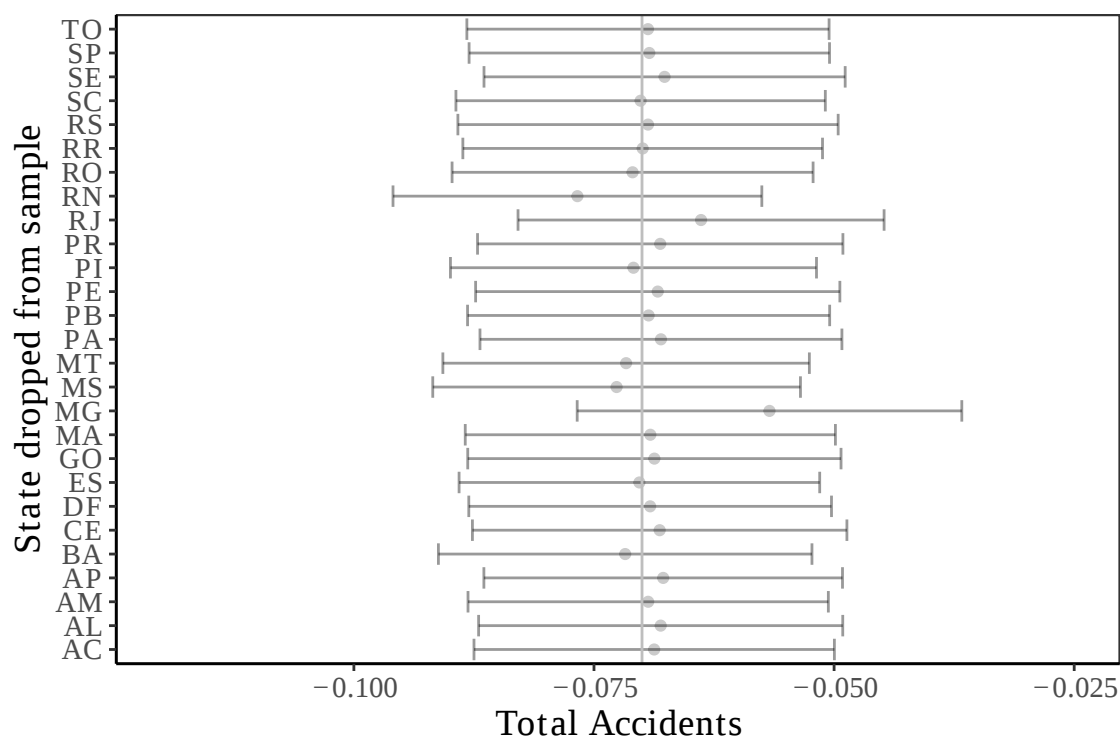


Figura 19 – Robustez - Estimativa de Impacto sobre Acidentes Totais, Remoção de Estados da Amostra

A figura 20 mostra estimativas do CATT para diferentes subamostras temporais. O primeiro ponto representa estimativas sem acidentes ocorridos em 2011, o primeiro ano tratado. Todos as estimativas parecem indicar que os resultados não são influenciados por um ano atípico, com as estimativas do impacto da instalação das câmeras estando próximas do resultado para a amostra completa.

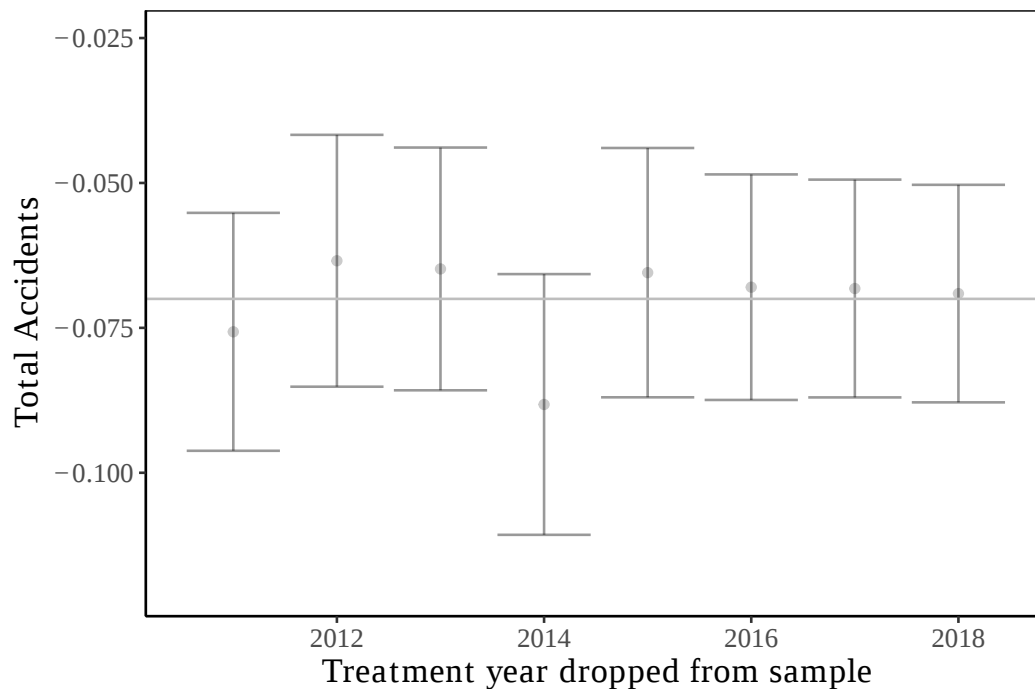


Figura 20 – Robustez - Estimativa de Impacto sobre Acidentes Totais, Remoção de Anos da Amostra

Efeito distância: Contudo, é possível que a presença do equipamento provoque um efeito apenas local, promovendo uma redução brusca da velocidade ao redor da câmera, mas incentivando uma retomada da velocidade nos trechos posteriores da estrada - um efeito que a literatura chama de *canguru*. Além disto, acidentes foram atribuídos a lombadas específicas utilizando informações de quilometragem da estrada, que pode apresentar uma menor precisão do que as obtidas com o uso de latitude e longitude. Essa estratégia pode produzir algum viés relacionado a erros de medida, especificamente quando pequenas distâncias do local do equipamento são consideradas.

Para testar essa possibilidade, reportamos resultados para um conjunto de distâncias c . Nele, construímos um painel de acidentes que ocorreram dentro de um intervalo de 500 metros. A figura 21 reportam o efeito no primeiro trimestre de instalação considerando diferentes distâncias dos equipamentos. Assim, estamos mensurando o efeito das câmeras para diferentes distâncias. O primeiro ponto representa nossa estimativa principal. Quando consideramos apenas acidentes ocorridos entre 500 e

1000 metros, ainda observamos um efeito significativo e negativo, mas com uma menor magnitude. Assim, o efeito das câmeras de velocidade é sensível à distância dos acidentes, com o efeito dos equipamentos indo para zero para acidentes ocorridos a uma grande distância das câmeras. Este resultado está em linha com os observados na literatura ((TANG, 2021)). De modo que não temos evidências de uma manifestação da migração de acidentes das redondezas do equipamento para locais mais distantes.

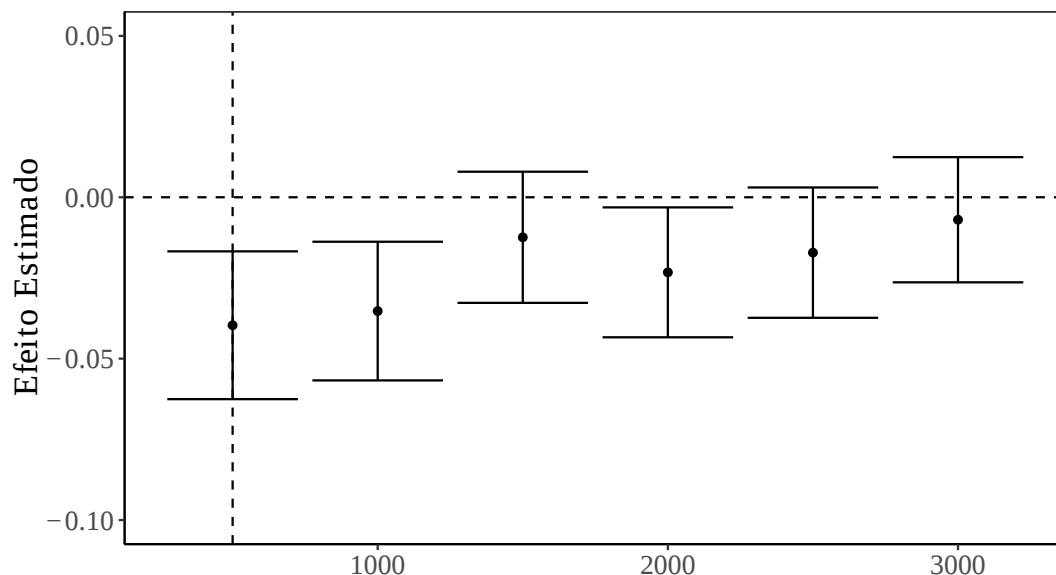


Figura 21 – Estimativas de Câmeras de Velocidade sobre Acidentes Totais, Diferentes Distâncias

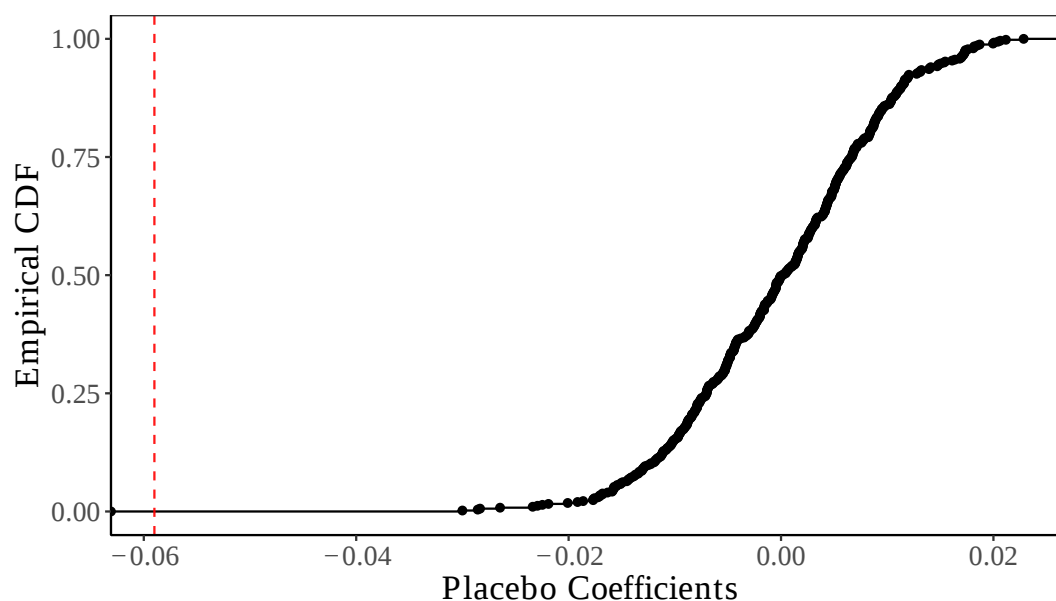
A tabela 10 mostra as estimativas para a equação 1.1 para diferentes especificações, incluindo a possibilidade de que diferentes cidades e estados tenham experimentado diferentes tendências de acidentes ao longo do tempo. A coluna (1) exibe uma especificação com apenas efeitos fixos para o trecho de estrada e para o trimestre-ano. A coluna (2) e coluna (3) incluem tendências temporais específicas para a cidade e para o estado, respectivamente. A inclusão dessas tendências parece não alterar o impacto dos equipamentos sobre o total de acidentes. As colunas (4) e (5) estimam o modelo base sem a inclusão do efeito fixo de estrada e sem o efeito fixo de tempo, respectivamente. Em ambos os casos, o coeficiente estimado continua negativo e significativo, mas a magnitude apresentada é maior do que no modelo base. A última especificação, na coluna (6), substitui o efeito fixo de trimestre-ano por um efeito fixo de ano e um efeito fixo de trimestre, mas sem grandes alterações no resultado estimado.

Tabela 10 – Robustez - Efeitos Fixos e Tendências Temporais

	Acidentes Totais					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Câmera	−0,030*** (0,006)	−0,030*** (0,006)	−0,030*** (0,006)	−0,074*** (0,006)	0,092*** (0,013)	−0,035*** (0,006)
EF Trecho	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
EF Trimestre-ano	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
TT de cidade:	No	Yes	No	No	No	No
TT de estado:	No	No	Yes	No	No	No
EF Trimestre:	No	No	No	No	No	Yes
EF Ano:	No	No	No	No	No	Yes
Observações:	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678	132.678

Notas: EF representam os diferentes efeitos fixos. TT indica tendências temporais a nível de cidade (TT de cidade) e de estado (TT de estado). Todas as especificações são estimativas utilizando um painel trimestral para o período entre o primeiro trimestre de 2010 e o último trimestre de 2018. A variável dependente é $\ln(1 + y)$, onde y é o total de acidentes que ocorreram a 500 metros de uma câmera de velocidade. As estimativas controlam para população, tamanho da frota do município e para o salário real. Intervalo de confiança de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível do trecho de estrada.

Efeito Placebo: Para assegurar que o impacto obtido pelas nossas estimativas é realmente induzido pela instalação de câmeras de velocidade, nós atribuímos uma data de instalação aleatória a cada uma dos equipamentos e verificamos se o resultado negativo e significativo se mantém. Para isso, estimamos 1000 regressões com especificação idêntica a utilizada na regressão de *event study* da equação 2.3.

**Figura 22** – Função de Distribuição Acumulada das Estimativas do Primeiro Trimestre Após Tratamento de 1000 Regressões Placebo

A figura 22 mostra a função de distribuição acumulada dos coeficientes do primeiro trimestre após a instalação para essas 1000 estimações placebo. A linha pontilhada representa o resultado obtido na nossa especificação principal apresentada na figura 14. Como é possível observar, ao contrário dos resultados obtidos para estimativas de *event study*, a maioria dos resultados obtidos se encontra ao redor de zero, com nenhum dos coeficientes possuindo um resultado tão negativo quanto o obtido pela nossa especificação principal, o que eleva nossa confiança de que os coeficientes obtidos não são espúrios.

2.5.3 Resultados Adicionais

Podemos analisar como as características do local de instalação e da própria câmera afetam os acidentes. Nossa primeira hipótese é a de que a visibilidade é um componente importante na efetividade das câmeras de velocidade, uma vez que a falta de iluminação natural torna mais difícil a visualização do equipamento. Para tanto, dividimos a variável de resposta entre acidentes que ocorreram durante o dia e durante a noite, cujo última classificação é definida como qualquer acidente ocorrido entre as 18 horas e as seis horas da manhã.

A figura 23a apresenta o impacto das câmeras sobre acidentes diurnos, com resultados semelhantes ao obtido para a amostra completa. Já a figura 23b apresenta o impacto sobre acidentes noturnos, e parecem confirmar nossa hipótese, uma vez que o efeito da câmera é menor, e se sustenta apenas no curto prazo, com uma reversão do efeito para zero após um ano da instalação do equipamento.

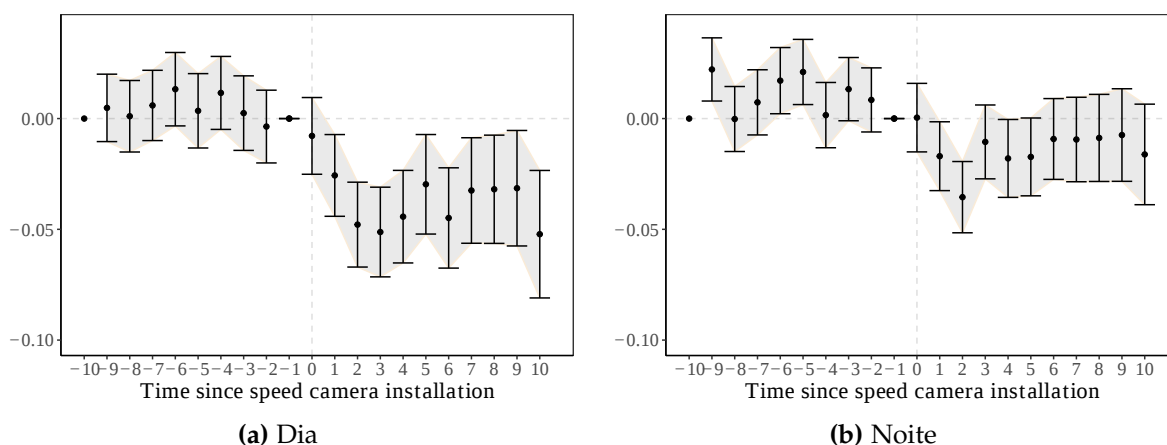


Figura 23 – Impacto das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes: Período do dia

Nas figuras 24a e 24b testamos a relação entre tipo de equipamento e acidentes. Em ambos os casos, as estimativas para o primeiro trimestre parecem indicar uma

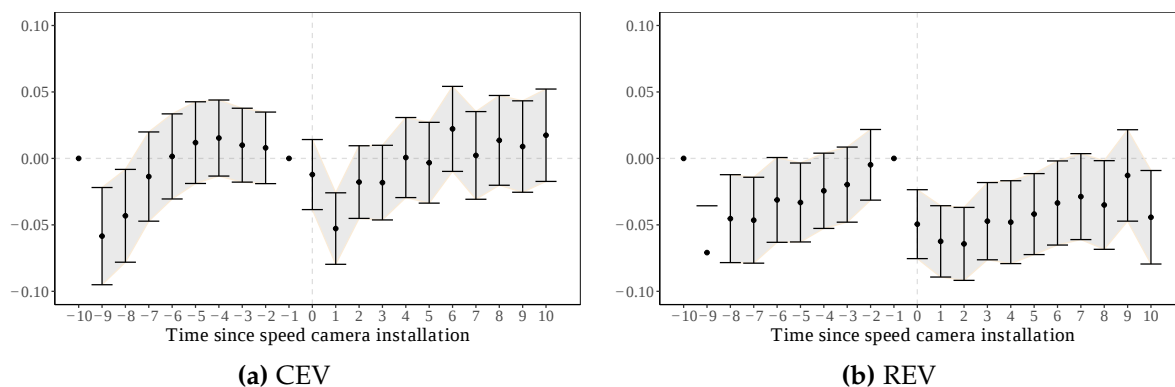


Figura 24 – Impacto das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes: Tipo de Equipamento

redução dos acidentes após o primeiro trimestre de instalação. Contudo, o efeito do REV é maior do que o efeito apresentado para os controladores de velocidade CEV. O primeiro tipo de equipamento possui o objetivo de reduzir a velocidade em torno de um trecho mais crítico a uma velocidade inferior a regulamentada. Muitas vezes, estes locais críticos são locais de grande circulação de pessoas. Enquanto o equipamento CEV apenas garante que a velocidade da pista está sendo respeitada.

Uma terceira hipótese é que as diferenças observadas entre CEV e REV sejam o resultado da localização dos equipamentos. A figura 26a e a figura 26b mostram resultados bastante distintos para o impacto sobre acidentes em estradas localizadas em zonas urbanas e rurais. Com zonas rurais sendo mais distantes de centros urbanos, é possível imaginar que sejam regiões mais propensas ao desenvolvimento de velocidades mais elevadas, de modo que as câmeras de velocidade representariam a única forma de dissuasão, e consequentemente, da redução de acidentes que são o resultado de elevadas velocidades. Os resultados do CATT para este tipo de acidente mostram uma redução significativa e persistente durante todo o período de análise. Por outro lado, quando considerados apenas acidentes em trechos urbanos, as câmeras tem um efeito negativo e significativo apenas para os dois primeiros anos de exposição à câmera.

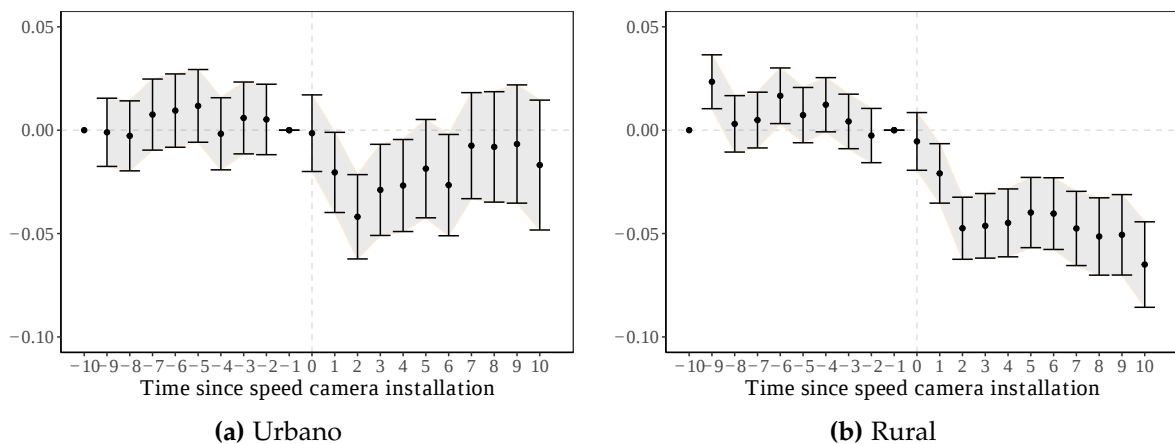


Figura 25 – Impacto das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes: Tipo de zona

Uma quarta hipótese é que estradas com pista simples se beneficiariam mais da instalação de lombadas eletrônicas. Pistas simples são trechos de estrada naturalmente mais perigosos, por oferecem um número menor de oportunidades de ultrapassagem, e assim propensas a colisões frontais. A figura 26 parece confirmar nossas suspeitas, dado que o efeito das câmeras nestas estradas é maior e mais persistente.

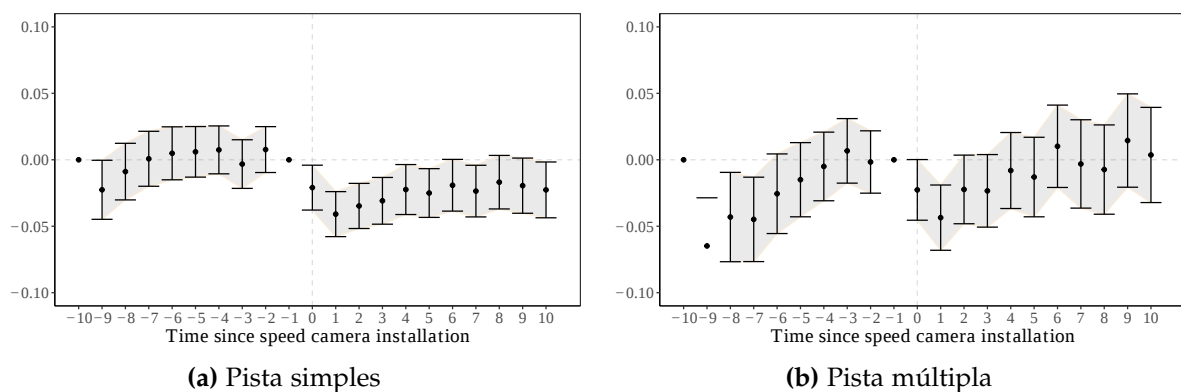


Figura 26 – Impacto das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes: Tipo de Estrada

Este conjunto de resultados parece sugerir que câmeras de velocidade são mais efetivas em reduzir acidentes quando a sinalização e a câmera são mais visíveis, quando a via onde o condutor trafega permite maior velocidade média (pistas rurais) e onde a oportunidade de acidente é maior (pistas simples). Locais onde a velocidade média já é baixa oferecem menos oportunidades de acidentes, de modo que o efeito marginal da adição do equipamento de controle de velocidade é menor.

2.6 Conclusão

Acidentes de trânsito relacionados ao excesso de velocidade continuam a ser um grande problema no Brasil. Este estudo oferece um conjunto de evidências relacionadas a efetividade do sistema de câmeras eletrônicas de velocidade em reduzir o número de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras. A instalação desses equipamentos está associada a redução de acidentes e da severidade destes tanto no curto quanto no longo prazo. Nossas estimativas implicam em uma redução de 4,7% no número de acidentes no primeiro trimestre de instalação, com um aumento na redução dos acidentes nos trimestres posteriores (-7,6% no segundo trimestre) e um efeito de longo prazo que chega a 7,8%. A redução também ocorre entre acidentes com maior gravidade, como aqueles em que ao menos uma pessoa ficou ferida. Neste caso, a instalação da câmera de velocidade reduz os acidentes em 3% no primeiro trimestre posterior a instalação, e em 5% no segundo trimestre. Já entre acidentes com vítimas fatais, observamos uma redução modesta de 1%, que chega a -1,44% no segundo trimestre.

O estudo não é capaz de separar o efeito dissuasão específico, em que indivíduos não cometem novas infração por terem sofrido sanções legais, da dissuasão geral, em que a experiência de terceiros influencia no comportamento de potenciais infratores. Mas é possível imaginar um efeito aprendizagem, uma vez que a intensidade da redução aumenta com o tempo de exposição. Entre as potenciais mecanismos em atuação, estão a aplicação de multas de trânsito, cujo valor depende do percentual de velocidade excedido acima do limite legal do trecho rodoviário. Infelizmente, os dados de multas de trânsito mantidos pela PRF não permitem a localização precisa do local de infração, como ocorre com os dados de acidentes.

Referências

ABRAHAM, S.; SUN, L. Estimating Dynamic Treatment Effects in Event Studies With Heterogeneous Treatment Effects. *SSRN Electronic Journal*, 2018.

ANG, A.; CHRISTENSEN, P.; VIEIRA, R. Should Congested Cities Reduce their Speed Limits ? Evidence from São Paulo , Brazil. 2019.

ATHEY, S.; IMBENS, G. Design-based Analysis in Difference-In-Differences Settings with Staggered Adoption. 2018. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1808.05293>>.

BAILEY, M. J.; GOODMAN-BACON, A. The War on Poverty's Experiment in Public Medicine: Community Health Centers and the Mortality of Older Americans. *American Economic Review*, v. 105, n. 3, p. 1067–1104, 3 2015. ISSN 0002-8282. Disponível em: <<https://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/aer.20120070>>.

BECKER, G. S. Crime and Punishment: An Economic Approach. *Journal of Political Economy*, v. 76, n. 2, p. 169–217, 3 1968. ISSN 0022-3808. Disponível em: <<https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/259394>>.

BHALOTRA, S.; ROCHA, R.; SOARES, R. R. ealthwork? Evidence from Health Systems Restructuring and Expansion in BrazilDoes Universalization of H. *IZA Discussion Papers*, n. 12111, 2019. Disponível em: <www.iza.org>.

BORUSYAK, K.; JARAVEL, X. Revisiting Event Study Designs. *SSRN Electronic Journal*, p. 1–25, 2018.

BOUSTAN, L. P. Local public goods and the demand for high-income municipalities. *Journal of Urban Economics*, Elsevier Inc., v. 76, n. 1, p. 71–82, 2013. ISSN 00941190. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jue.2013.02.003>>.

BURGER, N. E.; KAFFINE, D. T.; YU, B. Did California's hand-held cell phone ban reduce accidents? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier Ltd, v. 66, n. 1, p. 162–172, 2014. ISSN 09658564. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2014.05.008>>.

CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P. H. Difference-in-Differences with Multiple Time Periods. *Working Paper*, p. 1–37, 2019.

COHEN, A.; EINAV, L. the Effects of Mandatory Seat Belt Laws on Driving. *North*, v. 85, n. November, p. 828–843, 2003.

DEANGELO, G. Life and Death in the Fast Lane : Police Enforcement and Roadway Safety [JOB MARKET PAPER]. *Transportation Research*, v. 6, n. October 2011, p. 231–257, 2009.

DEANGELO, G.; HANSEN, B. Life and death in the fast lane: Police enforcement and traffic fatalities. *American Economic Journal: Economic Policy*, v. 6, n. 2, p. 231–257, 2014. ISSN 1945774X.

FACCHINI, G.; TESTA, C. Fiscal decentralization, regional inequality and bail-outs: Lessons from Brazil's debt crisis. *Quarterly Review of Economics and Finance*, v. 48, n. 2, p. 333–344, 2008. ISSN 10629769.

FALCH, T.; FISCHER, J. A. Public sector decentralization and school performance: International evidence. *Economics Letters*, Elsevier B.V., v. 114, n. 3, p. 276–279, 2012. ISSN 01651765. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.econlet.2011.10.019>>.

GOBILLON, L.; MAGNAC, T. Regional policy evaluation: Interactive fixed effects and synthetic controls. *Review of Economics and Statistics*, v. 98, n. 3, p. 535–551, 2016. ISSN 15309142.

GOODMAN-BACON, A. Difference-in-Differences with Variation in Treatment Timing. *National Bureau of Economic Research*, 2018. ISSN 0898-2937.

HANSEN, B. Punishment and deterrence: Evidence from drunk driving. *American Economic Review*, v. 105, n. 4, p. 1581–1617, 2015. ISSN 00028282.

HOXBY, C. M. Charter Schools in New York City: Who enrolls and how they affect their students' achievement. *New York*, 2009. Disponível em: <www.nber.org/papers/w14852>.

HOYE, A. Safety effects of fixed speed cameras - An empirical Bayes evaluation. *Accident Analysis and Prevention*, Elsevier Ltd, v. 82, p. 263–269, 2015. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.06.001>>.

IPEA. Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: Caracterização, tendências e custos para a sociedade. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)*, p. 42, 2015. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922_relatorio_acidentes_transito.pdf>.

KING, D. *Fiscal Tiers (Routledge Revivals) The Economics of Multi-Level Government*. [S.l.: s.n.], 2018. 340 p. ISBN 9781138648135.

LI, H.; GRAHAM, D. J.; MAJUMDAR, A. The impacts of speed cameras on road accidents: An application of propensity score matching methods. *Accident Analysis and Prevention*, Elsevier Ltd, v. 60, p. 148–157, 2013. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.08.003>>.

MARTINEZ-VAZQUEZ, J.; MCNAB, R. M. Fiscal decentralization and economic growth. *World Development*, v. 31, n. 9, p. 1597–1616, 2003. ISSN 0305750X.

OATES, W. E. *Fiscal Federalism*. [S.l.: s.n.], 1972. 256 p.

OATES, W. E. Toward a second-generation theory of fiscal federalism. *International Tax and Public Finance*, v. 12, n. 4, p. 349–373, 2005. ISSN 09275940.

OMS. *Global Status Report on Road Safety 2018*. [S.l.], 2018.

ONU. *Resolution adopted by the General Assembly, 64/255. Improving global road safety*. 2010. 1–6 p. Disponível em: <http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/UN_GA_resolution-54-255-en.pdf>.

- PIQUERO, A.; PATERNOSTER, R. An Application of Stafford and Warr's Reconceptualization of Deterrence to Drinking and Driving. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, v. 35, n. 1, p. 3–39, 2 1998. ISSN 0022-4278. Disponível em: <<http://hjb.sagepub.com.proxy.lib.umich.edu/content/9/2/183.full.pdf+htmlhttp://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0022427898035001001>>.
- POGARSKY, G.; PIQUERO, A. R. Can Punishment Encourage Offending? Investigating The “resetting” Effect. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, v. 40, n. 1, p. 95–120, 2 2003. ISSN 0022-4278. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0022427802239255>>.
- ROCHA, R.; SOARES, R. R. Evaluating the impact of community-based health interventions: evidence from brazil's family health program. *Health Economics*, v. 19, p. 126–158, 2010.
- RODDEN, J. Reviving Leviathan: Fiscal Federalism and the Growth of Government. *International Organization*, v. 57, n. 4, p. 695–729, 2003. ISSN 00208183.
- ROMEM, I.; SHURTZ, I. The accident externality of driving: Evidence from observance of the Jewish Sabbath in Israel. *Journal of Urban Economics*, Elsevier Inc., v. 96, p. 36–54, 2016. ISSN 00941190. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jue.2016.07.004>>.
- SCHMIDT, V. V. *Descentralização federativa e coordenação intergovernamental: um estudo sobre a integração dos municípios brasileiros ao Sistema Nacional de Trânsito*. Tese (Doutorado), 2013.
- SEWELL, D. O. "The dangers of decentralization" according to Prud'homme: Some further aspects. *World Bank Research Observer*, v. 11, n. 1, p. 143–150, 1996. ISSN 02573032.
- TANG, C. K. Do Speed Cameras Save lives. 2017.
- TANG, C. K. Do speed cameras save lives final.pdf. 2019. Disponível em: <<https://www.dropbox.com/s/5chv1bmcvve3krq/Dospeedcamerasavelivesfinal.pdf?dl=0>>.
- TANG, C. K. The Cost of Traffic: Evidence from the London Congestion Charge. *Journal of Urban Economics*, v. 121, p. 103302, 1 2021. ISSN 00941190. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0094119020300735>>.
- TIEBOUT, C. M. A Pure Theory of Local Expenditures. *Journal of Political Economy*, v. 64, n. 5, p. 416–424, 1956. ISSN 0022-3808.
- TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Rational Choice and the Framing of Decisions Amos Tversky; Daniel Kahneman The Journal of Business, Vol. 59, No. 4, Part 2: The Behavioral Foundations of Economic Theory. (Oct., 1986), pp. S251-S278. *Foundations*, v. 59, n. 4, p. 251–278, 1986.
- WÖSSMANN, L. Schooling resources, educational institutions and student performance: The international evidence. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v. 65, n. 2, p. 117–170, 2003. ISSN 03059049.
- YAGIL, D. Instrumental and normative motives for compliance with traffic laws among young and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, v. 30, n. 4, p. 417–424, 1998. ISSN 00014575.

3 Apêndice

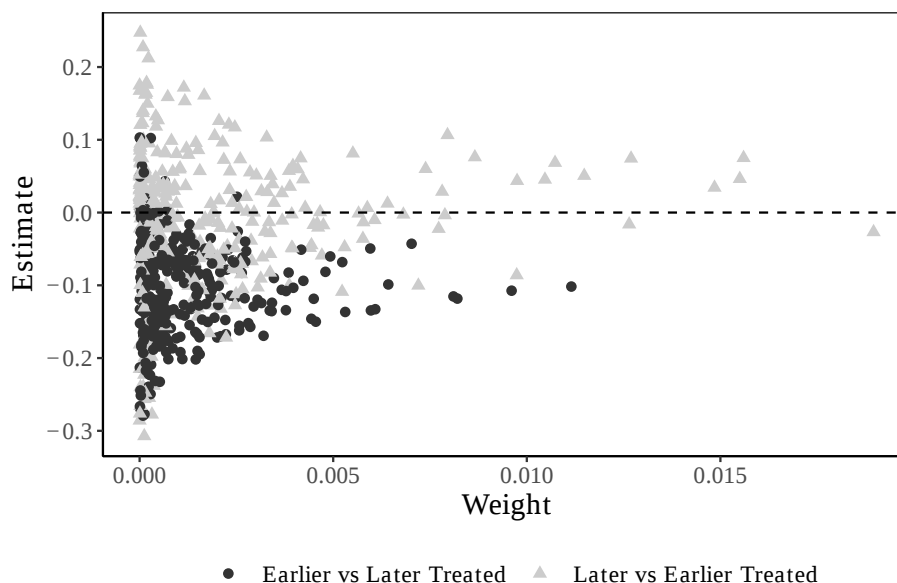


Figura A1 – Decomposição de Bacon para o Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Acidentes Totais, 2010-2018

Tabela A1 – Taxa de Acidentes em Trechos de Estrada com Câmera de Velocidade

Trecho tratado em...	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Mean
2011	2.1	2.1	1.8	1.8	1.7	1.2	0.8	0.7	0.6	1.4
2012	1.6	1.7	1.5	1.4	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	1.1
2013	1.6	1.7	1.6	1.4	1.2	0.8	0.6	0.6	0.4	1.1
2014	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.5	0.4	0.4	0.3	0.6
2015	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.5	0.4	0.3	0.3	0.7
2016	0.6	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	0.6
2017	1.0	1.0	1.1	1.0	1.3	0.9	0.7	0.6	0.1	0.9
2018	1.1	1.2	0.9	0.9	0.9	0.5	0.6	0.4	0.4	0.8
-	1.3	1.4	1.3	1.2	1.1	0.8	0.5	0.5	0.4	0.9

Nota: Cada valor representa a taxa de acidentes médio para locais que foram tratados no ano especificado. Médias são calculadas para o período entre 2010-2018 e valores em negrito representam os anos tratados.

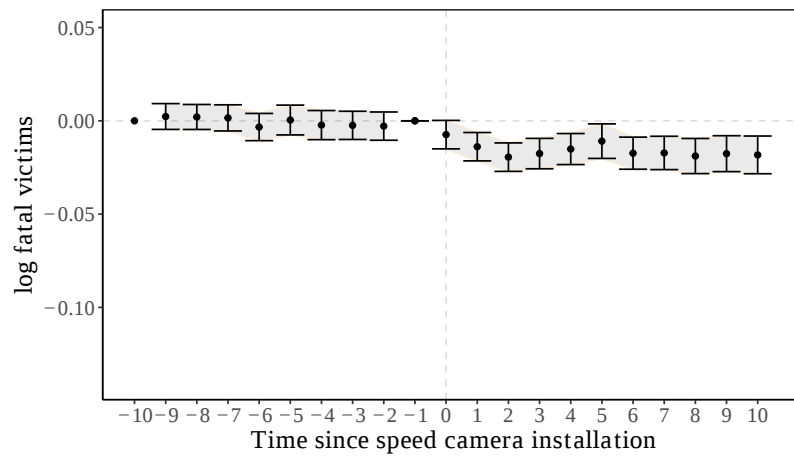


Figura A2 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Total de Vítimas Fatais

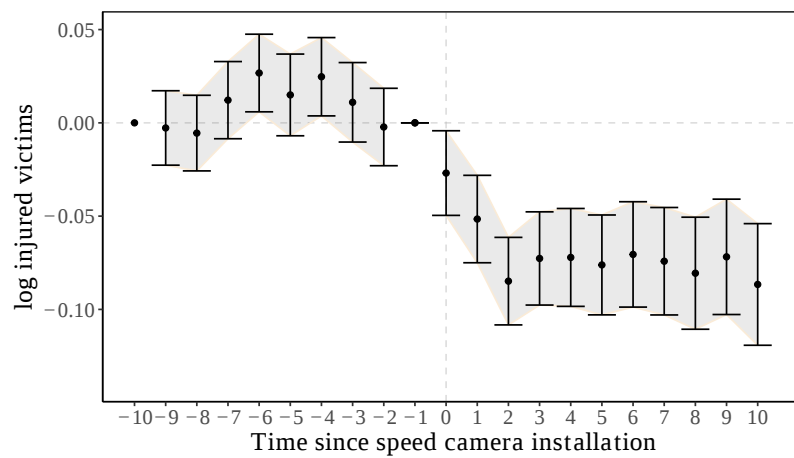


Figura A3 – Efeito das Câmeras de Velocidade Total de Vítimas Feridas

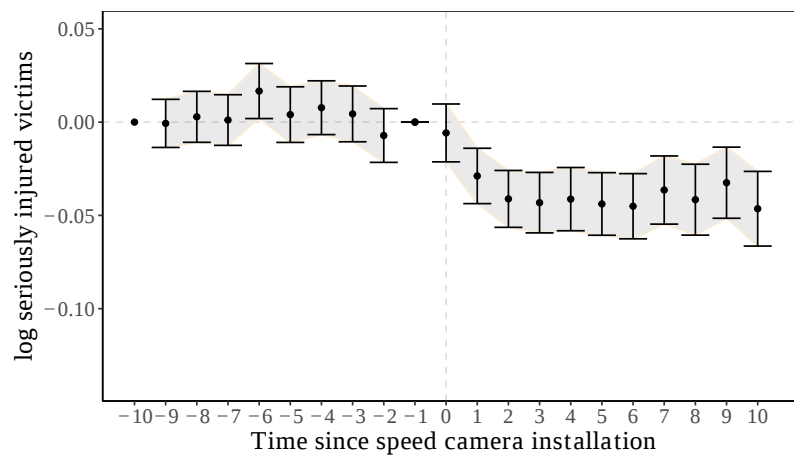


Figura A4 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre Total de Feridos Graves

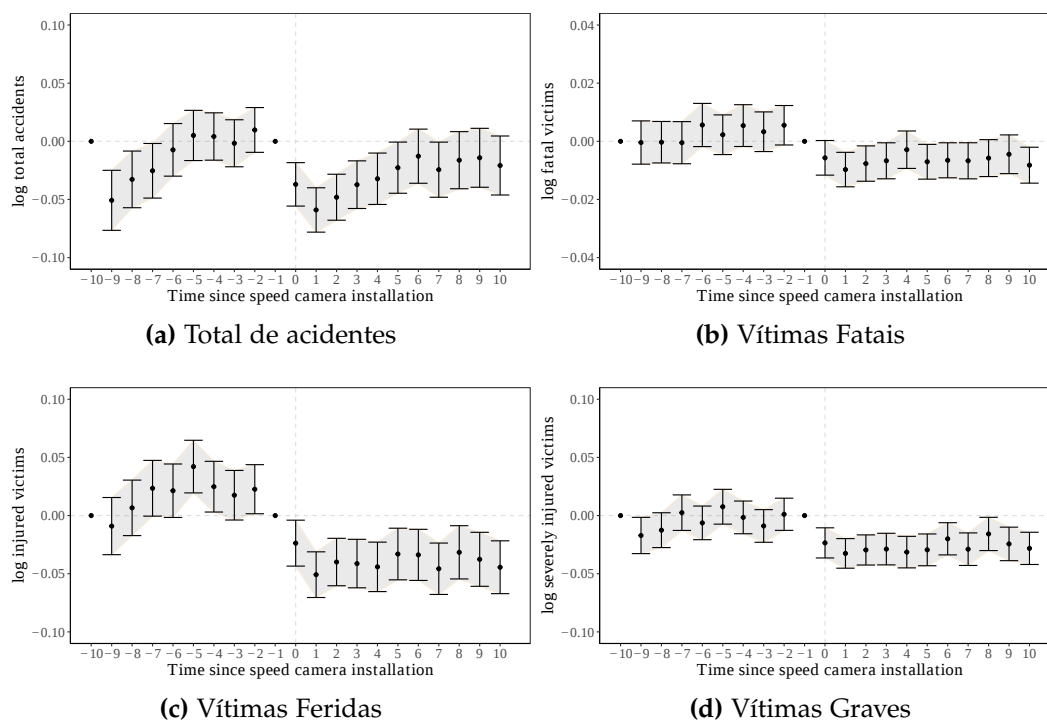


Figura A5 – Efeito das Câmeras de Velocidade sobre a Segurança no Trânsito, Estimativas de Event Study sem Ponderação

Tabela B1 – Estatísticas Descritivas para o Brasil (Ano 2001)

	<i>Obs.</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio-padrão</i>	<i>Min</i>	<i>Máx</i>
Mortalidade					
Óbitos - Total	5.546	5,5	34,6	0	1.676
Óbitos - Automóvel	5.546	1,0	4,1	0	100
Óbitos - Motocicleta	5.546	0,6	3,4	0	125
Óbitos - Pedestres	5.546	1,7	16,6	0	774
Hospitalização					
Acidentes - Total	5.546	19,7	210,0	0	12.087
Acidentes - Automóvel	5.546	2,1	14,7	0	721
Acidentes - Motocicleta	5.546	3,3	30,3	0	1.881
Acidentes - Pedestre	5.546	8,5	178,4	0	11.447
Mortalidade - vizinhos					
Óbitos Vizinhos - Total	5.546	43,7	137,7	0	2.005
Óbitos Vizinhos - Automóvel	5.546	7,2	12,3	0	155
Óbitos Vizinhos - Motocicleta	5.546	4,4	11,9	0	150
Óbitos Vizinhos - Pedestre	5.546	14,1	63,9	0	890
Hospitalização - vizinhos					
Acidentes Vizinhos - Total	5.546	151,2	677,2	0	13.753
Acidentes Vizinhos - Automóvel	5.546	17,1	61,9	0	979
Acidentes Vizinhos - Motocicleta	5.546	29,2	139,6	0	2.260
Acidentes Vizinhos - Pedestre	5.546	62,1	499,0	0	12.686
Controles por Município					
Despesa Corrente (R\$ Percapita)	5.546	1.384,8	783,4	71,5	13.122,5
Despesa com Saúde (R\$ Percapita)	5.546	302,8	234,0	0,2	6.338,8
Automóveis (por 1000 habitantes)	5.546	63,9	65,5	0	475
Motocicletas (por 1000 habitantes)	5.546	20,5	19,4	0	152

Nota: Esta tabela fornece estatísticas descritivas para todos os municípios brasileiros. Dados de frotas de veículos não estão disponíveis antes de 2001 e dados de leitos hospitalares não estão disponíveis antes de 2005.

Tabela B2 – Impacto da Municipalização sobre Hospitalização em Municípios do Rio Grande do Sul

	Total		Motocicletas		Automóveis		Pedestres	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Municipalização	0.049 (0.040)	0.050 (0.042)	-0.043 (0.027)	-0.038 (0.026)	0.046** (0.023)	0.054** (0.024)	0.103*** (0.037)	0.102*** (0.038)
EF município?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Tempo*Estado?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle?	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Pré-tratamento	5.9	5.9	1.01	1.01	1.18	1.18	2.01	2.01
N	8,910	10,395	8,910	10,395	8,910	10,395	8,910	10,395

Nota: Todas as especificações são estimadas utilizando um painel anual de municípios do RS para o período 1998 a 2018. A variável dependente é o $\ln(1 + y)$, onde y é o total de óbitos para cada município. A regressão inclui uma *dummy* igual a unidade quando o município está integrado ao Sistema Nacional de Trânsito. A especificação com controles inclui despesas totais e despesas com saúde. Intervalos de confiança de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível de município.

Tabela B3 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos Masculinos em Municípios do Rio Grande do Sul

	Total		Motocicletas		Automóveis		Pedestres	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Municipalização	0.014 (0.020)	0.011 (0.018)	-0.047*** (0.017)	-0.028* (0.017)	-0.052*** (0.019)	-0.029 (0.018)	0.031** (0.014)	0.025* (0.013)
EF município?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Tempo?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle?	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Pré-tratamento	2.54	2.54	0.27	0.27	0.39	0.39	0.64	0.64
N	8,910	10,395	8,910	10,395	8,910	10,395	8,910	10,395

Nota: Todas as especificações são estimadas utilizando um painel anual de municípios do RS para o período 1998 a 2018. A variável dependente é o $\ln(1 + y)$, onde y é o total de óbitos masculinos para cada município. A regressão inclui uma *dummy* igual a unidade quando o município está integrado ao Sistema Nacional de Trânsito. A especificação com controles inclui despesas totais, despesas com saúde, automóveis e motocicletas por 1000 habitantes, e leitos hospitalares por 1000 habitante. Intervalo de confiança de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível de município.

Tabela B4 – Impacto da Municipalização sobre Óbitos Femininos em Municípios do Rio Grande do Sul

	Total		Motocicletas		Automóveis		Pedestres	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Municipalização	-0.008 (0.014)	-0.008 (0.014)	-0.020*** (0.007)	-0.017** (0.008)	-0.039*** (0.013)	-0.027** (0.012)	0.005 (0.010)	-0.00004 (0.010)
EF município?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Tempo?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle?	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Pré-tratamento	0.67	0.67	0.01	0.01	0.16	0.16	0.22	0.22
N	8,910	10,395	8,910	10,395	8,910	10,395	8,910	10,395

Nota: Todas as especificações são estimadas utilizando um painel anual de municípios do RS para o período 1998 a 2018. A variável dependente é o $\ln(1 + y)$, onde y é o total de óbitos femininos para cada município. A regressão inclui uma *dummy* igual a unidade quando o município está integrado ao Sistema Nacional de Trânsito. A especificação com controles inclui despesas totais, despesas com saúde, automóveis e motocicletas por 1000 habitantes, e leitos hospitalares por 1000 habitante. Intervalo de confiança de de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível de município.

Tabela B5 – Robustez - Diferentes Especificações

	Óbitos de Ocupantes de Automóveis					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Municipalização	-0.038* (0.021)	-0.037* (0.021)	-0.065*** (0.022)	-0.065*** (0.022)	-0.066*** (0.022)	-0.066*** (0.022)
Despesas (per capita)		0.052** (0.026)	0.114*** (0.038)	0.114*** (0.038)	0.110*** (0.038)	0.112*** (0.038)
Despesa Saúde (per capita)		-0.026** (0.013)	-0.035* (0.019)	-0.035* (0.019)	-0.038* (0.019)	-0.037* (0.019)
Automóveis (per capita)			-0.034 (0.067)	-0.034 (0.067)	0.004 (0.066)	0.005 (0.066)
Motocicletas (per capita)			0.047 (0.050)	0.047 (0.050)	0.050 (0.049)	0.049 (0.049)
Leitos (per capita)					0.057*** (0.012)	0.057*** (0.012)
Óbitos - Moto (vizinhos)						0.034*** (0.009)
EF município?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Tempo?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
N	10,395	10,395	8,910	8,910	8,910	8,910

Nota: Todas as especificações são estimadas utilizando um painel anual de municípios do RS para o período 1998 a 2018. A variável dependente é o $\ln(1 + y)$, onde y é o total de óbitos de ocupantes de automóveis. A regressão inclui uma *dummy* igual a unidade quando o município está integrado ao Sistema Nacional de Trânsito. Intervalo de confiança de de 95% são construídos a partir de erros padrões *clusterizados* ao nível de município.

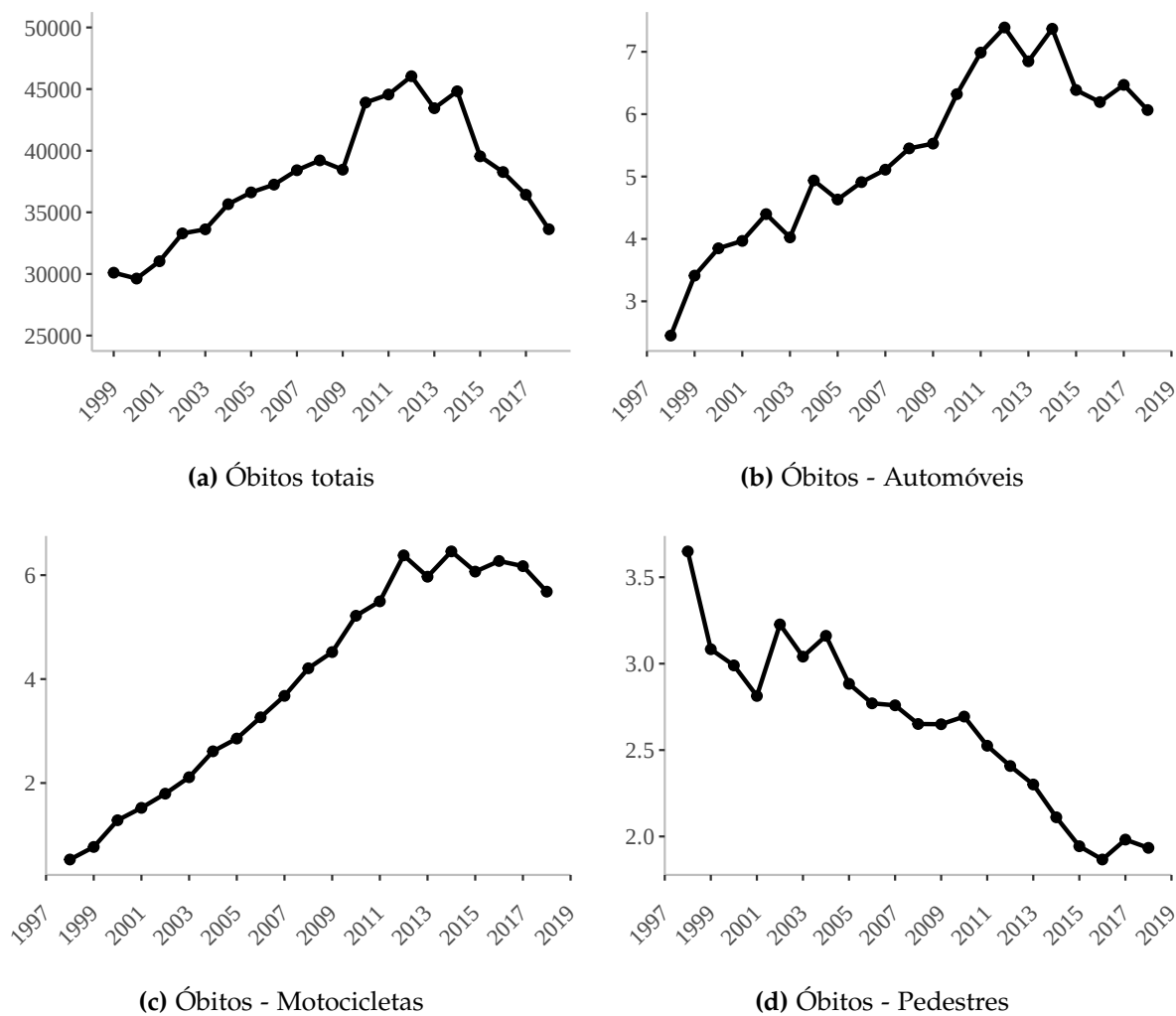
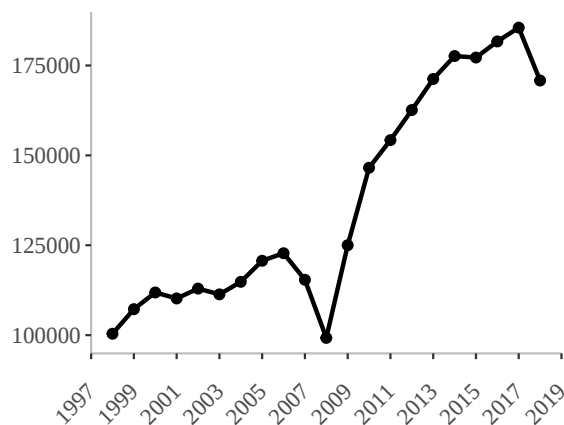
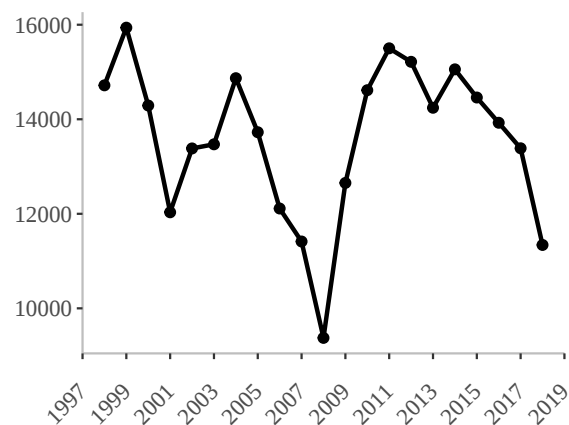


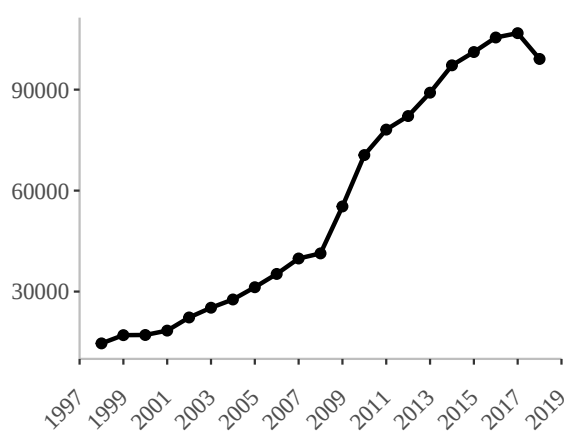
Figura B1 – Tendências Agregadas da Taxa de Mortalidade em Acidentes de Trânsito no Brasil



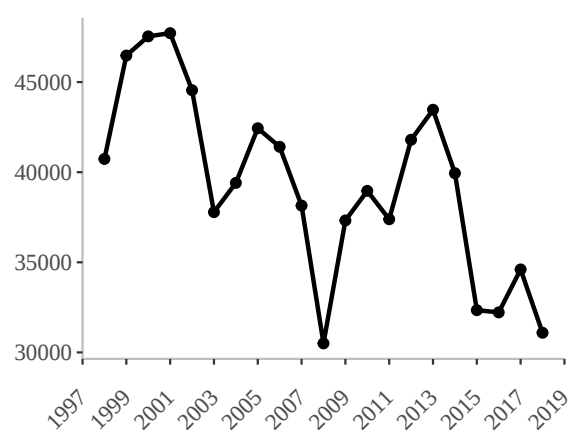
(a) Acidentes totais



(b) Acidentes - Automóveis



(c) Acidentes - Motocicletas



(d) Acidentes - Pedestres

Figura B2 – Tendências Agregadas da Taxa de Hospitalização em Acidentes de Trânsito no Brasil

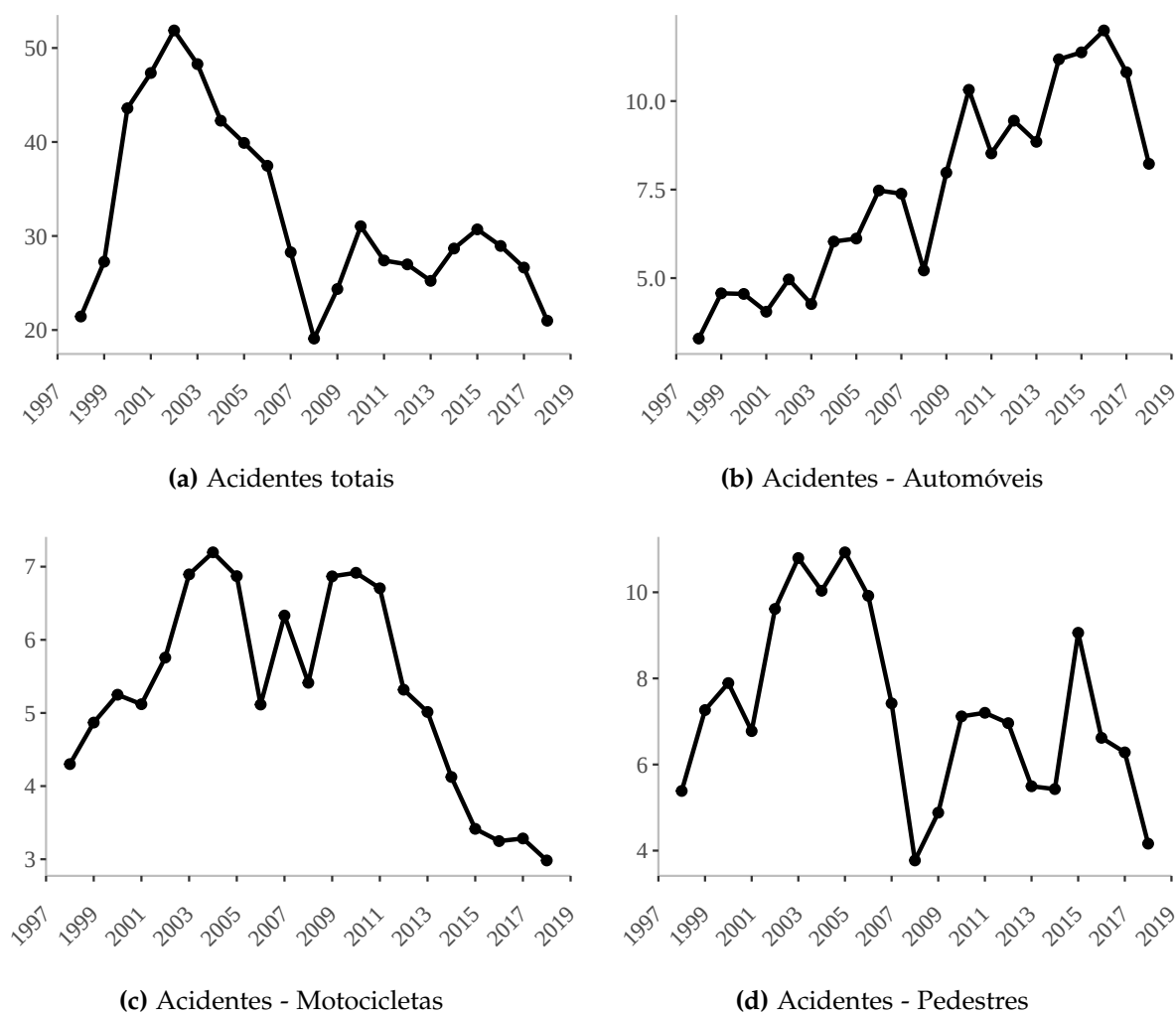


Figura B3 – Tendências Agregadas da Taxa de Hospitalização em Acidentes de Trânsito no RS

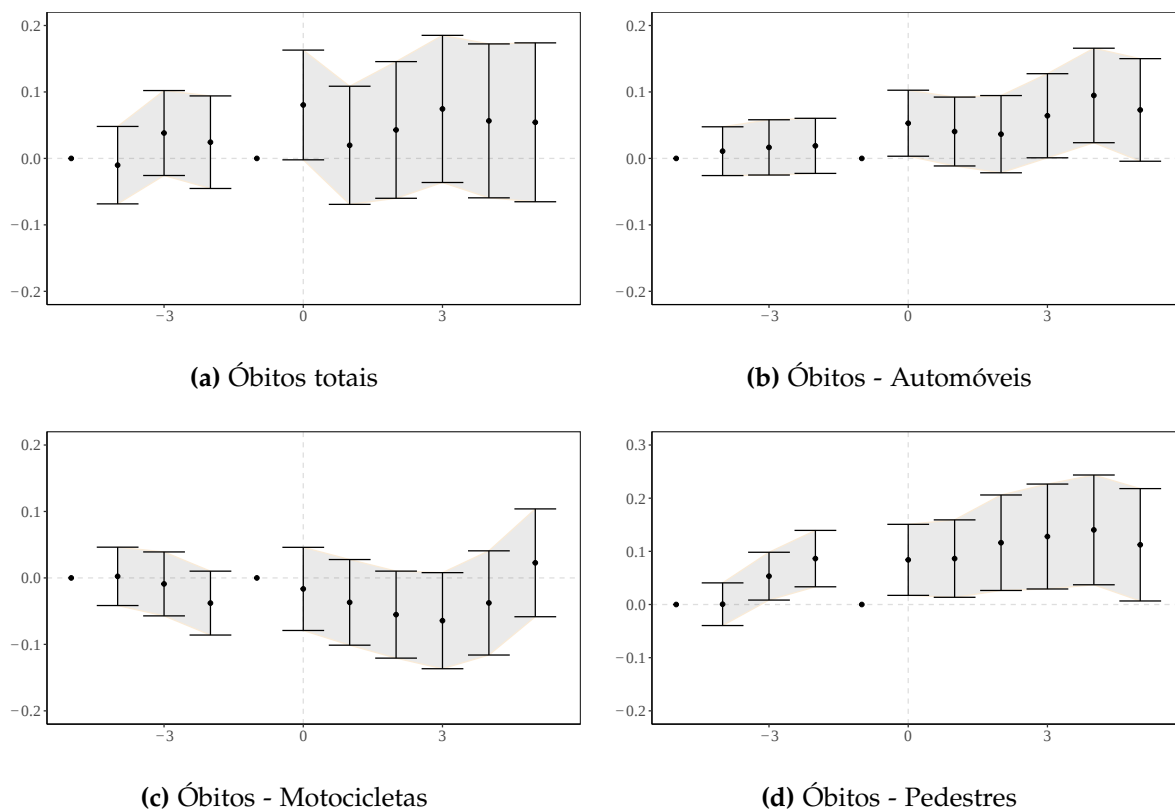


Figura B4 – Impacto da Municipalização sobre Hospitalização Masculinas por Acidente de Trânsito. Municípios do Rio Grande do Sul, 1998-2018