



ENAP

Cadernos

nº 95

Avaliação de impacto do Projeto Vida no Trânsito

Dalson Britto Figueiredo Filho

Coleção: Cátedras 2019



Coleção:

Cátedras 2019



**Avaliação de impacto do
Projeto Vida no Trânsito**

Autor

Dalson Britto Figueiredo Filho

Pareceristas convidados

Ciro Fernandes

Roberta da Silva Vieira

Este caderno é resultado dos conhecimentos gerados pelas pesquisas realizadas no âmbito do Programa Cátedras Brasil, desenvolvido com o objetivo de fomentar pesquisas de alto nível com aplicações práticas na gestão pública. A presente publicação é uma das entregas previstas no Edital nº 50 de 2019.

Conheça o autor



**Dalson Britto
Figueiredo Filho**

Autor



Professor da Universidade Federal de Pernambuco e atual coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Política (PPGCP/UFPE). Catalisador do Berkeley Initiative for Transparency in the Social Sciences (BITSS) e pesquisador visitante na Universidade de Oxford (2021/2022). Autor do livro “Métodos Quantitativos em Ciência Política”.



Expediente



Escola Nacional de Administração Pública – Enap

Presidente

Diogo Costa

Diretora-Executiva

Rebeca Loureiro de Brito

Diretora de Altos Estudos

Diana Coutinho

Diretor de Educação Executiva

Rodrigo Torres

Diretor de Desenvolvimento Profissional

Paulo Marques

Diretora de Inovação

Bruna Santos

Diretora de Gestão Interna

Alana Biagi Lisboa

Revisão

Adriana Braga

Projeto gráfico

Amanda Soares

Letícia Lopes

Diagramação

Fernanda Alves Barreto

A Escola Nacional de Administração Pública (Enap) é uma escola de governo vinculada ao Ministério da Economia (ME).

Tem como principal atribuição a formação e o desenvolvimento permanente dos servidores públicos. Atua na oferta de cursos de mestrados profissionais, especialização lato sensu, cursos de aperfeiçoamento para carreiras do setor público, educação executiva e educação continuada.

A instituição também estimula a produção e disseminação de conhecimentos sobre administração pública, gestão governamental e políticas públicas, além de promover o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias de gestão que aumentem a eficácia e a qualidade permanente dos serviços prestados pelo Estado aos cidadãos. Para tanto, desenvolve pesquisa aplicada e ações de inovação voltadas à melhoria do serviço público.

O público preferencial da Escola são servidores públicos federais, estaduais e municipais. Sediada em Brasília (DF), a Enap é uma escola de governo de abrangência nacional e suas ações incidem sobre o conjunto de todos os servidores públicos, em cada uma das esferas de governo.

F4751a Figueiredo Filho, Dalson Britto

Avaliação de impacto do Projeto Vida no Trânsito / Dalson Britto

Figueiredo Filho. -- Brasília: Enap, 2022.

100 p. : il. -- (Cadernos Enap, 95; Coleção: Cátedras 2019)

Inclui bibliografia

ISSN: 0104-7078

1. Trânsito. 2. Implementação. 3. Avaliação de Projetos. 4. Administração Pública Federal. 5. Acidente de Trânsito. 6. Avaliação de Políticas Públicas. 7. Pesquisa Científica. I. Título.

CDU 656.07:614.8

Bibliotecária: Tatiane de Oliveira Dias – CRB1/2230



Enap, 2022

Este trabalho está sob a Licença Creative Commons – Atribuição: Não Comercial – Compartilha Igual 4.0 Internacional

As informações e opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Escola Nacional de Administração Pública (Enap). É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.



Escola Nacional de Administração Pública (Enap)
Diretoria de Altos Estudos
Coordenação-Geral de Pesquisa
SAIS – Área 2-A – 70610-900 — Brasília-DF, Brasil

CÁTEDRAS

2019

Editorial

Cumprindo sua missão de fomentar pesquisas de alto nível com aplicações práticas na gestão pública, a Enap, por meio do seu Edital n. 50/2019 elencou as seguintes áreas temáticas: **(a)** avaliação de políticas públicas financiadas por gasto direto; **(b)** avaliação de subsídios da União; **(c)** comunicação de evidências em políticas públicas; **(d)** perspectivas em escolha pública comportamental e; **(e)** serviços públicos digitais inteligentes.

É esta diversidade de temas que ora compõem os Cadernos Enap desta coleção.

As duas primeiras áreas ilustram a importância das avaliações de políticas públicas sejam elas ex ante ou ex post têm para o setor público. Políticas públicas não são – e nem deveriam ser – eternas e imutáveis. A sociedade aloca recursos em políticas públicas e, portanto, é importante que o custo-benefício social seja mensurado de maneira cientificamente apurada.

A terceira área de análise se preocupa com outro aspecto importante das políticas públicas: a sua capacidade de ser compreendida tanto pelo cidadão como pelo gestor público. A comunicação das evidências, idealmente, deve desfazer mal-entendidos, trazendo não certezas – pois em Ciência não há certezas, exceto as triviais – mas sim evidências que rejeitem ou não o impacto desta ou daquela política.

A quarta área visava explorar a questão dos vieses que

os agentes públicos enfrentam em suas tomadas de decisão. Muito popular, e não menos polêmica, a economia comportamental é uma área ainda jovem, com muitos insights interessantes que merecem um tratamento empírico mais rigoroso pois, só assim, poderemos saber se as propostas práticas de intervenções com base nesta teoria têm efeitos de médio e longo prazo.

Finalmente, a quinta área é uma da qual temos visto avanços práticos no Brasil. É interessante notar que a ideia de se estudar o tema dos serviços digitais inteligentes foi anterior à pandemia, período em que, inevitavelmente, estes serviços – públicos ou privados – passaram a ocupar parte significativa da vida das pessoas.

Estas cinco áreas se conectam, ilustrando algumas das preocupações que fazem parte do universo de pesquisas da Enap. Afinal, os vieses de gestores podem influenciar na elaboração de políticas públicas que, por sua vez, precisam ser avaliadas. Os resultados das avaliações devem ser transmitidos com clareza à sociedade, financiadora destes gestores e destas políticas. Não é difícil perceber que serviços digitais são uma forma de se baratear o acesso dos cidadãos a diversas facetas deste processo.

A pesquisa, não custa lembrar, é gerada em um processo que abrange o trabalho do bolsista, as sugestões e críticas dos avaliadores. Trata-se de um processo rico e laborioso, como bem o sabem aqueles que seguem pelas trilhas das pesquisas. É sempre um prazer contar com bolsistas e avaliadores no Projeto Cátedras da Enap.

Obviamente, não posso deixar de mencionar o incansável trabalho da Coordenação-Geral de Pesquisa e a colaboração de nosso pessoal da Biblioteca e da Assessoria de Comunicação da Enap na fase final de lapidação dos doze cadernos desta coleção.

Claudio D. Shikida

Coordenador-Geral de Pesquisa
Diretoria de Altos Estudos

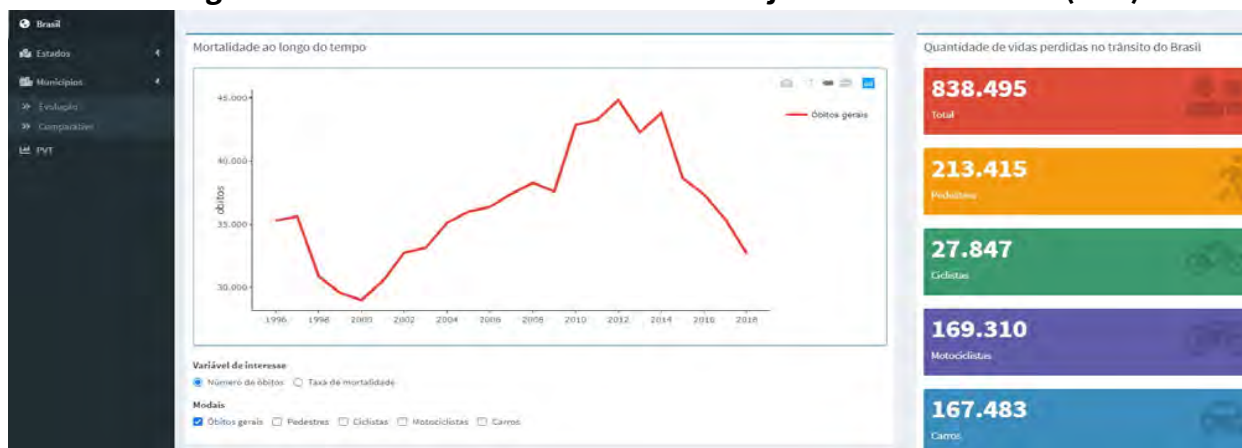
Sumário Executivo

Apresentação/ contextualização

1. Dashboard

Comparativamente, o trânsito é mais letal do que HIV/ Aids, tuberculose, homicídios e suicídios, representando a principal causa de morte para crianças e pessoas entre 5 e 29 anos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). De acordo com os dados mais recentes da Organização Mundial de Saúde, cerca de 1,35 milhão de pessoas morrem em acidentes de transporte terrestre por ano no mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). No Brasil, conforme estimativas do Datasus, 838.495 vidas foram perdidas em acidentes de trânsito entre 1996 e 2018. Com o objetivo de facilitar a interpretação dos resultados da pesquisa pelo público não acadêmico e viabilizar a realização de diagnósticos específicos sobre a mortalidade por acidentes de transporte terrestre no País, elaboramos um painel interativo com quatro principais funcionalidades: a) evolução; b) *ranking*; c) comparativo; e d) avaliação de impacto. A Figura 1 mostra a tela inicial da plataforma de análise do Projeto Vida no Trânsito (PVT).

Figura 1 – Tela inicial do *dashboard* do Projeto Vida no Trânsito (PVT)



Fonte: https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/

O módulo Evolução permite visualizar a variação do número/taxa de mortalidade no trânsito por unidade da Federação/municípios e por tipo de modal (pedestres, ciclistas, motociclistas e carros) (1996-2018). A função *Ranking* foi especialmente desenhada para automatizar a comparação entre todas as unidades observacionais. Por sua vez, a opção Comparativo permite selecionar casos específicos e avaliar a variação da letalidade no trânsito em função do tempo e por modalidade de transporte. Por fim, podemos estimar o efeito do Projeto Vida no Trânsito sobre a mortalidade por acidentes de transporte terrestre a partir de um modelo estatístico amplamente utilizado em avaliações de impacto de políticas públicas¹. Dessa forma, este projeto se justifica pelo potencial de contribuir com a elaboração e implementação de políticas públicas especialmente desenhadas para promover a segurança no trânsito no Brasil.

2. Metodologia

A principal variável de interesse, número/taxa de óbitos por acidentes de transporte terrestre, será mensurada a partir de informações secundárias do Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) do Datasus. Esse portal eletrônico permite personalizar a tabulação das informações de acordo com a linha, coluna e conteúdo, o que significa formatar a extração dos dados por localidade, ano (1996-2018), grupo CID 10, residência versus ocorrência do óbito, além de outras variáveis de interesse para a pesquisa. Em particular, devemos somar as categorias do Grupo CID 10 (V01-V89) para totalizar a

¹ O Projeto Vida no Trânsito foi elaborado a partir da iniciativa *Road Safety in 10 countries* e tem como principal objetivo reduzir a quantidade de mortes e lesões no trânsito em países em desenvolvimento. Lançado em 2010, o projeto foi inicialmente implementado em cinco capitais: Belo Horizonte (MG), Campo Grande (MS), Curitiba (PR), Palmas (TO) e Teresina (PI). Em 2013, o projeto incluiu todas as capitais e municípios com mais de um milhão de habitantes, além das cidades paranaenses de São José dos Pinhais e Foz do Iguaçu.

quantidade de óbitos por acidentes terrestres. Depois disso, a partir das estimativas populacionais fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), normalizaremos o número de óbitos pela população com o objetivo de garantir a comparabilidade entre os casos de interesse.

Em termos substantivos, os modelos de séries temporais interrompidas servem para avaliar o impacto de uma intervenção discreta na distribuição de dados longitudinais. Para tanto, devemos identificar o comportamento dos dados antes da mudança institucional (*policy change*) e utilizar essa informação para estimar o contrafactual. Quanto maior a diferença entre a série observada e o que deveria ter acontecido, maior o impacto da intervenção. Assume-se que tanto o nível (média) quanto a tendência da série permaneceriam constantes na ausência da política governamental.

3. Resultados

A Tabela 1 apresenta a estimativa do impacto do Projeto Vida no Trânsito sobre a mortalidade por acidentes de transporte terrestre a partir de um modelo de séries temporais interrompidas com controle.

Tabela 1 – Coeficientes de regressão com dados desagregados por cidade (com controle)

	Belo Horizonte	Campo Grande	Curitiba	Palmas	Teresina
(Intercepto)	3,94 *** (0,09)	3,81 *** (0,09)	4,93 *** (0,06)	3,14 *** (0,15)	2,67 *** (0,15)
Tempo (β_1)	0,09*** (0,01)	0,02 * (0,01)	-0,01 (0,01)	0,07 *** (0,02)	0,05 ** (0,02)
Nível (β_2)	0,10 (0,14)	0,27 (0,14)	0,36 *** (0,10)	-0,12 (0,24)	-0,17 (0,23)
Tendência (β_3)	-0,14*** (0,02)	-0,06 * (0,02)	-0,06 *** (0,02)	-0,04 (0,04)	0,01 (0,04)
Grupo (β_4)	2,27 (0,02)	1,37 *** (0,12)	1,23 *** (0,09)	-0,18 (0,22)	2,07 *** (0,21)
Δ_Tempo (β_5)	-0,10*** (0,01)	-0,01 (0,01)	-0,01 (0,01)	0,04 (0,03)	-0,01 (0,02)

	Belo Horizonte	Campo Grande	Curitiba	Palmas	Teresina
Δ _Nível (β_6)	0,07 (0,20)	-0,11 (0,19)	-0,49 *** (0,14)	-0,06 (0,34)	0,40 (0,33)
Δ _Tendência (β_7)	0,08* (0,03)	-0,01 (0,03)	0,03 (0,02)	-0,06 (0,06)	-0,09 (0,05)
N	46	46	46	46	46
R ²	0,96	0,95	0,97	0,69	0,95

No modelo com controle, devemos examinar a estimativa representada por β_7 , que indica a diferença na tendência da cidade tratada para o caso controle após a mudança institucional. A expectativa teórica é de que o coeficiente de regressão seja negativo. A Tabela 2 resume o sinal do coeficiente de interesse para os quatro modelos estimados para cada cidade que participou do programa piloto do Projeto Vida no Trânsito.

Tabela 2 – Sinal do coeficiente de interesse por tipo de modelo²

Cidade	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	%
Belo Horizonte	-	+	-	-	75
Campo Grande	-	-	-	-	100
Curitiba	-	+	-	-	75
Palmas	-	-	-	-	100
Teresina	-	-	-	-	100

Fonte: elaboração própria.

4. Conclusões

Os principais resultados indicam que o Projeto Vida no Trânsito contribuiu para reduzir a quantidade de óbitos em acidentes de transporte terrestre no Brasil. Em particular, todos os modelos sem controle e a maior parte das estimativas com controle indicam que a tendência da série de mortalidade foi alterada após a mudança institucional (*policy change*).

4.1 Recomendações

² M₁ (modelo sem controle); M₂ (modelo com controle de localização populacional); M₃ (modelo com controle pela taxa de mortalidade por acidente de transporte terrestre (ATT) antes da intervenção); e M₄ (modelo com controle pela taxa de motorização).

- a. Criar um repositório institucional do Projeto Vida no Trânsito, com dados detalhados sobre informações de interesse geral do programa (metas, objetivos, ações, despesas, orçamento, mortalidade, morbidade etc.).
- b. Fomentar a disponibilização de dados originais por parte das secretarias estaduais de saúde (exemplo: as informações das operações de fiscalização da Lei Seca).
- c. Incorporar as estimativas populacionais do IBGE dentro do Sistema de Informações de Mortalidade do Datasus com o objetivo de fornecer os indicadores de saúde já devidamente normalizados.
- d. Planejar a avaliação do impacto das políticas públicas antes do processo de implementação, com o objetivo de fornecer contrafactuais mais consistentes.
- e. Incentivar a oferta de cursos de formação em avaliação de políticas públicas no serviço público em geral e nas secretarias estaduais de saúde em particular (exemplo: o mestrado profissional em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas ofertado pela Escola Nacional de Administração Pública – Enap).
- f. Elaborar políticas baseadas em evidências. Por exemplo, como o *dashboard* facilita a identificação de que modal concentra a maior parte dos óbitos em uma determinada localidade, é possível elaborar estratégias especialmente desenhadas para os usuários daquele meio de transporte.
- g. Considerando a inexistência de um repositório institucional do PVT e possíveis problemas de correlação contemporânea, a análise de dados poderia se beneficiar de uma abordagem qualitativa. Em particular, acreditamos que entrevistas com gestores governamentais e profissionais de saúde poderiam ajudar a melhor compreender o processo de implementação do PVT. Outra perspectiva promissora é examinar o conteúdo dos documentos institucionais produzidos pelos órgãos responsáveis pela política em cada localidade.

4.2 Limitações

- a. Dificuldade em encontrar informações confiáveis sobre o processo de implementação das ações do PVT nos municípios beneficiados.
- b. Dificuldade em acessar as bases de dados das secretarias estaduais de saúde.
- c. Problemas de validade interna (correlação contemporânea).
- d. Dados inconsistentes, principalmente para municípios pequenos.
- e. Abordagem puramente quantitativa.
- f. Uso político do PVT (*credit claim*).



Se quiser, **clique aqui** para acessar o documento do **Sumário Executivo separado**.
Compartilhe!

Resumo

Este relatório descreve as atividades desenvolvidas durante a execução da proposta de pesquisa intitulada Avaliação de Impacto do Projeto Vida no Trânsito. O documento está organizado em cinco partes, além da introdução. A primeira apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre acidentes de trânsito no Brasil. Além disso, identificamos as principais fontes de dados secundários sobre o tema e compilamos a legislação atual pertinente e a produção técnica sobre acidentes de trânsito. A segunda parte explica as principais características do desenho de pesquisa, enfatizando a coleta dos dados e a mensuração das variáveis. Além disso, incluímos um breve tutorial sobre o uso da técnica de séries temporais interrompidas na avaliação de impacto de políticas públicas. A terceira parte examina a produção científica que emprega séries temporais interrompidas para estimar o impacto de intervenções governamentais sobre indicadores de segurança no trânsito. A quarta parte sumariza os principais resultados com ênfase na apresentação gráfica das evidências. A última parte reporta as principais limitações do nosso projeto com o objetivo de aumentar a transparência e facilitar o desenvolvimento de futuras pesquisas sobre o tema.

Palavras-chave:

acidentes de trânsito, acidentes de transporte terrestre, avaliação de impacto

Abstract

This report describes the activities carried out during the execution of the research proposal entitled “Impact Evaluation of the Project Life in Traffic”. The document is structured in five sections, besides the introduction. The first part presents a systematic literature review on traffic accidents in Brazil. In addition, we identify the main sources of secondary data and we compile the current legislation and technical knowledge on traffic accidents. Section II explains the main features of the research design, focusing on data gathering and variables measurement. In addition, we provide a short tutorial on interrupted time series (ITS) for public policy impact evaluation. Section III examines the scholarly research which employs ITS models to estimate the effect of government interventions on traffic safety indicators. Section IV summarizes the main findings, emphasizing the graphical depiction of evidence. The last part reports the main limitations of our project in order to increase transparency and facilitate the development of future research on the topic.

Keywords:

traffic accidents, land transport accidents, impact evaluation

Sumário

1.

Introdução

Pg. 18

2.

Metodologia

Pg. 35

3.

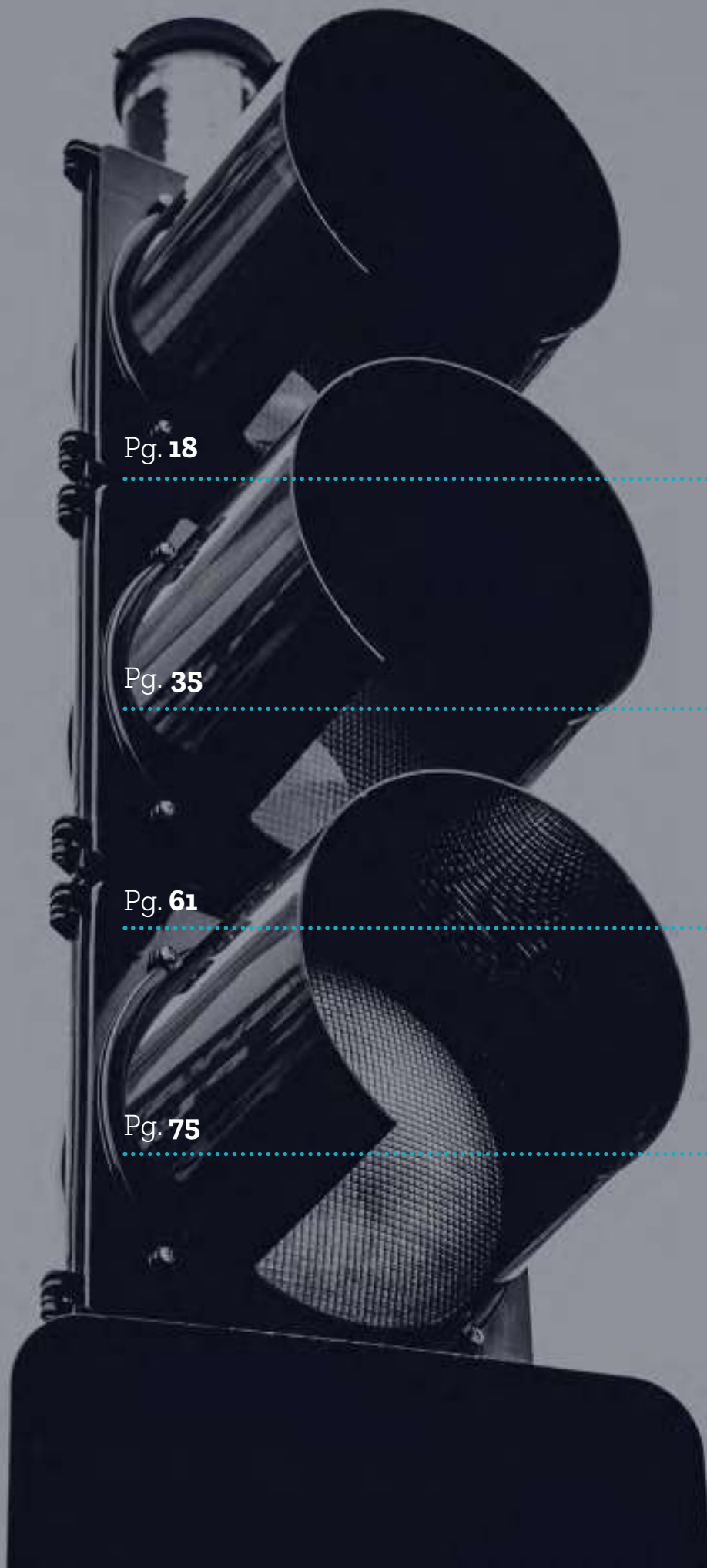
Resultados

Pg. 61

4.

Limitações

Pg. 75





1.

Introdução





1. Introdução

De acordo com o N-Gram, uma das ferramentas mais confiáveis de busca de conteúdo online, a menção ao vocábulo “*traffic accidents*” começa a crescer por volta de 1920. Desde então exibe uma tendência positiva até atingir o pico em 1980 (ver Figura 1).

Figura 1 - Incidência do termo “traffic accidents” entre 1800 e 2008

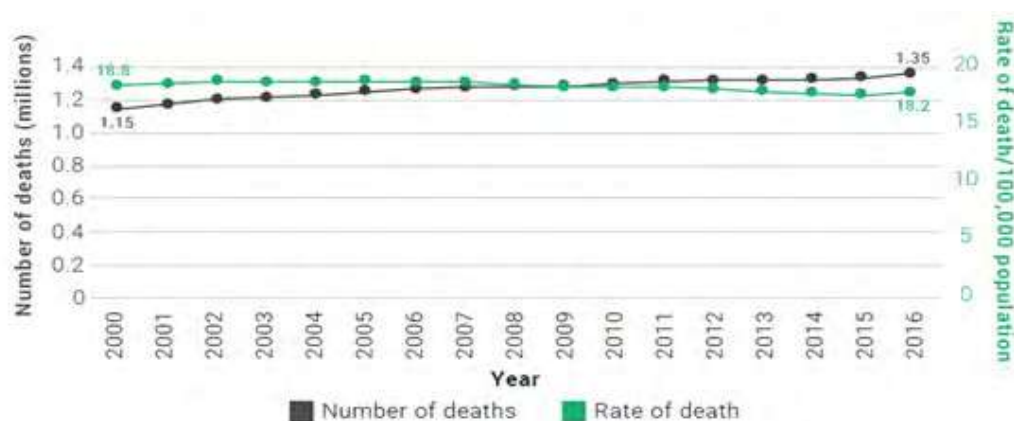


Crum (1913), em um estudo detalhado publicado pela *American Statistical Association*, compila informações sobre a quantidade de acidentes fatais em nove cidades dos Estados Unidos entre 1907 e 1912. O autor encontra um aumento de 300%. Similarmente, Rowan (1939), em um dos primeiros artigos que exibem preocupação com tabulação de dados,

afirma que “o desperdício de vidas e saúde com acidentes em nossas rodovias nos últimos anos tem apresentado um aumento maior do que qualquer outra causa comum” (ROWAN, 1939, p. 14). Adiante, o autor afirma que os benefícios produzidos pelo avanço da medicina são significativamente reduzidos diante do excesso de mortalidade por causas evitáveis³. Esse é um dos principais problemas da violência no trânsito: a perda prematura de vidas, além dos custos econômicos e sociais.

Atualmente, o trânsito é mais letal do que HIV/Aids, tuberculose, homicídios e suicídios, representando a principal causa de morte para crianças e pessoas entre 5 e 29 anos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). De acordo com as estimativas mais recentes da Organização Mundial de Saúde, cerca de 1,35 milhão de pessoas morrem em acidentes de trânsito por ano no mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018)⁴. Para se ter uma ideia da letalidade, em 2016, a mortalidade em acidentes de trânsito apareceu como a oitava principal causa de óbito para todos os grupos de idades, com 2,5%. A tuberculose, que é a principal causa de morte em pessoas vivendo com HIV, ficou em 10º lugar, com 2,3% (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). Em 2016, a taxa média de óbitos por acidentes terrestres foi de 18,2 por 100.000 habitantes (ver Figura 2).

Figura 2 – Número de óbitos e taxa de mortalidade em acidentes terrestres (mundo, 2000-2016)



Fonte: World Health Organization (2018).

Dados do Banco Mundial sugerem que 1,3 milhão de vidas foram perdidas por colisões de veículos em 2010, totalizando mais de 78 milhões de lesões não fatais.

³ Para Malta *et al.* (2007, p. 233), “as causas de mortes evitáveis ou reduzíveis são definidas como aquelas preveníveis, total ou parcialmente, por ações efetivas dos serviços de saúde que estejam acessíveis em um determinado local e época”.

⁴ Em particular, a introdução do relatório ressalta que “*deaths and injuries resulting from traffic crashes remain a serious problem globally and current trends suggest that this will continue to be the case in the foreseeable future*” (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018, p. XIII).

Entre 1996 e 2018, o Brasil perdeu 838.495 vidas em acidentes de transporte terrestre, o que representa toda a população de Teresina (PI), conforme estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) (2015a), os acidentes de trânsito geraram um custo de R\$ 12,8 bilhões para a sociedade brasileira em 2014. Essa estimativa foi calculada a partir de 8.233 mortes e 26.182 feridos graves nas rodovias federais. Em média, cada acidente custou cerca de R\$ 261.689,00. Na presença de vítimas fatais, o dispêndio médio chega a R\$ 664.821,00. Comparativamente, 18,8% do total se concentra em despesas hospitalares e 41,2% dizem respeito à perda de produtividade⁵. Além da ineficiência alocativa de recursos, os acidentes de trânsito produzem custos emocionais para as famílias das vítimas e para os sobreviventes lesionados.

Dentro dessa perspectiva, o principal objetivo desta pesquisa é avaliar o impacto do Projeto Vida no Trânsito⁶. A partir de uma base de dados confeccionada com informações secundárias do Datasus, o desenho de pesquisa utiliza séries temporais interrompidas para estimar o efeito da mudança institucional sobre a taxa de mortalidade no trânsito no Brasil (1996-2018). Para garantir resultados mais robustos, apostamos ainda na utilização de casos controle que permitem afastar problemas de validade das inferências.

Esquemáticamente, o documento está organizado em cinco partes, além desta introdução. A primeira parte apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre acidentes de trânsito no Brasil. Além disso, a partir de uma investigação documental exploratória, identificamos as principais fontes de dados secundários sobre o tema. A seção prevê ainda o levantamento da legislação atual pertinente e a catalogação da produção técnica disponível sobre acidentes de trânsito. A segunda parte descreve as principais características do desenho de pesquisa, enfatizando a coleta dos dados e a mensuração das variáveis. Além disso, incluímos

.....
⁵ De acordo com o Ipea (2015a, p. 7), “os acidentes de transporte terrestre no Brasil matam aproximadamente 43 mil pessoas por ano segundo os dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datasus), do Ministério da Saúde (MS), representando uma das principais causas de morte no país. Os acidentes nas rodovias federais respondem por cerca de 20% dessas mortes (8.227 mortes em 2014), com cerca de 26 mil feridos graves por ano, com fortes impactos sobre o orçamento público e a renda das famílias atingidas”.

⁶ O Projeto Vida no Trânsito foi elaborado a partir da iniciativa *Road Safety in 10 countries (RS 10 project)* e tem como principal objetivo reduzir a quantidade de mortes e lesões no trânsito em países em desenvolvimento. Ver: <https://www.who.int/roadsafety/events/unrsc_11_appendix_a.pdf>. Acesso em 10 de jul. 2020. No Brasil, o Projeto Vida no Trânsito se consolidou como uma das principais políticas públicas de prevenção de acidentes e representa um esforço interinstitucional de combate à violência no trânsito. Lançado em 2010, o projeto foi inicialmente implementado em cinco capitais: Belo Horizonte (MG), Campo Grande (MS), Curitiba (PR), Palmas (TO) e Teresina (PI). Em 2013, o projeto incluiu todas as capitais e municípios com mais de um milhão de habitantes, além das cidades paranaenses de São José dos Pinhais e Foz do Iguaçu. Ver: <<http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/acidentes-e-violencias/41896-projeto-vida-no-transito>>. Acesso em 10 de jul. 2020.

um breve tutorial sobre o uso da técnica de séries temporais interrompidas na avaliação de impacto de políticas públicas. A terceira parte examina a produção científica que emprega séries temporais interrompidas para estimar o impacto de intervenções governamentais sobre indicadores de segurança no trânsito. A quarta parte apresenta os principais resultados com ênfase na apresentação gráfica das evidências. A última seção reporta as limitações do nosso projeto com o objetivo de aumentar a transparência e facilitar o desenvolvimento de futuras pesquisas sobre o tema.

1. O que sabemos sobre acidentes de transporte terrestre no Brasil?⁷

Com o objetivo de melhor compreender o status do conhecimento científico sobre acidentes de transporte terrestres (ATT) no Brasil, realizamos uma revisão sistemática da literatura nacional. O Quadro 1 ilustra as principais características do levantamento bibliométrico, com o intuito de aumentar a transparência e garantir a replicabilidade dos resultados.

Quadro 1 – Desenho de pesquisa (revisão bibliométrica)

Amostra	38 artigos científicos
Variáveis	a) nome da revista; b) Qualis do periódico; c) nível de análise; d) tipo do estudo (transversal ou longitudinal); e e) ênfase metodológica
Período	1972-2015
Fontes	Google acadêmico e <i>Scielo</i>
Técnicas	Análise automatizada de texto e estatística descritiva
Softwares	<i>Microsoft Excel, SPSS e RStudio</i>

Fonte: elaboração própria.

Tecnicamente, compilamos uma base de dados original contendo informações desagregadas de 38 estudos epidemiológicos publicados entre 1972 e 2015 em revistas acadêmicas nacionais⁸. Isso não significa que nossa estratégia contemplou a população de estudos sobre o tema. Existem outras produções,

⁷ Comparativamente, a utilização de meta-análise e revisões sistemáticas é mais recorrente na pesquisa clínica do que em outras áreas do conhecimento (HUNT, 1997). Em termos práticos, as revisões sistemáticas fornecem inferências mais confiáveis sobre o status de um determinado problema, o que aumenta o seu potencial de influência sobre a formulação de políticas públicas baseadas em evidências (HUNTER; SCHMIDT, 1996). Para uma introdução sobre como fazer revisões sistemáticas, ver Sampaio e Mancini (2007) e Pereira e Galvão (2014).

⁸ Para garantir resultados mais robustos, realizamos ainda uma busca dentro do Painel de informações quantitativas de teses e dissertações da Capes. Para mais informações, ver: <<https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>>. Acesso em: 27 jun. 2020.

inclusive mais recentes, que não entraram na amostra. Todavia, como nossa meta é fornecer uma estimativa amostral, a seleção de 38 artigos científicos é mais do que suficiente para melhor compreender a produção científica sobre acidentes de trânsito no Brasil.

A busca foi realizada com auxílio do Google Acadêmico e do portal do Scielo, tendo como referência “acidentes trânsito”. Depois disso, selecionamos apenas as produções veiculadas em revistas científicas indexadas. A tabulação dos artigos em formato de base de dados permitiu mensurar as seguintes variáveis: **a**) nome da revista; **b**) Qualis; **c**) nível de análise; **d**) tipo do estudo (transversal x longitudinal); e **e**) ênfase metodológica. As informações foram armazenadas em planilhas de trabalho do *Microsoft Excel* (.xls). Em termos substantivos, realizamos uma análise quantitativa de texto dos artigos com o objetivo de identificar os termos mais frequentes (IZUMI; MOREIRA, 2018)⁹. Primeiramente, fizemos a extração do texto dos *PDFs* e transformamos as informações em um *corpus*¹⁰. Depois disso, criamos uma matriz com as palavras encontradas e então elaboramos nuvens de palavras para identificar os termos mais frequentes no conjunto de artigos. A Figura 3 ilustra o resultado da análise léxica do conteúdo de todos os trabalhos incluídos na amostra.

Figura 3 – Nuvem de palavras (n = 38)¹¹



Fonte: elaboração própria.

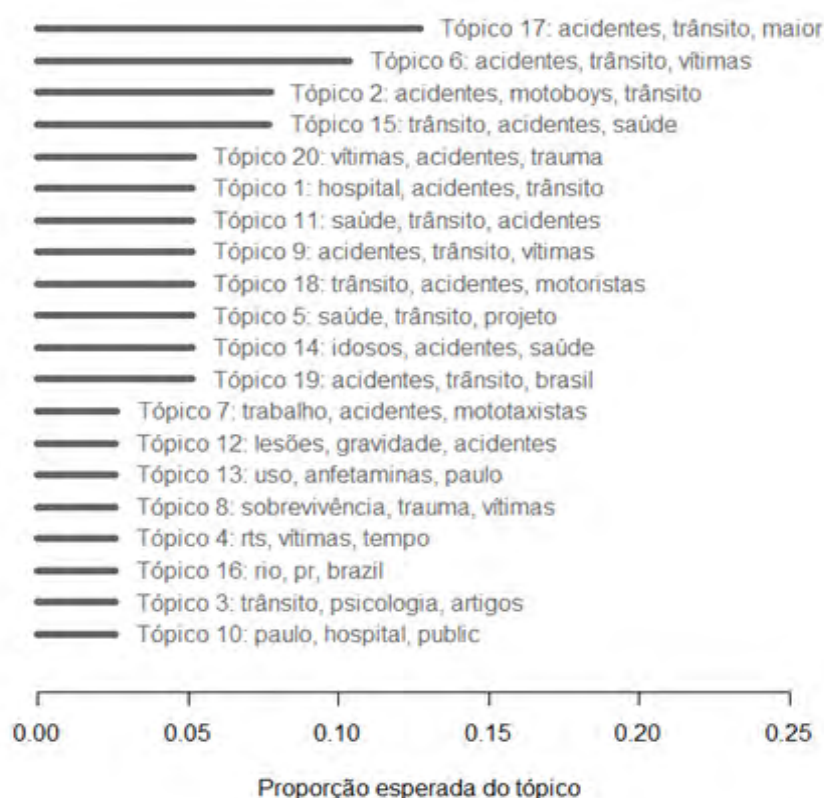
⁹ O crescimento e a disponibilidade de informações digitais permitem a investigação de questões inteiramente novas e facilita a análise de fenômenos já conhecidos (GRIMMER, 2010; HOPKINS; KING, 2010). Para os interessados no tema, indicamos o livro *Text as data* para Ciências Sociais, disponível em: <https://bookdown.org/davi_moreira/txt4cs/>. Acesso em: 27 jun. 2020.

¹⁰ Formato de objeto que contém uma coleção de textos em linguagem natural que é utilizado para implementar análise quantitativa de texto.

¹¹ Fernando Meireles, Denisson Silva e Rogério Barbosa desenvolveram um pacote chamado *rscielo* que permite a coleta e tratamento das informações de artigos publicados em revistas hospedadas na plataforma Scielo. Para mais informações, ver: <<https://fmeireles.com/blog/rstats/rscielo-um-scrapers-para-extrair-dados-scielo/>>. Acesso em: 27 jun. 2020.

A nuvem de palavras ilustra os 150 radicais mais frequentes nos 38 artigos analisados. Destaca-se a presença de “acidente”, “trânsito” e “vítima”, com 2.546, 1.707 e 1.157 ocorrências, respectivamente. Esses três radicais correspondem, na ordem acima, a 0,02%, 0,013% e 0,009% do total de palavras encontradas nos artigos. Com menor incidência, observamos também “veículo”, “mortalidade” e “óbitos”, o que reforça a correlação semântica entre trânsito e eventos fatais. A Figura 4 mostra os 20 principais tópicos presentes nos artigos.

Figura 4 – Principais tópicos (n = 38)

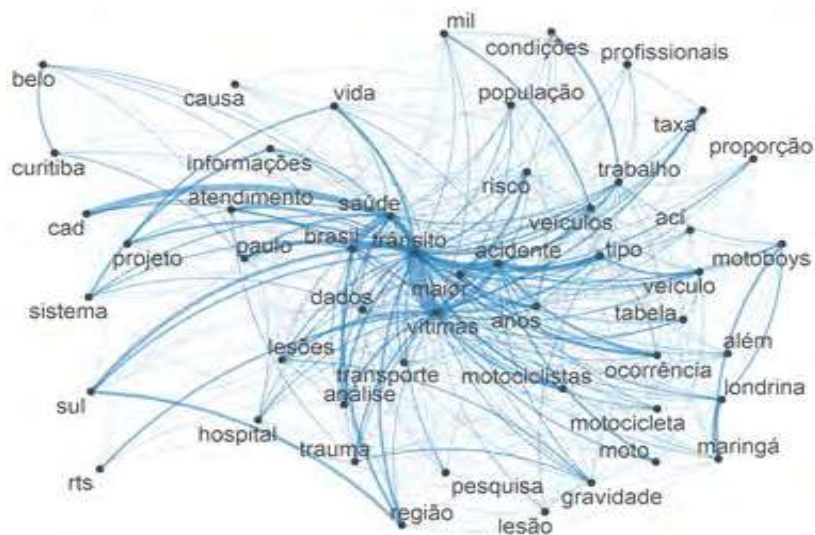


Fonte: elaboração própria.

A estimação foi realizada a partir do modelo de tópicos estruturais (ROBERTS *et al.*, 2014), que calcula os principais tópicos de um conjunto de documentos com base na frequência e no posicionamento de determinadas palavras. Nesse sentido, podemos ter uma ideia da frequência esperada de um determinado grupo de palavras – ou tópico – nos textos analisados. Observamos que o Tópico 17, que tem como principais palavras “acidentes”, “trânsito” e “maior” é mais recorrente, compondo cerca de 13% do conteúdo dos textos. O segundo tópico mais prevalente é formado pelas palavras “acidentes”, “trânsito” e “vítimas”, seguido pelo tópico composto por “acidentes”, “motoboys” e “trânsito”, com aproximadamente 11% e 8% dos textos, respectivamente. A Figura 5 ilustra as

redes de co-ocorrência semântica das palavras mais usualmente empregadas no conjunto de artigos de nossa amostra.

Figura 5 – Gráfico de redes de co-ocorrência

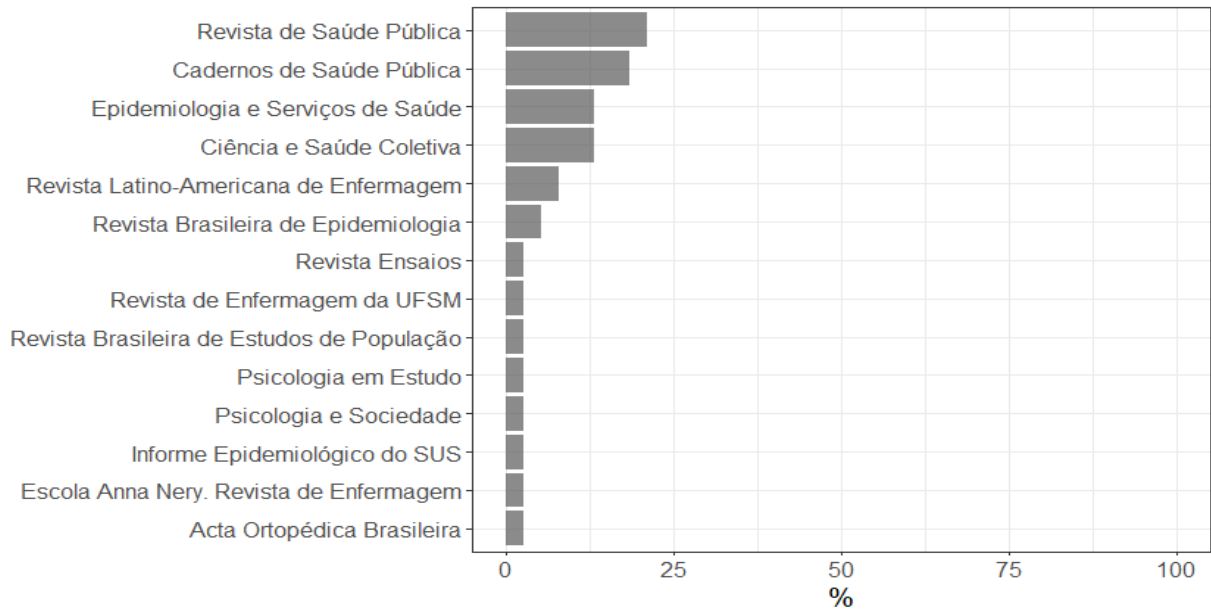


Fonte: elaboração própria.

As linhas que ligam as palavras representam padrões de associação: quanto mais grossa e escura, maior o número de vezes que os respectivos termos aparecem juntos. As palavras no centro são aquelas com maior frequência no conjunto de textos, bem como são as palavras que mais interagem com todas as outras. Dentre elas, destacamos “trânsito”, “acidente” e “vítimas”. Por outro lado, quanto mais próximo das margens, mais restrito é o padrão de interação dessas palavras com todas as outras. Essas palavras também interagem com uma frequência maior com as palavras que vão em direção ao centro. Por exemplo, a palavra “condições” possui mais interações com “trabalho” do que com as suas vizinhas marginais – “profissionais”, “mil” e “população”. Podemos observar também que palavras como “motocicleta” possuem um alto nível de interação com “vítimas”, e que a sigla “rts” – *escore de trauma revisado*, do inglês *Revised Trauma Score* – possui um alto nível de interação com “vítimas”, o que traz a denotação de uma maior presença de estudos que levam em consideração acidentes de motocicleta e que trazem à tona uma análise traumatológica de vítimas de acidentes de trânsito.

Depois de compreender a organização geral do conteúdo da literatura sobre acidentes de trânsito no Brasil, o próximo passo é avaliar características formais e metodológicas de uma amostra representativa da produção científica sobre o assunto. O Gráfico 1 ilustra a frequência relativa dos artigos por periódico.

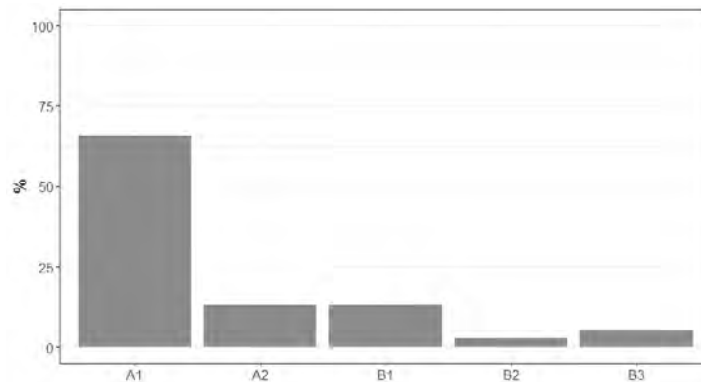
Gráfico 1 – Distribuição dos artigos por periódico (%) (1972-2015)



Fonte: elaboração própria.

A Revista de Saúde Pública (21%) e os Cadernos de Saúde Pública (18%) são os periódicos científicos com a maior quantidade relativa de publicações sobre acidentes de trânsito no Brasil¹². Em conjunto, concentram cerca de 40% dos artigos. Por sua vez, Epidemiologia e Serviços de Saúde (13%) e Ciência & Saúde Coletiva (13%) reúnem, juntos, 1/4 da produção. Assim, eventuais revisões da literatura devem prestigiar esses periódicos se o objetivo é garantir uma representatividade da produção sobre o assunto. Em termos substantivos, a maior parte da produção científica é formada por artigos epidemiológicos que foram veiculados em revistas da área de saúde. O Gráfico 2 mostra a distribuição dos artigos pelo estrato do Qualis dos periódicos.

Gráfico 2 – Distribuição dos artigos por Qualis (%) (1972-2015)



Fonte: elaboração própria.

¹² Considerando essa amostra, a Revista de Saúde Pública também publicou o primeiro artigo sobre o assunto: Laurenti *et al.* (1972).

A maior parte da produção científica sobre acidentes de trânsito no Brasil foi publicada em revistas Qualis A1 (65,8%). Identificamos cinco artigos veiculados em periódicos A2, o que representa 13,2% do total (ABREU; LIMA; GRIEP, 2009; AMORIM *et al.*, 2012; ANJOS *et al.*, 2016; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2003; SOARES *et al.*, 2011). Apenas 5,3% dos artigos foram publicados em revistas B3 (BASTOS; ANDRADE; JUNIOR, 1999; CARDOSO; SANTOS; SANTOS, 2011). Depois de compreender a distribuição dos artigos por revista e por Qualis, o próximo passo é examinar a abrangência da produção científica sobre acidentes de trânsito no Brasil. A Tabela 1 sumariza essas informações considerando três níveis de análise (municipal, estadual e nacional).

Tabela 1 – Distribuição dos artigos por nível de análise¹³

Nível	N	%	% válido
Municipal	27	71,1	79,4
Estadual	3	7,9	8,8
Nacional	4	10,5	11,8
Não se aplica	4	10,5	-
Total	38	100,0	100,0

Fonte: elaboração própria.

A literatura é predominantemente voltada para estudos de caso, já que cerca de 80% da produção foca na investigação municipal. Isso quer dizer que as inferências tendem a ser fortemente contextuais e com limitada capacidade de generalização. Identificamos três trabalhos com ênfase estadual, o que representa apenas 8,8% (ALMEIDA; PIGNATTI; ESPINOSA, 2009; GOLIAS; CAETANO, 2013; TAKITANE *et al.*, 2013). Do total, apenas quatro artigos lidam com dados agregados nacionalmente (BACCHIERI; BARROS, 2011; FREITAS *et al.*, 2015; SAUER; WAGNER, 2003; SILVA *et al.*, 2013). Por exemplo, Sauer e Wagner (2003) examinam a relação entre a taxa de mortalidade em acidentes de trânsito e a taxa de mortalidade infantil (1995-1998). Por sua vez, Bacchieri e Barros (2001) analisam a variação dos acidentes de trânsito entre 1998 e 2010. Silva *et al.* (2013) apresentam os objetivos, a metodologia e

¹³ A variável nível de análise foi construída a partir da inspeção de conteúdo dos artigos. Em particular, o foco é identificar a unidade primária de observação e classificar em função do grau de agregação dos dados (municipal, quando a análise se concentra em municípios; estadual, quando as informações são tratadas em nível estadual; nacional, quando o trabalho lida com estimativas agregadas para o Brasil).

os passos de implantação do Projeto Vida no Trânsito no Brasil¹⁴. Já Freitas *et al.* (2015) descrevem perfil dos idosos, vítimas de acidentes de trânsito e quedas, a partir dos dados do Inquérito de Vigilância de Violências e Acidentes (VIVA)¹⁵. A Tabela 2 mostra a distribuição dos casos de acordo com o tipo do estudo (HOCHMAN *et al.*, 2005).

Tabela 2 – Distribuição dos artigos por tipo do estudo¹⁶

Nível	N	%	% válido
Longitudinal	14	36,8	38,9
Transversal	22	57,9	61,1
Não se aplica	2	5,3	-
Total	38	100,0	100,0

Fonte: elaboração própria.

São 61,1% dos trabalhos sobre acidentes de trânsito no Brasil examinam dados específicos de um período do tempo (corte transversal). Por outro lado, encontramos 14 pesquisas que investigam o problema em função do tempo. Assim, dada as vantagens analíticas de investigações longitudinais, a literatura sobre o assunto pode se beneficiar com a incorporação de informações do tipo *time series*. O próximo passo é conhecer a ênfase metodológica dos artigos sobre acidentes de trânsito no Brasil. A Tabela 3 sumariza essas informações.

Tabela 3 – Distribuição dos artigos por ênfase metodológica

¹⁴ De acordo com Silva *et al.* (2013, p. 532), “o Projeto Vida no Trânsito (PVNT) faz parte da iniciativa internacional denominada *Road Safety in Ten Countries* (RS 10), formada por um consórcio das seguintes instituições: OMS; OPSA; *Association for Safe International Road Travel* (ASIRT); EMBARQ; *Global Road Safety Partnership* (GRSP); *Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health* (JHU); *World Bank Global Road Safety Facility* (GRSF); e *Bloomberg Philanthropies*, esta que é uma das instituições financiadoras do projeto juntamente com os recursos próprios dos países. Essa iniciativa está presente em dez países no mundo – Federação Russa, China, Turquia, Egito, Vietnã, Camboja, Índia, Quênia, México e Brasil –, convidados a participar do Projeto por apresentarem quase a metade de todas as mortes por acidentes de trânsito no mundo”.

¹⁵ Segundo Freitas *et al.* (2015, p. 702), “o VIVA Inquérito é um estudo transversal realizado em serviços de urgência e emergência do Sistema Único de Saúde (SUS) nas capitais brasileiras e no Distrito Federal, em 2011, com exceção feita a São Paulo e Manaus”.

¹⁶ De acordo com Hochman *et al.* (2005, p. 3), nos estudos longitudinais “existe uma sequência temporal conhecida entre uma exposição, ausência da mesma ou intervenção terapêutica, e o aparecimento da doença ou fato evolutivo. Destinam-se a estudar um processo ao longo do tempo para investigar mudanças, ou seja, refletem uma sequência de fatos”. Por sua vez, as pesquisas transversais “são estudos em que a exposição ao fator ou causa está presente ao efeito no mesmo momento ou intervalo de tempo analisado” (HOCHMAN *et al.*, 2005, p. 3). Operacionalmente, em nossa pesquisa, estudos que examinam mais de uma unidade de tempo (T) foram considerados longitudinais. Por outro lado, investigações que se limitam à única fração de tempo (um único ano, por exemplo) foram consideradas transversais.

Ênfase	N	%
Quantitativa ¹⁷	30	78,9
Qualitativa	5	13,3
Mistos	3	7,9
Total	38	100

Fonte: elaboração própria.

Existe forte viés metodológico na literatura sobre acidentes de trânsito no Brasil. Em particular, 78,9% da produção é majoritariamente quantitativa. Identificamos apenas quatro artigos com ênfase qualitativa, o que representa 13,2% do total (CALIL *et al.*, 2009; CARDOSO; SANTOS; SANTOS, 2011; CAVALCANTE; MORITA; HADDAD, 2009; MARÍN; QUEIROZ, 2000; SILVA *et al.*, 2013). Por exemplo, Marin e Queiroz (2000), a partir de uma perspectiva interdisciplinar, apresentam um panorama epidemiológico sobre as vítimas do trânsito e examinam a relação entre personalidade (consumo de bebidas alcoólicas e outras drogas) e acidente de trânsito. Calil *et al* (2009), com o objetivo de identificar as regiões corpóreas mais atingidas em vítimas de transporte terrestre, revisam 248 artigos publicados entre 1990 e 2006. Por sua vez, Cardoso, Santos e Santos (2011) apresentam uma revisão sistemática da literatura sobre psicologia no trânsito a partir de três repositórios eletrônicos (*SciELO, Redalyc e PePSIC*). Cavalcante, Morita e Haddad (2009) identificam as características do transtorno de estresse pós-traumático decorrente de acidentes de trânsito, vítimas potenciais, sintomas, diagnóstico e fatores de risco.

Por fim, apesar das vantagens analíticas da triangulação metodológica, apenas três trabalhos integram técnicas quantitativas e qualitativas de pesquisa (PARANHOS *et al.*, 2016). Anjos *et al.* (2016) combinam estatística descritiva e análise do discurso em um estudo transversal para examinar o perfil de pacientes acidentados em São Paulo¹⁸. Queiroz e Oliveira (2003) utilizam etnografia e análise de conteúdo para investigar a percepção de 20 acidentados em Campinas (São Paulo). Os autores exploram também as causas dos acidentes e a perspectiva de futuro das vítimas.

¹⁷ São 84,2% dos artigos os que utilizam estatística descritiva, totalizando 32 produções. Ao se considerar as técnicas multivariadas, todavia, a prevalência é significativamente menor. Identificamos somente 8 artigos que empregam métodos mais complexos, como análise de cluster (Freitas *et al.*, 2015), análise espacial com estimador de Kernel (Souza *et al.*, 2008), análise de sobrevivência (Malvestio; Sousa, 2008), regressão de Poisson (Magalhães *et al.*, 2011; Moraes Neto *et al.*, 2013; Soares *et al.*, 2012), regressão logística (Silva; Soares; Andrade, 2008) e modelos lineares generalizados (Almeida *et al.*, 2013).

¹⁸ A amostra de entrevistados foi de 84 casos, sendo 37 condutores de motocicletas, 26 pedestres, 15 condutores de veículo a motor e 6 passageiros. Para os autores, destaca-se a “questão dos pedestres que, ao se acidentarem, não recebem na maioria dos casos nenhuma ajuda do seu atropelante. A situação é muito delicada porque, além de sofrerem um acidente, não recebem nenhuma retaguarda daquele que causou o acidente, a não ser que a vítima entre posteriormente com uma ação judicial de perdas e danos. Desta forma, deveria se pensar na criação de penas alternativas, ou mesmo na obrigatoriedade dos atropelantes em dar uma retaguarda adequada para estas vítimas que, em geral trazem sequelas físicas e emocionais por longo tempo de suas vidas” (Anjos *et al.*, 2016, p. 265)

Os principais resultados indicam que: (1) a grande maioria dos artigos sobre acidentes de trânsito no Brasil foi publicada em periódicos de saúde pública; (2) a produção científica está concentrada em revistas qualificadas, principalmente A1; (3) Cerca de 80% das pesquisas investigam o fenômeno localmente, a partir de estudos de casos municipais; (4) em relação ao tipo dos estudos, 61,1% são transversais; (5) em termos de desenho de pesquisa, 78,9% dos trabalhos exibem ênfase quantitativa e descritiva; (6) a utilização de técnicas estatísticas mais sofisticadas é reduzida (21,1%); e (7) a disposição dos pesquisadores para integrar ferramentas quantitativas e qualitativas em um mesmo desenho de pesquisa é limitada (7,9%).

1.2 Fontes de dados

O Quadro 2 sumariza fontes de dados secundários que podem ser úteis para futuras pesquisas sobre acidentes de transporte terrestre no Brasil.

Quadro 2 – Fonte de dados para coleta de informações sobre o Brasil

Fonte	Descrição	Endereço eletrônico
Datasus	Para os propósitos de nossa pesquisa, devemos utilizar dados do Sistema de Informações de Mortalidade (SIM), que é alimentado por informações provenientes das declarações de óbito, e o Sistema de Internações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS).	link
Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)	A plataforma de Ciência de Dados aplicada à saúde tem como objetivo fornecer um ambiente de tratamento e análise de informações de saúde a partir de ferramentas <i>open source</i> . Além de tutoriais e capacitação, a plataforma dispõe de dados em diferentes formatos e com diferentes níveis de agregação.	link
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)	O Ipeadata, agora na versão 3.0, disponibiliza dados detalhados a partir de três dimensões: a) macroeconômico; b) regional; e c) social. A variedade temática é extensa (assistência social, comércio exterior, contas nacionais, demografia, educação, estoque de capital, finanças públicas, habitação, indicadores sociais, saúde, segurança pública, entre outros). As informações estão disponíveis para <i>download</i> em diferentes níveis de análise (nacional, regional, estadual e municipal).	link
Ministério da Saúde	O site eletrônico do Ministério da Saúde oferta uma quantidade significativa de informações. Através do portal, é possível extrair informações detalhadas sobre indicadores de mortalidade no Brasil. Em particular, os dados sobre as mortes em acidentes de transporte terrestre devem ser buscados em óbitos por causas externas.	link

Fonte	Descrição	Endereço eletrônico
Mapa da Violência	Estudo descritivo sobre a mortalidade no Brasil, com ênfase em acidentes de trânsito e motocicletas. O trabalho utiliza dados do Datasus.	link
Departamento Nacional de Trânsito (Denatran)	Aqui é possível encontrar resoluções, deliberações e portarias sobre a regulação do trânsito no Brasil. Em particular, existem informações detalhadas sobre a evolução da frota (2000-2020).	link
Polícia Rodoviária Federal (PRF)	Existem informações sobre acidentes de trânsito em rodovias federais. Os dados estão agrupados por ocorrência e por pessoa (2007-2020).	link
Seguradora Líder	Instituição responsável pela administração do Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre (DPVAT), fornece estimativas sobre a quantidade e os valores de indenizações.	link

Quadro 3 – Fonte de dados para coleta de informações internacionais

Fonte	Descrição	Endereço eletrônico
<i>IRTAD Road Safety Database</i>	O site disponibiliza informações detalhadas sobre acidentes e mortalidade no trânsito para 32 países (desde 1970), além de relatórios e publicações.	link
Fórum Internacional de Transportes	Na seção “ <i>statistics and data</i> ”, é possível consultar informações diversas sobre modais de transporte distintos (aéreo, marítimo, ferroviário e rodoviário).	link
<i>Johns Hopkins International Injury Research Unit</i>	De acordo com o site, o JH-IIRU procura encontrar soluções efetivas para lidar com os problemas gerados por acidentes de trânsito em países em desenvolvimento. As ações se dividem em pesquisa, educação e atividades práticas.	link
<i>Global status report on road safety 2018</i>	Salvo melhor juízo, representa o relatório mais abrangente sobre o tema. O documento apresenta informações detalhadas sobre mortalidade no trânsito em perspectiva comparada, além de sistematizar recomendações institucionais de promoção de segurança e educação no trânsito. Ver, por exemplo, o <i>dashboard</i> de mortalidade: < https://extranet.who.int/roadsafety/death-on-the-roads/ >.	link
Organização Pan-americana de Saúde (OPAS)	A OPAS também dispõe de uma plataforma de dados. Existem informações sobre saúde e mortalidade desagregadas por país, além de outros dados de interesse, como principais causas de morte por faixa etária.	link

Fonte: elaboração própria.

1.3 Marco legal e produção técnica¹⁹

A Lei nº 9.503, de 1997, instituiu o Código de Trânsito no Brasil. Em particular, o artigo 19 determina que compete ao Conselho Nacional de Trânsito estabelecer modelo padrão de coleta de informações sobre as ocorrências de acidentes de trânsito e as estatísticas do trânsito (BRASIL, 1997). Em termos operacionais, a disponibilidade de informações válidas e confiáveis é um procedimento essencial para a formulação e implementação de políticas públicas baseadas em evidências.

Institucionalmente, um marco importante para a segurança no trânsito no Brasil é a Política Nacional de Redução da Morbimortalidade por Acidentes e Violências, que é norteadada pelos seguintes princípios: **a)** a saúde constitui um direito humano fundamental e essencial para o desenvolvimento social e econômico; **b)** o direito e o respeito à vida configuram valores éticos da cultura e da saúde; e **c)** a promoção da saúde deve embasar todos os planos, programas, projetos e atividades de redução da violência e dos acidentes (BRASIL, 2001)²⁰. Em 2002, o Ministério da Saúde elaborou o projeto de Redução da Morbimortalidade por Acidentes de Trânsito com o principal objetivo de:

implementar, em aglomerados urbanos selecionados, ações de promoção da saúde e de prevenção de acidentes de trânsito, mediante a mobilização do setor saúde, prefeituras e sociedade civil organizada, no sentido de promover mudança de hábitos, atitudes, valores culturais e situações ambientais que interferem na ocorrência dos acidentes de trânsito, melhorando a qualidade da informação e reduzindo as taxas de morbimortalidade por estes eventos (BRASIL, 2002)²¹.

A Resolução nº 64/255, de 2010, da Assembleia Geral das Nações Unidas, criou a Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020 (WHO, 2015). Entre os principais objetivos, destaca-se a redução em 50% na quantidade de mortes até 2020. Também em 2010, a Portaria no 2.268 instituiu a Comissão Nacional

¹⁹ Bastos, Andrade e Junior (1999) examinam a influência do novo Código de Trânsito brasileiro na ocorrência de acidentes de trânsito e de vítimas em Londrina (PR). De acordo com Schmidt (2013, p. 22), “os três principais ordenamentos jurídicos federais em matéria de trânsito são: o Código Nacional de Trânsito (CNT) de 1941 (Decreto-Lei no 2.994 de 28 de janeiro de 1941, republicado no Decreto-Lei n. 3.651, de 25 de setembro de 1941; o Código Nacional de Trânsito (CNT) de 1966 (Lei n.5.108, de 21 de setembro de 1996, complementado pelo Decreto-Lei n 237, de 28 de fevereiro de 1967 e regulamentado pelo Decreto n 62.127, de 16 de janeiro de 1968); e o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) de 1997 (Lei n 9503, de 23 de setembro de 1997, e leis complementares)”.

²⁰ Para mais informações, ver: <<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/acidentes.pdf>>. Acesso em 25 de jun. 2020.

²¹ Em particular, um dos objetivos específicos é sensibilizar e capacitar gestores estaduais e municipais para a realização de ações de promoção da saúde e de prevenção de acidentes de trânsito, além da mobilização e capacitação das equipes de profissionais de saúde dos serviços de emergência para a melhoria das informações.

Interministerial para acompanhamento e implementação do Projeto Vida no Trânsito, que procura reduzir a quantidade de mortes e lesões causadas por acidentes. Inicialmente, o programa foi implantado em Belo Horizonte (MG), Campo Grande (MS), Curitiba (PR), Palmas (TO) e Teresina (PI). Esquemáticamente, a metodologia foi elaborada a partir das seguintes iniciativas: **(1)** formação de parcerias; **(2)** coleta, sistematização e análise de dados; **(3)** análise dos fatores de risco associados aos acidentes e delineamento do perfil das vítimas; **(4)** elaboração de um plano de ações intersetoriais de segurança no trânsito; **(5)** execução das atividades planejadas; **(6)** monitoramento do projeto; e **(7)** renovação e expansão. Silva *et al.* (2013) destacam os seguintes avanços do PVT: **1)** formação de comissões intersetoriais de coordenação; **2)** qualificação das informações de morbidade e mortalidade no trânsito; **3)** análise de fatores de risco de óbitos e feridos graves; **4)** realização de ações integradas de fiscalização, educação e advocacy; e **5)** implementação de intervenções coordenadas.

Salvo melhor juízo, Moraes Neto *et al.* (2015) representam a única tentativa de avaliar o impacto do Projeto Vida no Trânsito. Os autores examinam as seguintes variáveis: **a)** percentual de cumprimento de metas de intervenção do PVT; **b)** taxas de mortalidade; **c)** taxas de internação hospitalar; e **d)** prevalência de ocorrências de alcoolemia ao volante (beber e dirigir). Os resultados indicam, entre outras coisas, redução nas taxas de mortalidade em três capitais²². No entanto, dada a limitação da série temporal (2011-2012), essas conclusões devem ser interpretadas com cautela. Mais recentemente, houve a criação do Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (Pnatrans) (BRASIL, 2018).

No que diz respeito à produção técnica, o Ipea tem produzido uma quantidade significativa de material. Por exemplo, Carvalho (2016) analisa estatísticas de mortes por acidentes de transporte terrestre no Brasil em 2013 e apresenta diretrizes gerais de políticas públicas necessárias para promover a segurança no trânsito. Por sua vez, em 2015, o Ipea elabora dois relatórios de pesquisa, juntamente com a PRF, sobre o panorama dos acidentes de trânsito no Brasil. O primeiro fornece o custo unitário dos acidentes (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2015a), enquanto o segundo apresenta uma caracterização dos acidentes de trânsito nas rodovias federais (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2015b). Identificamos também iniciativas estaduais na produção de material técnico. Por exemplo, a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo publicou o boletim sobre a investigação de acidentes de trânsito fatais

.....
²² No original, “a análise das taxas de mortalidade por ATT (CID-10: V01-V89) indica redução dessas taxas entre os anos de 2010 e 2011, em Belo Horizonte-MG (-16,8%), Palmas-TO (-12,8%) e Teresina-PI (-11,0%), estabilidade em Curitiba-PR e pequeno aumento em Campo Grande-MS” (MORAIS NETO *et al.*, 2015, p. 379).

(Paula; Régio, 2008). Similarmente, a Escola de Governo em Saúde Pública de Pernambuco (ESPPE) disponibiliza estudos sobre o tema em âmbito estadual (Pernambuco, 2013)²³.

Em síntese, temos o seguinte contexto: **1)** um marco legal fortemente comprometido com a redução de mortes no trânsito; **2)** ações intersetoriais nacionais e estaduais especialmente desenhadas para promover a educação no trânsito e minimizar as ocorrências fatais; e **3)** ausência de iniciativas sistemáticas de avaliação de impacto dos programas governamentais de segurança no trânsito.

.....
²³ Todavia, dadas as limitações técnicas do relatório e os objetivos substantivos de nosso projeto, esses materiais não serão incluídos em nossa revisão.

2.

Metodologia





2. Metodologia²⁴

Esta seção descreve as principais características do desenho de pesquisa, com o objetivo de aumentar a transparência e garantir a replicabilidade dos resultados (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2019; JANZ, 2016; KING, 1995). O Quadro 4 sumariza as informações de interesse.

Quadro 4 – Desenho de pesquisa (metodologia)

Variáveis de interesse	<ul style="list-style-type: none"> Dependentes: número de óbitos por ATT e taxa de mortalidade por acidentes de transportes terrestres por 100 mil habitantes Independentes: tratamento (1 se participa do Projeto Vida no Trânsito, 0 caso contrário); Federação e modal de acidente.
Técnicas	Estatística descritiva e séries temporais interrompidas com e sem controle
Fontes	Datasus e IBGE
Softwares	R, SPSS e Excel

Fonte: elaboração própria.

O primeiro passo será compilar os dados do Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) do Datasus em uma

²⁴ Materiais de replicação, incluindo dados tratados e scripts computacionais, estão disponíveis em: <<https://osf.io/auv42/>>. Acesso em: 30 abr. 2021.

planilha de trabalho. Em particular, devemos procurar a opção óbitos por causas externas a partir do CID-10, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 – Informações de Saúde (TABNET) (seleção)



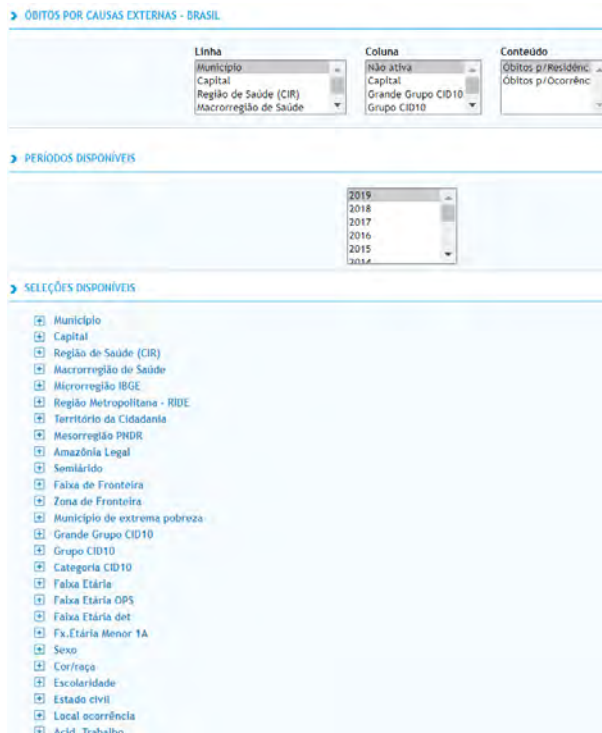
Opção selecionada: Mortalidade - desde 1996 pela CID-10

- Mortalidade geral
- Óbitos por causas evitáveis - 0 a 4 anos
- Óbitos por causas evitáveis - 5 a 74 anos
- Óbitos infantis
- Óbitos de mulheres em idade fértil e óbitos maternos
- Óbitos por causas externas
- Óbitos fetais
- Óbitos por causa múltipla
- Óbitos por causas mal definidas e inespecíficas
- Óbitos por causas pouco úteis

Fonte: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205&id=6937>. Acesso em: 20 jun. 2020.

O portal eletrônico do Datasus permite personalizar a tabulação das informações de acordo com a linha, coluna e conteúdo, o que significa formatar a extração dos dados por localidade, período, grupo CID 10, residência versus ocorrência do óbito, além de outras variáveis, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7 – Informações de Saúde (TABNET) (extração)



Fonte: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10br.def>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Em particular, devemos agregar as categorias do Grupo CID 10 (V01-V89) e totalizar a quantidade de óbitos por acidente de transporte terrestre²⁵. O último passo consiste em calcular as taxas de mortalidade por município e por modal. Para tanto, empregaremos as estimativas populacionais fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)²⁶. Esquemáticamente,

$$Taxa = \frac{n^{\circ} \text{ de óbitos por ATT}}{\text{população}} * 10^5 \tag{1}$$

A normalização da taxa pela população gera uma variável dependente contínua que, além de facilitar a comparação entre unidades espaciais, é mais adequada ao

²⁵ V01-V09 (Pedestre traumatizado em um acidente de transporte), V10-V19 (Ciclista traumatizado em um acidente de transporte), V20-V29 (Motociclista traumatizado em um acidente de transporte), V30-V39 (Ocupante de triciclo motorizado traumatizado em um acidente de transporte), V40-V49 (Ocupante de um automóvel traumatizado em um acidente de transporte), V50-V59 (Ocupante de uma caminhonete traumatizado em um acidente de transporte), V60-V69 (Ocupante de um veículo de transporte pesado traumatizado em um acidente de transporte), V70-V79 (Ocupante de um ônibus traumatizado em um acidente de transporte) e V80-V89 (Outros acidentes de transporte terrestre).

²⁶ Para mais detalhes sobre essas estimativas, ver: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?&t=o-que-e->>. Acesso em: 20 jun. 2020.

modelo de regressão linear de mínimos quadrados ordinários (LEWIS-BECK, 1980)²⁷. Após a coleta dos dados e mensuração das variáveis, o próximo passo é filtrar as observações de interesse. Lançado no Brasil em 2010, o Projeto Vida no Trânsito foi inicialmente implementado em cinco capitais: Belo Horizonte (MG), Campo Grande (MS), Curitiba (PR), Palmas (TO) e Teresina (PI)²⁸. Em 2013, o PVT incluiu todas as capitais e municípios com mais de um milhão de habitantes, além das cidades paranaenses de São José dos Pinhais e Foz do Iguaçu. O Quadro 5 ilustra a composição do grupo de tratamento.

Quadro 5 – Composição do grupo de tratamento

Critério	N
Capitais	27
Cidades com mais de um milhão de habitantes	3
Cidades intencionalmente escolhidas	3
Total	32

Fonte: elaboração própria.

Assim, considerando todas as capitais (n = 27), além dos municípios de Campinas (SP), Guarulhos (SP) e São Gonçalo (RJ) que possuem mais de um milhão de habitantes e, por isso, são elegíveis a participarem do PVT, a amostra inicial do grupo de tratamento contempla 32 casos²⁹. De acordo com o Datasus, no Brasil, existem informações detalhadas para o período entre 1996 e 2018, que ainda podem ser desagregadas por mês. Dessa forma, cumpre-se o requisito de dados disponíveis antes e depois da intervenção (BERNAL; CUMMINS; GASPARRINI, 2017).

As informações originais, que estão em formato de *comma-separated-values* (.csv), serão armazenadas em planilhas de trabalho com auxílio do Microsoft Excel. A análise de dados será implementada a partir do R *Statistical*, e materiais de replicação, incluindo dados tratados e scripts computacionais, estão disponíveis no repositório eletrônico do *Open Science Framework* (OSF).

Depois de compreender o processo de coleta dos dados e mensuração das variáveis, o próximo passo é entender a estratégia de identificação empregada para estimar o impacto do Projeto Vida no Trânsito.

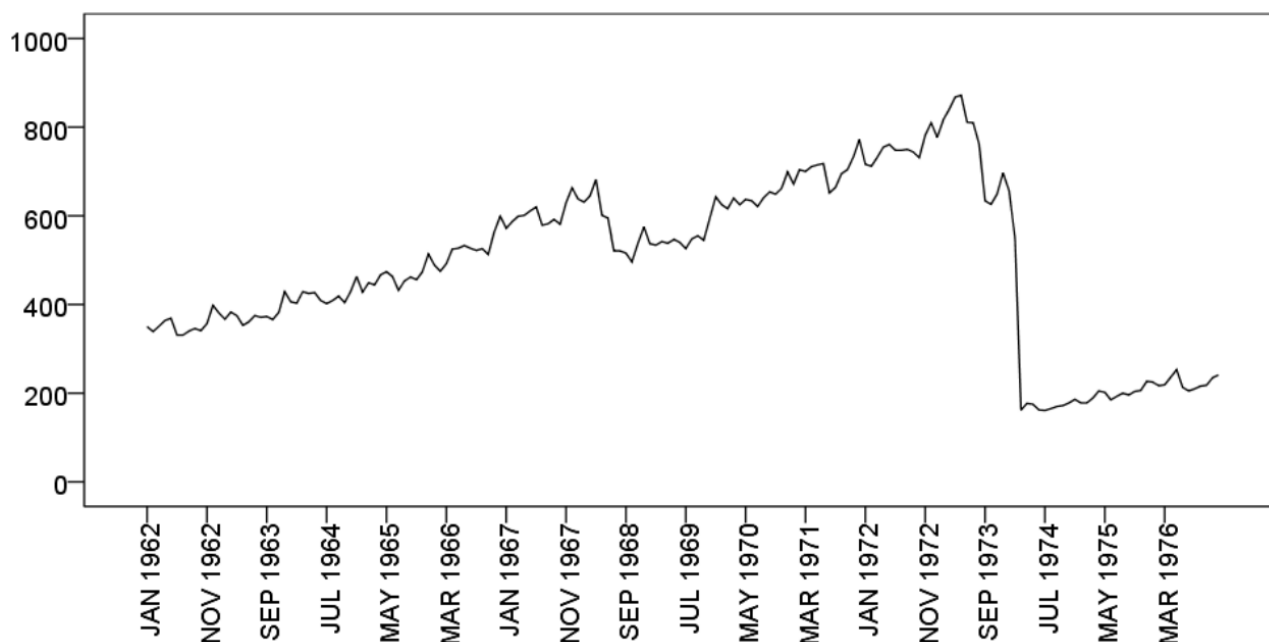
²⁷ O modelo de séries temporais interrompidas pode ser adaptado para lidar com variáveis discretas. Para um tutorial sobre como fazer isso, ver Bernal, Cummings e Gasparrini (2017).

²⁸ Para mais detalhes, ver: <<http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/acidentes-e-violencias/41896-projeto-vida-no-transito>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

²⁹ Para mais informações, ver: <<http://www.saude.gov.br/images/pdf/2014/agosto/18/PVT-para-forum-dcnt-31-07-2014-Cheila-OK.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

2.1 Séries temporais interrompidas: um breve tutorial³⁰

Gráfico 3 – Exemplo de séries temporais interrompidas



Fonte: elaboração própria a partir dos dados de McDowall et al. (1980).

O Gráfico 3 mostra a variação do número de chamadas realizadas ao setor de assistência ao consumidor da Cincinatti Bell. Em março de 1974, a empresa passou a cobrar U\$ 0,20 por ligação. O impacto dessa mudança institucional é visivelmente perceptível pela queda abrupta da série que, antes disso, exibia tendência positiva. Em termos substantivos, os modelos de séries temporais interrompidas servem para avaliar o impacto de uma intervenção discreta na distribuição de dados longitudinais (JANDOC *et al.*, 2015; SHADISH; COOK; CAMPBELL, 2002; WAGNER *et al.*, 2002)³¹.

Tecnicamente, devemos estimar o contrafactual do que deveria ter acontecido na ausência da descontinuidade. Em nosso exemplo, a expectativa teórica é de que o número de ligações continuaria crescendo em função do tempo. Quanto maior

³⁰ Para os primeiros trabalhos sobre o assunto, ver Campbell e Stanley (1966) e Campbell e Ross (1968). Para uma introdução, ver McDowall *et al.* (1980). Para uma discussão bastante detalhada, ver o capítulo 6 do livro *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference* de Shadish, Cook e Campbell (2002). Para um tutorial com scripts computacionais no R e no Stata, ver Bernal, Cummins e Gasparrini (2017). Mais recentemente, McDowall, McClearly e Bartos (2019) retomaram o assunto em uma obra mais complexa. Para uma revisão da literatura, ver Jandoc *et al.* (2015). Para uma aplicação de análise de séries temporais interrompidas pioneira na área de trânsito, ver Campbell e Ross (1968). Para uma discussão crítica sobre as principais limitações dessa abordagem, ver Engel *et al.* (2019).

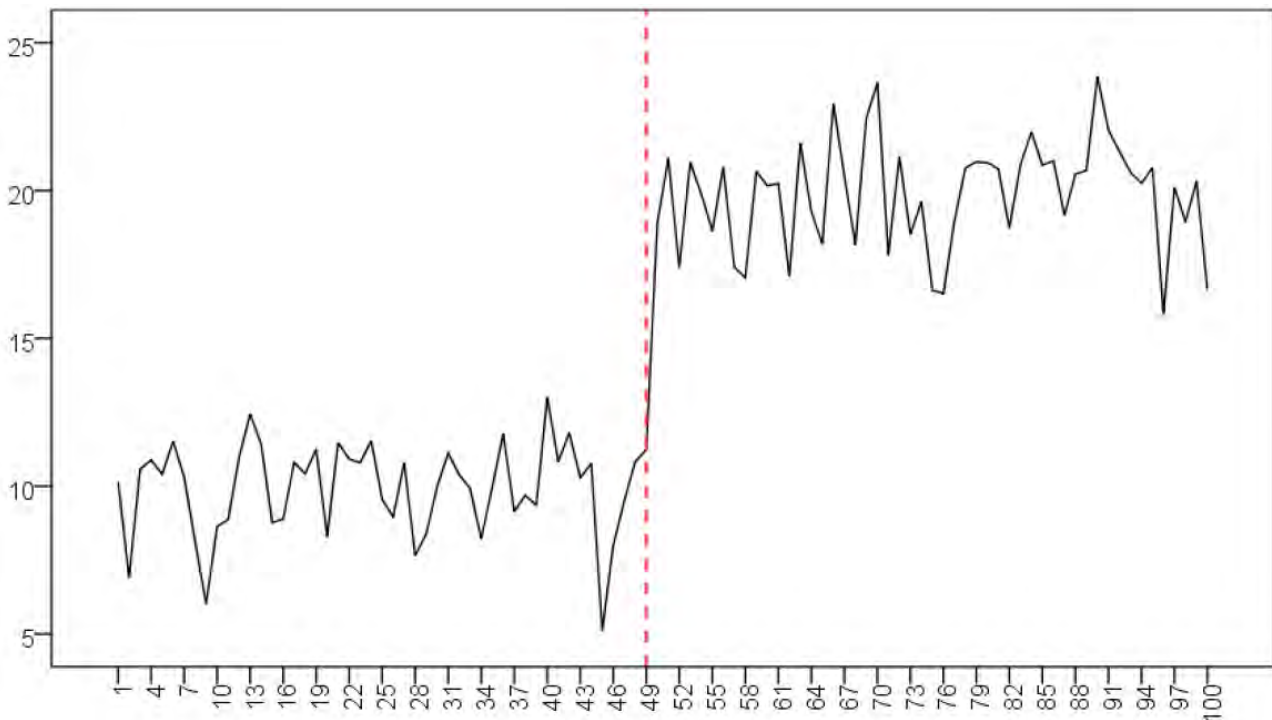
³¹ Para Wagner *et al.* (2002, p. 299), “interrupted time series data allows us to assess, in statistical terms, how much an intervention changed an outcome of interest, immediately and over time; instantly or with delay; transiently or long-term; and whether factors other than the intervention could explain the change”.

a diferença entre a série observada e o que deveria ter acontecido, maior o impacto da intervenção. Assume-se que tanto o nível (média) quanto a tendência da série permaneceriam constantes na ausência da política governamental (*policy change*). Na perspectiva mais simples, temos um conjunto de dados coletados ao longo do tempo (O_1 até O_{10}) e um evento/descontinuidade (X) que teoricamente deve afetar o comportamento da série. Vejamos:

$$O_1 O_2 O_3 O_4 O_5 X O_6 O_7 O_8 O_9 O_{10}$$

Devemos examinar a variação dos dados antes da intervenção (O_1 até O_5) e depois da implementação da política (O_6 até O_{10}). O tamanho das séries antes e depois da descontinuidade não precisa ser o mesmo, mas é preciso contar com um número razoável de casos para garantir estimativas minimamente confiáveis. Para melhor compreender como a abordagem de séries temporais interrompidas pode ser utilizada para avaliar o impacto de intervenções discretas, o Gráfico 4 ilustra um exemplo hipotético de uma série sem tendência, mas que exhibe uma mudança abrupta de nível.

Gráfico 4 - Série interrompida sem tendência, mas com mudança de nível³²

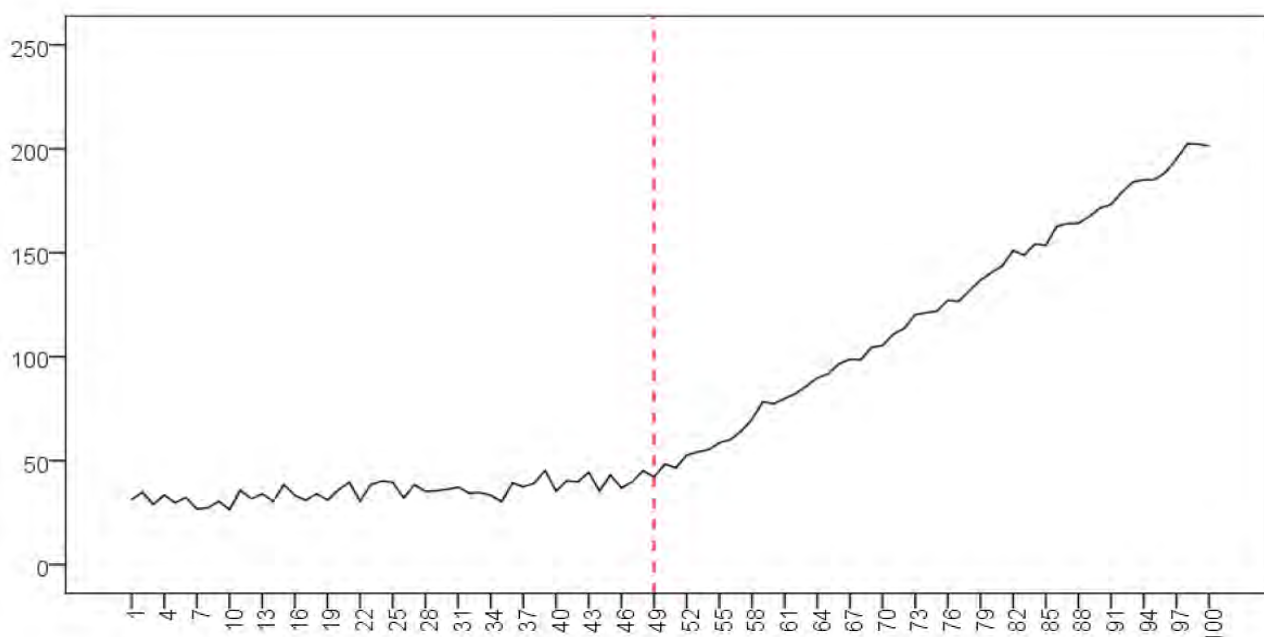


Fonte: elaboração própria.

³² Os dados foram simulados para conter 100 observações. Entre 1 e 49, a média é 10 com desvio padrão de 2. Para t maior que 50, a média é 20 com desvio padrão 2.

Como pode ser observado, não existe tendência pré-intervenção, ou seja, estamos diante de uma série aleatória em que o valor de uma observação em um determinado período do tempo em nada ajuda a prever o valor do caso no período subsequente. Da mesma forma, não é possível observar nenhum padrão após a implementação da política. A única mudança perceptível é um incremento abrupto no nível (média) da série imediatamente após a intervenção. O Gráfico 5 ilustra um exemplo de série temporal interrompida sem tendência prévia, mas com tendência no período posterior à intervenção.

Gráfico 5 – Série interrompida sem tendência prévia, mas com tendência após a intervenção



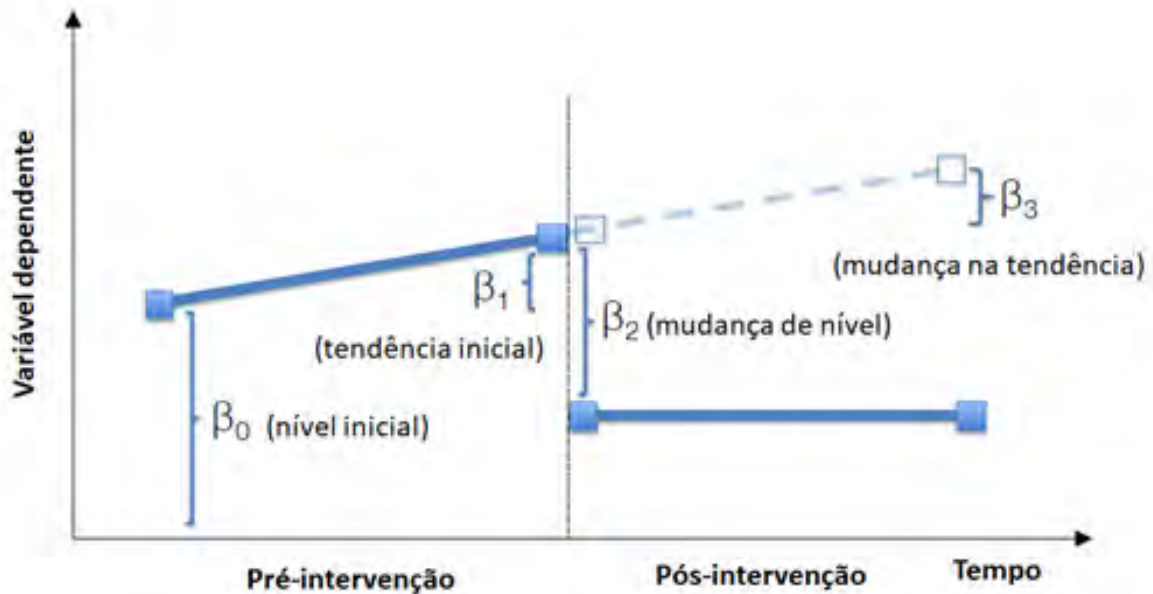
Fonte: elaboração própria.

Nem existe tendência anterior ao evento de interesse, nem há variação significativa na média da série imediatamente após a implementação da política. Todavia, é possível identificar uma evidente mudança de comportamento da série após a intervenção (linha pontilhada vermelha). Por esse motivo, devemos inferir que o coeficiente associado à variável tendência é positivo.

Depois de explorar os exemplos simulados, o próximo passo é formalizar como o modelo de séries temporais interrompidas será utilizado para avaliar o impacto do Projeto Vida no Trânsito³³. A Figura 8 ilustra a lógica dessa abordagem.

³³ Lembrando que os efeitos podem ser imediatos ou defasados (SHADISH; COOK; CAMPBELL, 2002). Em geral, efeitos imediatos são mais fáceis de interpretar e de detectar graficamente. Por outro lado, quando o impacto da intervenção é defasado no tempo, será necessário incluir alguma justificativa teórica para explicar a diferença entre a intervenção e a manifestação dos seus efeitos.

Figura 8 – Modelo de séries temporais interrompidas



Fonte: elaboração própria.

Tecnicamente, a especificação do modelo pode ser descrita pela seguinte equação:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{tempo}_t + \beta_2 \cdot \text{nível}_j + \beta_3 \cdot \text{tendência}_{jt} + \varepsilon_t \quad (1)$$

A variável dependente (Y_{it}), representada na Figura 8 no eixo vertical, será mensurada pela taxa de mortalidade por acidentes de transporte terrestre por 100 mil habitantes. O primeiro parâmetro de interesse, β_0 , indica o nível inicial da série antes da implementação do Projeto Vida no Trânsito. Por sua vez, β_1 representa a tendência da série antes da mudança institucional, ou seja, descreve o padrão observado na taxa de ATT antes da intervenção. A linha vertical pontilhada representa a mudança institucional, ou seja, a implementação do Projeto Vida no Trânsito. Enquanto β_2 representa a variação observada no nível da série imediatamente após a intervenção, β_3 indica a mudança na tendência ao longo do tempo para o período pós-intervenção. A expectativa teórica é de que esse coeficiente seja negativo, o que seria um indicativo de que o PVT alterou o comportamento da série de mortalidade por acidentes de transportes terrestres em uma determinada localidade. Por fim, ε_{it} , termo de erro, captura a

diferença entre os valores estimados em relação aos valores observados³⁴. A Tabela 4 esquematiza a organização da planilha de dados.

Tabela 4 – Exemplo de planilha de dados

Y	Ano	Tempo	Nível	Tendência
21,87	1996	1	0	0
21,75	1997	2	0	0
	-	-	-	-
22,17	2010	15	1	1
22,19	2011	16	1	2
22,80	2012	17	1	3
	-	-	-	-
18,47	2017	22	1	8
17,38	2018	23	1	9

Fonte: elaboração própria.

A variável tempo captura a tendência da série antes da intervenção e é mensurada como uma sequência de valores contada a partir da primeira ocorrência no tempo (1996) até a última (2018). A variável nível é dicotômica e assume valor 0 antes da intervenção e 1 depois da mudança institucional. Ela indica o que ocorreu na série no momento imediatamente posterior à intervenção. Por fim, a variável tendência representa o comportamento da série após a implementação do PVT. Ela é mensurada como 0 antes da intervenção e depois inicia uma sequência a partir da mudança institucional (*policy change*).

Tecnicamente, existem alguns problemas que podem afetar a validade de um desenho de pesquisa que emprega a análise de séries temporais interrompidas (SHADISH; COOK; CAMPBELL, 2002), são eles: história (correlação contemporânea), instrumentação, maturação e regressão à média.

De acordo com Shadish, Cook e Campbell (2002, p. 179, tradução nossa), “a maior ameaça à validade interna é a história - a possibilidade de que outras forças além do tratamento sob investigação influenciaram a variável dependente ao mesmo tempo em que a intervenção foi introduzida”³⁵. Similarmente, Bernal, Cummings e Gasparrini (2018, p. 2.083, tradução nossa) defendem que “o viés histórico devido a outras intervenções ou eventos que ocorrem em torno do momento

³⁴ Depois de ajustar o modelo, o pesquisador deve examinar alguns aspectos metodológicos que podem afetar a consistência das estimativas (BERNAL; CUMMINS; GASPARRINI, 2017). Por exemplo, eventuais padrões sazonais, erros de mensuração, mudanças nos critérios de mensuração da variável de interesse, autocorrelação etc.

³⁵ Campbell e Ross (1968, p. 38) definem esse problema como “*specific events, other than the experimental treatment, occurring between the pretest and posttest, which might account for the change*”.

da intervenção é a principal ameaça à validade dos estudos de séries temporais interrompidas”.

Por exemplo, imagine uma política pública estadual de promoção de segurança nas vias, implementada durante o mesmo período de execução do Projeto Vida no Trânsito. Nesse caso, dada a simultaneidade temporal dos eventos e a duplicidade de objetivos, a interpretação causal dos coeficientes fica seriamente comprometida, já que é difícil identificar o efeito isolado de cada intervenção.

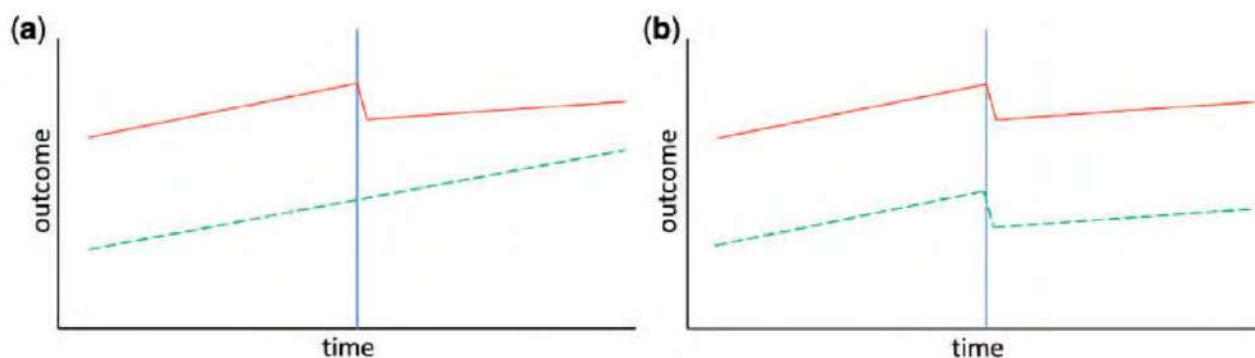
Outro problema que pode atrapalhar a interpretação dos resultados é o que os especialistas chamam de instrumentação (*instrumentation*), ou seja, mudanças em critérios conceituais e/ou operacionais que alteram a forma de mensuração dos indicadores durante a implementação do programa. A maturação, que é mais recorrente quando a amostra é formada por pessoas (CAMPBELL; ROSS, 1968), pode se manifestar, por exemplo, em uma pesquisa de survey longitudinal em que o mesmo indivíduo é entrevistado diversas vezes. O processo de aprendizagem, por assim dizer, pode comprometer a confiabilidade e a validade dos indicadores de interesse.

O último obstáculo que merece destaque é a regressão em torno da média. Como a série exibe um componente sistemático (tendência) e outro aleatório, as estimativas do modelo de séries temporais interrompidas podem ser afetadas por variações randômicas do conjunto de dados, principalmente em amostras excessivamente pequenas (quando o número de observações longitudinais é limitado).

Em nossa pesquisa, a inclusão de casos controle pode ajudar a minimizar alguns desses problemas. Em particular, estamos interessados em neutralizar eventuais efeitos adversos de correlação contemporânea (*history*) (SHADISH; COOK; CAMPBELL, 2002)³⁶. Salvo melhor juízo, não há indícios de mudanças nos critérios de mensuração das categorias da Classificação Internacional de Doenças (CID) relativas à mortalidade por acidentes de transporte terrestre. Logo, a instrumentação não representa um risco à validade interna das conclusões. A desagregação dos dados por mês afasta eventuais problemas de regressão em torno da média, mas adiciona novos obstáculos, como autocorrelação serial e sazonalidade. Por esse motivo, manteremos a mensuração a partir do número/taxa de mortalidade por acidentes de transporte terrestre por ano. A Figura 9 ilustra o funcionamento do modelo de séries temporais interrompidas com controle.

³⁶ De acordo com Bernal, Cummings e Gasparrini (2018, p. 2.083), “one approach that limits the threat of these other confounding events is to include a control series, that is a design known as controlled (or comparative) interrupted time series (CITS) analysis”.

Figura 9 – Série temporal interrompida com controle³⁷



Fonte: Bernal, Cummings e Gasparrini (2018).

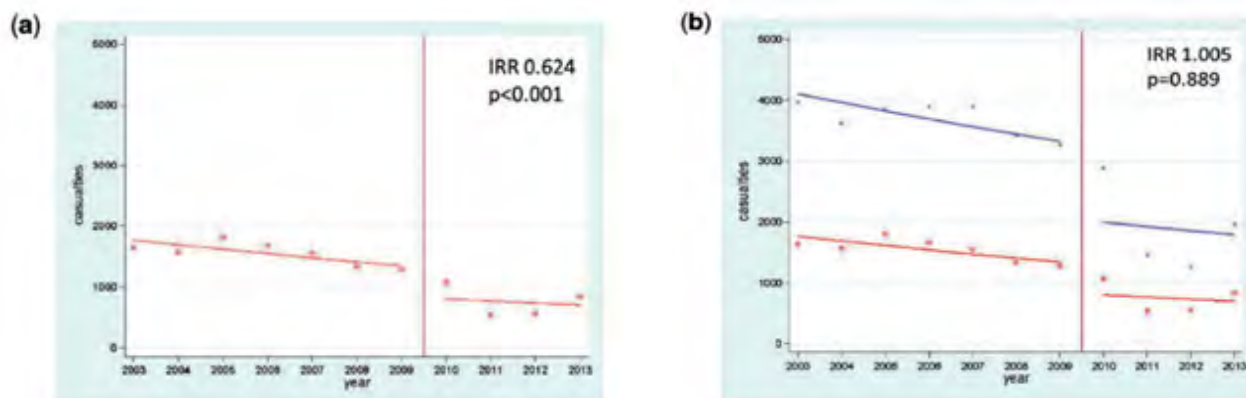
A linha sólida vermelha representa o grupo de tratamento, enquanto a linha pontilhada verde ilustra o grupo de controle. A Figura 9a ilustra uma situação em que a intervenção de interesse afetou tanto o nível da série (como pode ser observado pela queda abrupta logo após a mudança institucional), quanto a tendência, já que houve redução na inclinação da reta. Ou seja, a intervenção produziu mudanças significativas no grupo de intervenção, mas o grupo de controle permanece inalterado, o que por sua vez aumenta a validade da inferência em relação ao efeito causal da mudança institucional. Contrariamente, a Figura 9b descreve uma situação em que tanto o grupo de tratamento quanto o de controle exibiram o mesmo comportamento no momento imediatamente posterior à intervenção (mudança de nível), o que sugere que algum fator exógeno à intervenção afetou igualmente as observações tratadas e não tratadas e/ou não foi possível isolar as unidades do grupo de controle dos efeitos da mudança institucional (*policy change*).

Assim, o modelo de séries temporais interrompidas com controle consiste na inclusão de observações que não foram expostas à intervenção (BERNAL; CUMMINGS; GASPARRINI, 2018). A principal vantagem dessa abordagem é fornecer estimativas mais confiáveis a respeito do impacto da mudança institucional de interesse. Esquemáticamente, se encontramos diferenças significativas na tendência da série de tratamento, mas não na série de controle, teremos estimativas causais mais robustas. Por outro lado, a presença de efeitos significativos em ambas as séries (tratamento e controle) sugere que a variação observada pode ser explicada por outros fatores não considerados na análise dos dados. A Figura 10 compara o funcionamento do modelo de séries temporais interrompidas com e

³⁷ Bernal, Cummings e Gasparrini (2018) apresentam um tutorial sobre como estimar modelos de séries temporais interrompidas com controles. Linden (2015) explica o passo a passo da implementação computacional no Stata a partir do comando *itsa*.

sem controle.

Figura 10 – Série temporal interrompida sem e com controle



Fonte: Bernal, Cummings e Gasparrini (2018).

A Figura 10 (a) mostra a aplicação do modelo de séries temporais interrompidas sem controle. Ou seja, quando o contrafactual é estimado apenas a partir da tendência observada no conjunto de dados antes da intervenção. Diferente do esperado teoricamente pelo exemplo utilizado por Bernal, Cummings e Gasparrini (2018), verifica-se uma tendência negativa na variável dependente após a mudança institucional³⁸. Para garantir resultados mais robustos, o modelo foi reestimado com a inclusão de um grupo de controle (Figura 10b). Como pode ser observado, tanto o grupo de tratamento (linha vermelha) quanto o grupo de controle (linha azul) experimentaram reduções de nível e tendência após a intervenção.

Em termos substantivos, a inclusão do grupo de controle no modelo de séries temporais interrompidas não muda a natureza da questão de pesquisa. Em nosso exemplo, continuamos interessados no impacto do Projeto Vida no Trânsito sobre os padrões de mortalidade em acidentes de transporte terrestre. A grande vantagem é metodológica, já que a inclusão do grupo de controle minimiza eventuais problemas de validade (*history, instrumentation e maturation*)³⁹. A Tabela 5 ilustra a organização da planilha de dados no modelo de séries temporais interrompidas com controle.

³⁸ Bernal, Cummings e Gasparrini (2018) replicam os dados de Perkins *et al.* (2015) quanto ao efeito de mudanças no padrão da iluminação pública sobre a quantidade de acidentes de trânsito e crimes ocorridos durante a noite no Reino Unido. A hipótese de trabalho sustentava que menor luminosidade deveria estar associada à maior ocorrência de acidentes e de criminalidade.

³⁹ Para Linden (2015, p. 480), “when the treated group’s outcomes can also be contrasted with those of one or more comparison groups, the internal validity is further enhanced by allowing the researcher to potentially control for confounding omitted variables”.

Tabela 5 – Planilha de dados⁴⁰

Y	Ano	Grupo	Tempo	Nível	Tendência	Δ tempo	Δ nível	Δ tendência
21,87	1996	1	1	0	0	1	0	0
21,75	1997	1	2	0	0	2	0	0
...
22,17	2010	1	15	1	1	15	1	1
22,19	2011	1	16	1	2	16	1	2
22,80	2012	1	17	1	3	17	1	3
...
18,47	2016	1	21	1	7	21	1	7
17,38	2017	1	22	1	8	22	1	8
16,43	2018	1	23	1	9	23	1	9
21,87	1996	0	1	0	0	0	0	0
21,75	1997	0	2	0	0	0	0	0
...
22,17	2010	0	15	1	1	0	0	0
22,19	2011	0	16	1	2	0	0	0
22,80	2012	0	17	1	3	0	0	0
...
18,47	2016	0	21	1	7	0	0	0
17,38	2017	0	22	1	8	0	0	0
16,43	2018	0	23	1	9	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

A estimação do modelo de séries temporais interrompidas com controle exige a incorporação de uma variável dummy para diferenciar as situações de tratamento ($G = 1$) e placebo ($G = 0$). Assim, em vez de três variáveis, o modelo é estimado da seguinte forma:

$$Y_{jkt} = \beta_0 + \beta_1 \cdot tempo_t + \beta_2 \cdot nível_t + \beta_3 \cdot tendência_{jt} + \beta_4 \cdot G_k + \beta_5 \cdot G_k \cdot tempo_t + \beta_6 \cdot G_k \cdot nível_{jt} + \beta_7 \cdot G_k \cdot tendência_{jt} + \varepsilon_{jkt} \quad (3)$$

O intercepto, β_0 , informa o valor esperado da variável dependente para o grupo de controle antes da intervenção. β_1 descreve a tendência da série para o grupo de controle antes da mudança institucional, enquanto β_2 captura a mudança de nível para o grupo de controle. β_3 representa a mudança da tendência no grupo

⁴⁰ O texto em negrito delimita o período em que ocorreu a mudança institucional (*policy change*). Em nosso estudo, o Projeto Vida no Trânsito foi inicialmente implementado em 2010 a partir de um programa piloto em cinco cidades: Belo Horizonte (MG, Sudeste), Campo Grande (MT, Centro-Oeste), Curitiba (PR, Sul), Palmas (TO, Norte) e Teresina (PI, Nordeste). Para mais informações, ver: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=2118:vida-no-transito-sobre-o-projeto&Itemid=685>. Acesso em: 9 dez. 2020.

de controle após a implementação do PVT. β_4 , coeficiente associado à variável dummy G, indica a diferença entre grupo de tratamento e controle antes da mudança institucional. Por sua vez, β_5 , β_6 e β_7 capturam a interação entre as variáveis de tempo, nível e tendência com o indicador do grupo⁴¹. Em termos substantivos, β_5 representa a diferença da tendência da série antes da intervenção entre o grupo de tratamento e o grupo de controle. β_6 pode ser interpretado como a diferença da diferença do nível da série no momento imediatamente após a intervenção. O último coeficiente de interesse é β_7 , que indica a diferença na tendência da série no período pós-implementação da política pública (PVT) para o grupo de tratamento em relação ao grupo de controle.

Seguindo as orientações de Bernal, Cummings e Gasparrini (2018), adotamos dois tipos de controle: **a)** localização; e **b)** características. O primeiro consiste na seleção de uma série de dados referente a uma localização similar àquela do grupo de tratamento, mas que não foi diretamente afetada pela intervenção de interesse (policy change). Em nosso desenho de pesquisa, essa perspectiva foi implementada a partir da comparação da unidade tratada com o município mais populoso dentro da mesma unidade federativa. A Tabela 6 sumariza a lista dos controles selecionados a partir do número de habitantes para as cinco cidades da modalidade piloto do Projeto Vida no Trânsito.

Tabela 6 – Controle por localização

Grupo	Cidade	População
1	Belo Horizonte	2.512.070
1	Campo Grande	906.092
1	Curitiba	1.948.626
1	Palmas	306.197
1	Teresina	868.075
0	Uberlândia	691.305
0	Dourados	225.495
0	Londrina	575.377
0	Araguaína	183.381
0	Parnaíba	153.482

Fonte: elaboração própria.

⁴¹ Assim como o modelo de séries interrompidas padrão, a versão com controle continua sensível à presença de casos aberrantes (*outliers*), co-intervenções (*history*) e confiabilidade dos dados (*instrumentation*). Para mais detalhes sobre o assunto, ver Shadish, Cook e Campbell (2002). Tecnicamente, a inclusão dos termos multiplicativos no modelo de regressão altera a interpretação substantiva dos coeficientes. Para mais detalhes, ver Friedrich (1982) e Brambor, Clark e Golder (2006). Para um tutorial on-line, ver: < <http://www.jeremydawson.co.uk/slopes.htm>>. Acesso em: 8 dez. 2020.

Analiticamente, o grupo de controle ideal é aquele que é igual ao de tratamento em todos os aspectos observados e não observados, à exceção da intervenção⁴². A alta correlação entre o tamanho da população e a quantidade de mortes indica que o número de habitantes de uma determinada localidade é um preditor acurado da magnitude esperada de mortalidade⁴³. Portanto, parece promissor comparar cidades aproximadamente do mesmo tamanho. Por exemplo, ao se considerar Tocantins, a cidade de Araguaína, que conta com 183.381 habitantes, servirá de controle na comparação com Palmas (população de 306.197)⁴⁴.

Com o objetivo de superar eventuais problemas de validade do controle de localização, uma vez que as cidades tratadas e não tratadas podem exibir populações muito distintas, empregamos também dois controles de características de baseline. O primeiro é identificar, a partir da média da taxa de mortalidade por acidentes por transporte terrestre antes da intervenção (1996 até a implementação do PVT), os dois municípios mais similares ao caso tratado. Por exemplo, assumindo que a taxa de mortalidade por ATT da unidade tratada é de 25,68 por 100 mil habitantes, a comparação será realizada a partir das unidades controles B (26,79) e C (23,37), já que essas são as cidades elegíveis ao grupo de controle que exibem o maior nível de semelhança com a observação tratada no período pré-intervenção em relação à média da variável de interesse (taxa de mortalidade por ATT). A Tabela 7 ilustra o funcionamento dessa perspectiva a partir de dados simulados.

Tabela 7 – Controle por características (variável dependente)

Cidade	Média da taxa de ATT antes da intervenção para cidades não tratadas	Δ (diferença entre a média de cada cidade elegível ao grupo de controle e a média da cidade tratada)
A	34,56	8,88
B	26,79	1,55
C	23,37	-0,81
D	12,32	-13,36
E	10,19	-15,49

Fonte: elaboração própria.

⁴² De acordo com Bernal, Cummings e Gasparrini (2018, p. 2084), “the central prerequisite when selecting a control is that it is as similar as possible to the intervention group. The ideal control group is the same in terms of all variables other than exposure to the intervention”.

⁴³ Obviamente, não estamos falando de uma relação de causa e efeito, mas de uma relação de proporcionalidade.

⁴⁴ Observe, todavia, que existe uma diferença significativa no número de habitantes residentes nas capitais (grupo de tratamento) e nas cidades mais populosas dentro da mesma unidade federativa (grupo de controle), quando o ideal seria comparar observações mais semelhantes.

Assim, comparando observações muito similares no período pré-intervenção, teremos coeficientes mais confiáveis⁴⁵. Por fim, nossa terceira estratégia de identificação consiste em comparar unidades tratadas e não tratadas que sejam muito similares no que diz respeito à taxa de motorização⁴⁶.

2.2 Séries temporais interrompidas no trânsito

Como demonstrado na seção 1, a maior parte da literatura nacional é formada por estudos epidemiológicos quantitativos descritivos, com ênfase municipal e publicados em periódicos de saúde pública. Recentemente, todavia, identificamos quatro produções que analisam a relação entre ações governamentais específicas e indicadores de segurança no trânsito (ANDRADE; ANTUNES, 2019; ANDREUCCETTI *et al.*, 2011; JOMAR *et al.*, 2019; LEITÃO *et al.*, 2019). Em comum, essas pesquisas estimam o impacto de uma mudança institucional a partir de dados longitudinais com auxílio da técnica de séries temporais interrompidas, mesma estratégia de identificação adotada em nossa proposta de investigação. Assim, com o objetivo de melhor compreender o status dessa literatura, examinaremos o conteúdo de uma amostra intencional de 18 artigos científicos sobre o tema, conforme ilustra o Quadro 6.

Quadro 6 – Literatura que emprega séries temporais interrompidas para analisar dados de trânsito

Autor(ano)	Revista	FI ⁴⁷	SJR	País
Campbell e Ross (1968)	<i>Law and Society Review</i>	1,43	1,1 5	Estados Unidos
Atkins (1979)	<i>Journal of the Operational Research Society</i>	2,18	0,9 5	Canadá
Hilton (1984)	<i>Law and Society Review</i>	1,43	1,1 5	Estados Unidos
Blose e Holder (1987)	<i>Journal of Studies on Alcohol</i>	2,62	1,3 2	Estados Unidos

⁴⁵ Teoricamente, se o resultado do modelo de séries temporais interrompidas sem controle espelhar os coeficientes do modelo com controle, teremos mais confiança para afirmar que os coeficientes de regressão descrevem uma relação de causa e efeito. Por outro lado, devemos ter mais cautela na interpretação dos resultados se um efeito significativo for detectado pelo modelo padrão, mas não pelo modelo com controle.

⁴⁶ A taxa de motorização é calculada pela razão entre o tamanho da frota e o número de habitantes de uma determinada localidade.

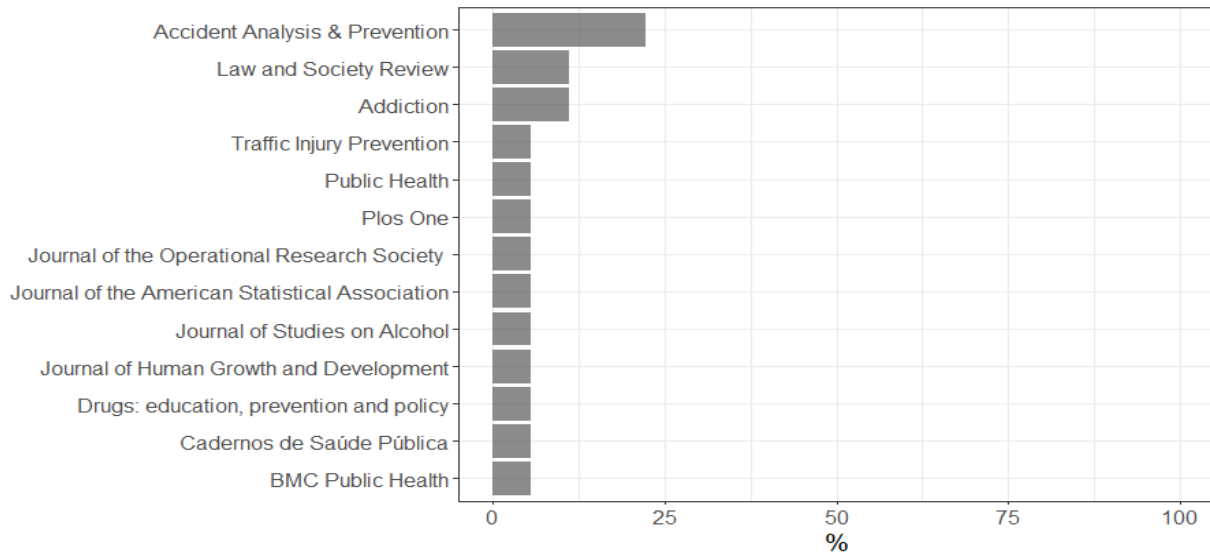
⁴⁷ O fator de impacto (FI) é uma métrica comumente utilizada para mensurar a importância de um determinado periódico. O FI pode ser interpretado como a média de citações recebidas por uma determinada revista em um espaço de tempo específico. Para mais informações, ver: <<https://www.periodicosdeminas.ufmg.br/o-que-fator-de-impacto-periodico/>>. Acesso em: 30 set. 2020. Similarmente, o *Scientific Journal Rankings* (SJR) também informa o grau de influência de um determinado periódico, mas controla pelo prestígio das revistas citantes. Para mais detalhes, ver: <<https://www.scimagojr.com/journalrank.php?country=BR>>. Acesso em: 30 set. 2020.

Autor (ano)	Revista	FI	SJR	País
Rogers e Schoenig (1994)	<i>Accident Analysis and Prevention</i>	3,66	1,69	Estados Unidos
Asbridge et al. (2009)	<i>Drugs: Education, Prevention and Policy</i>	1,17	0,63	Canadá
Andreuccetti et al. (2011)	<i>Addiction</i>	6,85	2,75	Brasil
Pridemore et al. (2013)	<i>Addiction</i>	6,85	2,75	Rússia
Abegaz et al. (2014)	<i>BMC Public Health</i>	2,52	1,20	Etiópia
Bonander, Andersson e Nilson (2015)	<i>Accident Analysis & Prevention</i>	3,66	1,69	Suécia
Nistal-Nuño (2017)	<i>Public Health</i>	2,52	1,20	Chile
Andrade e Antunes (2019)	<i>Cadernos de Saúde Pública</i>	1,20	0,57	Brasil
Jomar et al. (2019)	<i>Traffic Injury Prevention</i>	1,41	0,65	Brasil
Leitão et al. (2019)	<i>Journal of Human Growth and Development</i>	-	0,34	Brasil
Song e Noyce (2019)	<i>Accident Analysis & Prevention</i>	3,66	1,69	Estados Unidos
Foroutaghe, Moghaddam e Fakoor (2020)	<i>Plos One</i>	2,74	1,02	Irã
Martínez e Contreras (2020)	<i>Accident Analysis and Prevention</i>	3,66	1,69	Chile

Tecnicamente, utilizamos o Google Acadêmico para buscar artigos a partir da seguinte combinação semântica: “interrupted time series traffic accidents”. O passo seguinte foi examinar as referências bibliográficas com o objetivo de identificar trabalhos semelhantes (séries temporais interrompidas com dados de acidentes/mortalidade no trânsito). Por fim, o conteúdo de cada artigo foi tabulado a partir dos seguintes indicadores: **a)** autoria; **b)** ano de publicação; **c)** transcrição do resumo; **d)** periódico; **e)** idioma; **f)** país; **g)** objetivo geral da pesquisa; **h)** periodicidade dos dados; **i)** tamanho da série temporal; **j)** resultados;

k) dummy para grupo de controle; **l)** softwares; e **m)** link de acesso⁴⁸. O Gráfico 6 ilustra a distribuição dos casos por periódico.

Gráfico 6 – Percentual de artigos por periódico



Fonte: elaboração própria.

O periódico Accident Analysis & Prevention acumulou quatro artigos (22,22%). Rogers e Schoenig (1994) avaliaram o efeito de um conjunto de iniciativas para reduzir a mortalidade no trânsito na Califórnia, Estados Unidos. A partir de dados mensais compilados entre 1979 e 1986, os autores reportam reduções significativas após a intervenção, tanto no número de acidentes quanto na quantidade de fatalidades⁴⁹. Bonander, Andersson e Nilson (2015) examinam o efeito do licenciamento mais rígido para ciclomotores na Suécia e encontram reduções significativas na taxa de acidentes entre motoristas mais jovens⁵⁰. Song e Noyce (2019), a partir de dados mensais (1995-2010), analisam a variação do número de acidentes de transporte terrestre em Portland e Oregon antes e depois da implementação de uma política de prioridade de sinal de trânsito (TSP). A avaliação do período pós-intervenção (2003-2010) mostrou uma redução em todos os acidentes em seções de rua com TSP (-4,5%), em comparação com

⁴⁸ Assim como a literatura epidemiológica nacional sobre trânsito, os trabalhos quase-experimentais também tendem a ser publicados em revistas da área de saúde. Em nossa amostra de 18 estudos, 72,22% foram publicados em periódicos com ênfase em saúde pública. Para os artigos quase-experimentais, a média do fator de impacto dos periódicos foi de 2,99, com desvio padrão de 1,75, e a média do SJR foi de 1,49, com desvio padrão de 1,07. A correlação linear ente FI e SJR é de 0,701 (p-valor = 0,002; N = 17), sugerindo forte associação positiva entre os indicadores.

⁴⁹ No original, “the time series analyses conducted in this study identified significant decreases in alcohol-related fatal and injury (FI) accidents associated with the 1982 California DUI legislative reforms” (ROGERS; SHOENIG, 1994, p. 73-74).

⁵⁰ Em termos metodológicos, Bonander, Andersson e Nilson (2015) empregam um modelo aditivo generalizado para localização, escala e forma (GAMLSS). Para uma introdução, ver: <<https://www.gamlss.com/>>. Para uma aplicação no R, ver: Stasinopoulos e Rigby (2007).

as estimativas contrafactuais baseadas nos dados do grupo de controle. Mais recentemente, Martínez e Contreras (2020) examinaram o efeito de mudanças na legislação de trânsito sobre a taxa de acidentes fatais com crianças de 0 a 14 anos no Chile. Os autores identificam uma correlação entre variáveis socioeconômicas e taxa de mortalidade, mas não encontram efeitos significativos da qualidade da via sobre a quantidade de acidentes⁵¹.

Os trabalhos de Campbell e Ross (1968) e Hilton (1984) foram publicados na *Law and Society Review*, perfazendo 11,11% da amostra⁵². Em Campbell e Ross (1968), o principal objetivo é estimar o impacto da lei de controle de velocidade sobre acidentes fatais em Connecticut, Estados Unidos. A partir de uma série temporal de nove anos (1951-1959), os autores encontram uma tendência consistente de redução, mas levantam dúvidas se a queda pode ser confiavelmente atribuída à mudança institucional. Por sua vez, Hilton (1984) avalia o efeito das novas leis de tolerância zero em relação ao consumo de álcool sobre a quantidade de acidentes fatais na Califórnia, Estados Unidos. Os resultados, estimados a partir de uma série temporal mensal (1977-1982), também indicam redução, mas não necessariamente causada pela intervenção⁵³.

Os trabalhos de Andreuccetti *et al.* (2011) e Pridemore *et al.* (2013) foram publicados na revista *Addiction* em formato de *research reports* (11,11%). A partir de dados mensais de São Paulo (estado e capital), Andreuccetti *et al.* (2011) examinaram o efeito de uma política mais rígida de consumo de álcool sobre a taxa de acidentes e fatalidades entre 2001 e 2010. Os resultados sugerem uma redução significativa na quantidade de óbitos no trânsito, principalmente na capital. Adotando um desenho de pesquisa semelhante, Pridemore *et al.* (2013) analisaram o impacto de uma mudança institucional de combate ao consumo de álcool sobre o padrão de acidentes e mortalidade no trânsito na Rússia (2000-2010). Com auxílio de um modelo autorregressivo integrado de médias móveis (ARIMA), as evidências

⁵¹ No original, “there is also evidence that the accumulation of socioeconomic disadvantage increases the exposure to road safety risks, which is an argument in favor of road safety policies focused on reducing disparities to afford equal protection” (MARTÍNEZ; CONTRERAS, 2020, p. 5).

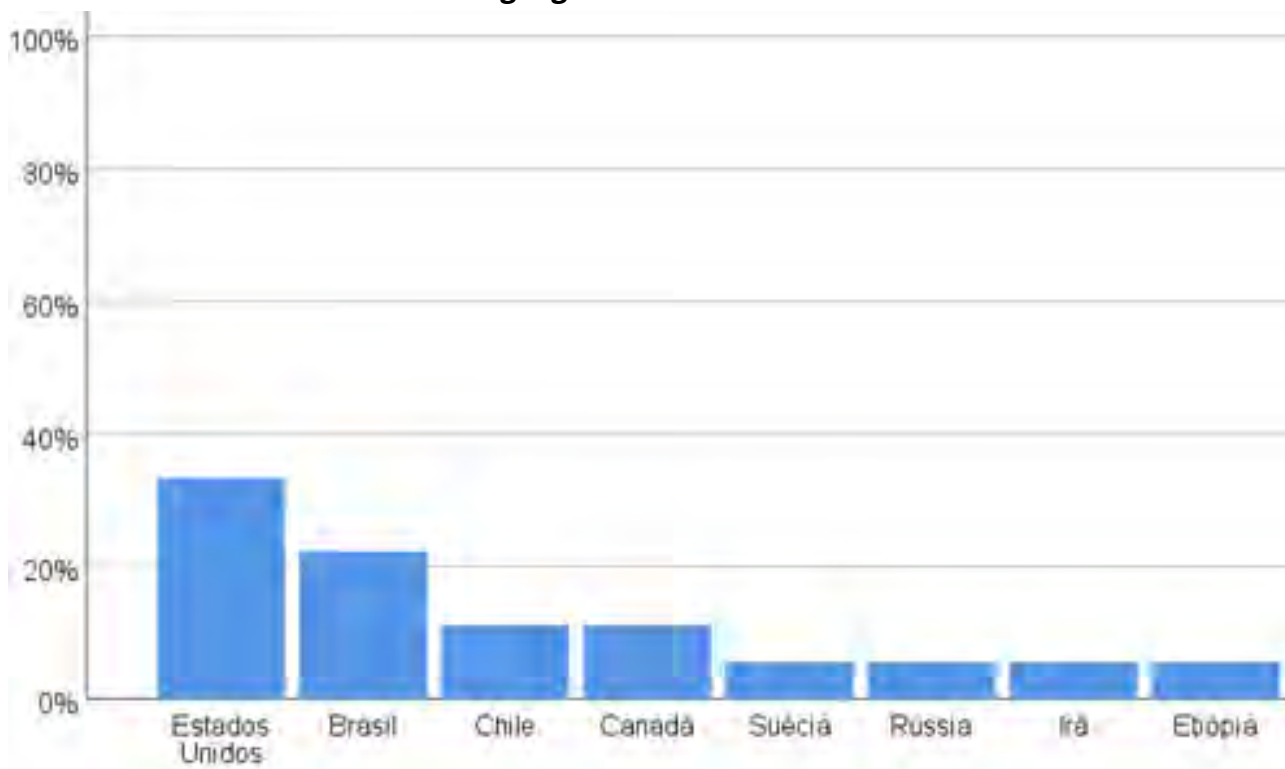
⁵² Salvo melhor juízo, o artigo de Campbell e Ross (1968) introduziu a técnica de séries temporais interrompidas. No original, “this paper introduces, in the context of a problem in applied sociology and the sociology of law, a mode of analysis designed to deal with a common class of situations in which research must proceed without the benefit of experimental control. The general methodology expounded here is termed ‘quasi-experimental analysis’. The specific mode of analysis is the ‘interrupted time-series design’” (CAMPBELL; ROSS, 1968, p. 34).

⁵³ Tecnicamente, uma das principais ameaças ao modelo de séries temporais interrompidas é o que Campbell e Ross (1968) chamam de *history*, ou seja, eventos específicos que ocorreram concomitantemente à intervenção de interesse e que podem ser responsáveis por parte do efeito observado. De acordo com Shadish, Cook e Campbell (2002, p.179), “with most simple interrupted time-series designs, the major threat to internal validity is history—the possibility that forces other than the treatment under investigation influenced the dependent variable at the same time at which the intervention was introduced”.

encontradas indicam que a implementação do programa poupou cerca de 2.400 vidas anualmente.

Outro elemento que chama a atenção é o idioma, já que 88,89% da produção foi publicada exclusivamente em língua inglesa⁵⁴. O Gráfico 7 ilustra a distribuição de frequência por unidade geográfica de análise (país).

Gráfico 7 - Unidade geográfica de análise



Fonte: elaboração própria.

O levantamento bibliográfico indica que 33,3% dos trabalhos foram produzidos tendo como caso de interesse os Estados Unidos, totalizando seis artigos (BLOSE; HOLDER, 1987; CAMPBELL; ROSS, 1968; HILTON, 1984; MURRY; STAM; LASTOVICKA, 1993; ROGERS; SHOENIG, 1994; SONG; NOYCE, 2019). Esses resultados sugerem que o padrão encontrado por Wilson e Knutsen (2020) em relação à predominância geográfica de alguns países também parece caracterizar os estudos quase-experimentais que empregam séries temporais interrompidas para analisar dados de trânsito. A principal implicação desse viés é a limitada capacidade de generalização dos resultados para outros contextos institucionais e culturais.

⁵⁴ Andrade e Antunes (2019), publicado na Cadernos de Saúde Pública (CSP), e Leitão *et al.* (2019), veiculado no *Journal of Human Growth and Development*, estão disponíveis em português e em inglês.

O Brasil aparece como unidade de interesse em quatro trabalhos, que exibem foco específico em avaliação de impacto (ANDRADE; ANTUNES, 2019; ANDREUCCETTI *et al.*, 2011; JOMAR *et al.*, 2019; LEITÃO *et al.*, 2019)⁵⁵. Andrade e Antunes (2019) estimam o efeito das medidas implementadas durante a Década de Ação pela Segurança no Trânsito (DAST) sobre a mortalidade por acidentes de transporte terrestre. Por sua vez, Leitão *et al.* (2019) analisam o padrão de óbitos no trânsito em São Paulo antes e depois do controle de velocidade de veículos automotores na esfera municipal. Jomar *et al.* (2019) investigam a influência da política de tolerância zero sobre a mortalidade no trânsito no Rio de Janeiro. Andreuccetti *et al.* (2011) examinam a relação entre medidas mais restritivas em relação ao consumo de álcool e a frequência de acidentes fatais e não fatais nas rodovias brasileiras.

Nistal-Nuño (2017) e Martínez e Contreras (2020) examinam o caso do Chile. Em particular, Nistal-Nuño (2017) estima o impacto da lei de redução de concentração de álcool no sangue sobre a morbimortalidade no trânsito a partir de um modelo de séries temporais interrompidas com dados mensais (janeiro de 2003 até dezembro de 2004). Os resultados indicam reduções imediatas após a implementação da lei em todas as taxas e queda estatisticamente significativa na quantidade de acidentes de trânsito relacionados ao consumo de álcool. De forma residual, encontramos uma pesquisa sobre Etiópia (ABEGAZ *et al.*, 2014), Suécia (BONANDER; ANDERSSON; NILSON, 2015), Rússia (PRIDEMORE *et al.*, 2013) e Irã (FOROUTAGHE; MOGHADDAM; FAKOOR, 2020). A partir de dados mensais, Foroutaghe, Moghaddam e Fakoor (2020) avaliam o impacto de novas leis de trânsito (que produziram duas intervenções) na variação da taxa de mortalidade e acidentes de trânsito no Irã (2009-2016). Os resultados sugerem reduções significativas na taxa de mortalidade (tanto urbana quanto rural) após a primeira intervenção. A segunda intervenção, de acordo com as estimativas dos autores, foi menos efetiva.

Em relação ao número de períodos considerados na análise, identificamos uma média de 8,56 anos, com desvio padrão 4,06 anos, conforme ilustra a Tabela 8.

Tabela 8 – Tamanho da série temporal (em anos)

n	mínimo	máximo	média	desvio padrão
18	1	17	8,56	4,06

Fonte: elaboração própria.

⁵⁵ Como reportado no Relatório II, Morais Neto *et al.* (2013) avaliam as ações do Projeto Vida no Trânsito em cinco capitais brasileiras. Os autores examinam as seguintes variáveis: a) percentual de cumprimento de metas de intervenção do PVT; b) taxas de mortalidade; c) taxas de internação hospitalar; e d) prevalência de ocorrências de alcoolemia ao volante (beber e dirigir). Os resultados indicam, entre outras coisas, redução nas taxas de mortalidade em três capitais.

Murry, Stam e Lastovicka (1993) e Asbridge et al. (2009) examinaram dados mensais em um intervalo de tempo de apenas um ano. Por outro lado, Jomar et al. (2019) analisaram séries anuais com 17 pontos no tempo. No que diz respeito à periodicidade das informações, 77,78% dos artigos empregam dados mensais. Apenas quatro trabalhos examinam séries temporais anuais (CAMPBELL; ROSS, 1968; JOMAR *et al.*, 2019; LEITÃO *et al.*, 2019; MARTÍNEZ; CONTRERAS, 2020). Comparativamente, os artigos que optam por dados mensais tendem a exibir uma série temporal mais curta ($X = 7,93$ anos) do que os trabalhos que usam dados anuais ($X = 10,75$ anos), conforme ilustra a Tabela 9.

Tabela 9 – Tamanho da série temporal (em anos) por periodicidade

Periodicidade	N	média	desvio padrão
Mensal	14	7,93	3,87
Anual	4	10,75	4,5

Fonte: elaboração própria.

Por fim, no que diz respeito à validade interna dos resultados, identificamos apenas seis artigos (33,33%) que fornecem estimativas do impacto da intervenção tendo como parâmetro a comparação com unidades não tratadas (grupo de controle) (ASBRIDGE *et al.*, 2009; BLOSE; HOLDER, 1987; BONANDER; ANDERSSON; NILSON, 2015; MARTÍNEZ; CONTRERAS, 2020; ROGERS; SHOENIG, 1994; SONG; NOYCE, 2019).

Em síntese, o levantamento bibliográfico a respeito da literatura que emprega séries temporais interrompidas para analisar dados de trânsito indica que: (1) 72,22% dos artigos foram publicados em periódicos com ênfase em saúde pública; (2) a produção científica está concentrada em revistas com fator de impacto médio de 2,99 e SJR médio de 1,49; (3) em relação à unidade geográfica de análise, 33,33% dos artigos examinam o caso dos Estados Unidos; (4) o tamanho médio da série temporal é de 8,56 anos, com desvio padrão de 4,06 anos; (5) cerca de oito em cada dez artigos analisam dados com periodicidade mensal; (6) apenas 33,33% da produção que emprega séries temporais interrompidas inclui grupos de controle para efeitos de comparação; e (7) a maior parte da literatura encontra efeitos significativos das intervenções governamentais sobre os indicadores de interesse (taxa de acidentes, taxa de mortalidade, etc.), ainda que alguns trabalhos reportem maior cautela na atribuição de uma relação causal entre a política pública e os resultados observados. O Quadro 7 sumariza as principais características dessa literatura (objetivo, periodicidade e resultados).

Quadro 7 – Síntese da literatura que emprega séries temporais interrompidas

Autor (ano)	Objetivo	Periodicidade	Resultados
Campbell e Ross (1968)	Estimar o efeito de medidas de controle de velocidade sobre a ocorrência de acidentes fatais em Connecticut (EUA) ⁵⁶	dados anuais, (1951-1959)	Tendência consistente de queda no número de óbitos, mas sem evidências conclusivas de que a redução foi causada pela intervenção.
Atkins (1979)	Identificar os efeitos de intervenções externas em uma série temporal	dados mensais, (1968-1977)	A intervenção fez com que os motoristas diminuíssem a velocidade e, conseqüentemente, reduzissem o número de acidentes na cidade
Hilton (1984)	Avaliar o impacto de medidas de proibição de consumo de bebidas alcoólicas sobre a ocorrência de acidentes fatais na Califórnia (EUA)	dados mensais entre maio de 1977 e dezembro de 1982 (56 meses pré-intervenção e 12 meses pós-intervenção)	Redução de 12,9% na quantidade de acidentes fatais em relação à média antes da intervenção, o que significa cerca de 52 ocorrências. Os resultados também sugerem efeitos negativos permanentes na série.
Blose e Holder (1987)	Avaliar o efeito da política de liquor-by-the-drink (LBD) sobre acidentes de trânsito relacionados ao consumo de álcool na Carolina do Norte (EUA)	janeiro de 1973 até dezembro de 1982.	Aumento da quantidade de acidentes (entre 16% e 24% nas localidades que adotaram a LBD).
Murry, Stam e Lastovicka (1993)	Avaliar o efeito de uma campanha publicitária sobre o consumo de álcool entre adolescentes (18-24 anos) e sobre a quantidade de acidentes (Kansas x Nebraska), EUA	dados mensais (38 meses antes da intervenção, 6 meses durante e 13 meses após o programa).	As evidências indicam que a campanha reduziu o consumo de álcool entre adolescentes, diminuiu o comportamento beber-dirigir e, conseqüentemente, afetou negativamente a quantidade de acidentes.
Rogers e Schoenig (1994)	Avaliação do efeito de um conjunto de iniciativas para reduzir a mortalidade no trânsito (Estados Unidos, Califórnia)	dados mensais, (1979-1986)	Reduções significativas (mortalidade e acidentes) após a mudança institucional.

⁵⁶ A política adotada consistia no seguinte: motoristas multados por excesso de velocidade teriam suspensas suas licenças para dirigir durante um mês. Em caso de reincidência, o tempo de suspensão era de 60 dias. Em caso de terceira violação, a carteira de motorista seria suspensa, com direito à audiência após 90 dias. Para mais detalhes, ver Campbell e Ross (1968).

Autor (ano)	Objetivo	Periodicidade	Resultados
Asbridge et al. (2009)	Avaliar os efeitos da lei ADLS em Ontário sobre o total de acidentes no trânsito comparando com a experiência de duas províncias que não adotaram a lei (Manitoba e New Brunswick)	dados mensais, janeiro a dezembro de 1998	A intervenção provocou uma redução estimada de 14,5% no número de motoristas fatalmente feridos. Nenhum efeito correspondente foi observado nas províncias de controle.
Andreuccetti et al. (2011)	Avaliar os efeitos da Lei Seca sobre lesões e mortes no trânsito	dados mensais, (2001-2010)	A Lei Seca foi responsável por reduções significativas nas taxas de acidentes e mortes no trânsito.
Pridemore et al. (2013)	Estimar o efeito da política de controle de consumo de álcool sobre quantidade de acidentes fatais na Rússia	dados mensais, (2000-2010)	Não foram encontrados efeitos significativos sobre variação da mortalidade de mulheres. Contudo, em relação aos homens, houve uma redução de 11%
Abegaz et al. (2014)	Estimar o efeito de mudança institucional (Oromia Regional State Transport Bureau) sobre acidentes e mortalidade no trânsito	dados mensais, (2002-2011)	Reduções na quantidade de acidentes sem vítimas e em acidentes com vítimas e mortalidade
Bonander, Andersson e Nilson (2015)	Avaliar o efeito do licenciamento mais rígido para ciclomotoristas na Suécia	dados mensais, (2007-2013)	A introdução da licença rígida foi associada a uma redução de 41% na taxa de acidentes envolvendo motoristas de ciclomotores de 15 anos de idade, de 39% naqueles envolvendo motoristas de 16 anos e 36% em motoristas de 17 anos.
Nistal-Nuno (2017)	Estimar o efeito de uma lei de controle de consumo de álcool sobre a mortalidade no trânsito no Chile	dados mensais, (2003-2014)	Como esperado, os coeficientes observados foram negativos (mas não apresentaram os níveis convencionais de significância estatística)
Andrade e Antunes (2019)	Analisar a tendência do número de mortos, feridos graves e feridos leves por acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras antes e depois do início da Década de Ação pela Segurança no Trânsito (DAST)	dados mensais, (2007-2017)	Redução significativa na quantidade de óbitos, feridos graves e feridos leves após DAST

Autor (ano)	Objetivo	Periodicidade	Resultados
Jomar et al. (2019)	Avaliar o efeito da política de tolerância zero sobre a mortalidade em acidentes de transporte terrestre no RJ	dados mensais, (1999-2016)	Efeito não significativo para os dados agregados. Significância apenas para grupos específicos de idade e modal.
Leitão et al. (2019)	Analisar a mortalidade por acidentes de trânsito, notificados no Município de São Paulo, Brasil, antes e após redução da velocidade média de veículos automotores	dados anuais, (2010-2016)	A mortalidade padronizada por acidentes de trânsito entre 2010 e 2016 variou de 10,04 para 6,29 por 100 mil habitantes
Song e Noyce (2019)	Avaliar o efeito da política de Prioridade de Sinal de Trânsito sobre o número de acidentes em Portland e Oregon	dados mensais, (1995-2010)	A avaliação do período pós-intervenção mostrou uma redução em todos os acidentes após a intervenção (-4,5%), em comparação com as estimativas contrafactuais baseadas nos dados do grupo de controle.
Foroutaghe, Moghadam e Fakoor (2020)	Avaliar o impacto de novas leis de trânsito (que produziram duas intervenções) na variação da taxa de mortalidade e acidentes de trânsito	dados mensais, (2009-2016)	Os resultados sugerem reduções significativas na taxa de mortalidade (tanto urbana quanto rural) após a primeira intervenção. A segunda intervenção foi menos efetiva.
Martinez e Contreras (2020)	Examinar o efeito de mudanças na legislação de trânsito na taxa de acidentes fatais com crianças (0-14 anos)	dados anuais, (2002-2013)	Correlação entre taxa de acidentes fatais e variáveis socioeconômicas. Não encontrou impacto estatisticamente significativo da qualidade da via sobre a taxa de acidentes.

Fonte: elaboração própria.

3.

Resultados





3. Resultados⁵⁷

838.495. Esse é o número total de vidas perdidas em acidentes de transporte terrestre no Brasil entre 1996 e 2018, conforme estimativas do Datasus. O Gráfico 8 ilustra a variação da taxa nacional de mortalidade no trânsito por 100 mil habitantes entre 1996 e 2018.

⁵⁷ Por questões de economia de espaço, iremos apenas reportar os resultados das cinco capitais que foram inicialmente selecionadas para a implementação das ações do PVT: Belo Horizonte (MG), Campo Grande (MS), Curitiba (PR), Palmas (TO) e Teresina (PI). Todavia, todos os modelos com e sem controle estão disponíveis no dashboard. Para tanto, o usuário deve selecionar a opção PVT. Em seguida escolher o município de interesse no filtro localizado no canto superior direito da tela. O último passo consiste em decidir qual controle deve ser incluído no modelo (população, taxa de mortalidade no trânsito antes da intervenção ou taxa de motorização).

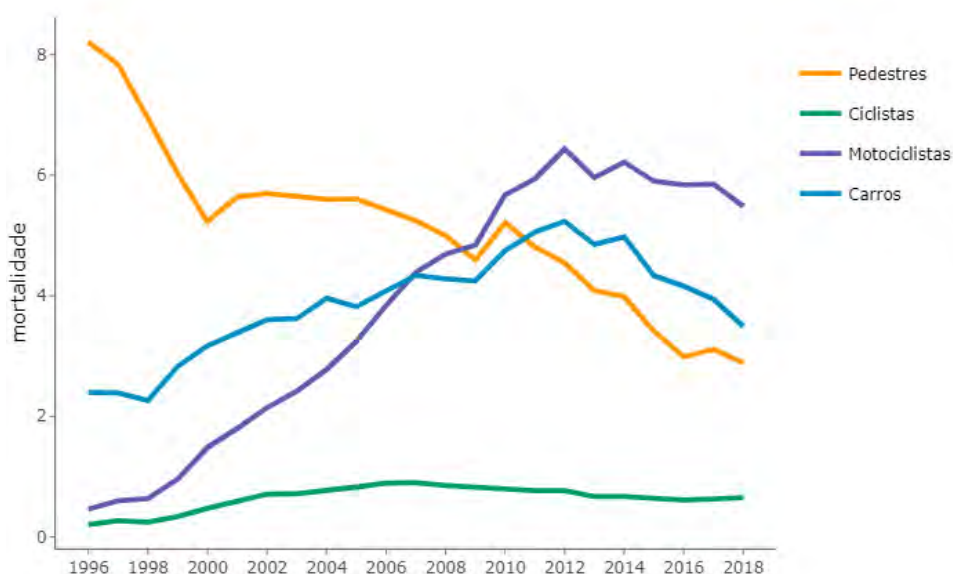
Gráfico 8 – Mortalidade por ATT por 100 mil habitantes (Brasil, 1996-2018)



Fonte: elaboração própria.

A taxa passou de 22,37 em 1996 para 15,67 em 2018, o que significa uma redução de aproximadamente 30%. Em particular, depois de uma forte tendência positiva entre 2000 e 2010, observa-se uma queda abrupta na mortalidade a partir de 2012. O Gráfico 9 mostra a variação da taxa por modal.

Gráfico 9 – Mortalidade por ATT por 100 mil habitantes por modal (Brasil, 1996-2018)



Fonte: elaboração própria.

Entre 1996 e 2018 foram registrados 213.415 óbitos de pedestres, 27.847 falecimentos de ciclistas, 169.310 ocorrências fatais envolvendo motociclistas e 167.483 mortes de ocupantes de veículo automotor. Comparativamente, à exceção dos ciclistas, as curvas de mortalidade no trânsito exibem tendências de queda. Em particular, a taxa de óbito de pedestres passou de 8,2 em 1996 para 2,89 em 2018, o que significa uma redução de quase 65%. Por sua vez, a mortalidade de motociclistas começou a cair a partir de 2012, depois de exibir tendência positiva por 16 anos consecutivos. A mobilidade de carros também se tornou menos perigosa, uma vez que a taxa de óbitos de ocupantes de veículos automotores também exibe tendência negativa nos últimos dez anos.

O Gráfico 10 mostra a variação da taxa de mortalidade no trânsito em perspectiva comparada para as cidades incluídas no programa piloto do PVT (Belo Horizonte, Campo Grande, Curitiba, Palmas e Teresina).

Gráfico 10 – Mortalidade por ATT por 100 mil habitantes (Capitais, 1996-2018)



Fonte: elaboração própria.

Em Belo Horizonte, a taxa de mortalidade passou de 29,34 em 1996 para 10,15 em 2018, o que significa uma redução de 65,41%. Em Campo Grande a queda foi de 59,91%, passando de 41,41 no início da série para 16,60 no final. Comparativamente, Curitiba experimentou a maior diminuição (-70,86%), enquanto Palmas e Teresina demonstram incrementos na mortalidade. A Tabela 10 sumariza essas informações.

Tabela 10 – Mortalidade por ATT por 100 mil habitantes (Capitais, 1996 e 2018)

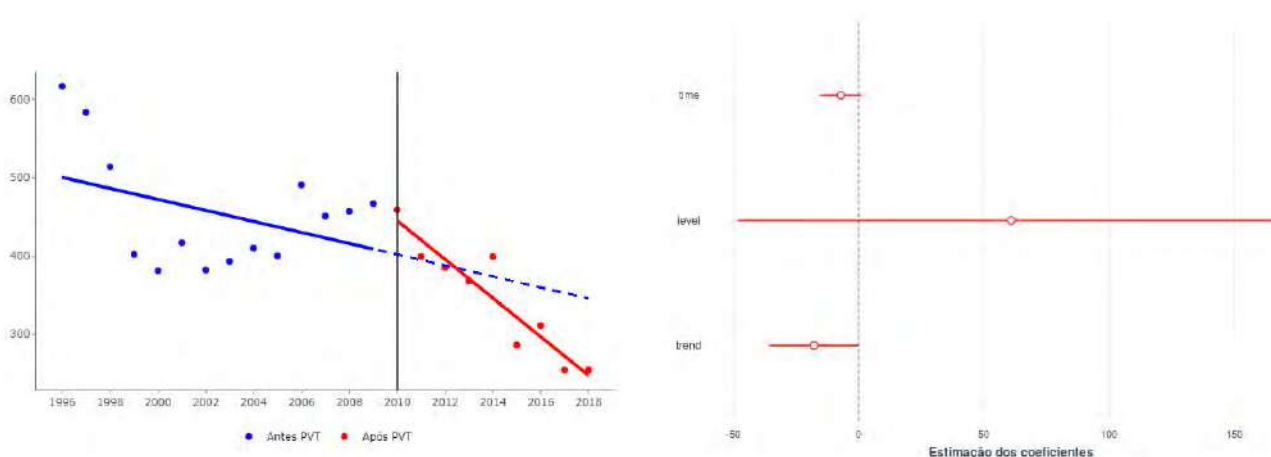
Unidade de análise	1996	2018	Δ (%)
Belo Horizonte	29,34	10,15	-65,41
Campo Grande	41,41	16,60	-59,91
Curitiba	38,30	11,16	-70,86
Palmas	11,29	24,32	115,41
Teresina	16,13	23,10	43,21

Fonte: elaboração própria.

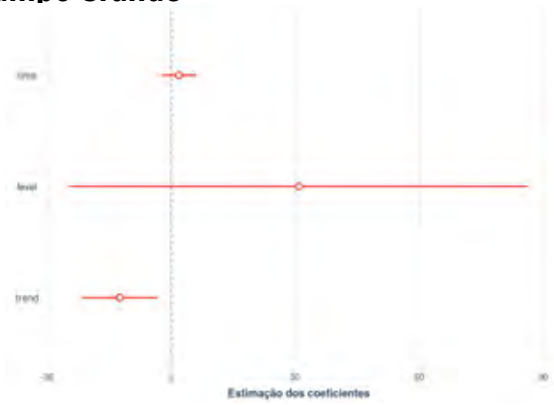
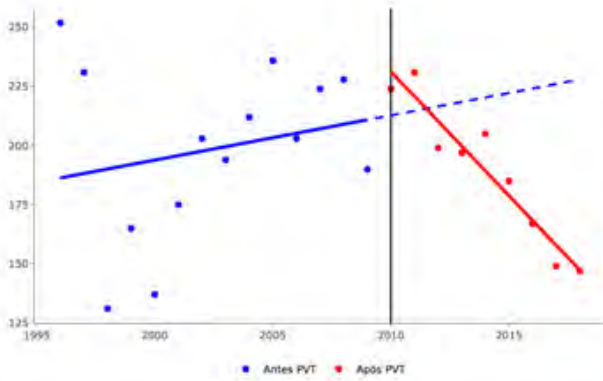
Apesar de informativa, a análise descritiva não pode ser utilizada para inferir sobre o impacto do Projeto Vida no Trânsito. Assim, seguindo a estratégia de identificação delineada na Metodologia, o Gráfico 11 apresenta o modelo de séries temporais interrompidas sem controle a partir de dois gráficos complementares: **a)** valores observados versus contrafactual; e **b)** significância estatística dos coeficientes estimados (β_1 , β_2 e β_3).

Gráfico 11 – Impacto do Projeto Vida no Trânsito nas cinco capitais analisadas (1996-2018) (sem controle)

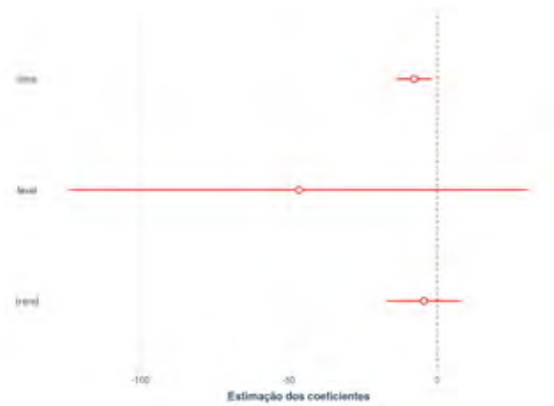
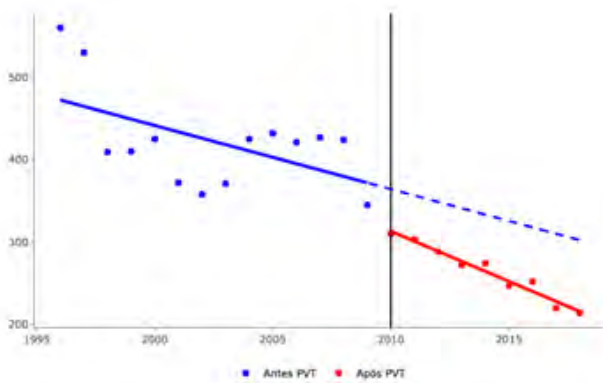
A. Belo Horizonte



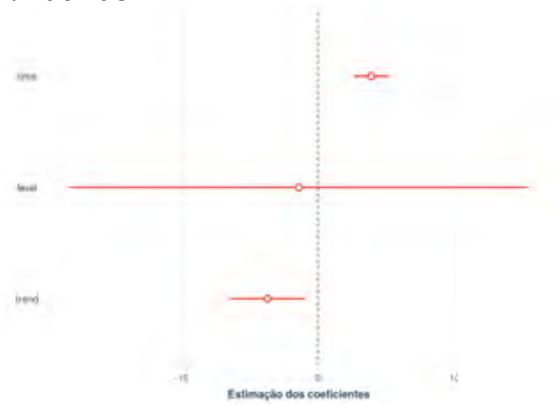
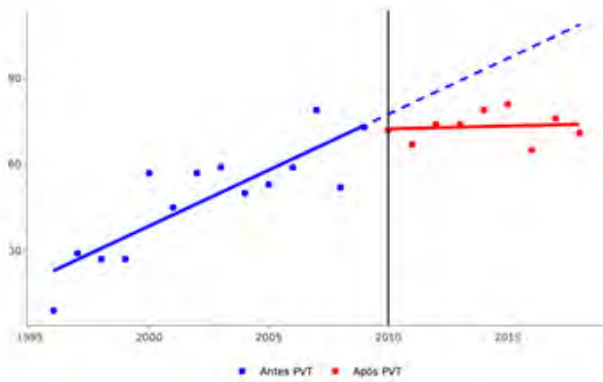
B. Campo Grande



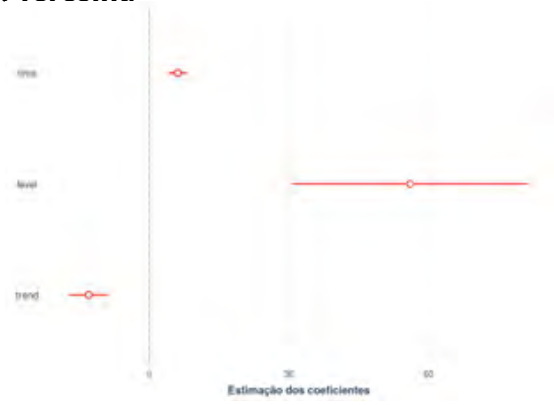
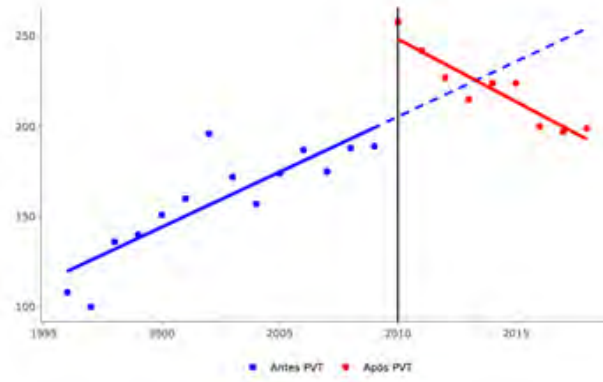
C. Curitiba



D. Palmas



E. Teresina



Fonte: elaboração própria.

De acordo com Turner *et al.* (2020), a representação gráfica do modelo de séries temporais interrompidas deve considerar os seguintes aspectos: a) as observações (*data points*); b) a intervenção/interrupção da série; c) as linhas de tendência (antes e depois da intervenção); e d) o contrafactual. No Gráfico 11, a linha sólida azul indica a tendência antes da implementação do PVT (2010). A linha sólida vermelha representa a tendência observada de óbitos após a intervenção. A linha pontilhada azul é o contrafactual e indica o que deveria ter ocorrido na ausência do PVT. O efeito da intervenção é calculado pela distância entre as linhas pontilhadas azul (o que aconteceria) e a vermelha (o que de fato aconteceu). Quanto maior a distância, maior o impacto.

Por sua vez, o gráfico de coeficientes deve ser interpretado em função da linha de referência centrada no zero. Quanto maior a distância entre o valor do coeficiente estimado e a linha de referência, maior a confiança em rejeitar a hipótese nula de que a intervenção não tem efeito ($\beta_3 = 0$). A Tabela 11 sumariza os coeficientes de interesse por cidade.

Tabela 11 – Coeficientes de regressão com dados desagregados por cidade (sem controle)

	Belo Horizonte	Campo Grande	Curitiba	Palmas	Teresina
(Intercepto)	6,21*** (0,07)	5,18*** (0,09)	6,16*** (0,05)	2,96*** (0,16)	4,74*** (0,05)
Tempo (β_1)	-0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	-0,02* (0,01)	0,11*** (0,02)	0,04*** (0,01)
Nível (β_2)	0,17 (0,11)	0,16 (0,14)	-0,12 (0,09)	-0,18 (0,26)	0,22* (0,08)
Tendência (β_3)	-0,06** (0,02)	-0,07** (0,02)	-0,03* (0,01)	-0,10* (0,04)	-0,07*** (0,01)
N	23	23	23	23	23
R²	0,71	0,33	0,89	0,72	0,87

*** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$.

Variável dependente: logaritmo natural do número de óbitos por acidente de transporte terrestre

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado, a mortalidade por acidentes de transporte terrestre é menor do que o esperado caso a tendência observada antes do PVT permanecesse constante. Para todas as cidades, o coeficiente da tendência pós-intervenção foi

negativo ($\beta_3 < 0$) e estatisticamente significativo ($p\text{-valor} < 0,05$). Em termos menos técnicos, esses resultados indicam que, assumindo que todos os pressupostos do modelo foram devidamente respeitados, há evidências de que o PVT contribuiu para reduzir a mortalidade no trânsito no Brasil. A Tabela 12 sintetiza os coeficientes de interesse por modal.

Tabela 12 – Coeficientes de regressão com dados desagregados por modal (sem controle)

	Geral	Carros	Motos	Ciclistas	Pedestres
(Intercepto)	7,16*** (0,04)	4,57*** (0,10)	2,62*** (0,21)	2,56*** (0,17)	5,83*** (0,06)
Tempo (β_1)	-0,00 (0,01)	0,09*** (0,01)	0,25*** (0,03)	0,15*** (0,02)	0,00 (0,01)
Nível (β_2)	0,10 (0,07)	0,02 (0,15)	-0,22 (0,34)	-0,57* (0,26)	-0,00 (0,09)
Tendência (β_3)	-0,05*** (0,01)	-0,14*** (0,03)	-0,27*** (0,06)	-0,20*** (0,04)	-0,07*** (0,02)
N	23	23	23	23	23
R²	0,71	0,81	0,90	0,77	0,81

*** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$.

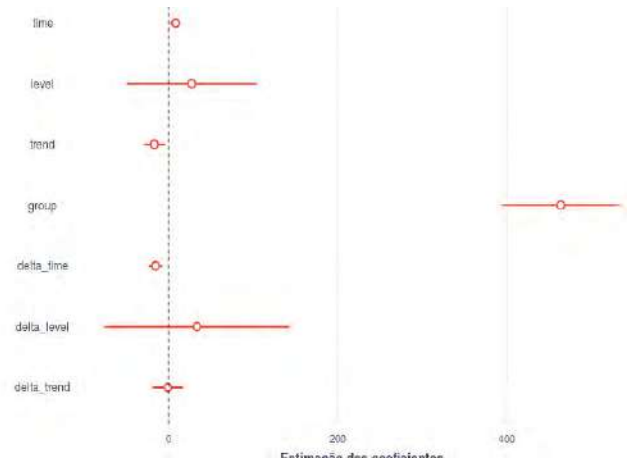
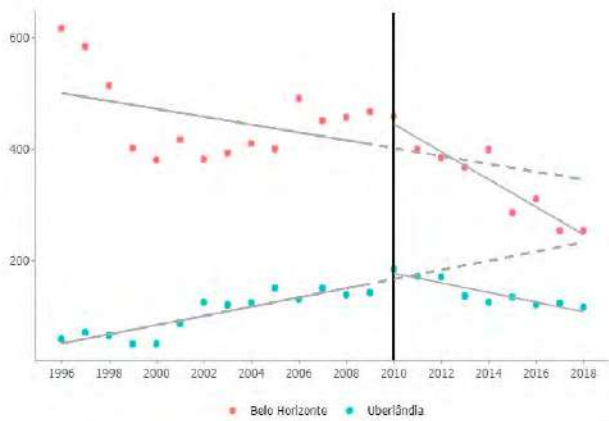
Fonte: elaboração própria.

Comparativamente, a tendência de mortalidade depois da implementação do Projeto Vida no Trânsito é negativa, independentemente do modal (ver o coeficiente de tendência). Em particular, o maior impacto ocorreu na série de mortalidade de motociclistas ($\beta_3 = 0,27$). Assim, tanto considerando os dados desagregados por cidade quanto por modal, os resultados sugerem que o PVT foi parcialmente responsável por interromper a tendência de crescimento das mortes no trânsito nas cinco capitais que foram beneficiadas com as ações de intervenção.

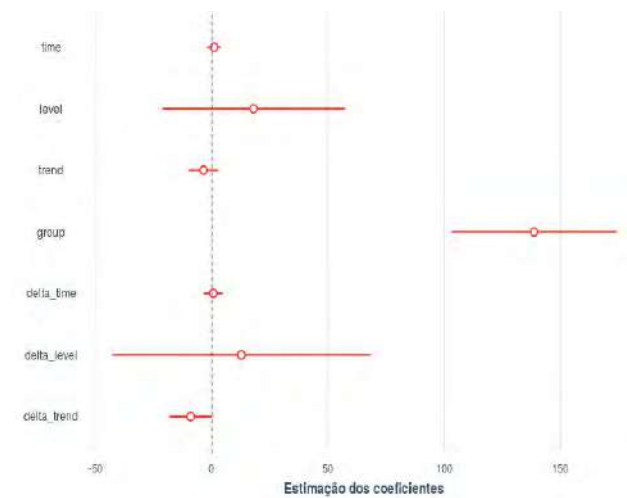
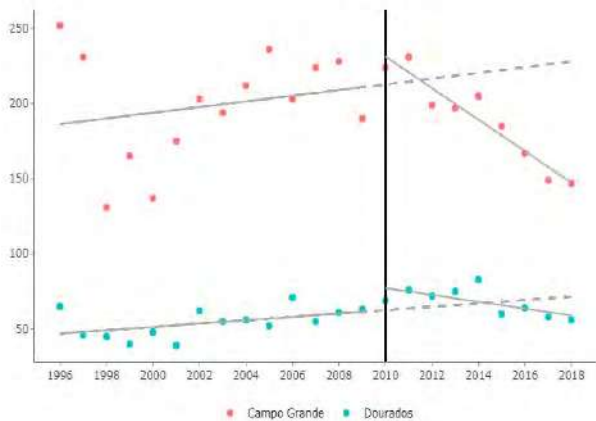
Com o objetivo de garantir resultados mais robustos, apresentaremos os resultados do modelo de séries temporais interrompidas com controle. O Gráfico 12 apresenta as informações de interesse.

Gráfico 12 – Impacto do Projeto Vida no Trânsito nas cinco capitais analisadas (1996-2018) (com controle)⁵⁸

A. Belo Horizonte x Uberlândia

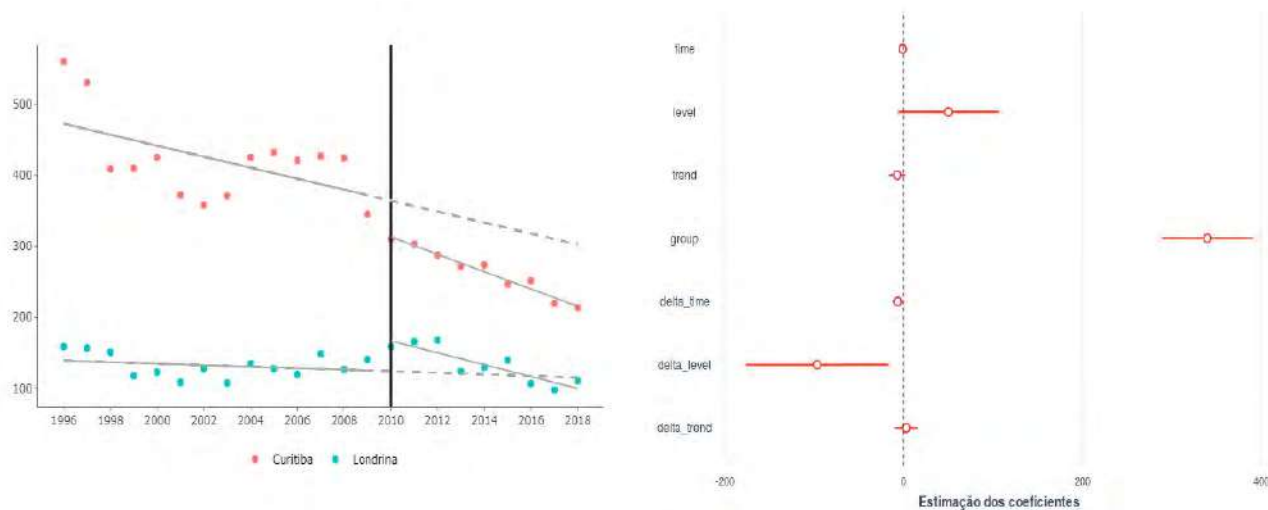


B. Campo Grande x Dourados

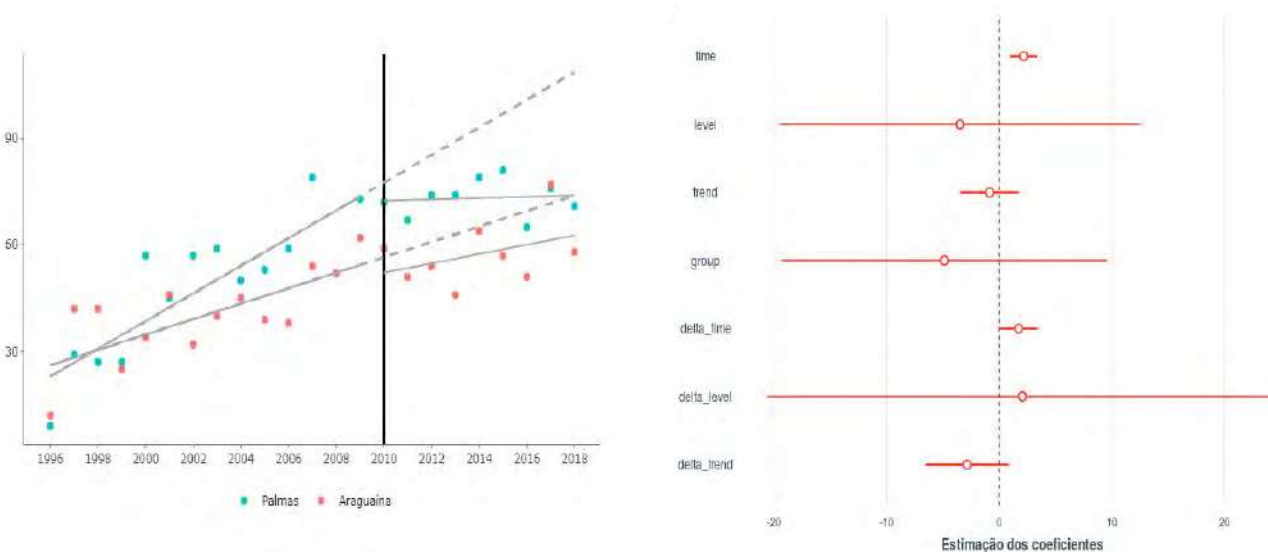


⁵⁸ Para garantir resultados mais confiáveis, estimamos o modelo de séries temporais interrompidas com controle com duas especificações para a variável dependente: a) número de mortes em acidentes de transporte terrestre; e b) logaritmo natural do número de óbitos por acidente de transporte terrestre (ver Anexos).

C. Curitiba x Londrina⁵⁹

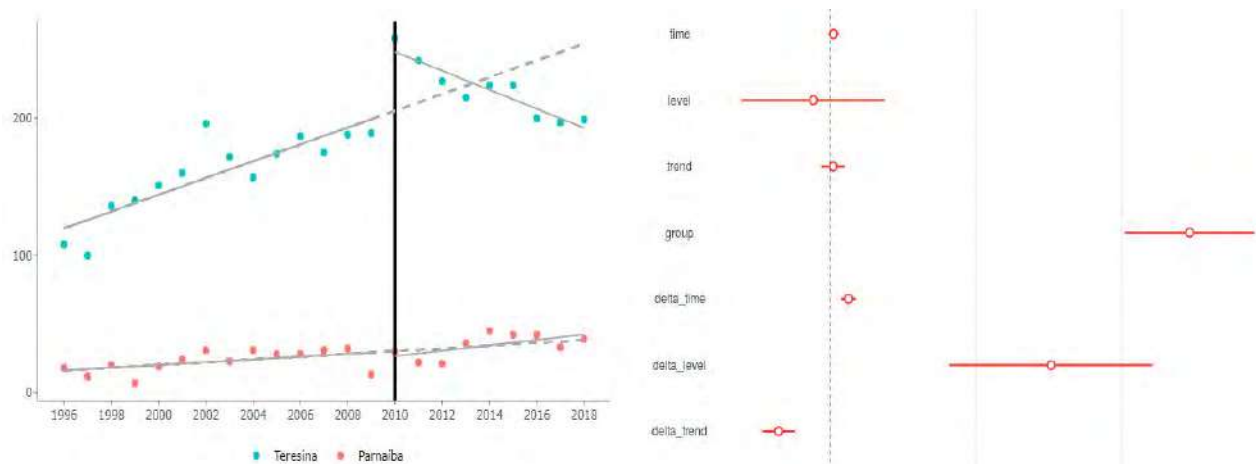


D. Palmas x Araguaiana



⁵⁹ De acordo com a Secretaria de Saúde do Paraná, o PVT foi inicialmente implementado em três cidades: Curitiba, São José dos Pinhais e Foz do Iguaçu. Em 2017, foram oficializados os municípios de Cascavel, Paranavaí, Maringá, Londrina, Francisco Beltrão e Paranaguá, ver: <https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-05/projeto_vida_no_transito.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2020.

E. Teresina x Parnaíba



Fonte: elaboração própria.

Conforme detalhado na Metodologia, o principal coeficiente de interesse no modelo de séries temporais interrompidas com controle é β_7 , que indica a diferença na tendência da série no período pós-implementação da política pública (PVT) para o grupo de tratamento em relação ao grupo de controle (delta_trend). Como pode ser observado, a estimativa do coeficiente do modelo com controle é muito próxima a zero, o que significa dizer que a redução na mortalidade em Belo Horizonte (tratamento) é muito parecida com a diminuição observada em Uberlândia (controle). Dito de outra forma, a queda na letalidade no trânsito na capital mineira não difere significativamente da variação observada na cidade mais populosa de Minas Gerais, mas que não foi beneficiada pelas ações do Projeto Vida no Trânsito.

Vejamos a situação de Campo Grande, que teve como controle populacional a cidade de Dourados. Diferente de Belo Horizonte em que o efeito da intervenção do PVT desaparece com a inclusão do caso controle, o coeficiente da tendência pós-intervenção em Campo Grande continua negativo e ainda é estatisticamente significativo (observe como a estimativa, assim como o seu intervalo de confiança, ficam ao lado esquerdo do zero, que serve como parâmetro de referência). Outra variável que chama a atenção é a G, que indica a diferença na mortalidade observada em Campo Grande e Dourados antes da intervenção (essa mesma inferência pode ser alcançada ao se comparar os níveis das séries antes da implementação da mudança institucional). Essa diferença é esperada dada a grande assimetria populacional entre as duas localidades. Apesar de ser

a segunda cidade mais populosa do Mato Grosso do Sul, o número de habitantes de Dourados representa cerca 25% da quantidade de pessoas vivendo em Campo Grande.

Outra informação que reforça nossa confiança no efeito do PVT é a inclinação da reta que representa a tendência da mortalidade em Campo Grande após a intervenção (note que a inclinação é significativamente mais aguda do que aquela observada em Dourados).

A Tabela 7, por sua vez, esquematiza os coeficientes de regressão para cada cidade.

Tabela 13 – Coeficientes de regressão com dados desagregados por cidade (com controle)⁶⁰

	Belo Horizonte	Campo Grande	Curitiba	Palmas	Teresina
(Intercepto)	3,94*** (0,09)	3,81*** (0,09)	4,93*** (0,06)	3,14*** (0,15)	2,67*** (0,15)
Tempo (β1)	0,09*** (0,01)	0,02* (0,01)	-0,01 (0,01)	0,07*** (0,02)	0,05** (0,02)
Nível (β2)	0,10 (0,14)	0,27 (0,14)	0,36*** (0,10)	-0,12 (0,24)	-0,17 (0,23)
Tendência (β3)	-0,14*** (0,02)	-0,06 (0,02)	-0,06*** (0,02)	-0,04 (0,04)	0,01 (0,04)
Grupo (β4)	2,27*** (0,12)	1,37*** (0,12)	1,23*** (0,09)	-0,18 (0,22)	2,07*** (0,21)
Δ_Tempo (β5)	-0,10*** (0,01)	-0,01 (0,01)	-0,01 (0,01)	0,04 (0,03)	-0,01 (0,02)
Δ_Nível (β6)	0,07 (0,02)	-0,11 (0,19)	-0,49*** (0,14)	-0,06 (0,34)	0,40 (0,33)
Δ_Tendência (β7)	0,08* (0,03)	-0,01 (0,03)	0,03 (0,02)	-0,06 (0,06)	-0,09 (0,05)
N	46	46	46	46	46
R²	0,96	0,95	0,97	0,69	0,95

*** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05.

Variável dependente: logaritmo natural do número de óbitos por acidente de transporte terrestre

Fonte: elaboração própria.

⁶⁰ Em termos de ajuste, à exceção de Palmas (r² = 0,69), todos os modelos exibem alto coeficiente de determinação, o que é comumente interpretado como sinal de bom ajuste dos dados observados em relação modelo utilizado. Todavia, como bem apontado por King (1990), o r² não deve ser utilizado para avaliar a qualidade do ajuste em modelos de séries temporais. Similarmente, Kvalseth (1985) adverte que o coeficiente de determinação não deve ser empregado para aferir o ajuste do modelo quando o pressuposto da linearidade for violado.

À exceção de Londrina, todas as demais localidades escolhidas como controle exibiam tendências positivas de mortalidade (ver coeficiente da variável tempo). Por sua vez, β_4 captura a diferença no nível da letalidade no trânsito entre a cidade beneficiada pelas ações do PVT e os respectivos controles. Como pode ser observado, a dupla Palmas x Araguaína é a única em que a mortalidade da capital não é significativamente maior do que aquela observada no controle. Por fim, ao se considerar β_7 , que indica a diferença na tendência da série no período pós-implementação da política pública (PVT) para o grupo de tratamento em relação ao grupo de controle, observamos o seguinte: 1) Campo Grande ($\beta_7 = -0,01$), Palmas ($\beta_7 = -0,06$) e Teresina ($\beta_7 = -0,09$) preservaram o sinal teoricamente esperado da intervenção em relação ao modelo sem controle ($\beta_7 < 0$); 2) em Curitiba, com a inclusão de Londrina como controle, o coeficiente mudou β_7 de sinal (passou de negativo para positivo) e perdeu a significância estatística. Ou seja, a tendência de mortalidade na capital paranaense após a implementação do PVT é similar àquela observada no caso placebo. Fenômeno similar ocorreu em Belo Horizonte após a inclusão de Uberlândia. Observe que o coeficiente de interesse passou de -0,06 no modelo sem controle para 0,08 no modelo com placebo. A Tabela 14 sistematiza o sinal do coeficiente de interesse para os cinco modelos estimados para cada cidade que participou do programa piloto do Projeto Vida no Trânsito.

Tabela 14 – Sinal do coeficiente de interesse por tipo de modelo⁶¹

Cidade	M1	M2	M3	M4	%
Belo Horizonte	-	+	-	-	75
Campo Grande	-	-	-	-	100
Curitiba	-	+	-	-	75
Palmas	-	-	-	-	100
Teresina	-	-	-	-	100

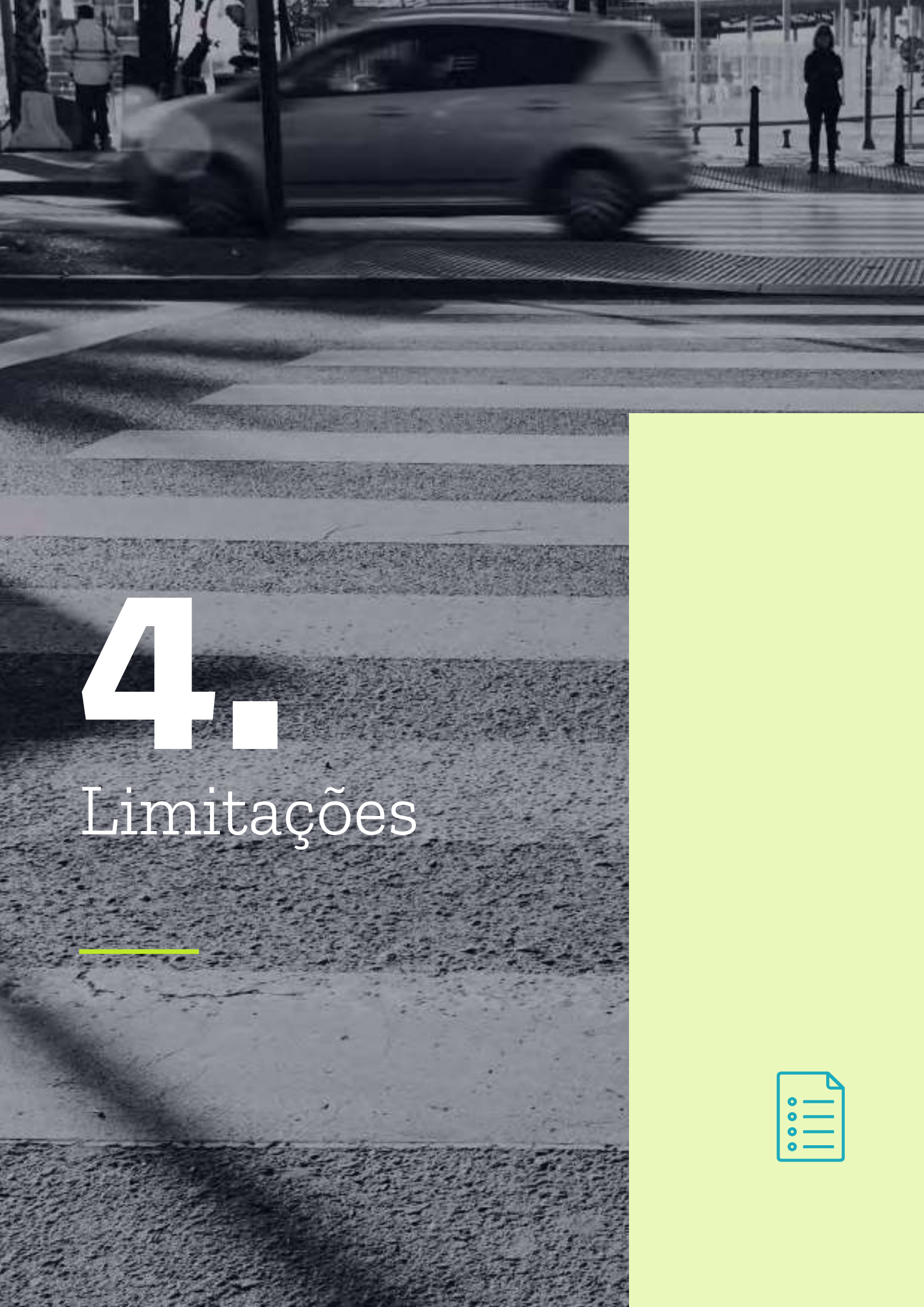
M1 (modelo sem controle); M1 (modelo com controle de localização populacional); M3 (modelo com controle pela taxa de mortalidade por ATT antes da intervenção); e M4 (modelo com controle pela taxa de motorização).

Fonte: elaboração própria.

Em síntese, os resultados indicam que a hipótese nula de ausência de efeito deve ser afastada em função da hipótese alternativa de que o coeficiente estimado é diferente de zero. Em particular, essas evidências indicam que o Projeto Vida

⁶¹ Já estamos diante da população, os testes de significância serão reportados a partir dos níveis convencionais por questões de transparência. Todavia, o nosso interesse é apenas no tamanho e no sinal dos coeficientes. Além disso, conforme mostram Zhang, Wagner e Ross-Degnan (2011), estudos com N limitado podem falhar em detectar efeitos, principalmente os de pequena magnitude.

no Trânsito foi capaz de contribuir com a redução da mortalidade por acidentes de transporte terrestre nas cidades beneficiadas pelo programa piloto. Belo Horizonte e Curitiba aparecem como exceção, quando o controle é realizado pela localização populacional. Considerando os 20 coeficientes estimados, 18 indicam tendência negativa da taxa de mortalidade após a intervenção (90%).



4.

Limitações





4. Limitações

Seguindo as diretrizes do projeto original, acreditamos que é importante reportar todas as limitações do nosso desenho de pesquisa. Essa opção metodológica, além de aumentar a transparência dos resultados, permite que outros pesquisadores possam reproduzir nossas análises e, eventualmente, refutar nossas inferências a partir de estratégias de identificação mais adequadas e/ou mais sofisticadas. Assim, identificamos os seguintes obstáculos:

- a.** Dificuldade em encontrar informações confiáveis sobre o processo de implementação das ações do PVT nos municípios beneficiados. No próprio sítio eletrônico da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), o conteúdo do arquivo consta como arquivado (não sendo mais atualizado). A Figura 11 ilustra a situação. Além disso, o endereço da suposta página do Projeto Vida no Trânsito no Ministério da Saúde apenas retorna informações genéricas, sem maiores detalhes orçamentários ou técnicos que poderiam ser incorporadas na análise. A publicização de informações financeiras, por exemplo, além de conferir maior transparência ao uso dos recursos públicos, permitiria a realização de estudos de eficiência

a partir de modelos de análise envoltória de dados (data envelopment analysis – DEA).

Figura 11 – Página sobre o PVT no site da OPAS



Fonte: disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=2118:vida-no-transito-sobre-o-projeto&Itemid=685>. Acessado em 12 de dez. 2020.

- b.** Dificuldade em acessar as bases de dados das secretarias estaduais de saúde. Como reportado na Metodologia, os dados do Sistema de Informação de Mortalidade do Datasus estão disponíveis por município para o período entre 1996 e 2018. As secretarias estaduais, por sua vez, conservam informações desagregadas por bairros e vias, além do perfil de acidentes fatais, entre outras variáveis que também poderiam contribuir para melhor compreender a dinâmica de mortalidade no trânsito. Apesar disso, o acesso a essas informações é bastante restrito. Por exemplo, em nossa experiência com a Secretaria de Saúde de Pernambuco, os dados não foram devidamente disponibilizados, mesmo diante de uma pesquisa de mestrado realizada por um gestor governamental sobre a mortalidade no trânsito no próprio Estado de Pernambuco. Esses problemas de acessibilidade e disponibilidade de dados violam o princípio constitucional da publicidade das informações governamentais e obstruem o avanço do conhecimento científico. No limite, a opacidade de informações inviabiliza a elaboração de políticas públicas baseadas em evidências.

- c. Visualizamos ainda um obstáculo particularmente adverso para desenhos de pesquisa que empregam séries temporais interrompidas. Como reportado na Metodologia, uma das principais ameaças à validade interna do modelo de séries temporais interrompidas é o que os especialistas chamam de history (correlação contemporânea). Ou seja, eventos ocorridos concomitantemente à intervenção de interesse com potencial de afetar a variável dependente (em nosso caso, o número/taxa de óbitos por acidentes de transporte terrestre). Várias unidades federativas, como São Paulo, adotaram políticas públicas de promoção de segurança no trânsito no mesmo período em que as ações do PVT estavam sendo implementadas. Dessa forma, fica prejudicada a interpretação causal da intervenção, pois não é possível distinguir exatamente qual intervenção produziu o efeito observado. Tecnicamente, uma das formas de superar esse obstáculo é a partir da inclusão de casos controle no modelo. Foi exatamente o que fizemos, conforme reportado na seção de Resultados.
- d. Uma das sugestões fornecidas pela equipe técnica do Programa Cátedras Brasil foi a elaboração de uma base de dados em formato de painel. Nessa perspectiva, as informações são tabuladas combinando as dimensões transversal e longitudinal na mesma planilha⁶². No caso específico do Projeto Vida no Trânsito, essa opção metodológica implica na sistematização de um conjunto de variáveis por município (n = 5.570) por ano (1996-2018). O problema dessa abordagem é garantir a efetiva disponibilidade de informação para a unidade observacional de interesse, já que muitos registros apenas são coletados durante o censo (periodicidade decenal). Outro entrave à elaboração de um painel municipal é a baixa confiabilidade das informações de cidades muito pequenas, que não dispõem de tecnologias adequadas de coleta e tratamento de dados.
- e. A ausência de um repositório institucional do Projeto Vida no Trânsito, como mencionado em A, dificulta ainda a identificação de objetivos específicos em relação ao processo de implementação e impacto da política. Por sua vez, essa restrição compromete inclusive a adoção de outros modelos de avaliação de

⁶² Tecnicamente, a notação *Times-Series Cross-Section* (TSCS) é típica e denota que a base de dados combina uma dimensão espacial (países, estados, municípios, pessoas) e outra temporal (anos, meses, dias). Assim, a expressão *time-series* informa que os casos estão dispostos ao longo do tempo, enquanto a denominação *cross-section* indica que a base é formada por múltiplas observações transversais. Para os interessados no assunto, sugerimos Kennedy (2003), Wooldridge (2013), Baltagi (2013) e Gujarati (2004). Hsiao (2003) apresenta uma das mais completas introduções ao tema. Para uma excelente introdução, ver Best e Wolf (2013). Finkel (1995) enfoca as possibilidades causais a partir de dados longitudinais e Bell e Jones (2015) explicam as diferenças entre efeitos fixos e efeitos aleatórios na regressão com dados de painel.

políticas públicas⁶³.

- f. Considerando as limitações A (ausência de repositório institucional) e C (correlação contemporânea), a análise de dados poderia se beneficiar de uma abordagem qualitativa (Patton, 1990). Em particular, acreditamos que entrevistas com gestores governamentais e profissionais de saúde poderiam ajudar a melhor compreender o processo de implementação do PVT. Outra perspectiva promissora é examinar o conteúdo dos documentos institucionais produzidos pelos órgãos responsáveis pela política em cada localidade. Por exemplo, uma cidade X apostou em campanhas massivas de educação no trânsito, enquanto o município Z investiu na recuperação de vias. Com informações dessa natureza, seria possível identificar quais estratégias parecem surtir mais efeito para conter a mortalidade por acidentes de transporte terrestre.
- g. Por fim, a partir de conversas informais com alguns gestores públicos estaduais, identificamos eventuais problemas de coordenação entre o governo federal e os atores institucionais responsáveis pela implementação do PVT. Em particular, percebemos o potencial do uso político da política (credit claim). Isso porque as ações implementadas no âmbito do PVT representam uma parcela das iniciativas comumente desempenhadas pelas secretarias de saúde.

.....
⁶³ Para Batista e Domingos (2017, p. 2), “a avaliação pode ser de vários tipos e classificada de várias formas diferentes. Quanto ao tempo, a avaliação pode ser *ex-ante* ou *ex-post*. Quanto a quem avalia, a avaliação pode ser feita internamente, pelos próprios gestores do programa, externamente, por avaliadores independentes, ou participante, contando com o input dos beneficiários do programa. Quanto ao objeto, a avaliação pode ser concentrada nos processos da política, nos resultados, nos impactos ou ainda na eficiência”.

Referências

- ABEGAZ, T. et al. Effectiveness of an improved road safety policy in Ethiopia: an interrupted time series study. *BMC public health*, v. 14, p. 539,31 de maio 2014.
- ABREU, Â. M. M.; LIMA, J. M. B. de; GRIEP, R. H. Acidentes de trânsito e a frequência dos exames de alcoolemia com vítimas fatais na cidade do Rio de Janeiro. *Escola Anna Nery*, v. 13, n. 1, p. 44-50, mar. 2009.
- ALMEIDA, R. L. F. de et al. Via, homem e veículo: fatores de risco associados à gravidade dos acidentes de trânsito. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, n. 4, p. 718-731, ago. 2013.
- ALMEIDA, L. V. de C.; PIGNATTI, M. G.; ESPINOSA, M. M. Principais fatores associados à ocorrência de acidentes de trânsito na BR 163, Mato Grosso, Brasil, 2004. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 25, n. 2, p. 303-312, fev. 2009.
- AMORIM, C. R. et al. Occupational accidents among mototaxi drivers. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 15, n. 1, p. 25-37, mar. 2012.
- ANDRADE, F. R. de; ANTUNES, J. L. F. Tendência do número de vítimas em acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras antes e depois da Década de Ação pela Segurança no Trânsito. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 35, n. 8, p.1-11, 2019.
- ANDREUCCETTI, G. et al. Reducing the legal blood alcohol concentration limit for driving in developing countries: a time for change? Results and implications derived from a time-series analysis (2001-10) conducted in Brazil. *Addiction (Abingdon, England)*, v. 106, n. 12, p. 2124-2131, dez. 2011.
- ANJOS, D. B. M. dos et al. Influência das características sociodemográficas e clínicas no impacto da doença em valvopatas. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 69, n. 1, p. 40-46, fev. 2016.
- ASBRIDGE, M. et al. The effects of Ontario's administrative driver's licence suspension law on total driver fatalities: a multiple time series analysis. *Drugs: Education, Prevention and Policy*, v. 16, n. 2, p. 140-151, jan. 2009.
- ATKINS, M. S. A case study on the use of intervention analysis applied to traffic accidents. *Journal of the Operational Research Society*, v. 30, n. 7, p. 651-659, jul. 1979.
- BACCHIERI, G.; BARROS, A. J. D. Acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados. *Revista de Saúde Pública*, v. 45, n. 5, p. 949-963, out. 2011.

BALTAGI, B. H. *Econometric analysis of panel data*. 5. ed. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc, 2013.

BASTOS, Y. G. L.; ANDRADE, S. M. de; JUNIOR, L. C. Acidentes de trânsito e o novo Código de Trânsito Brasileiro em cidade da Região Sul do Brasil. *Informe Epidemiológico do SUS*, v. 8, n. 2, p. 37-45, jun. 1999.

BATISTA, M.; DOMINGOS, A. Mais que boas intenções: técnicas quantitativas e qualitativas na avaliação de impacto de políticas públicas. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 32, n. 94, p.1-24, 2017.

BELL, A.; JONES, K. Explaining fixed effects: random effects modeling of time-series cross-sectional and panel data*. *Political Science Research and Methods*, v. 3, n. 1, p. 133-153, jan. 2015.

BERNAL, J. L.; CUMMINS, S.; GASPARRINI, A. Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial. *International Journal of Epidemiology*, v. 46, n. 1, p. 348-355, fev. 2017.

BEST, H.; WOLF, C. *The SAGE Handbook of Regression Analysis and Causal Inference*. [s.l.]: Sage, 2013.

BLOSE, J. O.; HOLDER, H. D. Liquor-by-the drink and alcohol-related traffic crashes: a natural experiment using time-series analysis. *Journal of Studies on Alcohol*, v. 48, n. 1, p. 52-60, 1987.

BONANDER, C.; ANDERSSON, R.; NILSON, F. The effect of stricter licensing on road traffic injury events involving 15 to 17-year-old moped drivers in Sweden: a time series intervention study. *Accident Analysis & Prevention*, v. 83, p. 154-161, out. 2015.

BRAMBOR, T.; CLARK, W.; GOLDBER, M. Understanding interaction models: improving empirical analyses. *Political Analysis*, v. 13, p. 1-20, jan. 2006.

BRASIL. Presidência da República. Lei no 13.614, de 11 de janeiro de 2018. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 737, de 16 de maio de 2001. 2001.

_____. Portaria no 344, de 19 de fevereiro de 2002. 2002.

_____. Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997. 1997.

CALIL, A. M. et al. Mapping injuries in traffic accident victims: a literature review. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 17, n. 1, p. 120-125, fev. 2009.

CAMPBELL, D. T.; ROSS, H. L. The Connecticut crackdown on speeding: time-series data in quasi-experimental analysis. *Law & Society Review*, v. 3, n. 1, p. 33-53, 1968.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. *Experimental and quasi-experimental designs for research*. 1st ed. Boston: Cengage Learning, 1963.

CARDOSO, H. F.; SANTOS, M. M.; SANTOS, T. M. de M. Psicologia do trânsito: análise sistemática da literatura na SciELO, Redalyc e PePSIC. *Revista Ensaios*, v. 1, n. 5, p. 35-45, dez. 2011.

CARVALHO, C. H. R. *Mortes por acidentes de transporte terrestre no Brasil: análise dos sistemas de informação do Ministério da Saúde*. Brasília: Ipea, 2016.

CAVALCANTE, F. G.; MORITA, P. A.; HADDAD, S. R. Sequelas invisíveis dos acidentes de trânsito: o transtorno de estresse pós-traumático como problema de saúde pública. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 14, n. 5, p. 1763-1772, dez. 2009.

CRUM, F. S. Street traffic accidents. *Publications of the American Statistical Association*, v. 13, n. 103, p. 473-528, 1913.

ENGEL, R. S. *et al. The power to arrest: lessons from research*. [s.l.]: Springer, 2019.

FIGUEIREDO FILHO, D. *et al. Seven reasons why: a user's guide to transparency and reproducibility*. *Brazilian Political Science Review*, v. 13, n. 2, p. e0001, 2019.

FINKEL, S. E. *Causal analysis with panel data*. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc, 1995.

FOROUTAGHE, M. D.; MOGHADDAM, A. M.; FAKOOR, V. Impact of law enforcement and increased traffic fines policy on road traffic fatality, injuries and offenses in Iran: interrupted time series analysis. *PLOS ONE*, v. 15, n. 4, p. e0231182, 17 abr. 2020.

FREITAS, M. G. de *et al. Idosos atendidos em serviços de urgência no Brasil: um estudo para vítimas de quedas e de acidentes de trânsito*. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 20, n. 3, p. 701-712, mar. 2015.

FRIEDRICH, R. J. In defense of multiplicative terms in multiple regression equations. *American Journal of Political Science*, v. 26, n. 4, p. 797-833, 1982.

GOLIAS, A. R. C.; CAETANO, R. Acidentes entre motocicletas: análise dos casos ocorridos no estado do Paraná entre julho de 2010 e junho de 2011. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 18, n. 5, p. 1235-1246, maio 2013.

GRIMMER, J. A Bayesian hierarchical topic model for political texts: measuring expressed agendas in Senate press releases. *Political Analysis*, v. 18, n. 1, p. 1-35, 2010.

GUJARATI, D. N. *Basic econometrics*. 4th ed. New Delhi; London: Tata McGraw Hill, 2004.

HILTON, M. E. The impact of recent changes in California drinking-driving laws on fatal accident levels during the first postintervention year: an interrupted time series analysis. *Law & Society Review*, v. 18, p. 605-628, 1984.

HOCHMAN, B. *et al.* Desenhos de pesquisa. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 20, p. 2-9, 2005.

HOPKINS, D. J.; KING, G. A method of automated nonparametric content analysis for social science. *American Journal of Political Science*, v. 54, n. 1, p. 229-247, 2010.

HSIAO, C. *Analysis of panel data*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

HUNT, M. *How science takes stock: the story of meta-analysis*. [s.l.]: Russell Sage Foundation, 1997.

HUNTER, J. E.; SCHMIDT, F. L. Intelligence and job performance: economic and social implications. *Psychology, Public Policy, and Law*, v. 2, n. 3-4, p. 447-472, 1996.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). *Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do Ipea. Relatório de pesquisa*. Brasília: Ipea, 2015a. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP_Estimativa_2015.pdf>

_____. *Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: caracterização, tendências e custos para a sociedade. Relatório de pesquisa*. Brasília: Ipea, 2015b. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7493/1/RP_Acidentes_2015.pdf>

IZUMI, M.; MOREIRA, D. *O texto como dado: desafios e oportunidades para as ciências sociais. Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais*. v. 86, n. 2, p. 138-174, 2018.

JANDOC, R. *et al.* Interrupted time series analysis in drug utilization research is increasing: systematic review and recommendations. *Journal of Clinical Epidemiology*, v. 68, n. 8, p. 950-956, ago. 2015.

JANZ, N. Bringing the gold standard into the classroom: replication in university teaching. *International Studies Perspectives*, v. 17, n. 4, p. 392-407, 2016.

JOMAR, R. T. *et al.* Effect of the zero-tolerance drinking and driving law on mortality due to road traffic accidents according to the type of victim, sex, and age in Rio de

Janeiro, Brazil: an interrupted time series study. *Traffic Injury Prevention*, v. 20, n. 3, p. 227-232, 2019.

KENNEDY, P. *A Guide to Econometrics*. [s.l.]: MIT Press, 2003.

KING, G. Stochastic variation: a comment on Lewis-Beck and Skalaban's "The R-Squared". *Political Analysis*, v. 2, p. 185-200, 1990.

KING, G. Replication, replication. *PS: Political Science and Politics*, v. 28, n. 3, p. 444 - 452, set. 1995.

KVALSETH, T. O. Cautionary note about R². *The American Statistician*, v. 39, n. 4, p. 279-285, nov. 1985.

LAURENTI, R. *et al.* Alguns aspectos epidemiológicos da mortalidade por acidentes de trânsito de veículo a motor na Cidade de São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 6, n. 4, p. 329-341, dez. 1972.

LEITÃO, P. de A. *et al.* Mortality due to traffic accidents, before and after the reduction of the average speed of motor vehicles in the city of São Paulo, Brazil, from 2010 to 2016. *Journal of Human Growth and Development*, v. 29, n. 1, p. 83-92, abr. 2019.

LEWIS-BECK, M. S. *Applied regression: an introduction*. 60479th ed. ed. Beverly Hills, Calif: Sage Publications, Inc, 1980.

LINDEN, A. Conducting interrupted time-series analysis for single- and multiple-group comparisons. *The Stata Journal*, v. 15, n. 2, p. 480-500, jun. 2015.

MAGALHÃES, A. F. *et al.* Prevalência de acidentes de trânsito auto-referidos em Rio Branco, Acre. *Revista de Saúde Pública*, v. 45, n. 4, p. 738-744, ago. 2011.

MALVESTIO, M. A. A.; SOUSA, R. M. C. de. Sobrevivência após acidentes de trânsito: impacto das variáveis clínicas e pré-hospitalares. *Revista de Saúde Pública*, v. 42, n. 4, p. 639-647, ago. 2008.

MARÍN, L.; QUEIROZ, M. S. A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 16, n. 1, p. 7-21, jan. 2000.

MARTÍNEZ, P.; CONTRERAS, D. The effects of Chile's 2005 traffic law reform and in-country socioeconomic differences on road traffic deaths among children aged 0-14 years: a 12-year interrupted time series analysis. *Accident Analysis & Prevention*, v. 136, p. 1-6, mar. 2020.

MCDOWALL, D. *et al.* *Interrupted time series analysis*. 1st ed. Newbury Park, Calif.: Sage Publications, Inc, 1980.

McDOWALL, D.; MCCLEARY, R.; BARTOS, B. J. Interrupted time series analysis. [s.l.]: Oxford University Press, 2019.

MORAIS NETO, O. L. de et al. Projeto Vida no Trânsito: avaliação das ações em cinco capitais brasileiras, 2011-2012. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 22, n. 3, p. 373-382, set. 2013.

MURRY, J. P.; STAM, A.; LASTOVICKA, J. L. Evaluating an anti-drinking and driving advertising campaign with a sample survey and time series intervention analysis. *Journal of the American Statistical Association*, v. 88, n. 421, p. 50-56, 1993.

NISTAL-NUÑO, B. Impact of a new law to reduce the legal blood alcohol concentration limit – a Poisson regression analysis and descriptive approach. *Journal of Research in Health Sciences*, v. 17, n. 1, 31 mar. 2017.

PARANHOS, R. et al. Uma introdução aos métodos mistos. *Sociologias*, v. 18, n. 42, p. 384-411, ago. 2016.

PATTON, M. Q. *Qualitative evaluation and research methods*. 2nd ed. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc, 1990.

PAULA, M. E. B.; RÉGIO, M. *Investigação de acidentes de trânsito fatais*. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego, 2008.

PEREIRA, M. G.; GALVÃO, T. F. Etapas de busca e seleção de artigos em revisões sistemáticas da literatura. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 23, n. 2, p. 369-371, jun. 2014.

PERKINS, C. et al. *What is the effect of reduced street lighting on crime and road traffic injuries at night? A mixed-methods study*. Southampton (UK): NIHR Journals Library, 2015.

PERNAMBUCO. Secretaria de Saúde. *Acidentes de transporte terrestre: o cenário em Pernambuco*. 2013. Disponível em: <http://ead.saude.pe.gov.br/pluginfile.php/3817/mod_folder/content/0/Acidentes%20de%20Transporte%20Terrestre%20o%20cen%C3%A1rio%20em%20PE%202013.pdf?forcedownload=1>

PRIDEMORE, W. A. et al. The impact of a national alcohol policy on deaths due to transport accidents in Russia. *Addiction*, v. 108, n. 12, p. 2112-2118, 2013.

QUEIROZ, M. S.; OLIVEIRA, P. C. P. Acidentes de trânsito: uma análise a partir da perspectiva das vítimas em Campinas. *Psicologia & Sociedade*, v. 15, n. 2, p. 101-123, dez. 2003.

ROGERS, P. N.; SHOENIG, S. E. A time series evaluation of California's 1982 driving-under-the-influence legislative reforms. *Accident Analysis & Prevention*, v. 26, n. 1, p. 63-78, fev. 1994.

ROWAN, A. H. The motor-vehicle accident problem. *Canadian Public Health Journal*, v. 30, n. 1, p. 14-19, 1939.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 11, n. 1, p. 83-89, fev. 2007.

SAUER, M. T. N.; WAGNER, M. B. Acidentes de trânsito fatais e sua associação com a taxa de mortalidade infantil e adolescência. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 19, n. 5, p. 1519-1526, out. 2003.

SCHMIDT, V. V. *Descentralização federativa e coordenação intergovernamental: um estudo sobre a integração dos municípios brasileiros ao Sistema Nacional de Trânsito*. Universidade de São Paulo, mar. 2013.

SHADISH, W. R.; COOK, T. D.; CAMPBELL, D. T. *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*/William R. Shadish, Thomas D. Cook, Donald T. Campbell. Boston: Houghton Mifflin, 2002.

SILVA, D. W. DA; SOARES, D. A.; ANDRADE, S. M. de. Atuação profissional de motoboys e fatores associados à ocorrência de acidentes de trânsito em Londrina-PR. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 17, n. 2, p. 135-137, jun. 2008.

SILVA, M. M. A. *et al.* Projeto Vida no Trânsito - 2010 a 2012: uma contribuição para a Década de Ações para a Segurança no Trânsito 2011-2020 no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 22, n. 3, p. 531-536, set. 2013.

SOARES, D. F. P. de P. *et al.* Motorcycle couriers: characteristics of traffic accidents in southern Brazil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 14, n. 3, p. 435-444, set. 2011.

SOARES, R. A. S. *et al.* Caracterização das vítimas de acidentes de trânsito atendidas pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu) no Município de João Pessoa, Estado da Paraíba, Brasil, em 2010. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 21, n. 4, p. 589-600, dez. 2012.

SONG, Y.; NOYCE, D. Effects of transit signal priority on traffic safety: interrupted time series analysis of Portland, Oregon, implementations. *Accident Analysis & Prevention*, v. 123, p. 291-302, fev. 2019.

SOUZA, V. dos R. de *et al.* Análise espacial dos acidentes de trânsito com vítimas fatais: comparação entre o local de residência e de ocorrência do acidente no Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 25, n. 2, p. 353-364, dez. 2008.

STASINOPOULOS, D. M.; RIGBY, R. A. Generalized additive models for location scale and shape (GAMLSS) in R. *Journal of Statistical Software*, v. 23, n. 1, p. 1-46, dez. 2007.

TAKITANE, J. *et al.* - *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 18, n. 5, p. 1247-1254, maio 2013.

TURNER, S. L. *et al.* Creating effective interrupted time series graphs: review and recommendations. *Research Synthesis Methods*, v. n/a, n. n/a, [s.d.].

WAGNER, A. K. *et al.* Segmented regression analysis of interrupted time series studies in medication use research. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, v. 27, n. 4, p. 299-309, ago. 2002.

WHO, W. H. O. *Brasilia Declaration on Road Safety*. 2015. Disponível em: <https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/Final_Brasilia_declaration_PT.pdf?ua=1>

WILSON, M. C.; KNUTSEN, C. H. Geographical coverage in political science research. *Perspectives on Politics*, p. 1-16, undefined/ed.

WOOLDRIDGE, J. M. *Introductory econometrics: a modern approach*. [s.l.]: South-Western Cengage Learning, 2013.

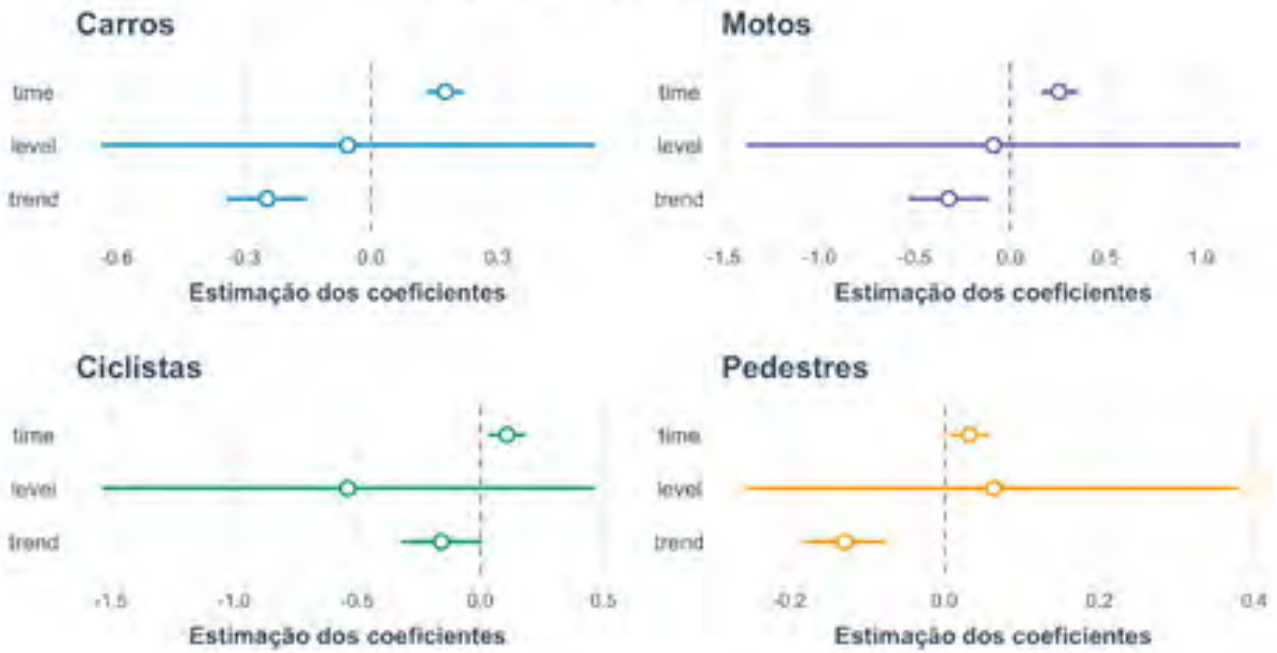
WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Global status report on road safety 2018*. [s.l.: s.n.].

ZHANG, F.; WAGNER, A. K.; ROSS-DEGNAN, D. Simulation-based power calculation for designing interrupted time series analyses of health policy interventions. *Journal of Clinical Epidemiology*, v. 64, n. 11, p. 1252-1261, nov. 2011.

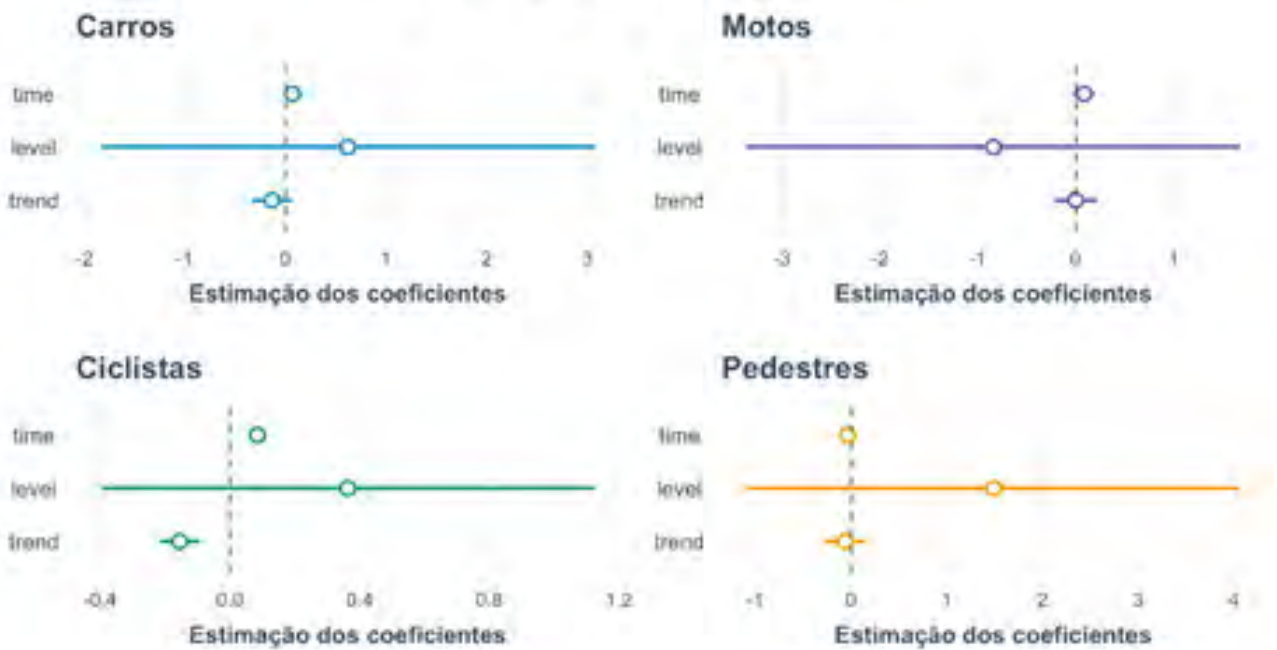
Anexos

Anexo A – Coeficientes dos modelos calculados por modal (sem controle)

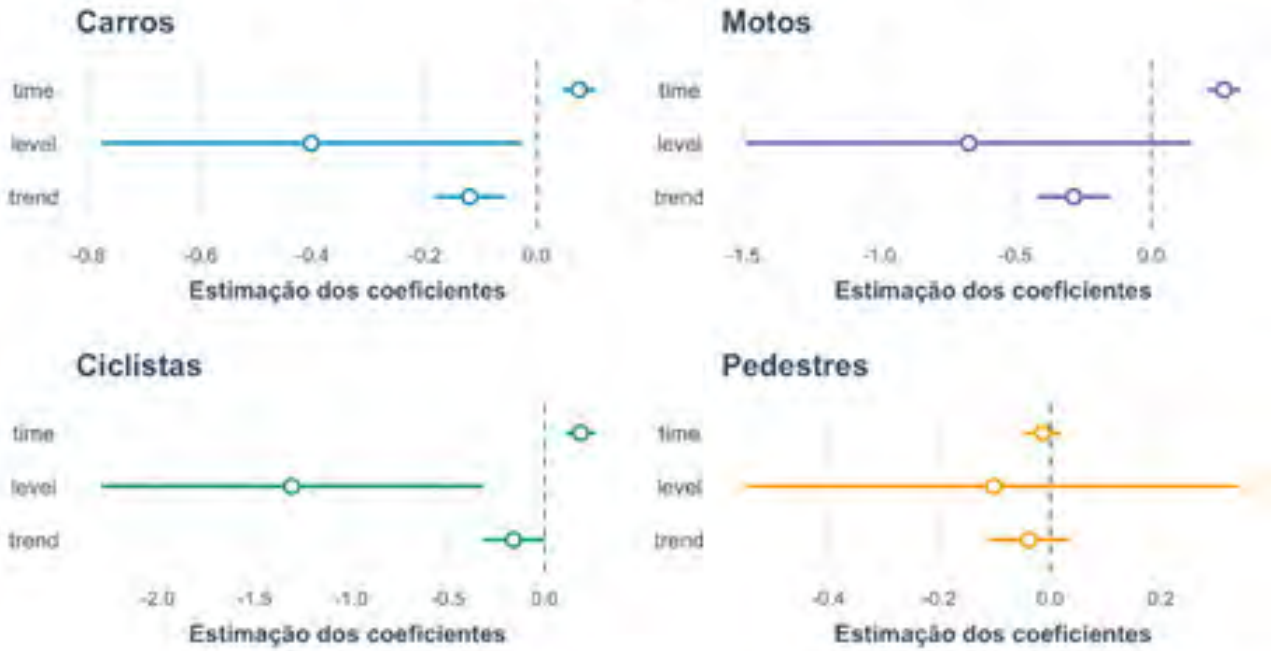
Belo Horizonte



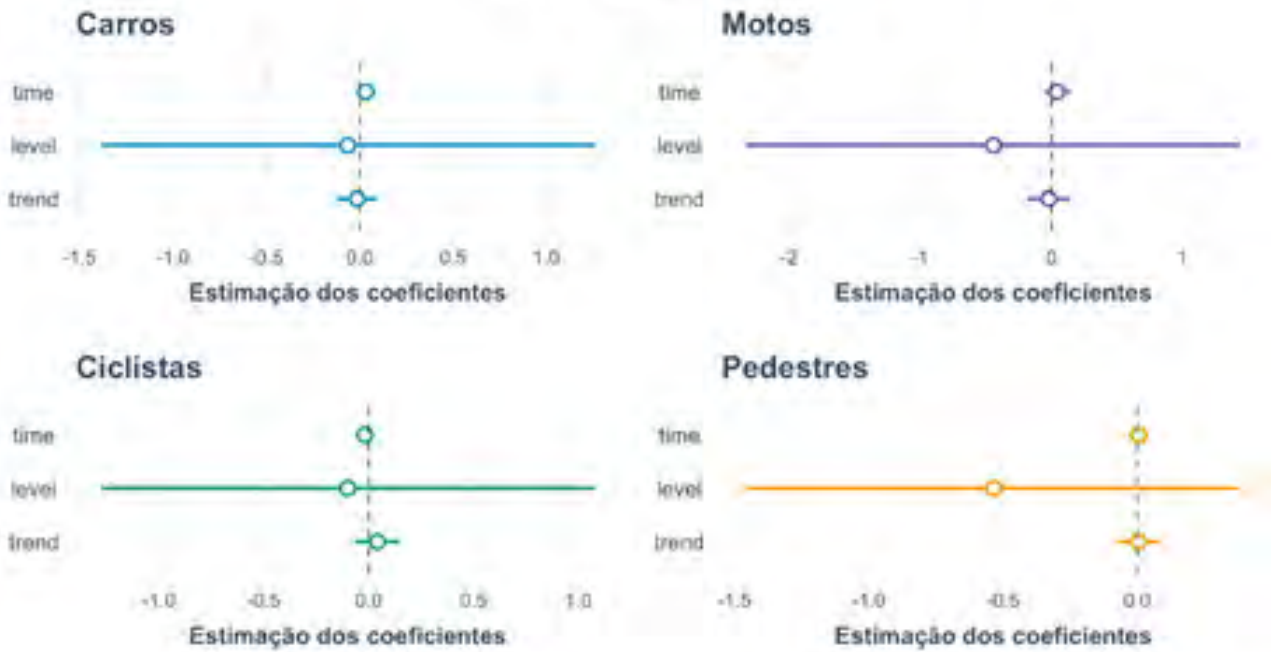
Campo Grande



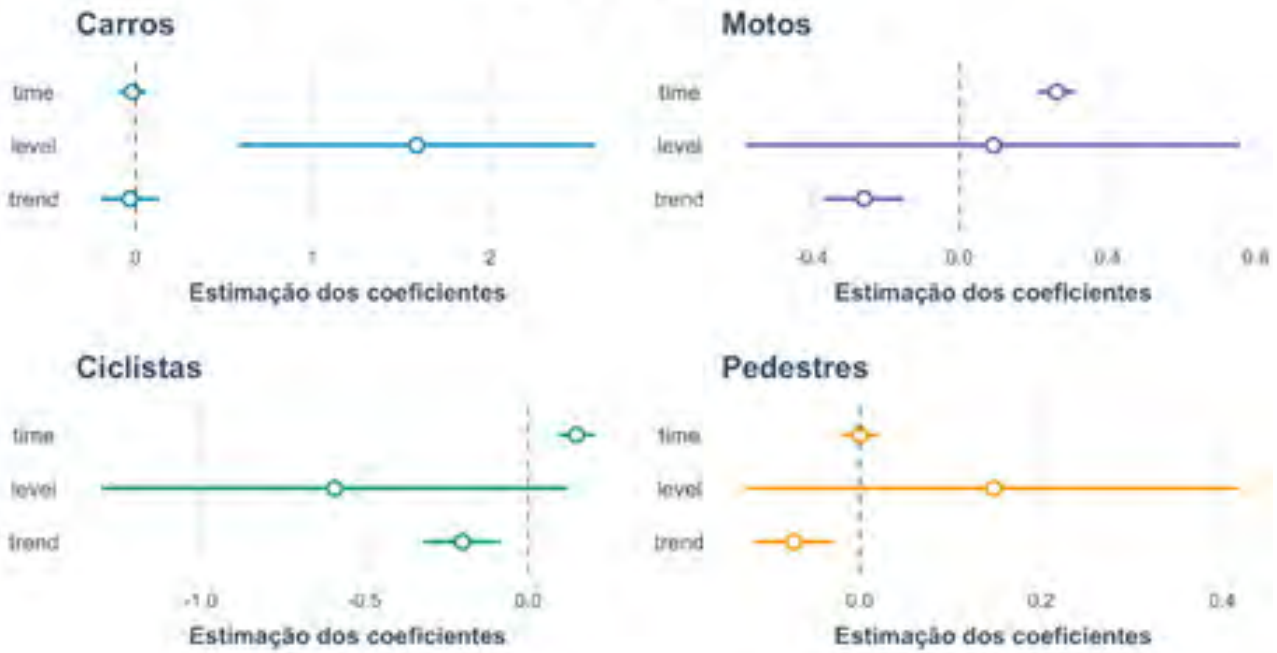
Curitiba



Palmas

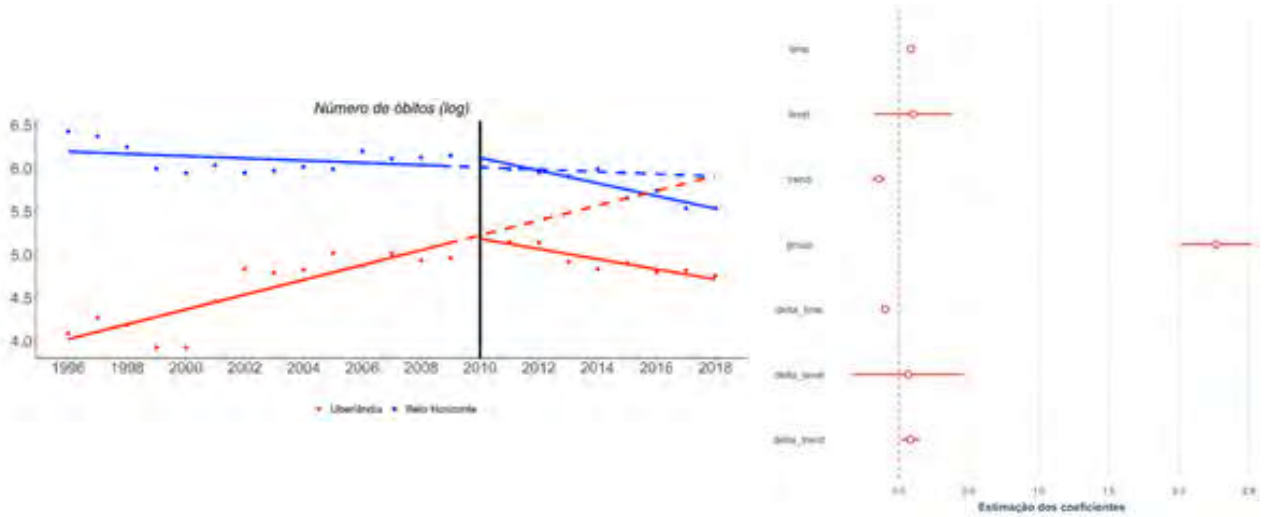


Teresina

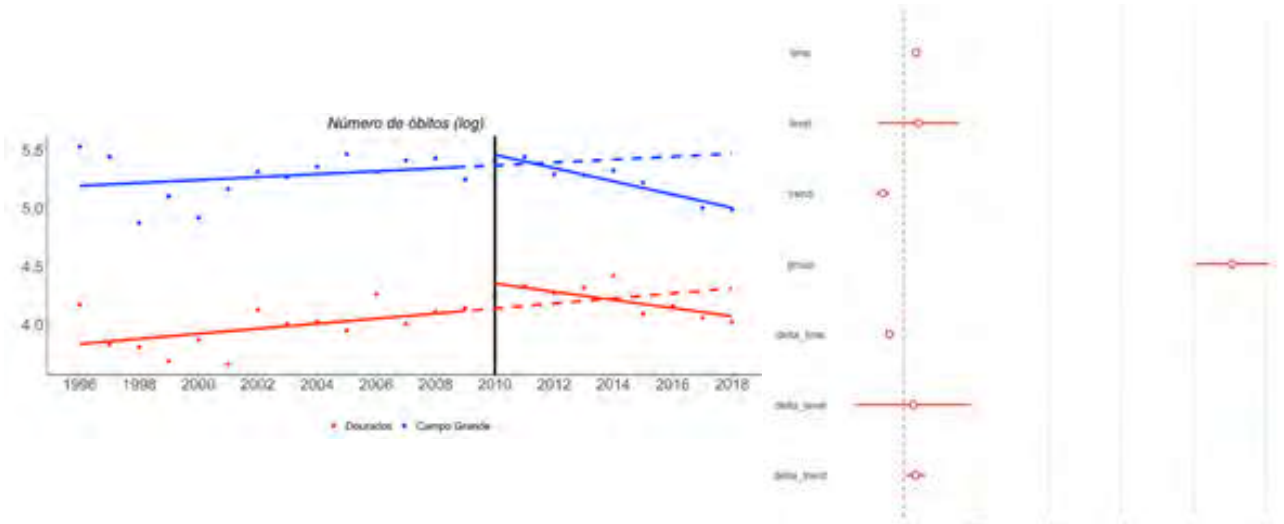


Anexo B – Coeficientes dos modelos por cidade (com controle)

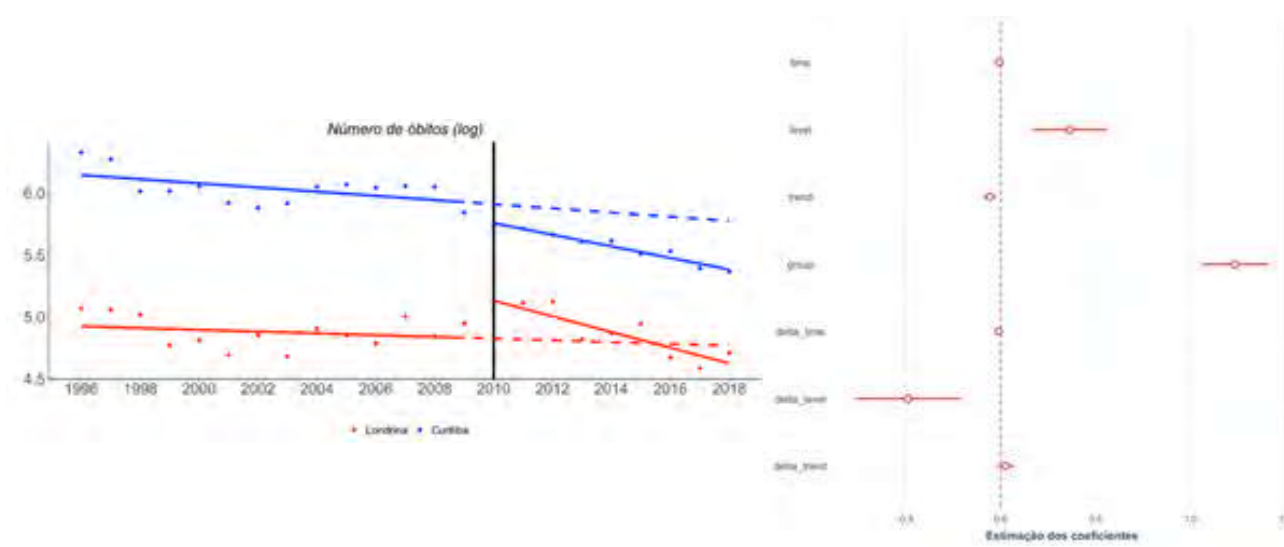
A. Belo Horizonte x Uberlândia



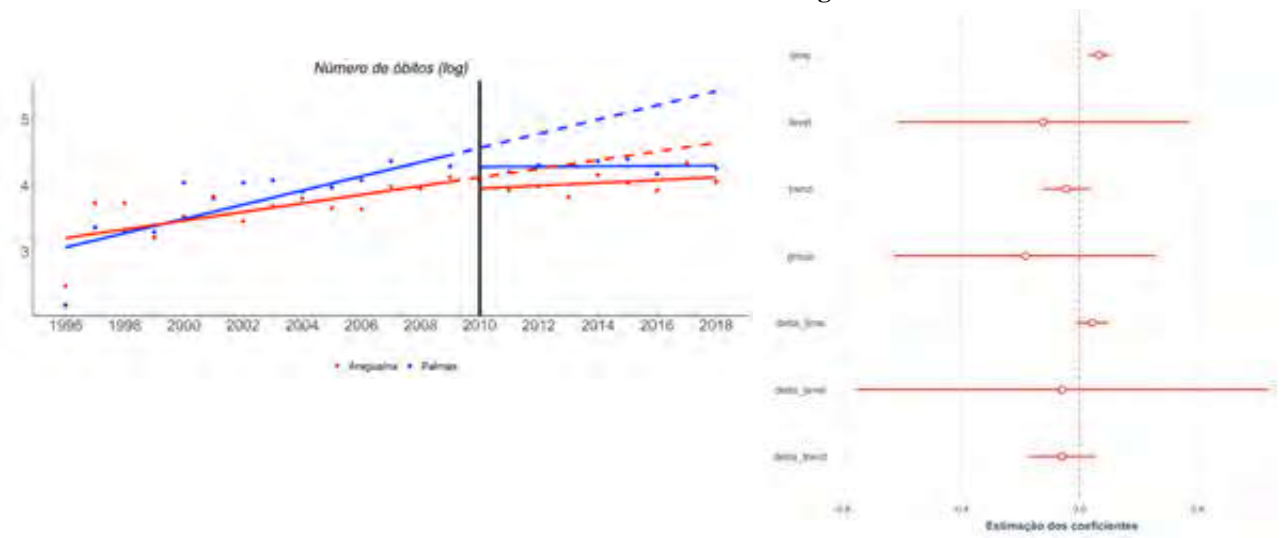
B. Campo Grande x Dourados



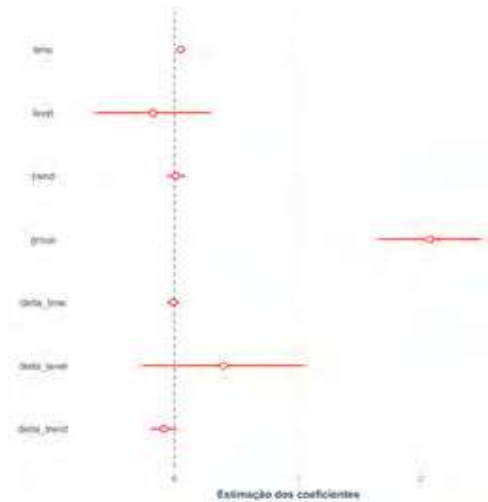
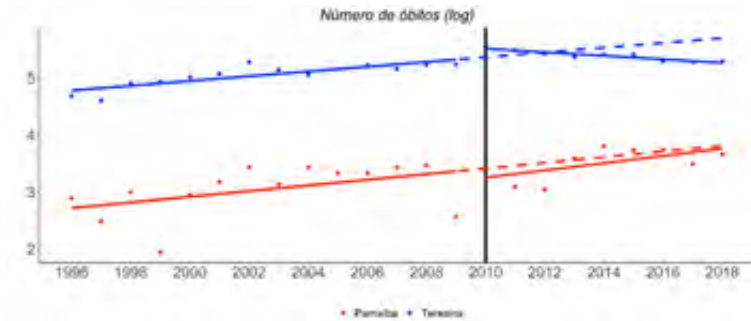
C. Curitiba x Londrina



D. Palmas x Araguaína



E. Teresina



Anexo C – Fatores de risco para a ocorrência de acidentes, lesões ou mortes

FATORES	DESCRIÇÃO
Velocidade	O aumento da velocidade está diretamente relacionado tanto à ocorrência de um acidente quanto à gravidade das suas consequências. Um aumento de 1% na velocidade média produz um aumento de 4% no risco de acidente fatal e um aumento de 3% no risco de acidente grave
Álcool e substâncias psicoativas	A condução sob a influência de álcool ou qualquer substância psicoativa aumenta o risco de acidente com lesões graves e mortes. O risco de colisão no trânsito começa com baixos níveis de concentração de álcool no sangue e aumenta significativamente quando a concentração do motorista é maior ou igual a 0,04 g/dl.
Capacetes e cintos de segurança	O uso de capacetes reduz em 69% o risco de lesões graves e 42% o risco de mortes. O cinto de segurança reduz o risco de morte entre motoristas e passageiros dos bancos dianteiros em até 50% e o risco de morte e lesões graves entre passageiros dos bancos traseiros em 25%. Outro fator importante é o uso de sistemas de retenção para crianças, que pode reduzir em 60% o número de mortes.
Direção distraída	A distração causada por celulares é a principal preocupação para a segurança no trânsito. O uso do celular ao dirigir diminui os tempos de reação de frenagem, de reação aos sinais de trânsito e aumenta em 4 vezes as chances de acidente.
Infraestrutura viária	As vias devem ser projetadas para a segurança de todos os usuários. Medidas como a construção de calçadas, ciclovias, pontos de passagem seguros e um bom ordenamento do trânsito são fundamentais para reduzir o risco de lesões
Segurança do veículo	Os fabricantes de veículos devem cumprir os regulamentos de segurança em todos os veículos produzidos. Veículos seguros previnem os acidentes e reduzem a ocorrência de lesões graves.
Atenção após acidentes	A atenção direcionada às lesões é profundamente sensível ao período de detecção e atendimento as vítimas: a menor fração de tempo faz a diferença entre a vida e a morte. A demora no atendimento aos envolvidos em um acidente de trânsito aumenta a gravidade dos ferimentos.
Cumprimento de normas/leis de trânsito	Aplicação efetiva da legislação que aborda os fatores de risco, incluindo também a definição das penalidades apropriadas. Espera-se que o cumprimento das leis reduza lesões e mortes no trânsito.

Fonte: Pereira (2020).

Anexo D – Lista de teses e dissertações sobre “acidente trânsito” e “mortalidade trânsito”

Autor (ano)	Título
Bampi (2000)	Aspectos epidemiológicos da mortalidade por acidentes de trânsito no Distrito Federal nos anos de 1980 a 1995
Nakassa (2002)	Perfil epidemiológico dos óbitos por acidentes de trânsito em Joinville dos anos de 1997, 1998 e 1999
Pozzetti (2002)	Análise por simulação de cruzamento semaforizado
Gonçalves (2003)	O papel da fiscalização eletrônica na melhoria da segurança do trânsito na cidade de Joinville
Ramos (2008)	Caracterização do acidente de trânsito e gravidade do trauma: um estudo em vítimas de um Hospital de urgência em Natal/RN
Chalfon (2009)	Os acidentes de trânsito e a população jovem sob o enfoque da psicologia analítica
Rocha (2010)	Caracterização dos acidentes de trânsito e vítimas no município de Rio Branco - Acre
Santos (2016)	Mortalidade por causas externas em regiões de saúde do recôncavo baiano: um recorte sobre os acidentes de trânsito

Fonte: elaboração própria.

Anexo E – Dashboard⁶⁴

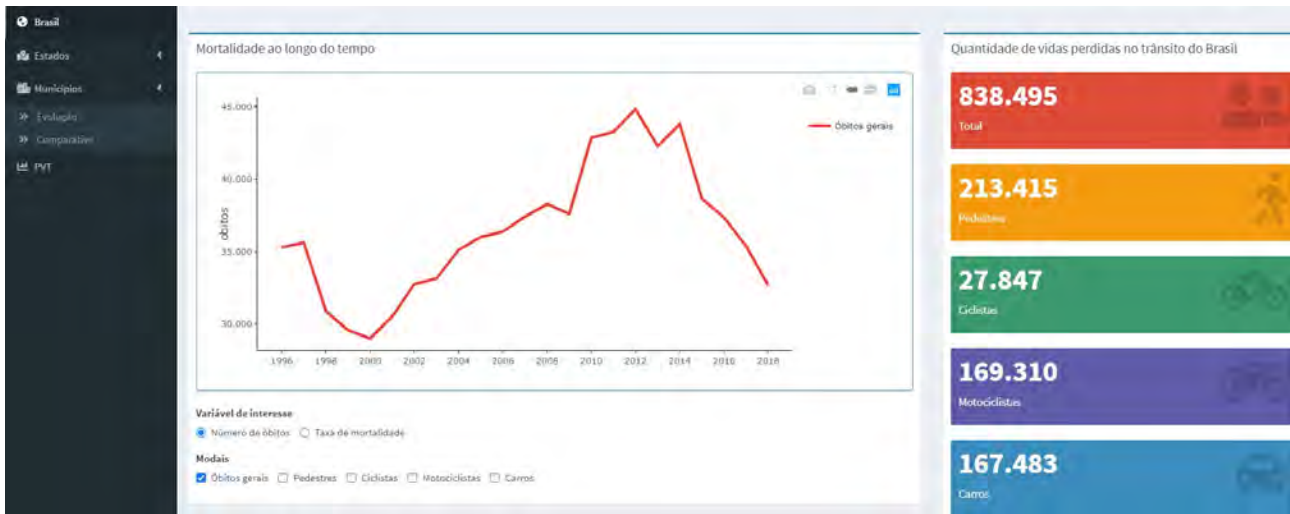
Seguindo as diretrizes do projeto original, um dos produtos previstos foi a elaboração de um *dashboard* interativo com o objetivo de facilitar a interpretação dos resultados da pesquisa pelo público não acadêmico⁶⁵. Outra funcionalidade importante dessa ferramenta é viabilizar diagnósticos específicos sobre a mortalidade por acidentes de transporte terrestre no Brasil, de modo a subsidiar a elaboração de políticas especialmente desenhadas para promover a segurança no trânsito.

O dashboard mostra a variação da mortalidade no trânsito no Brasil entre 1996 e 2018 por unidade da Federação e por município. Analiticamente, o painel dispõe de quatro principais funcionalidades: **a)** evolução; **b)** ranking; **c)** comparativo; e **d)** avaliação de impacto. A Figura 12 ilustra o funcionamento da tela inicial.

64 Ver: <https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/>.

65 Inspirado no *dashboard* da OMS <<https://extranet.who.int/roadsafety/death-on-the-roads/>>, nosso painel foi elaborado a partir do pacote *Shiny* do R *Statistical*. Para mais informações sobre essa aplicação, ver: <<https://www.curso-r.com/material/shiny/>> e <<https://shiny.rstudio.com/>>. Para um tutorial, ver: <<https://www.youtube.com/watch?v=tfN10IUX9Lo>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

Figura 12 – Tela inicial do dashboard do Projeto Vida no Trânsito (PVT)⁶⁶



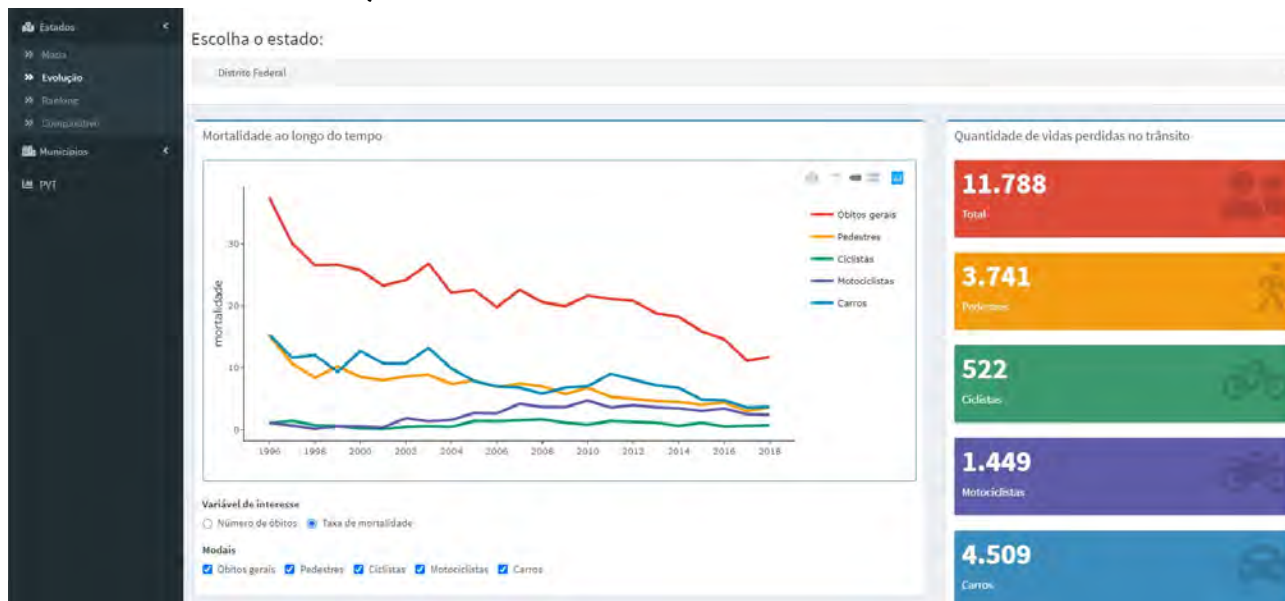
Fonte: disponível em: <https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/>. Acesso em: 10 dez. 2020

Seguindo o padrão internacional, a mortalidade no trânsito foi mensurada a partir da quantidade total de óbitos por acidentes de transporte terrestres⁶⁷. Com o objetivo de garantir a comparação entre unidades espaciais, normalizamos o número de mortes pela população. Assim, o usuário pode visualizar a evolução tanto dos números absolutos (contagens de óbitos) quanto a variação espacial e longitudinal da taxa. A ferramenta fornece ainda informações desagregadas por modal (pedestres, ciclistas, motociclistas e carros), facilitando o diagnóstico da situação específica de cada tipo de transporte. A Figura 13 ilustra a variação da taxa de mortalidade no Distrito Federal entre 1996 e 2018 (funcionalidade evolução).

⁶⁶ Com o objetivo de aumentar a utilidade da plataforma, todos os gráficos gerados pelo sistema estão disponíveis para *download* em formato de imagem .png (*Portable Network Graphic*).

⁶⁷ V01-V09 (Pedestre traumatizado em um acidente de transporte), V10-V19 (Ciclista traumatizado em um acidente de transporte), V20-V29 (Motociclista traumatizado em um acidente de transporte), V30-V39 (Ocupante de triciclo motorizado traumatizado em um acidente de transporte), V40-V49 (Ocupante de um automóvel traumatizado em um acidente de transporte), V50-V59 (Ocupante de uma caminhonete traumatizado em um acidente de transporte), V60-V69 (Ocupante de um veículo de transporte pesado traumatizado em um acidente de transporte), V70-V79 (Ocupante de um ônibus traumatizado em um acidente de transporte) e V80-V89 (Outros acidentes de transporte terrestres).

Figura 13 – Taxa de mortalidade por acidente de transporte terrestre (DF, 1996-2018)⁶⁸

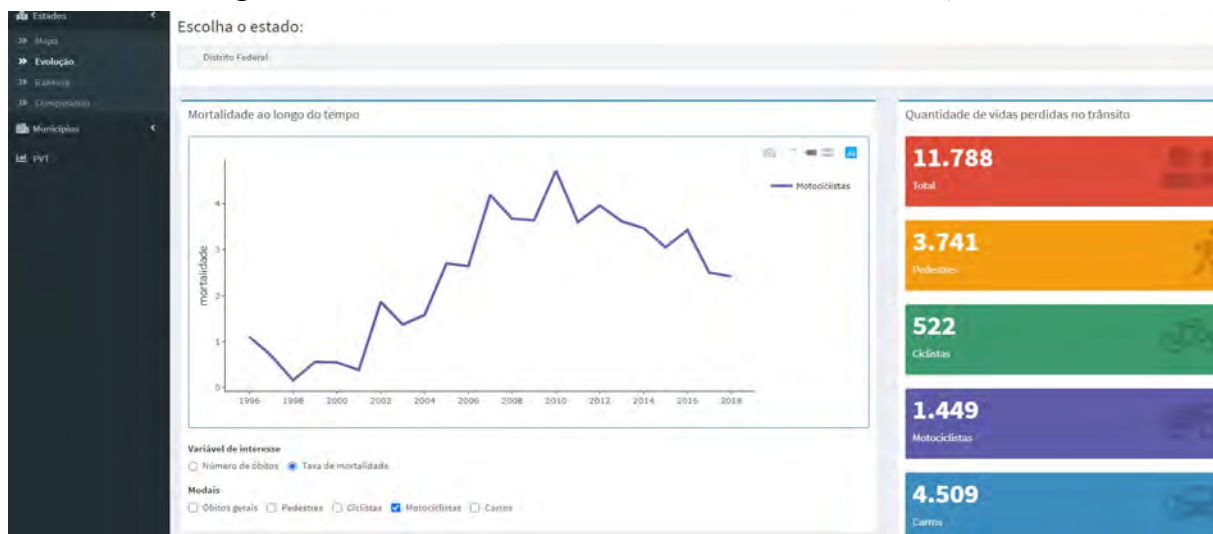


Fonte: disponível em: <https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/>. Acesso em: 10 dez. 2020

De acordo com os dados do Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) do Datasus, 11.788 vidas foram consumidas pelo trânsito no Distrito Federal entre 1996 e 2018. A taxa passou de 37,46 no início da série para 11,77 no final, o que significa uma redução de 68,58%. Em particular, destaca-se a queda conjunta na mortalidade de pedestres e ocupantes de veículos automotores, ambas ficando em torno de 3,75 óbitos por 100 mil habitantes. Outra informação importante diz respeito à letalidade de motociclistas, uma vez que a taxa exibiu tendência positiva de 1998 até 2010. Desde então o movimento é de diminuição, com 2,42 óbitos por 100 mil habitantes em 2018. A Figura 14 ilustra essas informações.

⁶⁸ Outra funcionalidade importante é a interatividade, uma vez que os valores específicos de cada ano podem ser visualizados com o simples posicionamento do cursor do mouse sobre a figura.

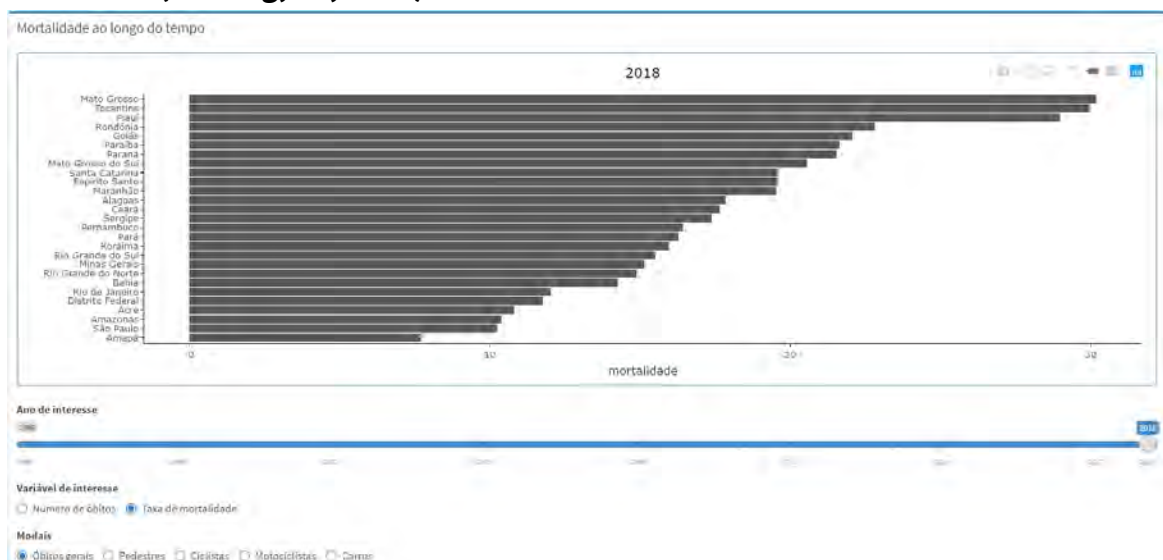
Figura 14 – Taxa de mortalidade de motociclistas (DF, 1996-2018)



Fonte: disponível em: <https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/>. Acesso em: 10 dez. 2020

Comparativamente, a mortalidade de motociclistas representa 12,29% do total de vidas perdidas no Distrito Federal entre 1996 e 2018, conforme estimativas do Datasus⁶⁹. Depois de conhecer a função evolução, o próximo passo é visualizar a variação da mortalidade no trânsito em perspectiva comparada. A Figura 15 ilustra a funcionalidade ranking.

Figura 15 – Taxa de mortalidade por acidente de transporte terrestre (ranking, UF, 2018)

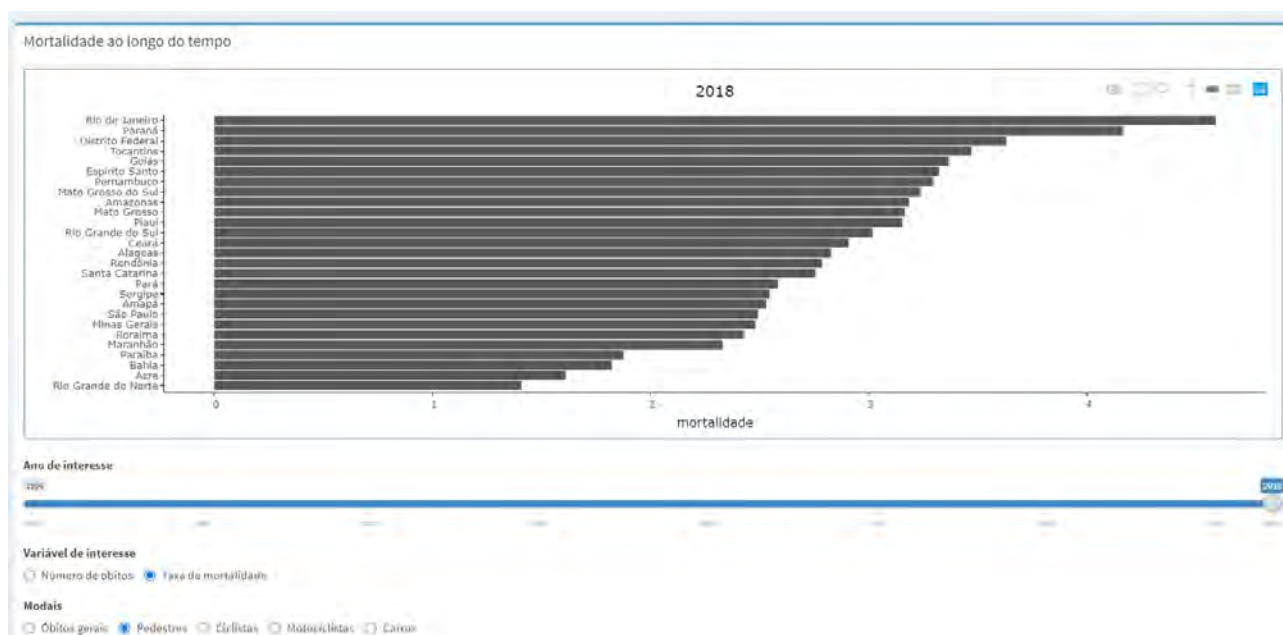


Fonte: disponível em: <https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/>. Acesso em: 10 dez. 2020

⁶⁹ O peso de cada modalidade de transporte foi calculado a partir da razão entre o número total de óbitos em cada modal e a quantidade geral de mortes por acidentes de transporte terrestre em uma determinada localidade. No Distrito Federal, no caso dos motociclistas, basta dividir 1.449 por 11.788. Tecnicamente, o mais adequado seria dividir o número de óbitos em um determinado modal pela quantidade de usuários daquele tipo de transporte. No entanto, salvo melhor juízo, não existem informações confiáveis sobre a quantidade de usuários por modal por unidade da Federação, o que inviabiliza essa opção metodológica.

A opção ranking apresenta as observações em ordem decrescente a partir do número de óbitos ou da taxa de mortalidade por acidente de transporte terrestre. A natureza desagregada dos dados originais permite a comparação por ano (1996-2018) e por modal (pedestres, ciclistas, motociclistas e carros). Por exemplo, considerando as informações mais recentes do Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) do Datasus, Mato Grosso (30,19), Tocantins (29,96) e Piauí (28,98) lideram o ranking de mortalidade por ATT no Brasil. No outro oposto observamos Amazonas (10,39), São Paulo (10,24) e Amapá (7,72). Em termos substantivos, esses resultados sugerem forte heterogeneidade na distribuição espacial da mortalidade no trânsito entre as unidades da Federação. Além disso, a desagregação por modal permite identificar mais especificamente a letalidade de cada meio de locomoção no tempo e no espaço. Por exemplo, ao se considerar a mortalidade de pedestres, o Rio de Janeiro (4,59) lidera o ranking, seguido por Paraná (3,17) e Distrito Federal (3,63). Por outro lado, Bahia (1,82), Acre (1,61) e, principalmente, Rio Grande do Norte (1,41), exibem condições mais favoráveis para o deslocamento de pessoas a pé, conforme ilustra a Figura 16.

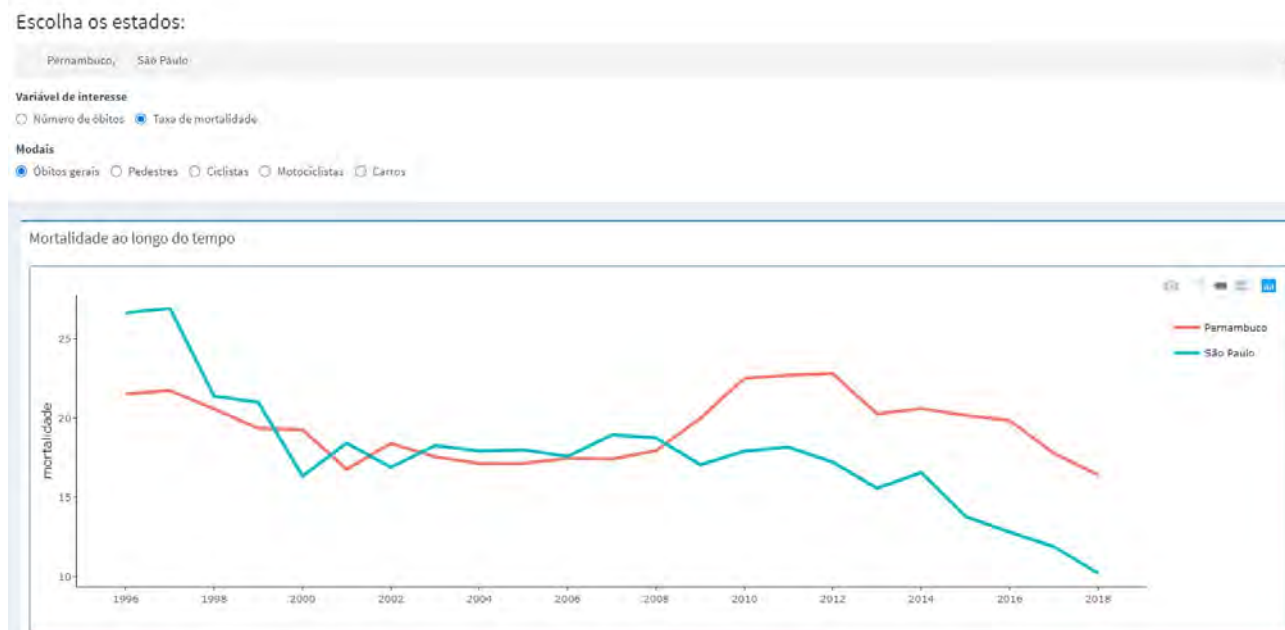
Figura 16 – Taxa de mortalidade de pedestres por unidade da Federação (ranking, 2018)



Fonte: disponível em: <https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/>. Acesso em: 10 dez. 2020

A opção comparativo permite avaliar semelhanças e diferenças entre unidades observacionais específicas. Por exemplo, a Figura 17 ilustra a variação da taxa de mortalidade no trânsito em Pernambuco e em São Paulo entre 1996 e 2018.

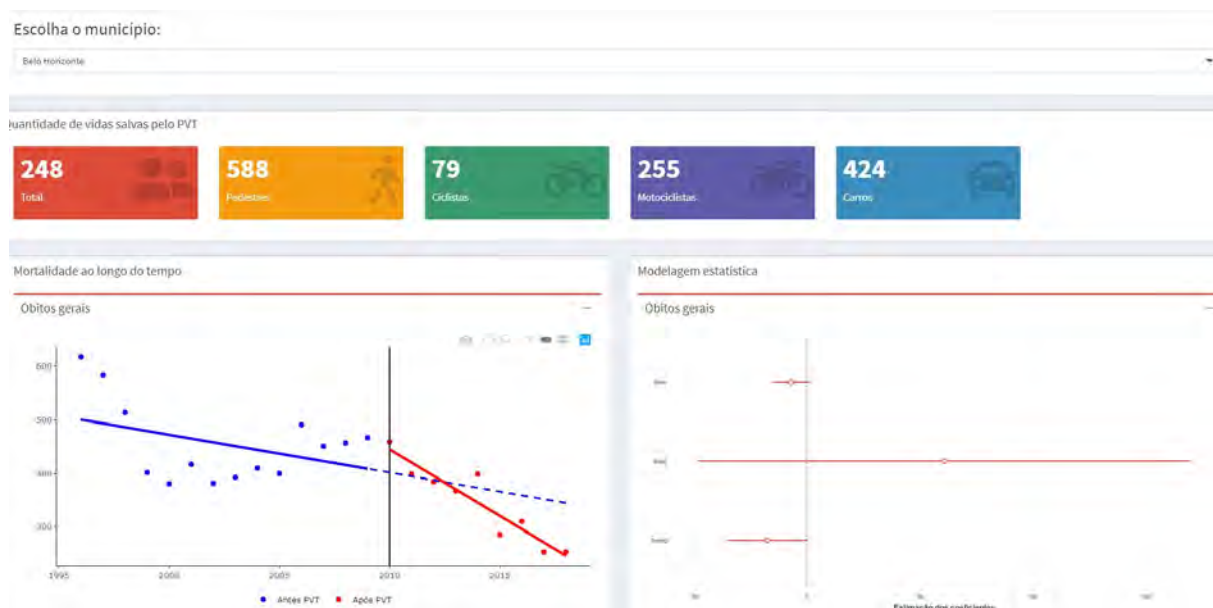
Figura 17 – Taxa de mortalidade por acidente de transporte terrestre (PE x SP, 1996-2018)



Fonte: disponível em: <https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/>. Acesso em: 10 de dez. 2020

Como pode ser observado, a letalidade por acidente de transporte terrestre exibe tendência negativa em ambas as unidades da Federação, principalmente a partir de 2011. Em particular, depois de atingir a marca de 26,93 óbitos por 100 mil habitantes em 1997, a mortalidade por acidente de transporte terrestre em São Paulo chegou a 10,24 em 2018, menor valor da série histórica. Pernambuco, que também atingiu o mínimo em 2018, exibe tendência recente de queda, mas conserva um nível de mortalidade significativamente mais alto do que São Paulo. Por fim, temos a funcionalidade avaliação de impacto, conforme ilustra a Figura 18.

Figura 18 – Avaliação de impacto do PVT (Belo Horizonte, 1996-2018)



Fonte: disponível em: <https://gaussanalitica.shinyapps.io/transito_dbff/>. Acesso em: 10 dez. 2020

A ferramenta permite escolher qualquer cidade beneficiada pelo Projeto Vida no Trânsito e retorna dois gráficos: a) série temporal interrompida; e b) intervalo de confiança dos coeficientes de regressão (tempo, nível e tendência)⁷⁰. Em particular, no modelo sem controle, estamos interessados no sinal de β_3 , que captura a mudança na tendência da mortalidade no trânsito após a implementação do PVT. Teoricamente, um coeficiente negativo ($\beta_3 < 0$) é uma sinalização de que o PVT cumpriu com o seu objetivo de reduzir a quantidade de mortes e lesões em acidentes de transporte terrestre. No caso de Belo Horizonte, por exemplo, verifica-se uma diferença significativa entre a mortalidade observada (linha vermelha) e a quantidade de óbitos esperada na ausência do PVT (linha pontilhada azul). Ao total, nossas estimativas indicam que o PVT poupou 1.346 vidas, sendo 588 de pedestres, 79 de ciclistas, 255 de motociclistas e 424 de ocupantes de veículo automotor⁷¹.

70 Em termos substantivos, o gráfico da série temporal interrompida deve ser interpretado da seguinte forma: quanto maior a distância entre o contrafactual (linha pontilhada azul) e os valores observados no período pós-intervenção (linha sólida vermelha), maior a diferença na quantidade de mortes em relação ao que deveria ser observado em uma situação sem PVT. Na ausência de eventos exógenos contemporâneos à mudança institucional, o coeficiente β_3 pode ser interpretado como o impacto da mudança institucional.

71 A estimativa de 1.346 foi calculada a partir da soma das diferenças entre os valores esperados e observados de cada modal. Note que esse valor diverge da estimativa agregada, que indica uma economia de 248 vidas (retângulo vermelho da Figura 7). Tecnicamente, consideramos que a soma das diferenças fornece uma melhor estimativa do efeito líquido do PVT do que a estimativa calculada a partir dos dados agregados, principalmente nos casos em que a tendência antes da intervenção não é linear, como é o caso de Belo Horizonte. A versão mais recente do *dashboard* já incorporou essa atualização.



ENAP

Cadernos

nº 95

Coleção: Cátedras 2019

