

Júlia Cléilei Magalhães da Silva

**Evolução do Perfil Espacial de Mortalidade de  
Acidentes de Trânsito no Brasil e Microrregiões,  
1996-2015**

Belo Horizonte

Junho de 2020

Júlia Cléilei Magalhães da Silva

## **Evolução do Perfil Espacial de Mortalidade de Acidentes de Trânsito no Brasil e Microrregiões, 1996-2015**

Dissertação de Mestrado acadêmico apresentado à comunidade do CEDEPLAR - UFMG em conformidade aos requisitos para o recebimento do título de Mestre em Demografia.

Universidade Federal de Minas Gerais - CEDEPLAR

UFMG - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais

Programa de Pós-Graduação em Demografia 2018/2020

Orientador: Bernardo Lanza Queiroz

Belo Horizonte

Junho de 2020

Ficha catalográfica

S586e  
2019 Silva, Júlia Cléilei Magalhães da.  
Evolução do perfil espacial de mortalidade de acidentes de trânsito no Brasil e microrregiões, 1996-2015 [manuscrito] / Júlia Cléilei Magalhães da Silva. – 2020.  
92 f.: il., gráfs. e tabs.

Orientador: Bernardo Lanza Queiroz.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional.  
Inclui bibliografia (f. 87-92).

1. Demografia - Teses. 2. Acidentes de trânsito – Brasil – Teses. 3. Mortalidade – Brasil – Teses. I. Queiroz, Bernardo Lanza. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. III. Título.

CDD: 304.64981

Elaborada por Rosilene Santos – CRB6/2527  
Biblioteca da FACE/UFMG. RSS – 068/2020



Cedeplar

**Curso de Pós-Graduação em Demografia da Faculdade de Ciências Econômicas**

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE **JÚLIA CLÉTELEI MAGALHÃES DA SILVA** Nº. REGISTRO 2018651778. Às quatorze horas do dia vinte e dois do mês de maio de dois mil e vinte, reuniu-se, **por videoconferência**, a Comissão Examinadora de DISSERTAÇÃO, indicada “*ad referendum*” pelo Colegiado do Curso em 04/05/2020, para julgar, em exame final, o trabalho final intitulado “**Evolução do Perfil Espacial de Mortalidade de Acidentes de Trânsito no Brasil e Microrregiões, 1996-2015**”, requisito final para a obtenção do Grau de *Mestre em Demografia*, área de concentração em Demografia. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Bernardo Lanza Queiroz, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão composta pelos professores: Bernardo Lanza Queiroz, José Irineu Rangel Rigotti e Braulio Figueiredo Alves da Silva se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. A Comissão **aprovou** a candidata por unanimidade. O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 22 de maio de 2020.

Prof. Bernardo Lanza Queiroz  
(Orientador) (CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Prof. José Irineu Rangel Rigotti  
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)

assinatura em ata anexa

Prof. Braulio Figueiredo Alves da Silva  
(FAFICH/UFMG)

assinatura em ata anexa

---

**Profa. Laura Lúcia Rodríguez Wong**  
Coordenadora do Curso de Pós-Graduação  
em Demografia



Cedeplar

## Curso de Pós-Graduação em Demografia da Faculdade de Ciências Econômicas

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE **JÚLIA CLÉTELEI MAGALHÃES DA SILVA** Nº. REGISTRO 2018651778. Às quatorze horas do dia vinte e dois do mês de maio de dois mil e vinte, reuniu-se, **por videoconferência**, a Comissão Examinadora de DISSERTAÇÃO, indicada “*ad referendum*” pelo Colegiado do Curso em 04/05/2020, para julgar, em exame final, o trabalho final intitulado “**Evolução do Perfil Espacial de Mortalidade de Acidentes de Trânsito no Brasil e Microrregiões, 1996-2015**”, requisito final para a obtenção do Grau de *Mestre em Demografia*, área de concentração em Demografia. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Bernardo Lanza Queiroz, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão composta pelos professores: Bernardo Lanza Queiroz, José Irineu Rangel Rigotti e Braulio Figueiredo Alves da Silva se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. A Comissão \_\_\_\_\_ a candidata por unanimidade. O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 22 de maio de 2020.

Prof. Braulio Figueiredo Alves da Silva  
(FAFICH/UFMG)

---

**Prof. Laura Lídia Rodríguez Wong**  
Coordenadora do Curso de Pós-Graduação  
em Demografia

**Curso de Pós-Graduação em Demografia da Faculdade de Ciências Econômicas**

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE **JÚLIA CLÉTELEI MAGALHÃES DA SILVA** Nº. REGISTRO 2018651778. Às quatorze horas do dia vinte e dois do mês de maio de dois mil e vinte, reuniu-se, **por videoconferência**, a Comissão Examinadora de DISSERTAÇÃO, indicada “*ad referendum*” pelo Colegiado do Curso em 04/05/2020, para julgar, em exame final, o trabalho final intitulado “**Evolução do Perfil Espacial de Mortalidade de Acidentes de Trânsito no Brasil e Microrregiões, 1996-2015**”, requisito final para a obtenção do Grau de *Mestre em Demografia*, área de concentração em Demografia. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Bernardo Lanza Queiroz, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão composta pelos professores: Bernardo Lanza Queiroz, José Irineu Rangel Rigotti e Bráulio Figueiredo Alves da Silva se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. A Comissão **APROVOU** a candidata por unanimidade. O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 22 de maio de 2020.



---

Prof. José Irineu Rangel Rigotti  
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)



---

**Profa. Laura Lúcia Rodríguez Wong**  
Coordenadora do Curso de Pós-Graduação  
em Demografia

*Este trabalho é dedicado a todas as pessoas que acreditaram e acreditam que a fé e um pouquinho de teoria e matemática podem te levar ao infinito das técnicas não apenas puramente demográficas e atuariais.*

# Agradecimentos

Primeiramente à Deus, que me deu forças e foco durante o curso de Mestrado e, essencialmente, na conclusão dessa dissertação, especialmente na reta final, momento em que há tantas preocupações no mundo. Certamente Sua presença em minha vida está em cada professor e em cada pessoa que me motivou e me motiva a estar na Academia. Perdas, Ganhos... Acertos; e muitos, muitos desafios! Família e amigos que me apoiam; são minha base e o sustentáculo da minha saúde emocional e inspiração na caminhada desde o início de minha vida estudantil. Lembro aqui de cada Mestre que passou pela minha caminhada e, em nome deles, agradeço especialmente à paciência, generosidade e prontidão do meu Professor Orientador Bernardo Lanza Queiroz. Ao Cedeplar e à UFMG, Casas acolhedoras desde a graduação. À Fapemig pelo incentivo em pesquisas. Um sentimento fica aqui: GRATIDÃO.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,  
mas transformai-vos pela renovação da mente,  
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:  
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.”  
(Bíblia Sagrada, Romanos 12,2)*

*“Deus nos salvou e chamou para a santidade, não em atenção às nossas obras, mas em  
virtude do seu desígnio, da graça que desde a eternidade nos destinou em Cristo Jesus, e  
agora nos manifestou mediante a aparição de nosso Salvador Jesus Cristo, que destruiu a  
morte e suscitou a vida e a imortalidade, pelo Evangelho.”  
(Bíblia Sagrada, 2 Timóteo 1,9-10)*

*“Destruirá a morte para sempre.  
O Soberano, o Senhor,  
enxugará as lágrimas  
de todo rosto  
e retirará de toda a terra  
a zombaria do seu povo.  
Foi o Senhor quem o disse!”  
(Bíblia Sagrada, Isaías 25,8)*

# Resumo

## **ANTECEDENTES**

Os Acidentes de Trânsito (AT) têm sido uma causa externa relevante no contexto de morbimortalidade no Brasil, não só no ranking de mortalidade nacional, mas, também devido as morbidades geradas com base nas internações decorrentes e/ou eventos decorrentes e sequelas permanentes ou não. Para homens, segundo o IHME/GBD, os AT ocupam o 2º lugar, enquanto a nível global ocupa a 3ª posição. Já para as mulheres isso ocorre respectivamente em 4º e em 7º, ambos para 2017 e para 15-49 anos. A taxa de mortalidade por AT nas últimas décadas tem mostrado crescimento no país, mas com variabilidade regional. Essa heterogeneidade espacial e temporal pode ser explicada por fatores relacionados a segurança, saúde e políticas públicas, além do desenvolvimento socioeconômico.

## **OBJETIVO**

O objetivo primordial deste trabalho é produzir estimativas robustas para a mortalidade por AT para pequenas áreas, discriminadas por sexo, dentre a faixa etária de 15 a 35 anos. Em segundo lugar, avaliar espacialmente e no tempo as taxas de mortalidade por AT em 4 grandes grupos sendo eles 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, para evitar possíveis flutuações aleatórias e verificar se houve espalhamento ou não das taxas de mortalidade pelas microrregiões do país. A hipótese é de que ao longo dos anos, com o aumento da frota de veículos em todo país, e com o aumento de mortes, estas últimas estejam com uma dispersão espacial maior e estão fortemente relacionadas com homens de idade entre os 15 a 35 anos.

## **MÉTODOS**

Usamos o método de Estatística Bayesiana Empírica de James-Stein para produzir estimativas mais robustas de mortalidade por AT e avaliar por análises descritivas e espaciais os diferenciais quanto às taxas de mortalidade por AT observadas. Com base nessas estimativas, usamos a análise espacial, LISA Cluster, para verificar possíveis padrões e tendências de ocorrência da mortalidade por AT, para homens e mulheres, de 15-35 anos, para microrregiões do Brasil e para os 4 quinquênios do intervalo 1996-2015. Os dados são do SIM/DATASUS e IBGE.

## **RESULTADOS**

A distribuição espacial por sexo mostra diferentes padrões e tendências pelas microrregiões do Brasil. Homens e mulheres, entre os 15-35 anos, têm taxas de mortalidade por AT distintas e as mulheres bem mais baixas que os homens. Além disso, há uma dispersão espacial observada ao longo da série de 1996-2015 a nível de microrregião especialmente ligada às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente e uma tendência de queda nas taxas no geral. A heterogeneidade espacial é marcada pelo espalhamento das taxas de mortalidade por AT de forma que a

mancha de aglomerados de microrregiões de altas taxas mostram uma tendência saindo do Sul e Sudeste rumo ao Centro-Oeste e Nordeste ao longo da série 1996-2015. As taxas de mortalidade por AT das microrregiões do Sul e Sudeste, mesmo numericamente maiores, mostram queda ao longo dos quinquênios analisados e mantém uma vizinhança de padrão com baixas taxas de mortalidade por AT. Esses fatos são especialmente mais significativos para mulheres.

### **CONTRIBUIÇÕES**

A relevância do estudo está em verificar como é a tendência de evolução das taxas de mortalidade por AT, por microrregião, ao longo de 1996-2015 no país mostrando que políticas públicas ligadas a segurança e saúde podem ajudar a reaver esse cenário. Além disso, uma contribuição importante é criar estimativas mais robustas para análise de taxas de mortalidade para pequenas áreas. De forma geral, a queda das taxas de mortalidade por AT na maioria das microrregiões, é um sinal de alerta para que as políticas públicas de segurança viária e medidas coercitivas de trânsito mais eficazes continuem a zelar pela sociedade para conter o espalhamento e permanecer o cenário de queda, em especial naqueles locais socioeconomicamente desfavorecidos. Gerando impactos na saúde pública, a Transição Epidemiológica, neste contexto, também se revela de extrema importância já que as causas externas vêm ganhando papel no topo das causas de morte.

**Palavras-chave:** Acidentes de Trânsito (AT). Microrregiões. Tendência espacial e temporal, Brasil 1996-2015.

# Abstract

## **BACKGROUND**

Traffic Accidents (TA) have been a relevant external cause in the context of morbidity and mortality in Brazil, not only in the national mortality ranking, but also due to the morbidities generated based on hospitalizations resulting from hospitalizations and/or events arising from permanent or non-permanent sequels. For men, according to the IHME/GBD, TA occupy the 2nd place, while globally it occupies the 3rd position. For women this occurs respectively in 4th and 7th, both for 2017 and for 15-49 years. The mortality rate due to TA in recent decades has shown growth in the country, but with regional variability. This spatial and temporal heterogeneity can be explained by factors related to safety, health and public policies, in addition to socioeconomic development.

## **OBJECTIVE**

The primary objective of this work is to produce robust estimates for mortality due to TA for small areas, broken down by gender, among the age group from 15 to 35 years. Second, to spatially and over time evaluate TA mortality rates in 4 large groups including 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, to avoid possible random fluctuations and to verify whether or not there was spread of mortality by the micro-regions of the country. The hypothesis is that over the years, with the increase in the fleet of vehicles throughout the country, and with the increase in deaths, the latter are with a greater spatial dispersion and are strongly related to men aged 15 to 35 years.

## **METHODS**

We used the James-Stein Bayesian Empirical Statistics method to produce more robust mortality due to TA and to evaluate by descriptive and spatial analyzes as to differences in the observed mortality rates due to TA. Based on these practices, it uses spatial analysis, LISA Cluster, to check possible patterns and trends of TA mortality, for men and women, aged 15 to 35 years, for micro-regions of Brazil and for 4 periods from 1996 to 2015. The data are SIM/DATASUS and IBGE.

## **RESULTS**

The spatial distribution by sex shows different patterns and trends across Brazilian micro-regions. Men and women, aged 15-35 years, have distinct Mortality Rates from TA and women much lower than men. In addition, there is a spatial dispersion observed throughout the 1996-2015 series at the micro-region level especially linked to the socioeconomically less favored micro-regions and a downward trend in rates overall. Spatial heterogeneity is marked by the spread of mortality rates due to TA, so that the spot of clusters of micro-regions of high rates shows a trend moving from the South and Southeast to the Midwest and Northeast throughout the 1996-2015 series. The mortality rates due to TA in the southern and southeastern micro-regions, even numerically higher, show a drop over the five years analyzed and maintain a standard neighborhood with low mortality rates

due to TA. These facts are especially more significant for women.

### **CONTRIBUTIONS**

The relevance of the study is to verify how is the trend of evolution of mortality rates due to TA, by micro-region, throughout 1996-2015 in the country showing that public policies related to safety and health can help to reclaim this scenario. In addition, an important contribution is to create more robust estimates for analyzing mortality rates for small areas. In general, the drop in mortality rates from TA in most micro-regions is a warning sign that public road safety policies and more effective coercive transit measures will continue to watch over society to contain the spread and the fall scenario, especially in those socioeconomically disadvantaged places. Generating impacts on public health, the Epidemiological Transition, in this context, is also extremely important since external causes have been gaining a role at the top of the causes of death.

**Keywords:** Traffic Accidents (TA). Microrregions. Time and Spacial Tendency, Brazil 1996-2015.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Mapas da Média populacional brasileira distribuída percentualmente por Microrregião, homens e mulheres de 15-35 anos, 1996-2015 . . . . .	55
Figura 2 – Gráfico das Taxas de Mortalidade por AT observadas, homens e mulheres de 15-35 anos, 1996-2015, por Grandes Regiões do Brasil, por 100 mil habitantes . . . . .	56
Figura 3 – Mapas da Evolução Espacial da Taxas de Mortalidade por AT observadas, mulheres de 15-35 anos, por Microrregião do Brasil, 1996-2015 . . . . .	62
Figura 4 – Mapas da Evolução Espacial das Taxas de Mortalidade por AT observadas, homens de 15-35 anos, por Microrregião do Brasil, 1996-2015 . . . . .	63
Figura 5 – Taxas de Mortalidade por AT x Taxas de Mortalidade por AT Suavizadas pelo Método Bayes Empírico Local, homens e mulheres de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil . . . . .	65
Figura 6 – Mapa da Distribuição das Taxas de Mortalidade por AT suavizadas (EBS), homens de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100 mil habitantes . . . . .	67
Figura 7 – Mapa da Distribuição das Taxas de Mortalidade por AT suavizadas (EBS), mulheres de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100 mil habitantes . . . . .	69
Figura 8 – Mapas LISA Cluster com EBI para Taxas de Mortalidade por AT, homens de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100 mil habitantes . . . . .	74
Figura 9 – Mapas LISA Cluster com EBI para Taxas de Mortalidade por AT, mulheres de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100 mil habitantes . . . . .	75

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Percentual de Microrregiões com nenhuma ocorrência de óbito por Acidentes de Trânsito nas idades 15-35 anos, por sexo, 1996-2015, Brasil	42
Tabela 2 – Mínimo, Máximo, Média e Desvio Padrão das Mortes observadas por AT por Grandes regiões do Brasil, homens e mulheres de 15-35 anos, 1996-2015 . . . . .	60

# Lista de abreviaturas e siglas

AIH	Autorização de Internação Hospitalar
AT	Acidentes de Trânsito
ATT	Acidentes de Transporte Terrestre
CEDEPLAR	Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais
CID-10	Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde
CFM	Conselho Federal de Medicina
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DALY	Disability-adjusted Life Year (Anos de Vida Perdidos por Incapacidade)
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento de Trânsito
DPVAT	Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre
EBS	Estimador Bayesiano Empírico Local
EBI	Empirical Bayes Index (Índice Bayesiano Empírico)
EM	Estimation Maximization
FACE	Faculdade de Ciências Econômicas
GBD	Global Burden Disease
I	Índice de Moran Local
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IHME	Institute of Health Metrics Evaluation
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LISA	Local Indicators of Spatial Association
MS	Ministério da Saúde

ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SDG	Sustainable Development Goals
SIH	Sistema de Informações Hospitalares
SIM	Sistema de Informação sobre Mortalidade
SMR	Standardized Mortality Ratio
SUS	Sistema Único de Saúde
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UF	Unidade Federativa
WRI	World Resources Institute

# Sumário

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	18
I	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	23
2	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	24
2.1	Introdução	24
2.2	Mortalidade por Causas Externas e Acidentes de Trânsito	25
2.3	O Problema de Pequenas Áreas ao Longo do Tempo	29
2.4	Perfil Espacial e Temporal de Acidentes de Trânsito	34
2.5	Conclusão	37
II	<b>REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS</b>	39
3	<b>METODOLOGIA</b>	40
3.1	Dados	40
3.2	Métodos	43
3.2.1	Suavização Bayes Empírico	46
3.2.2	Autocorrelação Espacial - Os Mapas LISA Cluster	48
III	<b>RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	53
4	<b>RESULTADOS</b>	54
4.1	Análise Descritiva dos Dados e Taxas de Mortalidade Observadas de Acidentes de Trânsito	54
4.2	Estimativas da Suavização Bayes Empírico	64
4.3	Análise Espacial da Mortalidade por Acidentes de Trânsito	73
5	<b>CONCLUSÃO</b>	79
	<b>REFERÊNCIAS</b>	85

# 1 Introdução

A cada uma hora, cinco pessoas morrem em Acidentes de Trânsito (AT) no Brasil, segundo estatísticas do Conselho Federal de Medicina (CMF) para maio de 2019. "Mais de 1.6 milhão de pessoas ficaram feridas nos últimos 10 anos, ao custo de quase R\$ 3 bilhões ao Sistema Único de Saúde (SUS)"<sup>1</sup>. Dentre as causas externas de mortalidade, os AT somam uma parcela significativa dos óbitos de jovens adultos, especialmente no Brasil, estando atrás apenas de homicídios por arma de fogo, segundo dados do Ministério da Saúde (MS).

Do total dos óbitos de jovens adultos, de 15 a 29 anos, por causas externas ocorridos no período de 2000 a 2012, 54.6% foram por agressões e 25.3% por AT. Entre os homens, essas proporções foram de 57.0% e 23.7%, respectivamente. Entre as mulheres jovens adultas, revelou-se ordem inversa: os acidentes de transporte foram a principal causa de óbito por causas externas (38.8%), seguidos pelas agressões (33.9%) e lesões autoprovocadas intencionalmente (10.8%) (NEVES; GARCIA, 2015).

Os AT têm sido, dentro das causas externas de mortalidade, uma das causas de morte e internação que mais se repetem e aumentam no dia a dia no mundo para todas as faixas etárias, especialmente no Brasil para jovens adultos, gerando custos econômicos e para o setor de serviços, saúde e segurança (YWATA et al., 2008; GAWRYSZEWSKI; KOIZUMI; MELLO-JORGE, 2004; NEVES; GARCIA, 2015). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), o total de óbitos saiu de 19 para 23.4 por 100 mil habitantes de 2009 a 2016 só no Brasil.

As fatalidades por AT, além disso, geram perdas decorrentes dos custos com tratamentos, incluindo reabilitação e investigação do acidente, bem como da redução e perda de produtividade (ALCOFORADO, 2016). Os AT custam à maioria dos países 3% do seu Produto Interno Bruto (PIB) segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) e a Organização Mundial de Saúde (OMS). De janeiro de 2008 até janeiro de 2019, segundo os dados do Sistema de Informações Hospitalares (SIH), do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS), o valor gasto pelo SUS com esses atendimentos foi equivalente a R\$ 2.612.983.172,47; com 2.002.248 internações.

Quando analisados os AT em âmbito mundial, os números também são alarmantes. Com efeito, de acordo com a OMS, a cada ano, 1.35 milhão de pessoas vão a óbito por AT no mundo, constituindo-se na oitava causa de morte em todas as faixas etárias, sendo a principal entre indivíduos jovens adultos. A tendência varia espacialmente a nível regional e

---

<sup>1</sup> <<https://g1.globo.com/carros/noticia/2019/05/23/a-cada-1-hora-5-pessoas-morrem-em-acidentes-de-transito-no-brasil-diz-conselho-federal-de-medicina.ghtml>>

ao longo dos anos, também, conforme economia e políticas públicas, como mostra o relatório a respeito de AT na Europa ([European Transport Safety Council, 2007](#)). Além disso, os índices de registro oficiais variam muito, especialmente nos países em desenvolvimento, muitas vezes subreportados, e trabalhos mostram os aumentos significativos quando analisados por métodos de recaptura de dados ([ABEGAZ et al., 2014](#)).

O impacto dos AT, portanto, gera consequências sociais e econômicas, afetando todo o país, mas há uma grande variabilidade ao nível sub-nacional. Estudos como os de [Ladeira et al. \(2017\)](#) sugerem tais impactos a nível de Unidade Federativa (UF) do Brasil revelando que Tocantins e Piauí apresentam os maiores riscos de mortalidade por AT em 2015 em relação às demais UF, mostrando uma tendência ao longo do tempo de deslocamento dos AT para regiões socioeconomicamente desfavorecidas do país.

A probabilidade de se sofrer um AT varia, também, conforme o grupo de usuários ou tipo de veículo ([FERNANDES; BOING, 2019](#)). Na última década, os AT cresceram como morte prematura entre os jovens em 46% e é estimado que, além do número alarmante de pessoas que vem a óbito por AT anualmente, outras 50 milhões de pessoas vêm a ser sequeladas segundo [Andrade et al. \(2014\)](#). O mais recente Relatório de Status Global sobre Segurança no Trânsito da OMS, mostrou que nos últimos 15 anos a taxa de mortalidade no trânsito se manteve estável em relação ao tamanho da população mundial. O fato dos números não terem aumentado pode até soar positivo, mas é preciso lembrar que estamos falando da morte de milhões de pessoas ao ano, além dos milhões de feridos <sup>2</sup>. No entanto, a variabilidade regional e a tendência para os próximos anos não foi discutida com mais detalhes estudos.

Mas, como é a distribuição espacial, em pequenas áreas, das taxas de mortalidade por AT ao longo do tempo para homens e mulheres, jovens adultos? Como avaliar a relevância de sua evolução? Os objetivos, portanto, deste trabalho são: a) gerar boas estimativas de mortalidade por AT em pequenas áreas; b) analisar espacial e temporalmente a mortalidade por AT. Pretende-se estudar as microrregiões do Brasil, para captar variação regional, no período de 1996 a 2016, e a população jovem de 15 a 35 anos, que é a mais impactada pela a mortalidade por AT ([MOREIRA et al., 2018](#)). Os dados estão disponíveis no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) do DATASUS e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Portanto, optou-se por estudo de dados nacionais, do SIM/DATASUS, visto a captação de dados de acordo com os boletins de ocorrência e dados os avanços na completude dos dados de mortalidade nos últimos anos como mostra ([QUEIROZ et al., 2017](#)).

Apesar de se listarem na literatura muitos estudos de mortalidade geral, ainda há uma lacuna para estimativas robustas por causas específicas de morte por pequenas áreas.

<sup>2</sup> <<http://portalods.com.br/publicacoes/relatorio-de-status-global-sobre-seguranca-no-transito-de-2018/>>

Gerar medidas robustas de avaliação das taxas de mortalidade por AT por microrregião do Brasil e, em segundo lugar, fazer uma análise espacial das novas taxas de mortalidade por AT geradas a fim de verificar padrões e tendências temporais e regionais são uma contribuição do estudo. A abordagem principal deste trabalho, portanto, será uma análise espacial e temporal a partir da construção de estimativas robustas de mensuração da mortalidade por AT. Além disso, verificar como as taxas de mortalidade por AT se distribuem no espaço e variam no tempo, por sexo e por microrregião do Brasil, visto a relevância dos AT em se tratando de mortes por causas externas.

O presente trabalho se insere na discussão de estudos para o Brasil que abordam os AT em nível espacial e temporal conjuntamente, discriminando por sexo e por pequenas áreas e, sobretudo, especialmente para os jovens (BAPTISTA; QUEIROZ; RIGOTTI, 2018; PINHEIRO; QUEIROZ, 2020; ANSELIN, 1995; LADEIRA et al., 2017). Vale dizer aqui que as taxas de mortalidade por AT serão comparadas espacialmente a nível de microrregião do país e, temporalmente, na série 1996-2015, para homens e mulheres, na faixa etária entre 15 a 35 anos.

Em se tratando de pequenas áreas, é possível pensar que as microrregiões das Regiões Sul e Sudeste, por serem as mais desenvolvidas do país e possuírem muitas das importantes estradas de interligação de comércio e transporte, detêm as maiores taxas de mortalidade e os maiores números de AT. Por outro lado, são as mais fiscalizadas e com políticas focalizadas de trânsito (IPEA, 2015). Mesmo assim, o comportamento das pessoas em relação ao trânsito pode ser influenciado segundo variações regionais e sociais e a nível de gestão de saúde e escolaridade. Estudos para a avaliação de políticas públicas de AT para cidades nessas regiões mostram essas perspectivas como os de Klabunde et al. (2017), Moretti (2019) e Nunes e Nascimento (2012). A questão do desenvolvimento econômico em relação aos AT é mostrada por Vasconcellos (1999) quando mostra que urbanização e o desenvolvimento econômico geram efeitos significativos nos AT. Enquanto a população cresce a um determinado ritmo, a frota de veículos cresce quase que 10 vezes mais de acordo com o mesmo. Ou seja, pode-se inferir que, dadas as condições econômicas de cada microrregião, as taxas de mortalidade por AT também variam (VASCONCELLOS, 1999).

Estimativas de mortalidade para pequenas áreas são um desafio para demógrafos e pesquisadores de saúde pública por duas razões principais. Em primeiro lugar, há o problema universal das pequenas populações e a alta variabilidade amostral nos óbitos registrados. Com baixas taxas de mortalidade e períodos curtos de exposição, proporções de eventos/exposição observadas são muito instáveis, e a estimativa dos padrões de mortalidade é difícil. Em tais situações modelos de suavização podem preencher a lacuna, além de outros métodos como o usado neste trabalho (SCHMERTMANN; GONZAGA, 2018). Somado a isso, apesar da variação regional, evoluções nos registros de óbito no

Brasil, nos últimos anos, mostram que a cobertura dos dados em pequenas áreas é maior (LIMA; QUEIROZ, 2014).

Além disso, ao se tratar de pequenas áreas, no caso de microrregiões do país, lida-se com problemas nas estimativas gerados essencialmente por flutuações aleatórias. A ideia de Marshall (1991) e que será também aplicada neste trabalho, é construir estimadores capazes de utilizar informações de áreas maiores para melhorar a estimativa dessas pequenas áreas, no caso microrregiões do Brasil conforme o IBGE. Por isso, se torna necessário encontrar maneiras eficazes de tornar comparáveis essas taxas, sem que elas estejam como insumos, número de óbitos por AT e número de população enfiados com base no pressuposto de flutuações aleatórias no tempo e espaço.

Cabe aqui dizer que o georreferenciamento se torna essencial para se mostrar áreas de risco por AT. Os dados tratados do SIM/DATASUS são essenciais nesse aspecto pois fornecem os insumos de dados de local de ocorrência e residência dos AT por sexo, ano e idade, sendo possível de se estimar taxas mais robustas a nível espacial (SOUZA et al., 2009). Na demografia, os estudos espaciais tem contribuído significativamente para avanços no estudo de métodos de análises de padrões e tendências na sociedade, para se analisar a dispersão espacial do risco de ocorrência de um determinado evento (MATTHEWS; PARKER, 2013). Apesar de densidade, aspectos sociais e regionais já fazerem parte da demografia formal ao se investigar questões não só de mortalidade, mas de fecundidade e, principalmente, de migração Wachter (2005) ressalta aspectos que facilitaram os estudos atuais como os avanços nas coordenadas geográficas.

Devido à hipótese de que há heterogeneidade na distribuição espacial dos óbitos por AT, as microrregiões, foco deste estudo, são as 558 propostas pelo IBGE (BAPTISTA; QUEIROZ, 2019b). Vale citar um estudo brasileiro recente em que Baptista, Queiroz e Rigotti (2018) exploram a análise espacial para doenças cardiovasculares no país e mostram como é importante esse tipo de estudo e análise para averiguar os diferenciais de gênero e regionais. A nível de pequenas áreas, identificar áreas de risco e propor intervenções direcionadas à redução da mortalidade são mérito do mapeamento na demografia (CARVALHO et al., 2012). Essas propriedades do mapeamento motivam a averiguar os diferenciais para o caso de AT por sexo e para pequenas áreas, no caso microrregiões do Brasil. Nessa linha um estudo semelhante ao aqui proposto de Pinheiro e Queiroz (2020), avalia para municípios do Brasil os impactos de AT por motos e mostra que há um espalhamento das mortes no país, evidentemente em direção às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente.

É interessante de se notar que os AT ocorrem em todo país e acometem homens e mulheres de formas diferentes, bem como visto na plataforma do IHME/GBD. Assim, também, essa distribuição ocorre espacialmente de maneiras distintas e desigual por sexo e especialmente no Brasil ao longo dos anos como mostram (PINHEIRO; QUEIROZ, 2020; SOUZA et al., 2009; MENDONÇA; SILVA; CASTRO, 2017). A contribuição deste

trabalho, inserido no contexto de causas externas, é o fato de poder avaliar para pequenas áreas, em especial as microrregiões do Brasil, o contexto espacial e temporal, na série 1996-2015, dos AT por sexo no país, diferentemente de outros trabalhos, como os citados anteriormente, que por vezes avaliam um ponto do tempo ou para o país como um todo.

Somado a isso, estimar taxas de mortalidade por pequenas áreas, com as devidas correções para comparabilidade, ao longo do tempo e espaço, para verificar se há um padrão ou tendência importante da mortalidade por AT. Pretende-se ver se os óbitos por AT estão concentrados em alguma parte do país ou se há um espalhamento a nível de microrregião e ao longo do período de análise, 1996-2015. Ressaltando que essa análise será para homens e mulheres entre os 15 a 35 anos. Nesse caso, é uma contribuição deste trabalho, verificar como as microrregiões são importantes, pois elas estão captando, indiretamente, informações sobre desenvolvimento econômico, demográficas e sociais, especialmente para os jovens.

O trabalho está assim dividido em 3 Partes: Revisão de Literatura; Referenciais Teóricos e Metodológicos; e Resultados e Considerações Finais. A Parte I, Revisão de Literatura, está dividida em 5 Seções: Introdução; Mortalidade por Causas Externas e Acidentes de Trânsito; O Problema de Pequenas Áreas ao Longo do Tempo; Perfil Espacial e Temporal de Acidentes de Trânsito; e Conclusão. A Parte II, Metodologia, tem 2 Seções: Dados; e Métodos. A Seção de Métodos tem 2 Sub-seções: Suavização Bayes Empírico; e Autocorrelação Espacial - Os Mapas LISA Cluster. A Parte III está dividida em 2 Capítulos: Resultados; e Conclusão. O Capítulo de Resultados tem 3 Seções: Análise Descritiva dos Dados e Taxas Observadas de Acidentes de Trânsito; Estimativas da Suavização Bayes Empírico; e Análise Espacial da Mortalidade por Acidentes de Trânsito.

# Parte I

## Revisão da Literatura

## 2 Revisão da Literatura

### 2.1 Introdução

O intuito aqui proposto é situar a mortalidade por AT dentro das causas externas como uma relevante causa de morte no contexto brasileiro. Ademais, a alta proporção de óbitos relacionada aos AT confere a motivação do estudo do perfil espacial e temporal da mortalidade por AT. O objetivo primordial desse trabalho é propor estimativas mais robustas no tempo e espaço para a mortalidade por AT. Além disso, verificar o perfil espacial de AT, por microrregião e sexo, ao longo da série 1996-2015, dentro da faixa etária 15-35 anos.

A importância deste estudo está no fato de contribuir para a literatura referente à mortalidade por causas externas de jovens adultos. Os AT são uma parcela significativa dessas mortes, ocupando o 2º lugar atrás de mortes violentas, segundo estatísticas do IHME. Além disso, estudar o perfil espacial e temporal dos AT se faz necessário com o intuito de se entender a distribuição da mortalidade por tal causa no território brasileiro a nível de pequenas áreas e motivar políticas públicas capazes de minimizar seus impactos na economia e na saúde.

Estudos como os de [Ladeira et al. \(2017\)](#), [Pinheiro e Queiroz \(2020\)](#) ressaltam que a nível de pequenas áreas a distribuição espacial dos AT merecem atenção. A unidade de análise deste trabalho são os óbitos por AT nas microrregiões do Brasil na série histórica 1996-2015. Trabalhos como de [Baptista, Queiroz e Rigotti \(2018\)](#) mostram que a espacialidade de causas de morte a nível de microrregião e ao longo dos anos pode ser um indicador essencial na construção de medidas capazes de minimizar tais fatalidades e importantes sinalizadores de políticas de saúde pública.

Dessa forma, visa-se notificar o espalhamento ou concentração das taxas de mortalidade por AT no período analisado, por microrregião do país. São analisados os óbitos por local de ocorrência, visto que a fatalidade ocorre no momento do acidente e não no local de residência.

Em se tratando de pequenas áreas, sabe-se que há flutuações aleatórias quanto aos eventos de óbito e por isso, são necessários ajustes que corroboram para medidas sintéticas mais robustas para a análise. As estatísticas de população residente, consideradas na construção das taxas, não é de fato a exposição ao risco de se sofrer AT, pois deveria se ter em média o número de veículos e pedestres que transitam em determinada via para avaliação do componente de risco de se sofrer um AT, mas foi a estatística disponível mais ideal como proxy de número de veículos e pessoas expostos aos AT.

Correções nos dados, portanto, se fazem necessárias. Erros por subregistro não foram considerados visto que, nos últimos anos, o registro de óbito no Brasil têm melhorado (QUEIROZ et al., 2017; PINHEIRO; QUEIROZ, 2020; BAPTISTA; QUEIROZ; RIGOTTI, 2018). No caso de óbitos por AT, a base SIM/DATASUS espelha dados provenientes de Boletins de Ocorrência, aumentando a confiabilidade das informações ao longo dos anos. Mesmo havendo variabilidade regional quanto ao preenchimento dos Boletins e nem sempre as bases de dados serem interligadas, esse foi o cenário mais ideal de trabalho para captar as microrregiões do país (BACCHIERI; BARROS, 2011; JORGE; LATORRE, 1994). As demais seções vão tratar em particular dessas questões.

## 2.2 Mortalidade por Causas Externas e Acidentes de Trânsito

Dentre as causas de morte os AT são a 4ª causa mais relevante no contexto de morbimortalidade no Brasil, entre 15 a 49 anos, segundo a plataforma do IHME/GBD <sup>1</sup>. De maneira geral, a literatura sobre as causas externas de mortalidade para faixa etária jovem é extensa e este trabalho se insere na discussão de modo a contribuir para o estudo da distribuição espacial e temporal por AT a nível de pequenas áreas. O recorte etário a ser estudado aqui é de 15 a 35 anos, pois segundo (ANDRADE; MELLO-JORGE, 2016) adultos jovens são os que mais morrem por AT.

Os AT, dentro das causas externas de mortalidade, são um grupo que merece atenção devido ao crescimento percentual de suas taxas de mortalidade de aproximadamente 30% para o Brasil ao longo dos anos, conforme o DATASUS. Também é uma causa relevante de morte para diversos países. Não é de se assustar quando vemos o aumento da frota de veículos nas ruas e políticas facilitadoras de compra de automóveis dados o crescimento econômico das últimas décadas. Os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África de Sul) experimentaram um crescimento econômico acelerado nos últimos anos, com aumento no tráfego de veículos, mas não investiram o suficiente em sistemas para aumentar a segurança das vias, acarretando em aumento de lesões, mortes por AT e aumento dos Anos de Vida Perdidos por Incapacidade (DALY) (LADEIRA et al., 2017).

Um estudo com base, também, no GBD, proposto por Campos et al. (2015) comprovou que, no Brasil, em 2008, dentre as causas externas, os AT são a segunda causa que mais mata, chegando a 29.1% dos óbitos. Na literatura enumera-se alguns estudos com base no GBD. A metodologia do Carga de Doença pode ser vista em um trabalho das instituições ENSP, FIOCRUZ e FENSPTEC (2002) e suas projeções em Leite et al. (2013).

Ao se falar de AT, é claro, é preciso se ter em mente a relevância desta causa sobre a mortalidade e isso nos confere a responsabilidade de se entender melhor sobre

<sup>1</sup> <<https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>>

a Transição Epidemiológica, aqui em especial para o Brasil. O padrão de doenças no Brasil, segundo [Schramm et al. \(2004\)](#), mostra que velhos e novos problemas de saúde coexistem, diferentemente dos países desenvolvidos. Mesmo assim, as causas externas foram responsáveis por cerca de 10% do total do DALY em estudo feito entre 1998 e 2008 por [Mendes et al. \(2015\)](#). Entretanto, o mesmo estudo mostra que sua distribuição interna é marcada por diferenças entre as regiões do Brasil, com queda no Sudeste e aumento no Norte e Nordeste. As altas proporções de mortes por causas mal definidas no Brasil são preocupantes, indicando problemas relacionados ao acesso e à qualidade do atendimento médico recebido pela população, além de comprometer a confiabilidade das estatísticas de mortalidade por causas de morte ([FRANÇA et al., 2014](#)).

Em se tratando de causas externas, os AT colocam o Brasil em 5º lugar entre os países com maior número de mortes no trânsito, precedido pela Índia, China, EUA e Rússia e número de óbitos por AT no país em 2009 foi de 37.635, sendo a primeira subcausa dentro do grupo das causas externas para as faixas etárias de 10 a 14 anos e 40 a 59 anos. Nas demais, é a segunda causa de morte ([LIBÂNIO; NETO; MARIA, 2012](#)). A mortalidade jovem por AT chama a atenção nessas informações. Por isso, o objetivo desse trabalho se insere no contexto de analisar a tendência temporal e espacial para os homens e mulheres jovens de 15 a 35 anos e verificar a nível de microrregião se há um padrão ou uma tendência de dispersão das taxas de mortalidade por AT.

Os dados de AT são alarmantes como questão de saúde pública tanto para o Brasil como para o mundo e os números de óbitos mostram isso. No ano de 2015 foram estimados 52.326 óbitos por AT no Brasil conforme [Ladeira et al. \(2017\)](#). Os mesmos autores citam que os AT foram responsáveis por 1.2 milhão de mortes em todo o mundo em 2012, acometendo principalmente jovens de 15 a 29 anos do sexo masculino.

Estudar AT merece atenção não só devido sua alta probabilidade de morte relacionada, mas também às internações como [Pinheiro e Queiroz \(2020\)](#) verificam para motocicletas no Brasil a nível de municípios. No entanto, uma lacuna a se explorar é a espacialidade, a nível de microrregião, da mortalidade por AT ao longo de uma série histórica no país. A plataforma do IHME, por exemplo, já disponibiliza dados referentes a mortalidade por AT a nível de UF. Trabalhos como o de [Ladeira et al. \(2017\)](#) também se valem das UF como unidade de análise. A situação dos AT tende a se agravar ainda mais num contexto de expansão da frota de veículos automotores que o Brasil está vivendo desde o final do século passado segundo o Relatório ([IPEA, 2015](#)). A variação da frota supera a variação da população em crescimento em quase 10 vezes segundo estudo de ([LIBÂNIO; NETO; MARIA, 2012](#)).

Ao se falar em AT, temos uma problemática de segurança pública e que exige monitoramento constante, políticas e medidas públicas. Um estudo de caso em São José dos Campos, São Paulo, Brasil, mostrou que após a Nova Lei de Trânsito 9503/97, houve

sim uma queda das internações hospitalares e das taxas de mortalidade, mas depois de 2001 houve um aumento observado novamente, visto que anteriormente à lei, os AT eram bem mais recorrentes (MELIONE, 2004). O autor ressalva a importância do monitoramento contínuo de trânsito. Por isso, a sociedade seja ela pedestre ou condutor deve ser consciente em relação aos AT e daí a importância dos estudos relacionados. Podemos citar o artigo de conscientização do seguro de Danos pessoais causados por veículos automotores de via terrestre (DPVAT) como uma medida cabível de conhecimento da população sobre o trânsito (Seguradora Líder, 2017).

Como exemplo do trânsito no mundo, Blincoe et al. (2015) diz sobre os EUA e o quanto monetariamente é custoso para o serviço saúde e político os AT. Reforça que além da mortalidade existem aqueles que são lesionados ou ficam com sequelas permanentes. Além disso estima o custo econômico e social das perdas que os AT acarretam para a sociedade como o custo doméstico, o custo no mercado de trabalho, gastos em saúde, congestionamentos, gastos com combustível e consequente desgaste com o meio ambiente. Ou seja, impactos econômicos também são consequências dos AT. Para a Europa, o Relatório de Acidentes de Trânsito, European Transport Safety Council (2007), mostra que há variabilidade das taxas de AT e inclusive problemas na reportação do dados. Já para países em desenvolvimento, em especial os mais pobres, verifica-se um aumento nos casos de morte, mesmo com dados subreportados (ABEGAZ et al., 2014).

Fatores demográficos, sociais e geográficos influenciam o risco de acidentes fatais e não fatais como ocupante de veículos motorizados, motociclista, ciclista ou pedestres como mostra um estudo para Suíça de Spoerri, Egger e Elm (2011). Por isso, a distribuição espacial dos AT também é relevante estudo a nível global. Como exemplo, indicadores de risco são utilizados para se analisar os AT na Turquia a nível de pequenas áreas, a fim de se entender e conter o número de vítimas (ERDOGAN, 2009).

Dessa forma, verifica-se que a mortalidade por AT se enquadra como um problema de saúde e segurança públicas que merece atenção em todo o mundo. Muitas vezes, os AT são evitáveis, principalmente quando resultados de medidas imprudentes no trânsito. Ademais, no Brasil, especificamente, país em desenvolvimento, no qual as causas externas vem ganhando expressividade, é importante que estudos como esse aqui proposto sejam revelados a fim de verificar a espacialidade no tempo e por sexo dos AT para se garantir políticas públicas eficazes no que diz respeito à redução de acidentes fatais e não fatais nas vias do país.

O Brasil é um dos países com o trânsito mais violento do mundo segundo o OMS, ocupando a 4ª colocação no ranking de países com mais mortes no trânsito no Continente Americano. Nos últimos anos o país tenta conter o alto número de acidentes através de medidas coercitivas de trânsito. Tais medidas não terão sua eficácia testada neste trabalho, mas é importante se ter em mente que há um esforço em se minimizar as fatalidades, mesmo

que elas possam ser impostas e fiscalizadas de maneiras distintas conforme diferenciais regionais. Desde a implantação, em 1998, do Novo Código de Trânsito Brasileiro as taxas de mortalidade por AT mantém-se estável (em torno de 20 mortes por 100 mil habitantes) conforme Bacchieri e Barros (2011), superior às taxas do Japão, Suécia e Canadá (de 5 a 8 mortes/100 mil habitantes). Segundo o mesmo trabalho, as novas leis, o controle municipal do trânsito, a melhoria da segurança dos veículos e a fiscalização eletrônica não conseguiram diminuir significativamente as mortes, incapacidades e sequelas permanentes devido aos AT.

No mundo, a ONU tem uma preocupação muito grande com o aumento dos casos de AT, tanto é que em Maio de 2011 decretou que deste ano a 2020 almeja diminuir em 50% o número de acidentes com a Década de Ação para Segurança no Trânsito. A Campanha Educativa Maio Amarelo <sup>2</sup> também é um meio de difundir a causa. Segundo a instituição, os AT são a terceira maior causa de morte entre a faixa etária de 30 a 44 anos e pode a passar a ser a quinta maior causa de mortalidade em 2020 se nada for feito.

Neste outro estudo, os autores Mendes et al. (2015) fizeram uma comparação entre a evolução da carga de causas externas no Brasil nos anos de 1998 e 2008, estimando pelo GBD e pelo DALY. Em ambos os anos os DALYs de causas externas representaram quase 10% do total, se tornando mais intencional e letal. Além disso diferenciais por região foram notáveis, que até balizam políticas públicas. Daí a importância de se verificar ao longo dos anos o comportamento das taxas de mortalidade por AT na medida em que, a nível de microrregião, podem ser fontes influentes e eficazes de incentivo a políticas públicas de segurança viária e saúde. Além disso, é necessário fazer menção que, ao longo da série estudada, 1996-2015, o Brasil passou por diversas transformações econômicas que, possivelmente, podem ajudar como pano de fundo na discussão da forma em que a evolução do perfil espacial de mortalidade por AT no Brasil e microrregiões se dá ao longo dos anos.

Os AT são responsáveis por grandes consequências econômicas e sociais, elevado custo ao sistema de saúde e constituem-se em grande ameaça para todos os usuários das vias públicas (OLIVEIRA; SOUZA; CUNHA, 2017). A perda de poupança, o endividamento das famílias, os danos nos veículos e danos à propriedade, ausência no trabalho e escola e os gastos com serviços de resgate e de saúde estão entre as possíveis consequências econômicas (PINHEIRO; QUEIROZ, 2020). Mas, por outro lado, a economia também pode influenciar na ocorrência de AT e em sua variabilidade regional e temporal, identificando a relação entre a ocorrência de AT e variáveis socioeconômicas. Em estudo para motos, Pinheiro e Queiroz (2020) mostram essa discussão validando que áreas economicamente favorecidas tendem a ter menores taxas de mortalidade visto a maior fiscalização e comportamento das pessoas diante das medidas coercitivas.

<sup>2</sup> <<https://maioamarelo.com/yellowmay/>>

Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) mostram que os AT em rodovias custam à sociedade brasileira, em média, cerca de R\$ 40 bilhões por ano, enquanto os acidentes nas áreas urbanas, em torno de R\$ 10 bilhões. O custo relativo à perda de produção responde pela maior parte desses valores, seguido pelos custos hospitalares.

Visto isso, fica-se claro que estudar AT é uma oportunidade de se entender melhor sua distribuição no país e tentar promover uma gestão eficaz de políticas públicas para conter os agravos de os AT virem a se tornar uma epidemia a nível nacional. Além disso, analisar tendências e possíveis padrões de concentração ou espraiamento das taxas de mortalidade por AT é importante a fim de direcionar melhor essas políticas quanto a local de ocorrência e população de risco.

## 2.3 O Problema de Pequenas Áreas ao Longo do Tempo

Estudar a mortalidade por AT ao longo do tempo merece atenção pelo fato de que medidas coercitivas de trânsito, novas tecnologias, novos tipos de veículos, novas estradas e novos condutores estão sempre em renovação. Somado a isso, tem-se o desenrolar da Transição Epidemiológica no país, que transforma o cenário de doenças, afetando os contextos populacional, econômico e social ao longo dos anos. Devido aos AT, 3400 mortes ocorreram por dia em 2012, segundo a OMS. Estes eventos também são responsáveis por milhões de feridos e seus consequentes desfechos e complicações. A nível de pequenas áreas, a distribuição dos AT por sexo é um indicativo do comportamento das taxas de mortalidade respeitando os diferenciais regionais e sociais, possibilitando a criação de políticas públicas focalizadas e eficazes quanto a saúde e segurança viária.

Um problema comum na estimação de taxas em pequenas áreas é a flutuação aleatória como verificam [Pinheiro e Queiroz \(2020\)](#), [Baptista, Queiroz e Rigotti \(2018\)](#) em seus trabalhos para verificação da ocorrência da mortalidade por motocicletas e para doenças cardiovasculares em pequenas áreas do país, respectivamente. Quanto mais desagregadas as informações, mais complexo se torna o trabalho de estimar qualquer indicador social ou demográfico ([JUSTINO; FREIRE; LUCIO, 2012](#)). Este fenômeno ocorre quando são estimadas taxas, índices ou proporções, sejam elas de fecundidade, mortalidade ou migração, em se tratando de variáveis sociodemográficas, para áreas que tenham baixo contingente populacional e/ou quando os eventos são raros. Neste trabalho lida-se com microrregiões que estão sujeitas a ter uma população numericamente pequena e os AT são eventos raros em algumas delas, podendo ser zero em alguns anos.

No entanto, isso não significa que o risco de sofrer AT nessas microrregiões é nulo. A exposição ao risco ocorre da mesma forma, porém, devido aos pequenos números envolvidos na construção das taxas de mortalidade, há flutuações aleatórias ao longo dos anos nesses locais. Nessas áreas, a variabilidade dessas taxas é muito alta, e com o acréscimo ou

decréscimo de poucos casos a taxa aumenta ou diminui de forma exorbitante (SOUZA; FREIRE, 2012).

O mapeamento das taxas de ocorrência dos eventos é um importante instrumento para o direcionamento de políticas públicas (CARVALHO et al., 2012). Na mesma linha, um dos principais trabalhos que discorre sobre o tema é o de Marshall (1991), que considera o mapeamento de taxas de mortalidade e de doença uma ferramenta epidemiológica de grande utilidade. Os mapas de incidência, como apresentam Assunção et al. (1998), apresentam três objetivos principais: descritivo, ou seja, para a visualização da distribuição espacial da doença; exploratório, que visa identificar possíveis determinantes locais e, assim, auxiliar na formulação de hipóteses; apontar associações, para os casos em que há suspeita prévia.

A identificação de padrões espaciais de distribuição pode auxiliar no desenvolvimento de medidas de prevenção e controle (PINHEIRO; QUEIROZ, 2020). No entanto, as taxas brutas observadas em microrregiões não são indicadas para a realização das análises necessárias, uma vez que podem sofrer grande influência de flutuação aleatória (CARVALHO et al., 2012; ASSUNÇÃO et al., 1998; JUSTINO; FREIRE; LUCIO, 2012; MARSHALL, 1991).

Por serem pouco populosos, como afirma Carvalho et al. (2012), o baixo número de casos observados em uma microrregião pode resultar em estimativas pouco representativas, ou mesmo distorcidas em relação às taxas observadas e do risco subjacente. Os mesmos autores observam que para eventos relativamente raros (a morte por AT em uma microrregião pouco populosa, por exemplo), muitas vezes, as taxas brutas podem ser iguais a zero, o que não significa dizer que há ausência de risco associado. Em alguns casos, taxas brutas iguais a zero são reflexos de uma janela temporal que não foi suficientemente longa (CARVALHO et al., 2012).

Outro problema potencial com as taxas de mortalidade para pequenas áreas é que, como o denominador, referente aos números de população, é pequeno, a variabilidade nas estimativas tende a ser muito grande. De modo geral, pequenas áreas apresentarão uma menor população sob risco de ocorrência do fenômeno de interesse (ASSUNÇÃO et al., 1998). Assim, o acréscimo ou decréscimo de uma unidade pode representar grande variação nas estimativas. O grau de variabilidade aleatória está associado ao tamanho das unidades geográficas analisadas e os autores destacam, ainda, que, estatisticamente, em função da diferença na variância, as estimativas dessas áreas não são comparáveis. Além disso, para estudos de causas específicas, a flutuação aleatória pode ser ainda mais significativa.

A ideia do estimador Bayes Empírico de James-Stein, operacionalizado e analisado no estudo de Marshall (1991) e que será também aplicado neste trabalho, é utilizar informações de áreas maiores para melhorar a estimativa dessas pequenas áreas, aqui, no caso, as microrregiões do Brasil, amenizando, assim, os efeitos da flutuação aleatória.

Será considerada e estabelecida uma vizinhança conforme as microrregiões do IBGE. A definição dos vizinhos de cada observação servirá de base para a definição dos parâmetros *à priori*. Ou seja, as taxas das pequenas áreas irão convergir em direção à média das taxas de seus vizinhos. Assim, uma suavidade espacial mais próxima da realidade dos eventos de interesse será construída.

As flutuações aleatórias, portanto, são significativas em função da variância e diferença dos denominadores das estimativas quanto menor for a área, por isso muitas vezes utiliza-se estimadores bayesianos e taxas suavizadas como fizeram [Justino, Freire e Lucio \(2012\)](#) e pretende-se fazer nesta dissertação. Ressalta-se aqui uma das formas propostas para resolver a problemática da qualidade dos dados de óbito em pequenas áreas, quando em seu trabalho elaboram uma estimação de subregistros de óbitos com os métodos bayesiano empírico e algoritmo Estimation Maximization (EM), com análise de Cluster. Também, [Assunção et al. \(2005\)](#) discutem sobre a qualidade dos dados em pequenas áreas. Muitas vezes, pequenas áreas têm pequenas populações de risco que produzem estimativas instáveis. Isto é particularmente verdadeiro quando as populações locais são ainda desagregadas por idade segundo os mesmos autores. A metodologia proposta de suavização e análises espaciais também é usada em trabalho semelhante, mas para motos, não para AT em geral, de [Pinheiro e Queiroz \(2020\)](#).

Há ainda que se discutir sobre a qualidade dos dados de mortalidade no Brasil, em especial para pequenas áreas. Em se tratando de informações de mortalidade, a ausência de registros de óbitos tem maior impacto quanto menor for a população. Por isso, é justamente em pequenas áreas onde mais se percebe o efeito dos subregistros ([JUSTINO; FREIRE; LUCIO, 2012](#)). Além disso, existe a categoria das causas mal definidas de óbito que também diminuíram suas estatísticas devido ao melhor preenchimento e registro dos Atestados de Óbito ([QUEIROZ et al., 2017](#)).

Nesse sentido, como a unidade de análise deste trabalho são as microrregiões do IBGE, visa-se estimar com cuidado a metodologia aplicada a fim de se evitar erros por subregistros e impactos de áreas menores na subnotificação de óbitos. Por outro lado, nos últimos anos é notável nos últimos anos a melhoria da qualidade dos dados de mortalidade, em especial desde 1980 ([QUEIROZ et al., 2017](#)). No Sudeste e no Sul, os autores observam a cobertura completa do registro de mortalidade de adultos, o que não ocorreu na década anterior. No Nordeste e Norte, ainda havia locais com baixa cobertura de 2000 a 2010, embora tenha havido uma clara melhora na qualidade dos dados. O impacto na melhoria da qualidade da informação sobre causas de óbito no Brasil e a reclassificação de causas mal-definidas é importante para estudos na área da saúde e para gestores de políticas de saúde pública ([MARINHO et al., 2019](#)).

De forma geral, para todos os estados brasileiros, houve um declínio na probabilidade de mortalidade de adultos. No entanto, nota-se que a probabilidade de morte para os

homens é muito maior do que a das mulheres durante todo o período de análise. Além disso, o aumento da cobertura dos dados de mortalidade no Brasil é associado ao projeto de redução das causas de morte mal definidas - capítulo XVIII da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID-10) do Ministério da Saúde (MS) e da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) (MARINHO, 2019).

Os resultados obtidos em um trabalho de Lima e Queiroz (2014) mostram que a cobertura do registro de óbito no Brasil saltou de 80% em 1980-1991 para mais de 95% em 2000-2010. Ao mesmo tempo, o percentual de causas mal definidas de mortes reduziu cerca de 53% no país. A análise sugere que os esforços do governo para melhorar a qualidade de dados no Brasil são bem sucedidos de forma geral. Modelos de suavização de taxas de mortalidade específicas por idade em pequenas áreas, como a Regressão Bayesiana, ao mesmo tempo em que contabilizam a incerteza sobre o nível de registro de óbitos produzem estimativas mais robustas para as taxas observadas (SCHMERTMANN; GONZAGA, 2018).

Outros trabalhos também avaliam a distribuição espacial de riscos de diferentes causas de doenças em pequenas áreas por meio do estimador Bayes Empírico. Para fornecer uma visão da distribuição territorial da hanseníase por meio de taxas de detecção brutas e suavizadas, analisando as diferenças entre essas distribuições e identificando áreas de possível subregistro de casos ou de provável alta transmissão e risco Souza et al. (2001) desenvolvem, a partir de uma abordagem ecológica, a análise por meio da suavização a fim de contribuir para desvendar o processo endêmico real. Mapas gerados a partir de taxas Bayesianas também contribuem para averiguar a distribuição espacial da incidência de câncer na Escócia (CLAYTON; KALDOR, 1987).

Analisando os AT decorridas fatalidades por motocicletas, Pinheiro e Queiroz (2020) também se valem de taxas suavizadas para municípios brasileiros. Como exemplo de uso da Autocorrelação Espacial por meio de LISA Cluster podemos citar Baptista, Queiroz e Rigotti (2018) que avaliam doenças cardiovasculares por microrregião do Brasil, no período 1996-2015, também avaliados em 4 quinquênios, como aqui proposto.

Ao se falar na qualidade dos dados de mortalidade por causas externas, vale dizer que para os casos de acidentes e violência, Filho, Cortez-Escalante e França (2016) fizeram uma revisão sistemática em 2016 que filtra no intervalo 1996 a 2015 trabalhos sobre mortalidade e um dos achados foi que a subnotificação de causas externas não foi significativamente diferente do que ocorre no total de óbitos. Mas espacialmente isso pode ocorrer diferente no país, quanto a distribuição das ocorrências de fatalidades. O trabalho de França et al. (2008) mostra que no Nordeste a qualidade de informação é bem menor percentualmente que no Sudeste, cerca de 10 a 15% de diferença. Sendo assim, a espacialidade conta como um fator importante na qualidade dos dados de morte assim como o fator temporal.

De acordo com [Campos et al. \(2015\)](#) "A proporção de óbitos com causas mal definidas é considerada um indicador para avaliar a qualidade de um sistema de informações sobre óbitos e, quando elevada, os estudos das causas de morte, especialmente os estudos de séries temporais e as distribuições das causas por sexo e idade, podem ficar prejudicados." Nessa perspectiva, [França et al. \(2014\)](#) propõem uma redistribuição das causas mal definidas para melhor estimação do risco das causas de morte no Brasil. Por isso, avalia-se que são necessários propor ajustes que permitam a comparabilidade espacial das taxas de mortalidade por AT a nível de microrregião e ao longo da série 1996-2015.

Ao se comparar homens e mulheres ao longo do tempo a diferença entre sexos é nitidamente identificada na razão da mortalidade por causas externas, que chega a 7.5 vezes mais entre os homens comparativamente às mulheres, especialmente o risco é maior entre os jovens. Acrescenta-se, ainda, a diferença regional, cuja razão chega a 8.9 no Norte e 8.8 no Nordeste versus 6.5 no Sul, 6.6 no Centro-Oeste e 6.8 no Sudeste. Destacam-se Pará e Amapá na região Norte e Alagoas na Nordeste, a menor razão, 4.9, foi verificada em Roraima ([MOURA et al., 2015](#)). Em se tratando de AT no contexto das causas externas, [Libânio, Neto e Maria \(2012\)](#) mostram que a taxa de mortalidade por AT entre 2000 e 2010 variou de 18 para 22.5 óbitos por 100 mil habitantes. O risco de morte para pedestre reduziu, os de ocupantes de veículos e de motocicletas apresentaram crescimento.

Entre 1990 e 2015 os AT causaram um impacto econômico de quase 5% do PIB Brasileiro para homens e 0.5% para mulheres no último ano de análise. O impacto é notável especialmente no grupo 25 a 29 anos financeiramente ([SILVA; QUEIROZ, 2017](#)). Segundo a Escola Nacional de Seguros, a qual lançou o estudo "O impacto da Lei Seca nas perdas de vidas e produção", em Agosto de 2017, mostra que devido a Lei Seca o governo economizou em perdas de produção mais de R\$ 10 bilhões e evitou, aproximadamente, 15.8 mil mortes. Em relação aos pedestres, um estudo ecológico de série temporal mostrado por [Fernandes e Boing \(2019\)](#) diz que apesar da mortalidade entre pedestres estar diminuindo em todas as regiões, os números atuais ainda representam uma grande parcela da mortalidade no trânsito.

No caso das internações decorrentes por AT, [Batista e Myrrha \(2011\)](#) sugerem que apenas em 2005 70% dos recursos eram capazes de arcar com as internações dos indivíduos lesionados com AT. Isso sugere, segundo os autores que a proporção recolhida pelo DPVAT será suficiente para arcar nos próximos anos com a demanda. Mais uma evidência aqui de que demandas econômicas e de saúde da população podem afetar as taxas de mortalidade por AT ao longo dos anos e com variabilidade regional.

A Secretaria de Políticas de Saúde do Ministério da Saúde lançou em 2002 o Programa de Redução da Morbimortalidade por Acidentes de Trânsito: Mobilizando a Sociedade e Promovendo a Saúde. Este Programa visa reduzir a epidemia de AT propondo medidas e "estratégias de promoção da saúde e de prevenção de acidentes e, também,

adequando as ações relativas à assistência, à recuperação e à reabilitação das vítimas de alguma forma de violência". Envolvendo questões quanto a morbimortalidade e estratégias e diretrizes, especialmente em relação ao Sudeste e litoral, áreas, pelo menos na época, mais entendidas como atingidas em maior grau por AT. Os mais recentes Programas de redução da mortalidade por AT estão dentre as metas da Década de Ação pela Segurança no Trânsito, 2011-2020, e a Campanha Maio Amarelo da ONU.

Uma análise temporal da mortalidade por AT foi feita por [Libânio, Neto e Maria \(2012\)](#) na década de 2000 a 2010. A análise foi para verificar a tendência e aglomerados de risco. Calcularam-se as taxas padronizadas por idade, para Unidades Federadas e municípios por porte populacional, as quais variaram de 18 para 22.5 óbitos por 100 mil habitantes. O risco por pedestre diminuiu, mas, pelo contrário, o de veículos aumentou, com ampliação nas áreas da região Nordeste. Verifica-se, portanto, a importância de se analisar não só espacialmente, mas ao longo do tempo, como ocorre e se ocorre de fato uma dispersão das taxas de mortalidade por AT ao longo dos anos, aqui em especial, na série 1996-2015.

## 2.4 Perfil Espacial e Temporal de Acidentes de Trânsito

Estudar o perfil espacial é importante para constatar homogeneidade ou heterogeneidade dentro de uma região. Focando em pequenas áreas, aqui em microrregiões, e levando em consideração a diversidade regional brasileira, se torna relevante estudar como se comporta a distribuição das taxas de mortalidade por AT na série temporal de 1996 a 2015 sustentando mudanças políticas e econômicas diferenciadas, também, por sexo e outros quesitos demográficos aqui não em foco.

Um trabalho que mostra a diversidade regional do Brasil é de [Baptista, Queiroz e Rigotti \(2018\)](#). Neste estudo uma decomposição das taxas de mortalidade por doenças cardiovasculares na população adulta para as microrregiões brasileiras entre 1996 e 2015 foi feita e constataram que houve concentração nas áreas de maior status socioeconômico. O que faz sentido devido a Transição Epidemiológica e o estágio de doenças crônicas. No entanto, a hipótese aqui desenvolvida é a oposta já que a dispersão espacial é promovida pela facilidade de hoje em dia se ter um veículo; devido a microrregião de ocorrência do óbito muitas vezes ser diferente da microrregião de residência, já que a fatalidade vem a ser no momento do AT; AT ser uma causa externa de mortalidade e atingir, mesmo que em maior proporção os de 15 a 35 anos, todas as faixas etárias, podendo ser fatal em qualquer idade e em qualquer região. Para AT, [Ladeira et al. \(2017\)](#) estudam a diversidade espacial a nível de UF.

Pelo mundo também se constatam diferenciais ao longo do tempo e no espaço. Os estudos procuram identificar áreas de maior risco e propor medidas de minimização

de acidentes fatais e sequelados, como por exemplo [European Transport Safety Council \(2007\)](#), [Abegaz et al. \(2014\)](#) para a União Europeia e para a Etiópia respectivamente. A iniciativa Maio Amarelo da ONU, de 2011 a 2020, também se aplica aos diversos contextos mundiais.

Um estudo recente que compara regionalmente e por tipo de veículo e para 2000 e 2010 os AT no Brasil é o de [Libânio, Neto e Maria \(2012\)](#). Os autores verificam que o comportamento da mortalidade por AT no Brasil, no período analisado, mostra uma situação preocupante de elevação do número de óbitos e das taxas de mortalidade causadas pelo trânsito no país, decorrente do crescimento das taxas de mortalidade por AT envolvendo os ocupantes de veículos e de motocicletas, na região Nordeste e nos municípios de pequeno porte populacional. A relevância em se estudar os AT por microrregião está em mapear locais de risco de altas taxas de AT e indicar possíveis políticas públicas mais focalizadas, relacionadas com o desenvolvimento socioeconômico e fiscalização de medidas coercitivas de trânsito, visto os diferenciais regionais do Brasil.

Utilizando estimativas de taxas padronizadas de mortalidade e anos de vida perdidos por morte e incapacidade, [Ladeira et al. \(2017\)](#) fizeram um estudo do GBD para o Brasil e unidades federadas comparando a carga de AT para 1990 e 2015. A redução estimada foi de 32.8%, e Tocantins e Piauí tiveram os maiores riscos de mortalidade. A conclusão é importante na medida em que chegam a inferir o problema como questão de saúde pública pois, as fontes de medir a magnitude dos riscos, incapacidade, letalidade e mortes precoces são diversas e os dados, muitas vezes, não são atualizados. O GBD é uma fonte sensível e importante e pode fornecer medidas de segurança e prevenção. Além disso, vale dizer que taxas padronizadas na demografia são importantes na medida em que são comparáveis a nível de estrutura etária ao longo dos anos ([PRESTON, 2001](#)).

A demografia espacial pode trazer contribuições significantes para o monitoramento, avaliação e implementação de políticas públicas populacionais ([CASTRO, 2007](#)). A Transição Demográfica nesse contexto, que fornece o quadro organizador da maioria das pesquisas demográficas, é realmente um conjunto complexo de transições, cada uma das quais se baseia em conhecimentos em diferentes ciências sociais e disciplinas relacionadas à saúde, especialmente a Transição Epidemiológica ([WEEKS, 2014](#)). Nesse sentido, mapear as taxas de mortalidade e doenças para apresentar a variabilidade geográfica da causa é uma ferramenta epidemiológica cada vez mais comum na demografia ([MARSHALL, 1991](#)).

A análise da dispersão espacial do risco de uma doença é feita principalmente através de mapas de taxas de incidência ou alguma outra medida epidemiológica de risco. Estes mapas são instrumentos valiosos em estudos epidemiológicos ([ASSUNÇÃO et al., 1998](#)). O grau de variabilidade das taxas de mortalidade por AT geradas nas microrregiões, por se tratar de pequenas áreas possuirão pequenas populações de risco o que acarretará estimativas de risco instáveis. Ou seja, o acréscimo ou decréscimo de um único caso nestas

áreas pode vir a causar mudanças contundentes nas estimativas. Em termos estatísticos, as estimativas entre as microrregiões não se tornam comparáveis já que possuem variâncias muito diferentes segundo os mesmos autores. Mesmo assim, há métodos que permitem a análise como veremos mais a frente. Esse desafio proposto é um diferencial na medida em que analisa o país geograficamente e especifica os locais onde os acidentes ocorreram e avalia padrões específicos de distribuição por meio da visualização do mapas em pequenas áreas (ANDRADE et al., 2014).

Pelo mundo, o diferencial regional de mortalidade também é observável e estudado. Na Turquia, por exemplo, no período de 2001 a 2006, os AT e as estatísticas de AT nas rodovias foram tratados conforme indicadores de risco (ERDOGAN, 2009). O autor mostra que de fato geograficamente, ruas largas, tipo de veículo, tamanho da população e outros fatores interferem na mortalidade por AT e na sua distribuição espacial.

Já na Suécia, Spoerri, Egger e Elm (2011) estudam a mortalidade por AT numa série temporal de 2000 a 2005 e reconhecem que de fato os AT é uma morte prematura essencial a ser examinada. Neste estudo de caso comparam homens e mulheres de 18 a 94 anos com modelos Weibull, Bayesianos, e Standardized Mortality Ratios (SMR) para as análises espaciais. Inclusive fazem apelo a políticas públicas quanto a importância da educação da sociedade perante aos AT.

Variações geográficas em Gales e Inglaterra entre 1995 e 2000 foram observadas quanto a mortalidade e morbidade por AT (MENDONÇA et al., 2017). Uma Regressão Binomial Negativa Multinível com diversas potenciais variáveis regressoras explicativas foram modeladas. O estudo, afinal, mostra que a distribuição espacial é capaz de identificar que a proximidade com rodovias prevê contextos de maiores índices de AT.

No caso brasileiro, em se tratando da comparação entre o local de residência e o local de ocorrência dos AT com vítimas fatais, como já mencionado acima, Souza et al. (2009) fizeram um trabalho em 2003 para o Rio de Janeiro. Com o uso do estimador de Kernel, concluiu-se que há diferença nos padrões e mostra que as políticas públicas devem focar no local de ocorrência para mapeamento dos problemas relacionados ao trânsito e fornecendo subsídios que possam dirimir o número de acidentes com vítimas.

Ao se falar de letalidade e fatalidade, Mendonça, Silva e Castro (2017) fizeram um estudo de caso com base no Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) para AT no Recife em 2015 e realizaram as estatísticas por meio do Índice de Moran, por meio do qual se avalia o nível de interdependência espacial. Eles indentificaram áreas críticas da região, além de saberem que sexta-feira, horários de pico, e homens entre os 29 anos e a maioria foram colisões e por motos. O estudo espacial para eles leva à conclusão de medidas influentes de correlação positiva para proporcionar subsídios ao planejamento político logístico.

Por fim, outro estudo de caso importante na literatura de geografia espacial de AT é a indentificação de tendências de deslocamentos através da técnica de elipse de desvio padrão em São Carlos, São Paulo, (SANTOS; JUNIOR, 2006). Além de afirmar que de fato os AT somam dentre as causas externas, como já mencionado uma das causas de morte mais relevantes no mundo, acrescenta que nas cidades brasileiras os índices elevados de mortes complementam-se com o mal planejamento urbano das malhas rodoviárias e transporte público e coletivo e ineficiência nas regiões periféricas. Isso prolonga os conflitos em toda mancha urbana. Eles encontram que os AT estão sofrendo dispersão no território analisado e exigem medidas públicas coercitivas inteligentes e eficientes. Já para o Rio de Janeiro, avaliam Souza et al. (2009) que o mapeamento dos AT, identificando o local de ocorrência deste, é essencial, pois fornece subsídios às ações de políticas públicas para redução e prevenção dos acidentes. Para tanto, são necessárias algumas medidas administrativas que permitam a sistematização e o registro da informação adequada.

Por exemplo, Malta et al. (2016) estudam as lesões no trânsito e uso de equipamento de proteção na população brasileira, conforme características demográficas, e verificam que no ano de 2012 de fato há uma discrepância entre o uso de equipamentos de segurança entre condutores e passageiros, conforme local, tipo de veículo, sexo e outros. Ao combinar diferentes técnicas de análise espacial, identifica-se inúmeros hotspots e características ambientais, que as agências governamentais e reguladoras poderiam fazer uso para planejar estratégias para reduzir os AT e apoiar políticas públicas de segurança e saúde (ANDRADE et al., 2014).

Assim, corroboram os estudos de análise espacial de AT com a hipótese de dispersão espacial das taxas de mortalidade por AT. A eficácia de medidas coercitivas de trânsito pode estar associada à variabilidade socioeconômica nas microrregiões do Brasil. Dessa forma, visa-se encontrar nos métodos propostos de correção e análise dos dados de mortalidade por AT, maneiras de ser analisar as taxas de mortalidade por AT eficientemente, preenchendo as lacunas propostas no objetivo deste trabalho e mostrá-lo com sucesso, além de refletir, possivelmente, sobre a associação entre desenvolvimento socioeconômico e os casos de AT pelas microrregiões e sua tendência ao longo da série de 20 anos estudada, 1996-2015.

## 2.5 Conclusão

Por fim, cabe salientar que o presente trabalho se insere na discussão da importância do estudo de pequenas áreas como propulsor de medidas de saúde pública e segurança viária. Os AT tem se tornado uma problemática mundial e uma possível epidemia, e mesmo sua redução sendo um dos Objetivos do Milênio da OMS, os números ainda mostram que o Brasil demanda políticas públicas de saúde e medidas de intervenção no trânsito eficazes.

O estudo espacial e temporal de AT, nesse sentido, mostra, a partir das microrregiões,

como se dá a distribuição das taxas de mortalidade por AT e facilita a construção de políticas focalizadas e eficientes. Tendo em mente os locais de maior concentração das taxas de mortalidade por AT é mais viável a atuação de medidas coercitivas capazes de intervir na educação comportamental da sociedade perante o trânsito e demais medidas que minimizem as fatalidades, dirimindo efeitos econômicos e na saúde pública e segurança viária.

Aqui fica-se claro como os AT são uma problemática de saúde pública e, ao longo dos anos tem se mostrado alarmante e com diferenciais espaciais, temporais e por sexo, pelo mundo e, em especial para o Brasil aqui contemplado nas análises. O problema de pequenas áreas precisa ser pensado para comparabilidade dos dados de forma eficiente. Não pode-se deixar de notar que os AT podem vir a se tornar, dentro das causas externas de mortalidade, uma epidemia ao longo dos anos, com dispersão espacial por microrregião, como a hipótese desse trabalho prevê. Por isso, políticas públicas de segurança, prevenção e precaução eficientes são essenciais e urgentes, com base nos estudos ao longo dos anos, aqui proposto 1996 a 2015.

A partir de agora, os problemas que envolvem pequenas áreas devem ser entendidos e amenizados para a devida análise dos dados e consequente finalização do objetivo aqui proposto. Verificar o espalhamento ou concentração dos AT por microrregião do Brasil, por sexo e para as idades 15-35 anos, ao longo da série 1996-2015, servirá de espelho para outros estudos na mesma linha e consequente elaboração e tomada de consciência de medidas de saúde e segurança viária para homens e mulheres, diminuindo os desfechos fatais com mais eficiência.

## Parte II

### Referenciais Teóricos e Metodológicos

## 3 Metodologia

### 3.1 Dados

Os dados utilizados nessa dissertação são do Sistema de Informação de Mortalidade (SIM), do DATASUS, do Ministério da Saúde (MS) <sup>1</sup>, pelo qual se obteve as estatísticas de óbito por Acidentes de Trânsito, variáveis V01 a V99, do Capítulo XX, referente a Causas Externas, da Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID-10), também conhecida como Classificação Internacional de Doenças.

Em se tratando da causa de mortalidade por Acidentes de Trânsito dentro das Causas Externas de mortalidade, o DATASUS, conforme a (CID-10), classifica os AT de acordo com as variáveis a seguir:

- 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
- V80-V89 - Outros acidentes de transporte terrestre
- V90-V94 - Acidentes de transporte por água
- V95-V97 - Acidentes de transporte aéreo e espacial
- V98-V99 - Outros acidentes de transporte e os não especificados

A CID-10 é publicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e visa padronizar a codificação de doenças e outros problemas relacionados à saúde. A CID 10 fornece

<sup>1</sup> <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10br.def>>

códigos relativos à classificação de doenças e de uma grande variedade de sinais, sintomas, aspectos anormais, queixas, circunstâncias sociais e causas externas para ferimentos ou doenças. A cada estado de saúde é atribuída uma categoria única à qual corresponde um código CID-10. A CID é revista periodicamente e encontra-se na sua décima edição. A CID-10, foi desenvolvida em 1993 para registrar as estatísticas de mortalidade. Atualizações anuais menores e trienais maiores são publicadas pela OMS.

Foram consideradas as 558 microrregiões do IBGE. Foi necessário a compatibilidade dos dados de óbitos por AT fornecidos pelo DATASUS por município para os códigos de área a nível de microrregião <sup>2</sup>. As microrregiões são unidades com especificidades quanto à organização do espaço, as quais não significam, contudo, uniformidade de atributos, nem conferem autossuficiência (IBGE, 2019). Uma das vantagens do uso desse tipo de unidade é que seus limites foram constantes ao longo do período de pesquisa. Assim, foi possível monitorar e estudar as 558 áreas, entre 1996-2015, os 20 anos analisados neste trabalho, os quais foram agrupados em 4 quinquênios.

A população por sexo foi obtida pelas estatísticas de contagem e preliminares a partir dos Censos extraídos do IBGE, por meio do DATASUS <sup>3 4</sup>, por microrregião do IBGE <sup>5</sup>, para homens e mulheres, incorporando as faixas etárias 10 a 14 anos, 15 a 19 anos, 20 a 24 anos, 25 a 29 anos, 30 a 34 anos, nos períodos analisados, sendo eles de 1996 a 2015. Os AT considerados foram os obtidos por local de ocorrência, conforme Souza et al. (2009) e Carvalho et al. (2012) sugerem a devida relevância. A base de dados estudada tem 786.257 casos de AT observados, sendo 639.936, 81% de homens e 146.295 de mulheres, aproximadamente 19%, tendo, também 26 (0.000033%) missing de sexo, em óbito por AT, que foram ignorados devido a irrelevância estatística.

A medida de população é uma estimativa da população sobre o risco de AT, já que é inviável se ter nota do número de veículos que passam em uma determinada via num período tempo exato e específico. Usa-se aqui as medidas de óbito por local de ocorrência fornecidos pelo SIM/DATASUS e o tamanho da população, segundo o IBGE, por microrregião, agrupados em grupos quinquenais dos anos de 1996 a 2015. Foram calculadas taxas específicas de mortalidade por AT, para jovens de 15-35 anos, para homens e mulheres, além de análises estatísticas e espaciais a partir da base de dados utilizada, que é um recorte do DATASUS <sup>6</sup> (Ministério da Saúde - Brasil), Sistema de Informação de Mortalidade (SIM), variáveis V01 a V99 do Capítulo XX da CID-10, referentes a AT, e as microrregiões e informações de população trabalhadas são conforme

<sup>2</sup> <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269\\_1.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf)>

<sup>3</sup> <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popbr.def>> - para 1996-1999

<sup>4</sup> <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?novapop/cnv/popbr.def>> - para 2000-2015

<sup>5</sup> <[http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2015/Brasil/BR/](http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/Brasil/BR/)>

<sup>6</sup> <<http://datasus.saude.gov.br/>>

o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) <sup>7</sup>.

Os dados de população por microrregião para homens e mulheres não apresentaram quantidades "zero" em nenhuma microrregião e para nenhum ano. Esses dados são referentes à base de microrregião do IBGE de 2015. As informações de AT para homens e mulheres correspondem a 558 microrregiões computadas. Mesmo assim, oscilam entre os anos. Para 1996-2000, a porcentagem de zeros na mortalidade é de 1.075% para homens e 5.735% para as mulheres. Em 2001-2005, 0.179% e 3.405%, respectivamente. Para 2006-2010, tem-se 0.179% para homens e 2.151% para mulheres. Por fim, para 2011-2015, a porcentagem de zeros no numerador das taxas de AT é de 0.000% para homens e 1.971% para mulheres, vide Tabela 1. A nível espacial a maior ocorrência de casos nulos se dá, para homens e mulheres, na Região Nordeste, seguida da Norte, especialmente no 1º quinquênio analisado.

Tabela 1 – Percentual de Microrregiões com nenhuma ocorrência de óbito por Acidentes de Trânsito nas idades 15-35 anos, por sexo, 1996-2015, Brasil

	1996_2000		2006_2010		2011_2015		2011_2015	
	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem
Óbito	5.735%	1.075%	3.405%	0.179%	2.151%	0.179%	1.971%	0.000%

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

Percebe-se que, de forma geral, os zeros na mortalidade diminuem ao longo dos anos, tanto para homens como para mulheres. Isso pode sugerir uma maior qualidade dos dados reportados, sejam eles por registro de Boletins de Ocorrência ou realocação das causas mal definidas. Mesmo para as regiões menos favorecidas socioeconomicamente, o percentual de zeros diminui com o tempo.

Apesar de ao longo dos anos a porcentagem de zeros diminuir tanto para homens como para mulheres, isso nos diz que pode haver problemas no cálculo das taxas de mortalidade ao se encontrar zeros no numerador e denominador, respectivamente, número de óbitos e população. Por isso, as medidas tomadas e desenvolvidas nessa metodologia buscam ajustar a qualidade desses dados de mortalidade e população além das flutuações aleatórias de pequenas áreas.

Cabe salientar aqui que a correção de subregistro é fundamental para análises em países com sistemas de informação deficientes, como é o caso do Brasil (JUSTINO; FREIRE; LUCIO, 2012). No entanto, cabe destacar como já discutido, que o SIM apresentou evoluções nos últimos anos (MARINHO et al., 2019). Mais ainda, para os casos de AT tem-se os Boletins de Ocorrência. Mesmo havendo causas externas por acidentes mal-definidas (FILHO; CORTEZ-ESCALANTE; FRANÇA, 2016), optou-se não considerar nenhum método de correção de subregistro no presente trabalho.

<sup>7</sup> <<https://ww2.ibge.gov.br/>>

Os dados foram organizados e manipulados nos softwares R (versão 3.6.1) e Geoda (versão 1.14.0) essencialmente. Optou-se pelos anos de 1996 a 2015 devido a disponibilidade dos dados equandrados no mesmo Capítulo da CID-10, não havendo necessidade de compatibilidade de bases. A nível espacial, as outras análises são por Grandes Regiões e minimizam o problema.

## 3.2 Métodos

Obteve-se as estatísticas de morte por AT e população, por microrregião. As análises preliminares de mapas, por microrregião, levam em conta as taxas específicas calculadas com os números sem correção fornecidos pelo DATASUS e pelo IBGE, considerando que as mortes por AT são bem reportadas devido aos Boletins de Ocorrência. Mesmo assim, são necessários ajustes em relação às flutuações aleatórias não associadas ao risco de morte, aqui por AT ([ASSUNÇÃO et al., 1998](#)). Somando-se os anos em grupos quinquenais elimina-se alguns zeros antes existentes na base quando analisada em períodos simples, tanto pelo fato de somar as populações dos 5 anos referentes às microrregiões quanto às mortes por AT dessas mesmas. Daí a decisão de se reunir os 20 anos de análise, 1996-2015, em 4 grupos quinquenais, são eles:

- 1º quinquênio: 1996-2000
- 2º quinquênio: 2001-2005
- 3º quinquênio: 2006-2010
- 4º quinquênio: 2011-2015

A ideia do agrupamento quinquenal já é suavizar de alguma forma os dados. O ganho de fazer os grupos é permitir que a análise temporal em 4 pontos seja mais razoável. A medida de agrupamento dos 20 anos em 4 quinquênios, portanto, em 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, é uma medida cabível para amenizar a presença de óbitos iguais a zero numa microrregião no intervalo de tempo analisado. Cabe dizer que a decisão de agrupamento da série de 20 anos em 4 quinquênios também é utilizada em trabalhos de análise espacial, como os de [Baptista, Queiroz e Rigotti \(2018\)](#), [Baptista e Queiroz \(2019b\)](#) que exploram a distribuição de doenças cardiovasculares pelo Brasil. Minimizando as flutuações aleatórias assim em um primeiro momento é importante, porque a estimação das taxas se torna mais precisa ao minimizar a porcentagem de zeros em óbito existente em alguns anos quando vistos separadamente. Outro ponto a salientar é a melhoria na observação de tendências e padrões quando em 4 intervalos de tempo, ao passo que análises de ano em ano se tornariam massantes, sendo pouco resolutivas e conclusivas.

A faixa etária selecionada foi de 15 a 35 anos, para homens e mulheres, por microrregião do Brasil. Essa faixa etária foi construída a partir das idades simples fornecidas pelo SIM, de forma a agrupá-las entre a idade mínima de 15 anos e máxima de 35. É importante ressaltar que, devido ao recorte etário, não houve necessidade de padronização por idade entre os anos, uma vez que a mortalidade por AT foi comparada como taxa específica de morte para esse grupo de idade e assumiu-se o pressuposto de estrutura etária estável de 1996-2015, por microrregião do Brasil.

Segundo [Preston \(2001\)](#) a padronização é uma fórmula matemática de se transformar e tornar comparável as taxas de locais com estruturas etárias distintas quando em regiões ou momentos no tempo diferentes, porque a estrutura etária pode influenciar as taxas brutas de mortalidade e de fecundidade. Em especial afeta para pequenas áreas ([SWANSON; SIEGEL, 2004](#)). Aqui considera-se que ao longo da série se manteve constante a estrutura etária nas microrregiões e calcula-se não as taxas brutas, mas as taxas de mortalidade específicas para o grupo de 15-35 anos, ou seja, considerando apenas a população deste mesmo grupo em risco de sofrer AT.

Sobre o recorte etário, se faz necessário explicitar aqui que do DATASUS se extraiu apenas os dados para as idades estudadas. Como foram construídas taxas específicas de morte para cada microrregião e para cada ano, elas podem ser comparadas entre si, não havendo grandes problemas com padrões etários entre os anos e entre as regiões em se tratando de taxas específicas a nível de idade, sexo, ano e microrregião.

Pretende-se aqui, então, elaborar mapas e estatísticas descritivas, recortando o período 1996 a 2015 em quatro grandes períodos de forma a facilitar as análises posteriores e de forma a fazer a primeira suavização a fim de diminuir os efeitos das flutuações aleatórias no denominador e no numerador das taxas. Assim, serão feitas análises espaciais com mapas indicando ou não a concentração das taxas de mortalidade por AT por microrregião do Brasil e sua evolução no tempo para homens e mulheres de 15 a 35 anos separadamente.

O primeiro passo da análise é estimar as taxas mais robustas de mortalidade por AT, a partir das taxas observadas construídas diretamente dos dados. E, por fim, a análise espacial. Assim, para se cumprir os objetivos dessa dissertação serão propostos 3 passos principais:

1. Construção de taxas específicas de mortalidade por AT;
2. Suavização Bayes Empírico Local de James-Stein, para  $k=10$  vizinhos;
3. Construção de mapas LISA Cluster com Índice Bayesiano Empírico (EBI), para  $k=10$  vizinhos.

Primeiramente, serão construídas taxas específicas de mortalidade observadas para a faixa etária de 15 a 35 anos, para cada microrregião e por sexo. Para isso usou-se os

registros de óbitos por AT, apenas para as faixas etárias 15-19, 20-24, 25-29, 30-34 anos de 1996 a 2015 fornecidos pelo SIM, DATASUS. As faixas etárias foram agrupadas em apenas uma faixa, sendo esta de 15-35 anos. Desse modo, garantiu-se que não houvesse problema na construção da taxa quanto ao numerador, pois a medida era referente a uma faixa de idade específica. Para o denominador, foi preciso imputar na base as informações de população para cada ano, sexo e município conforme o IBGE. Depois fez-se a correspondência dos municípios com as microrregiões fornecidas pelo IBGE. A informação de microrregião do IBGE foi imputada na base uma vez que o DATASUS fornece o município de ocorrência e o estado. Assim, foi possível fazer a correspondência das informações com base nos códigos de microrregiões e municípios do IBGE.

Logo em seguida, os grandes grupos quinquenais foram formados, sendo eles: 1996-2000, 2011-2005, 2006-2010, 2011-2015. Para isso, somou-se as mortes desses respectivos anos e as populações também, por microrregião. Assim, eliminou-se parte dos efeitos de pequenas áreas. Num terceiro momento agrupou-se as microrregiões em Grandes Regiões e calculou-se as taxas de mortalidade para fazer uma análise em termos mais gerais.

Desse modo, as taxas de mortalidade são geradas conforme a seguinte Equação 3.1:

$$TAXA = \sum \frac{{}_{15}MORTESAT_{35}}{{}_{15}POP_{35}} \quad (3.1)$$

Onde o somatório é por Microrregião e:

TAXA - Taxa de mortalidade por AT, de 15 a 35 anos, para homens ou mulheres, e para cada grupo quinquenal, para a determinada Microrregião ou Grande Região;

MORTES AT - Quantidade de mortes no grupo quinquenal, para determinada Microrregião ou Grande Região;

POP - População no grupo quinquenal, para a determinada Microrregião ou Grande Região.

Assim, foram obtidas todas as devidas taxas de mortalidade por AT e as estatísticas descritivas foram geradas logo em seguida, sendo elas medidas de comparabilidade e dispersão, como já mencionado. Mesmo assim, para se alcançar o objetivo deste trabalho, que é comparar temporalmente e espacialmente a mortalidade por AT nas microrregiões do Brasil por sexo e verificar se de fato há uma tendência de espalhamento dos AT pelo país, sabe-se que a existência de problemas com pequenas áreas afetam o denominador e o numerador das taxas, como discutido por Marshall (1991) e Assunção et al. (1998).

Por isso, optou-se por suavizar as taxas de mortalidade já calculadas e averiguar sua distribuição espacial ao longo do tempo por meio do Estimador Bayes Empírico de James-Stein (MARSHALL, 1991). Além disso, fazer uma Autocorrelação Espacial por meio de mapas Indicators of Spatial Association (LISA) Cluster, para ver se houve ou não,

com base na vizinhança, definida para  $k=10$  vizinhos, espalhamento ou concentração dos casos de AT (ANSELIN, 1995). Essas são formas de lidar com flutuações aleatórias em pequenas áreas como discutido na literatura. A seguir esses métodos serão explicitados mais claramente.

Em suma, ao se falar de análise espacial, é importante dizer que mapear taxa de ocorrência de eventos é uma importante ferramenta para a elaboração de políticas públicas, especialmente para pequenas áreas (CARVALHO et al., 2012). Na demografia, estudos espaciais vêm tomando maior proporção apesar da geografia ser inerente a ela (WEEKS, 2014).

Em se tratando de estimativas de mortalidade, há de se considerar que no Brasil há subregistros de mortes, especialmente entre os adultos e jovens. Mas, como exemplificam Queiroz et al. (2017), desde 1980 há uma relativa redução das disparidades de subregistro, mesmo que ainda haja um diferencial regional de queda. Também, os diferenciais por sexo são notáveis para causas externas como mostram Moura et al. (2015).

Quando se fala em AT, o grau de completude nos países em desenvolvimento, em geral, é subreportado (ABEGAZ et al., 2014). Mas para as estimativas aqui geradas levou-se em consideração que os Boletins de Ocorrência foram de fato registrados e acionados no DATASUS. Portanto, nenhuma metodologia de subregistro foi contemplada neste trabalho. Aquelas informações com sexo não preenchido foram consideradas missing.

As taxas de mortalidade foram calculadas através do software R. Os mapas serão construídos e algumas estatísticas serão facilmente construídas através dos softwares QGIS (versão 3.8.0), Geoda e Excel 10. Em seguida, conforme ilustram Pinheiro e Queiroz (2016) e Baptista, Queiroz e Rigotti (2018) é necessário criar estimativas mais robustas de mortalidade por AT por meio da Suavização Baysiana, a fim de conter flutuações aleatórias. Por fim, será feita a Autocorrelação Espacial por meio do LISA Cluster para identificar padrões e tendências espaciais e temporais.

### 3.2.1 Suavização Bayes Empírico

Para entender melhor a espacialização dos AT ao longo dos 15 anos da série, estimou-se o estimador Bayes Empírico local (EBS) James-Stein operacionalizado por (MARSHALL, 1991). O estimador recalcula as taxas de mortalidade por AT localmente, utilizando somente os vizinhos geográficos da área na qual se deseja estimar a taxa, convergindo em direção a uma média local em vez de uma média global (SANTOS; RODRIGUES; LOPES, 2005). Aqui definiu-se como vizinhança  $k=10$  vizinhos. A definição foi feita com base em testes do estimador gerado pelo Geoda e sua resposta de estimativa percentual de "não-zeros" na nova base de taxas de mortalidade por AT, agora suavizadas, calculadas. A Suavização Bayes Empírico é um passo importante para tentar entender o objetivo proposto eliminando

demais vieses aleatórios e estimativas "zeros"geradas.

A decisão da utilização de estimativas baseadas em Estatística Bayesiana Empírica é pautada, de modo geral, em um trade-off entre diminuição da variância e a inclusão de viés. A redução da variância é obtida à medida que as estimativas de pequenas áreas convergem para os valores observados em outras localidades. Na literatura de distribuição espacial de doenças e outras causas de morte há uma séire de trabalhos que utilizam estimadores Bayes Empírico para lidar com a flutuação aleatória em pequenas áreas. Neste trabalho, optou-se, a princípio, por trabalhar com taxas específicas de mortalidade observadas entre 15 e 35 anos, pressupondo que a estrutura etária dos jovens ao longo dos anos e pelas microrregiões se manteve estável ao longo da série 1996-2015.

A taxa de mortalidade por AT será expressa pela Aproximação de Bayes Empírica. Na essência, a técnica consiste em calcular uma média ponderada entre as taxas de mortalidade já calculadas para cada microrregião do Brasil e a média dos vizinhos, aqui estipulada como  $k=10$  vizinhos, para melhor estimativa de "não-zeros" dos dados computados, com pesos proporcionais à população subjacente em risco. Os testes para o número adequado de vizinhos foram feitos utilizando o percentual de "não-zeros" gerados pelo software Geoda ao se aplicarem os dados estudados. Simplificando, pequenas áreas, com uma pequena população em risco, tenderão a ter suas taxas ajustadas consideravelmente. Ao considerar as informações dos vizinhos, a suavização bayesiana incorpora um componente espacial para construir as estimativas (PINHEIRO; QUEIROZ, 2020).

Os efeitos de flutuação aleatória ao longo do tempo é observável para pequenas áreas (ASSUNÇÃO; REIS, 1999). A taxa calculada pelo estimador de Bayes Empírico de James-Stein, diminui a variabilidade das estimativas ao restringir a flutuação aleatória ocasionada pelos eventos raros. Essa taxa, contudo, pode ser ainda mais aprimorada com a inclusão de efeitos espaciais de vizinhança em seus cálculos, também incorporada neste trabalho através dos mapas LISA Cluster (CARVALHO et al., 2012).

Formalmente, a taxa anual de um evento específico, em uma determinada área, é  $r_i$  e  $y$  o número de acumulado de ocorrências e apresenta uma distribuição Poisson, com média condicional nas pessoas-ano em risco (MARSHALL, 1991). Ao adotar uma perspectiva bayesiana, tem-se a priori média e variância conhecidas e o estimador gerado é o melhor estimador bayesiano linear, em termos de Máxima Verossimilhança.

Pela aproximação Empírica de Bayes, a taxa de mortalidade dos vizinhos, aqui estabelecidos  $k=10$  vizinhos, das microrregiões  $i$  é relevante e pode ser utilizada como informação a priori. Essa taxa é denominada empírica, pois se utiliza os próprios dados para construir a priori. A taxa Bayesiana Empírica de uma microrregião é a soma ponderada entre a sua taxa de mortalidade por AT e a taxa média global de todo o mapa. Essa soma possui fator de ponderação inversamente proporcional à população em risco  $P_i$  (CARVALHO et al., 2012).

Mais formalmente, o estimador de Bayes Empírico Suavizado Local será  $\pi_1^{EB}$ , segundo a Equação 3.2:

$$\pi_1^{EB} = w_i r_i + (1 - w_i) \theta \quad (3.2)$$

Onde:

$r_i$  - Taxas de mortalidade por AT observadas;  $\theta$  - Taxas de mortalidade por AT a priori, estimadas pelos dados.

Os pesos serão dados por  $w_i$  como na Equação 3.3:

$$w_i = \frac{\sigma^2}{(\sigma^2 + \mu/P_i)} \quad (3.3)$$

Onde:

$P_i$  é a população em risco na área  $i$  e  $\sigma^2$  e  $\mu$  são a Variância e a Média da distribuição das taxas de mortalidade por AT a priori, estimadas pelos dados.

Por fim, média e variância da distribuição das taxas de mortalidade a priori são dadas pelas Equações 3.4 e 3.6:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} O_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i} \quad (3.4)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i (r_i - \mu)^2}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i} - \frac{\mu}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i/n} \quad (3.5)$$

O Estimador Bayes Empírico é calculado e aplicado às taxas de mortalidade observadas por AT, tornando-as suavizadas, pelo software Geoda. As Estimativas Bayes Empírico Suavizadas de James-Stein serão denotadas pelo Estimador Bayesiano Empírico Local (EBS).

### 3.2.2 Autocorrelação Espacial - Os Mapas LISA Cluster

A identificação da presença de padrões espaciais foi realizada a partir de indicadores locais de autocorrelação espacial. A construção dos Mapas de Cluster é importante para o dimensionamento da localização dos dados espaciais. Medidas de espacialidade apresentam importantes implicações no modo como as informações devem ser tratadas na análise estatística e um dos efeitos espaciais da localização é a dependência espacial. Análise de Clusters ou agrupamento de dados é o conjunto de técnicas de prospecção de dados que visa fazer agrupamentos automáticos de dados segundo o seu grau de semelhança em função da distância, no caso a vizinhança sobreposta ao risco de AT, definida aqui como  $k=10$  vizinhos. Ao fazer testes no software verificou-se por histogramas que os ganhos com maior

número de vizinhos não são significativos, de forma que o trade-off da estimativa com  $k=10$  vizinhos e problemas de especificidade local se mostrou melhor ajustada aos dados.

Os mapas chamados de Local Indicator of Spatial Association (LISA) Cluster dão um dimensionamento da variabilidade espacial por meio da concentração de taxas de mortalidade por AT cercadas de uma vizinhança de taxas de mesmo padrão ou não. Verifica-se por meio deles possíveis tendências de deslocamento de aglomerados de microrregiões que mantém altas taxas de mortalidade por AT e vizinhança também com altas taxas, ou um padrão inverso baixo-baixo. Pode ser também que microrregiões apresentem altas ou baixas taxas de mortalidade por AT e a vizinhança se comporta no sentido oposto. Revela-se assim as tendências espacial e temporal desejadas como propósito desta dissertação.

Cada observação em um mapa LISA dá uma indicação da extensão de agrupamento espacial de valores semelhantes em torno dessa observação. A soma de LISAs para todas as observações é proporcional a um indicador global de associação espacial. Para se construir os mapas LISA Cluster são necessários calcular o Índice de Moran Local (I) proposto por [Anselin \(1995\)](#) e o Empirical Bayes Index (EBI), Índice Bayesiano Empírico, proposto por [Assunção e Reis \(1999\)](#).

O Índice de Moran Local (I) é uma ferramenta de autocorrelação espacial que permite testar localmente e detectar objetos espaciais com influência, avaliando a covariância entre um determinado polígono e uma certa vizinhança definida em função de uma distância  $d$ . É um caso especial do Gama local e é frequentemente usado para uma população dividida em áreas, com população exposta a determinado número de casos de risco, no caso de AT e em Microrregiões do Brasil. O I de Moran varia entre -1 e 1. Valores mais próximos de 1, indicam que áreas com altas taxas de mortalidade estão próximas de outras com a mesma característica. Valores próximo a zero, indicam ausência de autocorrelação espacial. Também, o Índice de Moran identifica se o valor de uma variável em uma vizinhança apresenta os mesmos valores que apresentaria caso a localização não fosse um fator determinante ([ANSELIN, 1995](#); [ASSUNÇÃO; REIS, 1999](#); [PINHEIRO; QUEIROZ, 2016](#); [BAPTISTA; QUEIROZ; RIGOTTI, 2018](#)).

O I local de Moran é dado pela Equação 3.6:

$$I = z_i \sum_j w_{ij} z_{ij} \quad (3.6)$$

Onde são as observações  $z_i$  e  $z_{ij}$  que estão em desvios da média; a soma sobre  $j$  é tal que apenas os valores vizinhos  $j$  estão incluídos; e  $w_{ij}$  são os pesos espaciais atribuídos às áreas  $i$  e  $j$ .

Devido a violações de pressupostos previamente estabelecidos, [Assunção e Reis](#)

(1999) propõem o Índice Bayesiano Empírico (EBI), em que todas as permutações das taxas de mortalidade aqui estimadas são igualmente prováveis. O EBI além de melhorar a confiabilidade do teste de hipótese é, também, mais robusto. Em vez da utilização das taxas de mortalidade de cada área,  $r_i$ , os autores propõem a utilização do desvio da média marginal estimada, padronizada por uma estimativa do desvio padrão.

No entanto, áreas de pequena população apresentam maior variabilidade nas taxas e, assim, apresentam probabilidade mais elevada de assumir valores extremos. Por sua vez, o pressuposto de que as taxas são variáveis aleatórias independentes e igualmente distribuídas implica que o valor esperado das mesmas é constante em todas as áreas (ASSUNÇÃO; REIS, 1999). O EBI é dado pela Equação 3.7:

$$EBI = \frac{m}{\sum_{i=1}^{i=n} w_{ij}} \frac{\sum w_{ij} z_i z_j}{\sum (z_i - \bar{z})^2} \quad (3.7)$$

Onde:

$w_{ij}$  - peso espacial atribuído às áreas  $i$  e  $j$ ;

$z_i$  - desvio à média observado em  $i$ ;

$z_j$  - desvio à média em  $j$ ;

$\bar{z}$  - média dos desvios médios;

$m$  - número de áreas.

Cabe salientar, que a suavização foi realizada a partir das taxas de mortalidade por AT específicas para o grupo de 15 a 35 anos. Na presente dissertação, então, utiliza-se o EBI nos mapas LISA Cluster para identificar a presença de padrões espaciais de distribuição das taxas mortalidade por AT por microrregião do Brasil para o grupo de 15 a 35 anos e para os 4 quinquênios estipulados. As estimativas de mortalidade por AT calculadas por meio da Suavização Bayes Empírico, são os insumos para o cálculo do EBI e a identificação dos Clusters. Além disso, a autocorrelação espacial foi obtida ao nível de significância de 5%.

A definição do número de áreas  $m$  é com base na de vizinhança utilizada para aplicação e definição dos EBI, e estes com base nos  $k=10$  vizinhos mais próximos. Também calculados e incorporados pelo software Geoda, a partir do qual o mapeamento foi operacionalizado. A utilização de taxas suavizadas, através do Estimador Bayes Empírico Local, incorporam uma dimensão espacial e poderiam gerar viés nas estimativas de autocorrelação espacial. Assim, neste trabalho, a identificação da autocorrelação espacial foi realizada a partir das taxas de mortalidade específicas por idade, anteriores ao processo de suavização.

Ao operacionalizar a contração das taxas de mortalidade observadas para testar a presença de autocorrelação espacial, o EBI minimiza a presença e o impacto da presença da

flutuação aleatória. Neste sentido, assim como na suavização através do Estimador Bayes Empírico, as taxas utilizadas para estimar o EBI são menos susceptíveis à presença de valores extremos, ampliando a confiabilidade das estimativas (ASSUNÇÃO; REIS, 1999). Em linhas gerais, a autorcorrelação espacial, aqui proposta por meio do mapeamento LISA Cluster, é uma medida de grau de influência de uma determinada variável, em uma localização específica, sobre a mesma variável em localidades próximas.

Portanto, os mapas LISA Cluster implicam numa estatística espacial local que indica autocorrelação espacial significativa para cada localização. Os mapas são coropléticos e indicam unidades espaciais destacadas pelo nível de significância e localizações não-significantes não são destacadas. Os padrões estabelecidos são:

- Clusters espaciais (significância maior que 0 - associação positiva)
  - alto-alto (vermelho)
  - baixo-baixo (azul escuro)
- Outliers espaciais (significância menor que 0 - associação negativa)
  - alto-baixo (rosa)
  - baixo-alto (azul claro)

Os padrões são estabelecidos considerando a dispersão de Moran, LISA, P-value, Z-score e outros fatores. As associações positivas mostram que a localização possui vizinhos com valores próximos de mortalidade pela causa estudada. Ao contrário, porém, as associações negativas, revelam que a localização possui vizinhos distintos em termos de mortalidade, ou seja, localidades com mortalidade baixa, mas vizinhança de localidades de mortalidade alta ou vice-versa.

O padrão alto-alto mostra um agrupamento de valores altos e próximos. O baixo-baixo é um agrupamento de valores baixos de taxas e próximos. O padrão alto-baixo descreve outliers de valores altos de taxas que não se agrupam, pois se encontram em meio a valores baixos. Por fim, o padrão baixo-alto demonstra outliers de valores baixos que não se agrupam, pois se encontram em meio a valores altos. As taxas não significativas não se enquadram nos agrupamentos, pois apresentam níveis variados assim como os valores dos vizinhos.

Neste sentido, com o intuito de entender a possível associação espacial local entre as taxas de mortalidade por AT ao longo dos anos 1996-2015 e sua variabilidade por microrregião, exposta como objetivo dessa dissertação, avalia-se as taxas suavizadas por Bayes e os EBI por meio dos mapas de taxas suavizados e mapas LISA Cluster, todos calculados e gerados com o auxílio das ferramentas do Geoda após a inclusão da malha espacial por microrregião do Brasil conforme IBGE. As taxas de mortalidade por AT,

a nível de microrregião do Brasil e por sexo, dentro da faixa etária de 15-35 anos, após aplicados os 3 passos propostos, analisadas à luz da literatura, possivelmente indicando uma direção de políticas públicas relacionadas com fatores socioeconômicos, demográficos e podem direcionar, implantação e fiscalização de medidas coercitivas de trânsito e medidas de saúde pública.

## Parte III

### Resultados e Considerações Finais

## 4 Resultados

### 4.1 Análise Descritiva dos Dados e Taxas de Mortalidade Observadas de Acidentes de Trânsito

Em primeiro lugar, apresenta-se uma breve análise das taxas observadas de mortalidade por AT à luz de parte da literatura apresentada. Os primeiros resultados aqui mostrados são referentes à construção das taxas de mortalidade por AT específicas para o grupo de 15-35 anos ao longo da série 1996-2015.

As taxas de mortalidade por AT aqui apresentadas não têm nenhum ajuste. É importante visualizá-las primeiro para se ter uma noção da distribuição de óbitos por AT nas microrregiões do país e depois verificar os ganhos nas análises da construção de estimativas mais robustas, visto as limitações de flutuações aleatórias e zeros na mortalidade nas taxas observadas.

Os Mapas da Figura 1 são uma referência do percentual da população brasileira de 15 a 35 anos, de homens e mulheres, no período de análise 1996-2015. Foi construída uma média das estatísticas de população dos 4 quinquênios, somadas por microrregião e contabilizadas no período analisado. A partir daí foi calculado o percentual populacional de cada microrregião em relação às demais. Uma vez que para a construção das taxas de mortalidade por AT observadas e das médias foi necessário as estatísticas de população por microrregião, é bem visto aqui se ter em mente a distribuição da mesma no período de 1996-2015. A estrutura etária foi tida como estável nas análises. O ponto central é mostrar que a evolução percentual da mortalidade por AT na faixa etária de estudo não varia muito.

Pelos Mapas da Figura 1 verifica-se que a distribuição da população de homens e mulheres, no período analisado, para o grupo etário em estudo, é semelhante, de forma que microrregiões do Sudeste e Nordeste mostram os maiores percentuais de concentração da população brasileira. Por outro lado, Centro-Oeste e Norte possuem os menores percentuais de população. Dessa maneira, conclui-se que a padronização não afetaria muito os resultados, procedimento que não foi adotado na metodologia aqui aplicada.

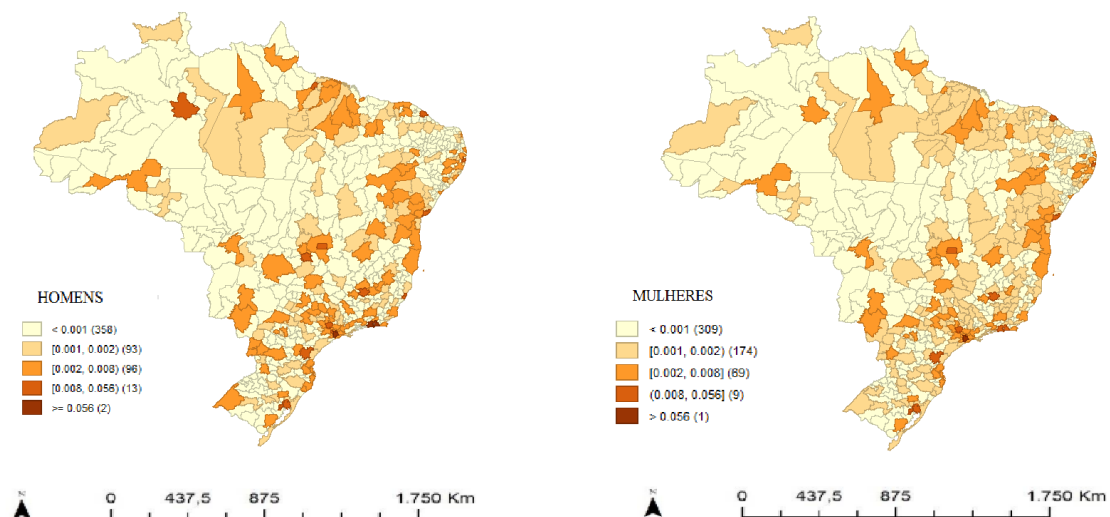


Figura 1 – Mapas da Média populacional brasileira distribuída percentualmente por Microrregião, homens e mulheres de 15-35 anos, 1996-2015

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

As estatísticas de população por microrregião ao longo dos 20 anos mostram que o ritmo de crescimento da população feminina é menor que o dos homens de forma geral. Os dados revelam que, por microrregião, a população cresceu quase duas vezes para a Região Norte e Nordeste, com taxas de aumento também consideráveis para o Centro-Oeste.

A mortalidade por AT é maior para homens que mulheres como mostrado na literatura e nas bases do IHME/GBD. O diferencial de sexo é observável no Brasil quanto a mortalidade por causas externas, de forma que a diferença entre sexos é nitidamente identificada na razão da mortalidade. Estima-se que, para cada mulher, quase oito homens morrem por causas externas (MOURA et al., 2015).

Ao se contruir as taxas de mortalidade observadas por AT, tem-se o Gráfico 2. O Gráfico 2 ilustra as taxas de mortalidade por AT, por 100 mil habitantes, calculadas por Grande Região do Brasil, para homens e mulheres, de 15 a 35 anos, para os anos 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015. Pretende-se mostrar que a variabilidade regional entre homens e mulheres na faixa etária de estudo é evidente e que há variabilidade regional, mesmo ciente que devido as flutuações aleatórias é necessário a construção de taxas mais robustas para análises espaciais e temporais mais condizentes.

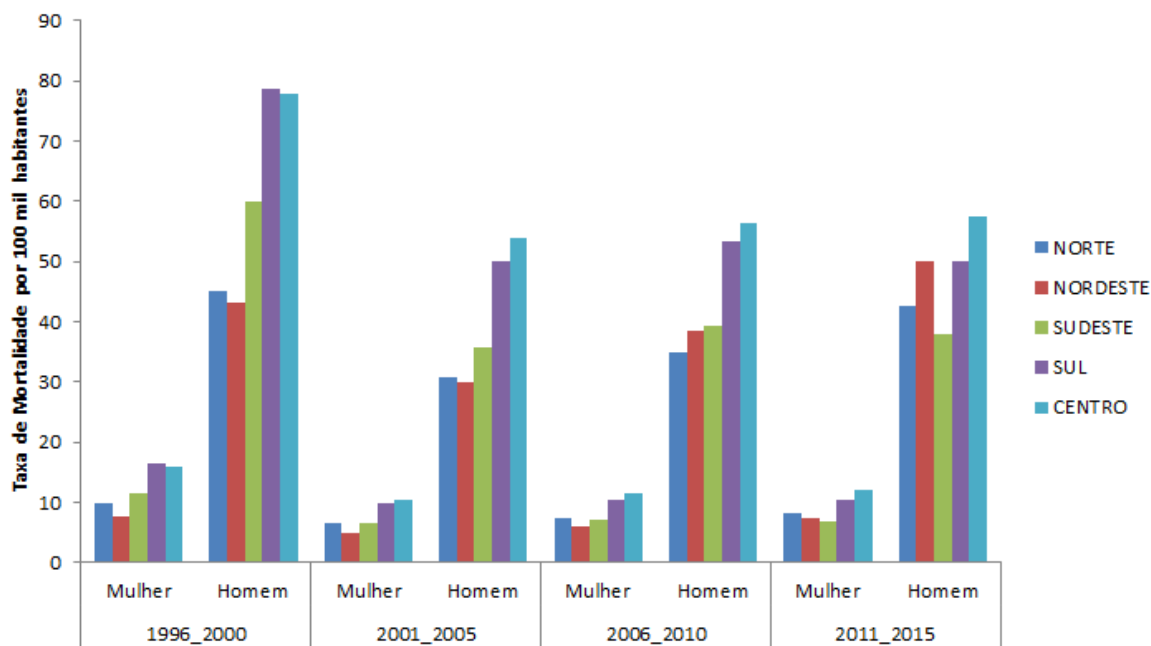


Figura 2 – Gráfico das Taxas de Mortalidade por AT observadas, homens e mulheres de 15-35 anos, 1996-2015, por Grandes Regiões do Brasil, por 100 mil habitantes

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

De forma geral, os homens são os mais acometidos por AT, assim como mostra [Moreira et al. \(2018\)](#). Mesmo assim, as mulheres mostraram taxas de mortalidade por AT ascentes de 1996 a 2015. As regiões Sul e Centro-Oeste são aquelas que mantêm as maiores taxas de mortalidade observadas por AT, mas as regiões Norte e Nordeste mostrou aumento ao longo dos 20 anos. De fato, como observa [Ladeira et al. \(2017\)](#) para as UF do Brasil, as maiores taxas de mortalidade em 2015 foram dos estados das regiões Norte e Nordeste, com destaque para Tocantins (41.7/100 mil), Piauí e Maranhão. Essas diferenças regionais notadas motivam o estudo por pequenas áreas a fim de se entender melhor a distribuição e evolução das taxas de mortalidade por AT no território ao longo do tempo.

Para as mulheres de 15 a 35 anos do Norte observa-se que há uma queda na taxa de mortalidade do 1º para o 2º quinquênio de, aproximadamente, 44% e depois há uma tendência de aumento das taxas. Para os homens da mesma região houve a mesma observação de comportamento mas com taxas comparativamente bem maiores que as das mulheres. Do início da série para o fim, as mulheres saíram de taxas de mortalidade por AT de 9.83 para 8.11, enquanto homens foram de 45.11 para 42.74.

No caso do Nordeste, as taxas são as menores do país. O comportamento do 1º para o 2º quinquênio é de queda de quase 36% para as mulheres e 32% para os homens. Após há uma tendência de aumento das taxas de mortalidade por AT tanto para mulheres quanto para homens, sendo que para estes as taxas são sempre bem maiores. Em 1996

mulheres, no grupo etário de estudo, tinham taxas de mortalidade por AT iguais a 7.57 e, em 2015, 7.30. Homens, por sua vez, mostraram aumento no período de 43.27 para 49.91.

Ao contrário do que se imagina, devido a grande circulação de veículos automotores nas rodovias e vias, o Sudeste tem as terceiras maiores taxas de mortalidade por AT do Brasil tanto para mulheres quanto para homens. Também, estes últimos sendo numericamente maiores aqui quando comparados às mulheres. A proporção de acidentes e mortes nos estados da região Sudeste é maior do que a proporção de rodovias que possuem, indicando uma concentração desses eventos. Assim como na região Sul, como se tratam dos estados com maior Produto Interno Bruto (PIB), concentram a maior parte das riquezas do país. Mas, há também a maior geração de viagens e a maior quantidade de veículos motorizados, o que vem a refletir no volume de tráfego e de acidentes (IPEA, 2015).

Em um estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2015) observou-se que os acidentes em rodovias custam à sociedade brasileira cerca de R\$ 40,0 bilhões por ano, enquanto os acidentes nas áreas urbanas, em torno de R\$ 10 bilhões. No Sudeste, apesar do 1º para o 2º quinquênio haver queda e após uma tendência de aumento, o último quinquênio revela o oposto, mostrando uma queda nas taxas para mulheres de 5% e homens de 6%. As taxas em 1996 eram de 11.39 para mulheres e 59.96 para homens. Em 2015, as estimativas são 6.86 e 37.94, respectivamente.

Já o Sul tem as maiores taxas de mortalidade por AT do Brasil tanto para mulheres quanto para homens no grupo etário estudado. Os homens sendo mais acometidos por AT em relação às mulheres, também. O comportamento das taxas aqui é semelhante ao Sudeste: do 1º para o 2º cai, 46% para as mulheres e 35% para homens, depois aumenta e cai novamente no 4º quinquênio mais expressivamente para os homens. Isso pode ser explicado pelo fato de serem ambas as regiões mais economicamente favorecidas do Brasil. No início da série as taxas para mulheres eram de 16.53 e para homens de 78.76. Ao fim da série, as taxas chegaram a 10.36 para mulheres e 50.01 para homens.

Por fim, no Centro-Oeste, tem-se as segundas maiores taxas. O comportamento volta a ser semelhante ao de Norte e Nordeste com início de queda de 33% para as mulheres e 31% para homens e tendência de aumento nos últimos anos. Numericamente as taxas masculinas são expressivamente maiores que as femininas. Em 1996, mulheres tinham taxas de mortalidade por AT de 15.90 e homens de 77.76. Em 2015, as taxas chegaram a 12.09 para mulheres e 57.56 para homens. Andrade e Mello-Jorge (2016) mostram que, em 2013, a região Centro-Oeste apresentou a taxa de mortalidade por AT mais elevada, próxima de 29.9 óbitos por 100 mil habitantes.

Os resultados obtidos corroboram com o estudo de Ladeira et al. (2017) em que mostram de 1990 a 2015, as taxas de mortalidade de AT diminuíram de 36.9 para 24.8 por 100 mil habitantes, redução de 32.8%. Apesar de analisarem as UF, os autores mostraram que Tocantins e Piauí tinham os maiores riscos de mortalidade entre as UF, com 41.7 e

33.1 por 100 mil, respectivamente, tendência semelhante a aqui evidenciada.

Há uma oscilação de altas e baixas taxas de mortalidade por AT nos quinquênios. Mas, do primeiro para o último, há uma visível queda nas taxas para todas as regiões e ambos os sexos. A Região Sul inicia a série com as maiores taxas para ambos os sexos e ao final da série a Região Norte detém as maiores taxas de mortalidade por AT.

Para ilustrar os números de AT pelas Grandes Regiões do Brasil, podemos averiguar os registros de óbito observados no país. Apesar de números absolutos não revelarem tendência e não serem estimativas ideais de análise, fornecem um quadro amplo da quantidade de mortes por AT no território brasileiro. A Tabela 2 mostra estatísticas descritivas dos óbitos observados por AT no período de 1996 a 2015, sendo elas média e desvio-padrão. Os números absolutos nos indicam o quão grave tem se tornado os AT para a sociedade brasileira, além de configurar um problema de saúde e segurança públicas. A importância em se mostrar os números está em se ter uma noção da relevância da causa de morte em estudo. Mas, consciente de que para análises mais apropriadas ajustes nos dados precisam ser feitos.

De forma geral, por Grande Região, ao longo dos anos, em especial para os homens, a presença de ocorrências de estimativas zero diminuiu. Percentualmente, como já mencionado e por microrregião, a presença de zeros é mais evidente, daí a necessidade de posteriormente aplicar suavização das taxas.

A medida de dispersão desvio-padrão indica formalmente a distância da média. Sua variabilidade aqui pode ser um indicativo de mudanças espaciais na distribuição de mortes por AT ou tendências de queda e aumento cíclicos, o que só poderá ser verificado mais adiante de forma mais robusta. Mas, não pode deixar de notar aqui que o desvio-padrão aumenta ao longo dos anos para as regiões menos favorecidas socioeconomicamente, o que pode ser um indício de que há para essas regiões um tendência de espalhamento das taxas de mortalidade por AT.

Durante o período analisado, para as mulheres, as maiores médias de ocorrência de mortes por AT, balizadas pelo tamanho da população, ocorrem no 3º quinquênio para Sudeste (37.78) e Sul (31.88). Para Norte (24.82), Nordeste (24.17) e Centro-Oeste (38.06) ocorrem já no 4º, de 2011-2015. Já os maiores desvios-padrões acometem Sul (48.58) e Sudeste (118.67) no 1º quinquênio. Centro-Oeste (58.32) no 3º; Norte (36.52) e Nordeste (36.01) já no 4º quinquênio.

Para os homens acontece de forma parecida com algumas pequenas diferenças e de forma mais acentuada em termos numéricos. As maiores médias estão no 3º quinquênio para Sudeste (211.07) e Sul (167.40). Já Norte (137.06), Nordeste (164.90) e Centro-Oeste (185.30) ocorrem no 4º, de 2011-2015. Os maiores desvios-padrões acometem Sul (235.91) e Sudeste (657.10) no 1º quinquênio. Centro-Oeste (296.13) no 3º; Norte (181.74) e Nordeste

(242.56) também no 4º quinquênio.

Tabela 2 – Mínimo, Máximo, Média e Desvio Padrão das Mortes observadas por AT por Grandes regiões do Brasil, homens e mulheres de 15-35 anos, 1996-2015

MULHER	1996_2000			2001_2005			2006_2010			2011_2015						
	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP				
NORTE	0	159	13.72	27.24	0	153	17.45	28.48	0	194	21.56	33.17	0	205	24.82	36.52
NORDESTE	0	275	13.68	30.69	0	248	15.41	30.03	0	253	19.87	34.83	0	257	24.17	36.01
SUDESTE	0	1383	37.48	118.67	0	663	34.08	75.67	0	690	37.78	80.34	0	551	36.51	65.38
SUL	1	335	31.56	48.58	0	353	29.07	47.47	0	287	31.88	42.90	2	210	31.81	35.74
CENTRO	2	331	27.35	56.35	1	269	30.08	53.40	1	304	35.10	58.32	0	256	38.06	55.54
HOMEM	1996_2000			2001_2005			2006_2010			2011_2015						
	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP
NORTE	0	651	64.36	119.62	0	751	85.19	134.75	0	764	105.20	148.89	1	983	137.06	181.74
NORDESTE	0	1473	75.15	168.60	1	1638	95.91	187.35	1	1504	124.60	208.78	1	1829	164.90	242.56
SUDESTE	5	7826	194.60	657.10	1	3975	190.10	440.26	1	4207	211.07	458.82	1	3448	205.70	403.81
SUL	4	1621	149.27	235.91	5	1556	152.80	226.80	11	1587	167.40	222.30	5	1232	158.50	182.17
CENTRO	10	1427	131.25	265.42	14	1484	154.90	286.46	14	1591	172.60	296.13	23	1509	185.30	281.73

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

Tendo em vista as diferenças das taxas de mortalidade por AT nas Grandes Regiões do Brasil, é válido o estudo a nível de microrregião para avaliar a tendência e evolução da mortalidade por AT intraregional e interregional, verificando possíveis influências de vizinhança. Além disso, motivar a criação de políticas públicas mais focalizadas perante a fiscalização e segurança no trânsito.

Como análise exploratória dos resultados espaciais das taxas de mortalidade por AT observadas por microrregião, tem-se os Mapas das Figuras 3 e 4. Eles mostram respectivamente, para mulheres e homens, nos 4 quinquênios analisados e por microrregião, como se dá a evolução da série de taxas de mortalidade por AT no período. Em um primeiro momento não foram feitos ajustes nas taxas, portanto há limitações nas análises das taxas observadas. Os mapas mostram que quanto mais forte a tonalidade preenchida na microrregião, maiores são as taxas no local hachurado.

À primeira vista, pelos Mapas da Figura 3, é possível perceber para as mulheres que de 1996 para 2015, houve uma redução no valor das taxas, apesar de outros locais que antes serem menos acometidos por AT passarem a ser, ou seja haver um espalhamento dos AT pelo território. Nesse sentido, locais que antes não eram acometidos ou tinham menos óbitos por AT, passaram a ter maiores taxas de mortalidade por AT, como as microrregiões do Nordeste. Enquanto outras microrregiões que em 1996 tinham taxas maiores, passaram a ter taxas menores em 2015, como aquelas da região Norte, Sul e Sudeste. A Região Centro-Oeste mostra uma variabilidade de altas e baixas taxas nas microrregiões ao longo dos 20 anos. Esse espalhamento, então, parece acontecer de forma a diminuir nas microrregiões Sul e Sudeste e se difundir nas microrregiões do Centro-Oeste e Nordeste.

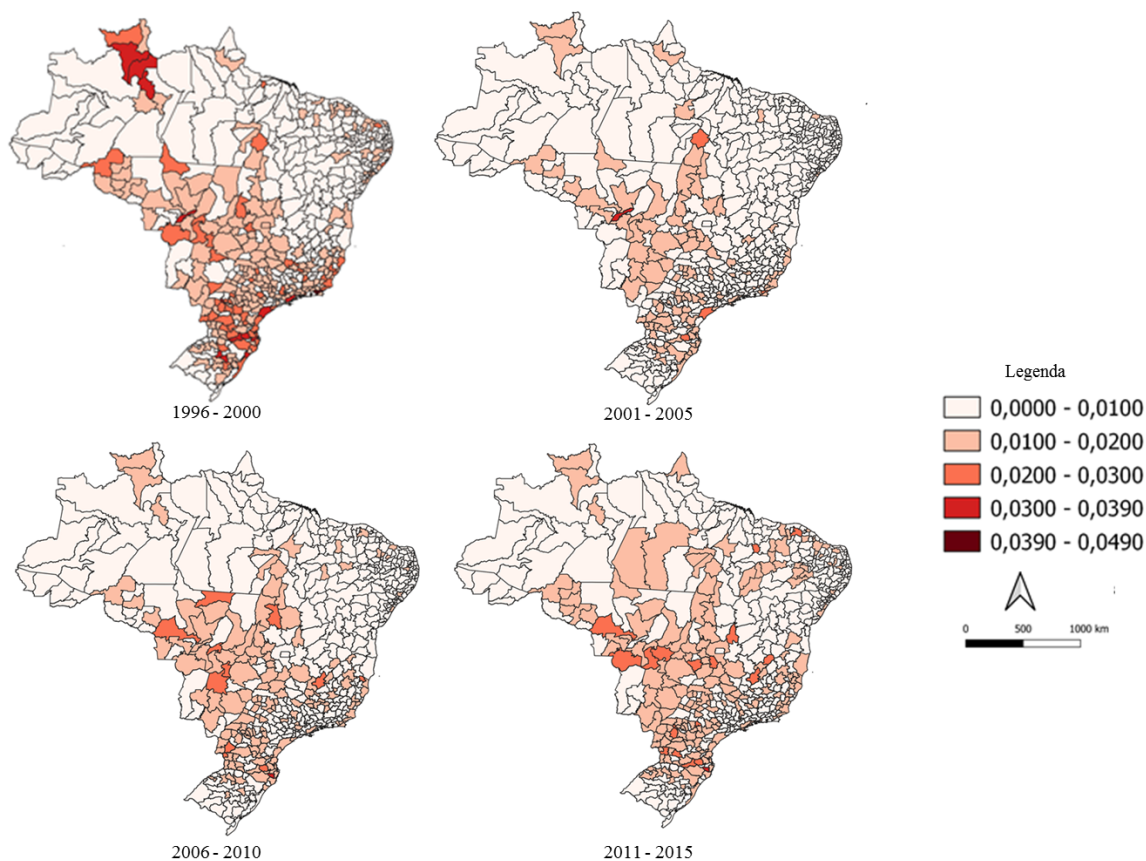


Figura 3 – Mapas da Evolução Espacial da Taxas de Mortalidade por AT observadas, mulheres de 15-35 anos, por Microrregião do Brasil, 1996-2015

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

Já para os homens, vide Mapas da Figura 4, houve um processo semelhante, mas bem mais acentuado em nível de taxas e espacialmente falando. As microrregiões do Nordeste em 2015 são as mais acometidas por AT e a mortalidade por essa causa parece diminuir nas microrregiões Sul e Sudeste a partir de 1996. Centro-Oeste também apresenta alta variabilidade nas taxas ao longo do tempo. A mancha em direção ao Centro-Oeste, Norte e Nordeste é mais visível no caso dos homens. Parece que mais microrregiões são acometidas por mortes de AT ao final da série, 2011-2015, por apresentarem maiores taxas de mortalidade.

O trabalho de [Pinheiro e Queiroz \(2020\)](#) mostra que o aumento das taxas de mortalidade por AT nas regiões Nordeste e Centro-Oeste muito se deve ao fato da alta circulação de motocicletas nessas áreas. [Ladeira et al. \(2017\)](#) mostram que as UF dessas regiões também são as mais acometidas pelas fatalidades de AT, como Tocantins e Piauí.

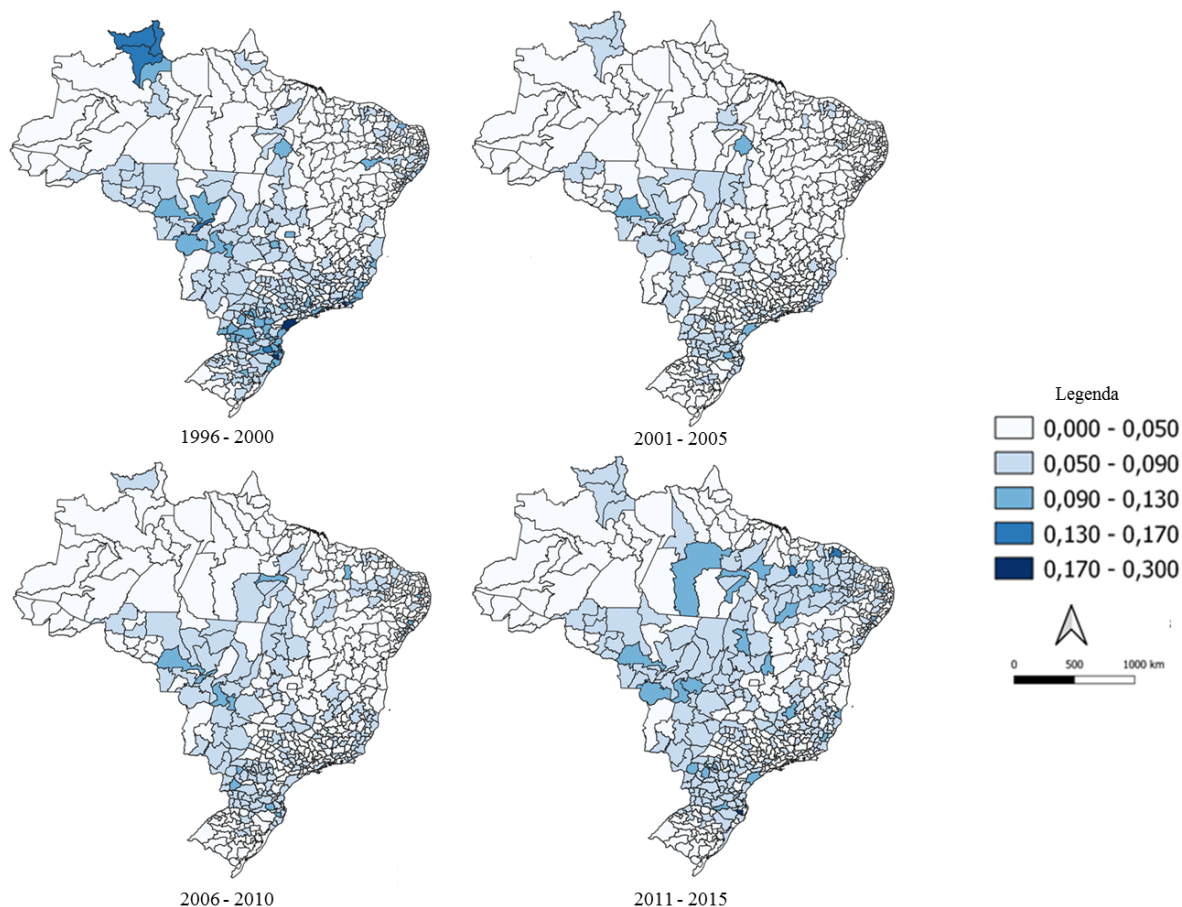


Figura 4 – Mapas da Evolução Espacial das Taxas de Mortalidade por AT observadas, homens de 15-35 anos, por Microrregião do Brasil, 1996-2015

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

No caso dos diferenciais espaciais de 1996-2015 por microrregião do país, é possível que eles existam e mostram tendência de deslocamento de altas taxas de mortalidade por AT para microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente. Ou seja, parece haver um descolamento das altas taxas de mortalidade por AT das Regiões Sul e Sudeste para Nordeste e Centro-Oeste. É preciso se precaver que como adianta [Tay \(2005\)](#) a tendência de que políticas de fiscalização, saúde e segurança pública sejam mais eficazes e previnam AT em regiões mais desenvolvidas socioeconomicamente é maior, contribuindo para taxas de mortalidade por AT menores. Mas, para avaliar com precisão como esse espalhamento ocorre de fato ao longo dos anos é necessário o ajuste nas taxas de mortalidade observadas conforme passos 2 e 3 da metodologia.

Observa-se que a dispersão das mortes por AT para mulheres e homens foi aumentando de 1996 a 2015 para a Região Norte. Em números médios de AT o número também foi maior na série. Para o Nordeste, a variação da média para as mulheres fica-se claro que sofreu aumento, enquanto que o desvio padrão sofreu queda do 1º para o 2º quinquênio apenas. Já para os homens, percebe-se que ambas as medidas tiveram sequên-

cias de aumentos ao longo da série. No caso da Região Sudeste, para as mulheres fica-se perceptível a oscilação das médias e desvios-padrão. Ao final da série há uma tendência de queda das mortes por AT. Para os homens o raciocínio não é diferente. Na Região Sul do Brasil as tendências são semelhantes às da Região Sudeste para as mulheres, porém as médias apresentam oscilações de queda e aumento e os desvios-padrão apresentam queda. Para os homens as médias aumentam nos primeiros quinquênios e cai no último. Os desvios-padrão também sofrem queda. Referente ao Centro-Oeste Brasileiro, dadas as mortes por AT de mulheres, as médias aumentam e os desvios-padrão oscilam com tendência de queda no último quinquênio. Para os homens, as médias e os desvios-padrão aumentam, mas estes últimos apresentam queda de 2011-2015.

Apesar das taxas de mortalidade observadas por AT já mostrarem um diferencial espacial e por sexo, não são as mais adequadas estimativas para se analisar devido a presença de estimativas zeros na mortalidade por AT e flutuações aleatórias como discutido previamente. Por isso, há uma limitação nesses resultados de forma que a Suavização Bayes Empírico de James-Stein, proposta como passo seguinte, é importante para a criação de medidas mais ideais de análise.

Dadas as estatísticas e os primeiros resultados das taxas de mortalidade específicas por AT observadas, calculadas para homens e mulheres, para a série 1996-2015, e visto a necessidade de ajuste e correção das mesmas para se atingir o objetivo proposto deste trabalho que é verificar se há espalhamento ou não da mortalidade por AT, a nível de microrregião do Brasil e ao longo dos anos, por sexo, seguem-se os resultados da suavização pelo Estimador Bayes Empírico (EBS) e a Autocorrelação Espacial por meio de Clusters, os quais levaram em consideração as taxas observadas como insumos.

## 4.2 Estimativas da Suavização Bayes Empírico

Os resultados do processo de suavização das taxas de mortalidade por AT, são decorrentes da necessidade de lidar com flutuações aleatórias em casos de pequenas áreas. Aqui utilizou-se o Estimador Bayesiano Empírico Local (EBS) para a suavização das taxas (ANSELIN, 1995; MARSHALL, 1991). Neste sentido, espera-se que as estimativas das taxas de mortalidade por AT após a suavização, sejam de qualidade superior às taxas de mortalidade por AT observadas, visto tratamento com estimativas zero e extremas, conforme discutido na metodologia.

Deste modo, a intenção é construir melhores estimativas dos riscos de se ter uma ocorrência de óbito por AT, considerando as microrregiões do Brasil, para homens e mulheres que foram comparados, também, de 15 a 35 anos e nos 4 quinquênios levantados em estudo. Foram consideradas as 558 microrregiões conforme o IBGE base de dados 2015.

É válido ressaltar que a definição da estrutura de vizinhança, passo fundamental

para a suavização das taxas com o Estimador Bayesiano Empírico Local, considerou os  $k=10$  vizinhos mais próximos. O critério de definição da estrutura de vizinhança considerado garante que cada observação tenha o mesmo número  $k$  de vizinhos (ANSELIN, 1995). Foram realizados testes permutando diferentes números de  $k$  no próprio software Geoda, mas as diferenças foram muito significativas quanto à porcentagem de não-zeros nas novas taxas geradas, de forma que a menor porcentagem de não-zeros foi alcançada com  $k=10$  vizinhos. A aproximação  $k=10$ , permitiu uma melhor análise espacial aqui desejada.

Nos Gráficos da Figura 5 foram plotadas as taxas de mortalidade observadas por AT e as taxas suavizadas através do Estimador Bayes Empírico, para os homens e mulheres. Analisar o grau de associação dessas estimativas é importante para verificar o ganho na construção de medidas mais robustas de mortalidade por AT em relação às taxas sem ajustes.

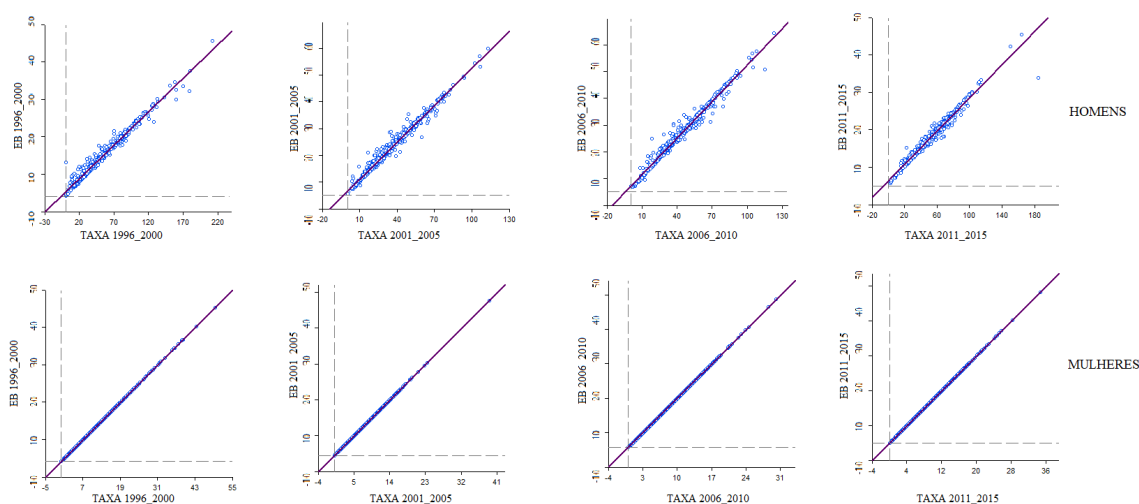


Figura 5 – Taxas de Mortalidade por AT x Taxas de Mortalidade por AT Suavizadas pelo Método Bayes Empírico Local, homens e mulheres de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

O efeito da contração das taxas em direção à média dos vizinhos é perceptível quando observamos a concentração das taxas e a escala de cada um dos eixos. Esse efeito é mais nítido para os homens, mas também ocorre para as mulheres. Outro ponto que merece destaque aqui, analisando o eixo x dos Gráficos, é que mesmo antes da suavização não havia uma alta concentração de microrregiões com taxas de mortalidade por AT igual a zero, especialmente no caso dos homens.

Mesmo assim, os pontos de ajuste iguais a zero e sua distribuição ao longo do eixo y, representam o efeito de ponderação das taxas pela média dos vizinhos. É válido destacar, mais uma vez, que a concentração em direção à média da vizinhança é mais significativa para as localidades menos populosas (MARSHALL, 1991). A porcentagem

de zeros na base de dados discutida na metodologia, apesar de numericamente pequena, causa instabilidade no numerador e denominador, por isso a decisão de suavização. Ao se optar pela técnica o problema minimiza, tornando as taxas que antes eram zeros, próximas de zero, e os outliers para cima, suavizados para baixo.

A seguir serão apresentados os mapas com as taxas de mortalidade por AT suavizadas pelo método de estimação Bayes Emprício Local de James-Stein. Os resultados serão apresentados por quinquênios e para homens seguidos das mulheres. Dessa forma, os mapas das taxas mortalidade por AT suavizadas são construídos através do Estimador Bayesiano Empírico Local (EBS) proposto na metodologia. Os mapas foram construídos conforme quintis para melhor análise e comparação. Sendo assim, é possível ver as regiões com os 20% das taxas de mortalidade por AT mais baixas e as 20% mais altas nos extremos. Mas, é imprescindível esclarecer que a magnitude das taxas de mortalidade femininas são inferiores às masculinas. As taxas de homens variam de 0 a 291.951 e as de mulheres entre 0 e 49.304, ambas por 100 mil habitantes.

A Figura 6 apresenta os Mapas das taxas de mortalidade suavizadas, para homens de 15 a 35 anos, para as 558 microrregiões brasileiras consideradas, conforme base do IBGE 2015, para o 4º quinquênios entre 1996-2015. Em 1996-2000, ao se comparar com as taxas previamente observadas, é possível ver, com mais clareza, a extensão da grande mancha de microrregiões de mortalidade mais elevada, desde o estado do Mato Grosso do Sul, até o estado de Sergipe, passando por diversos estados das regiões Centro-Oeste. Outro ponto positivo da aplicação da técnica, no que diz respeito à visualização da distribuição das taxas de mortalidade por AT, é que os aglomerados de áreas com taxas de mortalidade similares ficam mais nítidos.

Deve-se chamar a atenção aqui de que há grande variação dentro dos estados, o que torna mais importante ainda fazer uma análise de áreas menores. Mesmo estados com taxas de mortalidade por AT baixas, tem microrregiões com taxas mais elevadas. Isso é um ganho do presente estudo.

Esse resultado condiz com um trabalho de [Andrade e Mello-Jorge \(2016\)](#) que mostra que os aglomerados do Sul e Centro-Oeste têm as maiores taxas observadas de mortalidade por AT e ao se aplicarem técnicas de padronização mostram que há uma tendência de espalhamento ao Centro-Oeste e Nordeste.

[Ladeira et al. \(2017\)](#) constatam que o comportamento das taxas de mortalidade por AT apresentou variações entre os estados que compõem as regiões brasileiras. Apesar de ter havido redução das taxas em praticamente todas as UF, exceto o Piauí, na região Nordeste, a magnitude da redução variou bastante, sendo mais acentuada nas UF das regiões Sul e Sudeste.

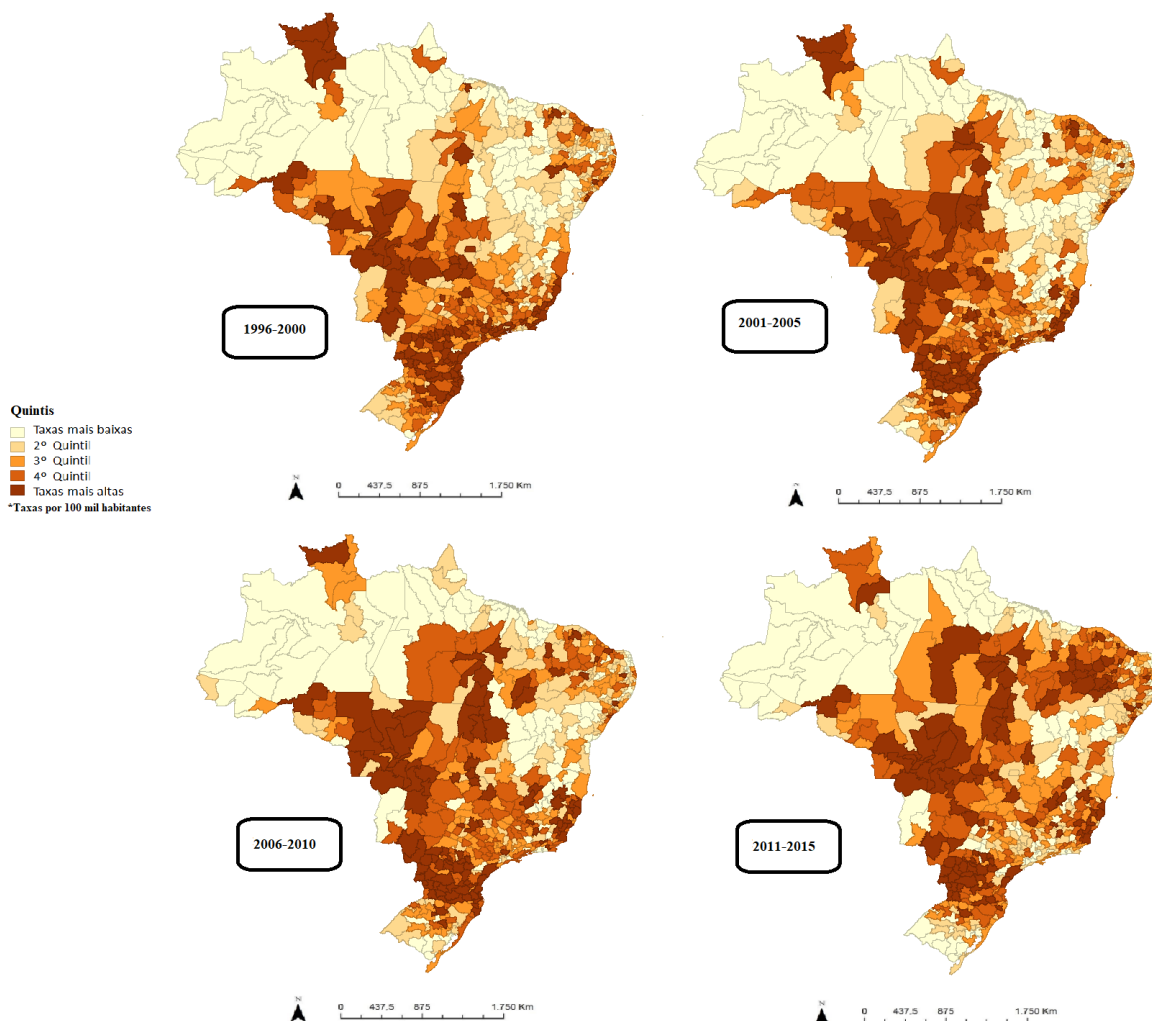


Figura 6 – Mapa da Distribuição das Taxas de Mortalidade por AT suavizadas (EBS), homens de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100 mil habitantes

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

As vantagens de se usar o Bayesiano Empírico perpassam o fato de que taxas muito baixas ou muito altas podem ser apenas um reflexo dos dados observados. Desse modo, os ajustes de suavização nas taxas de mortalidade por AT são importantes para uma análise mais apropriada e substantiva.

Quando chega-se no 2º quinquênio, 2001-2005, os homens demonstram queda nas taxas de mortalidade nas regiões mais desenvolvidas do país e em algumas microrregiões do Norte e Nordeste. A suavização trouxe de importante a precisão de algumas taxas de mortalidade antes verificadas com valores mais altos especialmente nas microrregiões do Centro-Oeste brasileiro. Além disso, microrregiões que antes apresentavam taxas zero, passaram a ter representatividade, de maneira observável naquelas de menor tamanho nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte.

Entre 2006-2010, os homens apresentaram aumento nas taxas de mortalidade, permanecendo a tendência de aumento. A concentração das microrregiões com taxas mais elevadas está indo em direção ao Norte e Nordeste. Como destacado anteriormente, pode ser que por serem regiões menos economicamente favorecidas, os AT tenham mais influência na mortalidade, visto a menor eficácia da segurança pública, viária e o comportamento das pessoas associados a fatores de risco como álcool e drogas e outros associados.

Moreira et al. (2018) mostram que a partir de 2008 as taxas de mortalidade geral no Brasil aumentam, mas para os AT e causas externas as taxas mostram estabilidade e começam a apresentar tendência de queda em 2015. Para jovens adultos, os autores também mostram a tendência de queda. Mesmo assim os números de fatalidades são altos. Uma avaliação nacional da adesão de estados e municípios às leis e códigos de trânsito mostram que os diferenciais regionais de mortalidade por AT podem estar relacionados a esse fato (MOREIRA et al., 2018).

Outra constatação do estudo de Ladeira et al. (2017) foi que o comportamento das taxas de mortalidade por AT apresentou variações entre os estados que compõem as regiões brasileiras, em especial na região Sul. O aumento das taxas em outras regiões, como no Nordeste, está possivelmente relacionado com o aumento da frota de motocicletas, especialmente usadas para trabalho (MOREIRA et al., 2018). Assim também podemos observar nos mapas suavizados até então.

Por fim, o último quinquênio, 2011-2015, mostra que para os homens as taxas de mortalidade por AT caem de maneira geral no território brasileiro. A faixa que se estende do Centro-Oeste ao Nordeste do país apresenta as maiores taxas, mesmo quando suavizadas. Assim, apreende-se que os homens sofrem por AT com taxas de mortalidade superiores às femininas, mas apresentam tendência de queda e espalhamento pelas microrregiões do Brasil, em especial naquelas mais pobres financeiramente ou em desenvolvimento.

Segundo Ladeira et al. (2017) as maiores taxas de mortalidade por AT em 2015 foram dos estados das regiões Norte e Nordeste, com destaque para Tocantins (41.7/100 mil), Piauí e Maranhão (36.3/100 mil). As menores taxas foram de São Paulo (18.3/100 mil), Distrito Federal (18.9/100 mil) e Rio Grande do Sul (19.5/100 mil). A taxa de mortalidade por Acidentes de Transporte Terrestre (ATT), grupo dentro dos AT com maior frequência de óbitos, apresentou redução em 26 das 27 UF do Brasil, ainda que de forma bastante heterogênea, com variação de 2.5 (Tocantins) a 52.3% (Distrito Federal). Dessa forma, observa-se que houve uma redução da taxa de mortalidade de ATT na ordem de 30.6% entre os anos de 1990 e 2015.

As taxas de mortalidade por ATT foram 4 vezes maiores nos homens em relação às mulheres, sendo esse risco maior em todos os tipos de vítimas (LADEIRA et al., 2017). Mesmo assim, como os resultados aqui mostram, ainda que relativamente altas, houve um padrão de queda ao longo dos 20 anos e há uma tendência de queda evidenciada em 2015.

Para jovens de 10 a 29 anos, as taxas de mortalidade são menores em 2015 do que em 1996 (MOREIRA et al., 2018).

Para se constatar a heterogeneidade do território brasileiro em relação à mortalidade por AT é importante visualizar os diferenciais de gênero. Apesar da mortalidade masculina ser superior à feminina, o perfil dos óbitos entre mulheres merece reflexão igualmente (NEVES; GARCIA, 2015). A seguir, portanto, serão discutidos, à luz da literatura, os resultados das taxas de mortalidade por AT para as mulheres de 15-35 anos, nos anos de 1996-2015.

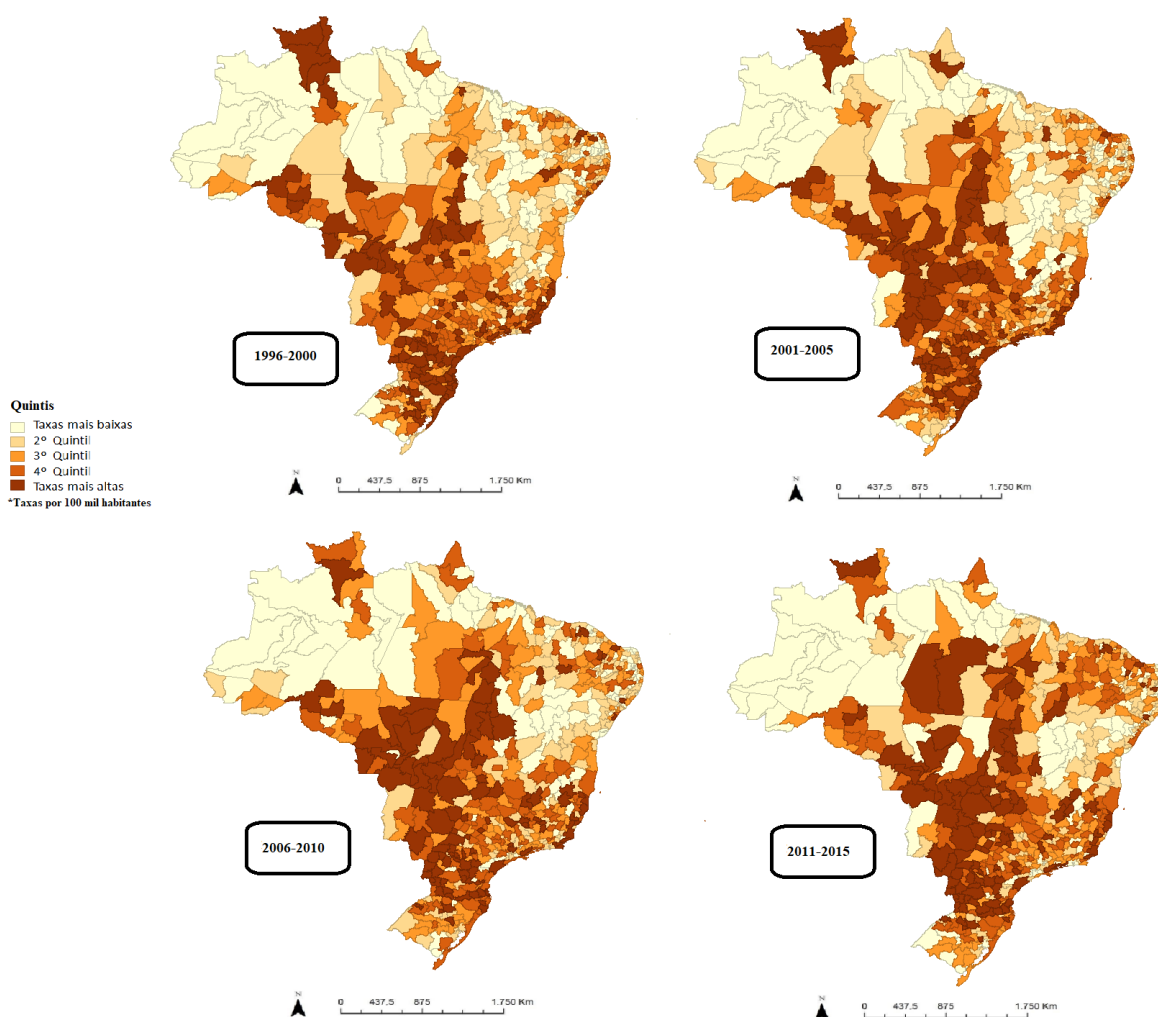


Figura 7 – Mapa da Distribuição das Taxas de Mortalidade por AT suavizadas (EBS), mulheres de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100 mil habitantes

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

No caso das taxas de mortalidade por AT das mulheres, vide Mapas da Figura 7, a mancha de aglomerados com taxas maiores é ainda mais notável. Especialmente

nas Grandes Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, ficando a distribuição das taxas de mortalidade por AT consideravelmente mais precisas.

Essa precisão é devido a propriedade de suavização. Os fatores de multiplicação gerados pela metodologia aplicada refletem que para contingentes de população maiores a contração será alta e, ao contrário porém, se a população for menor, a contração será baixa (FREIRE; ASSUNÇÃO, 2002). Por isso, fica-se mais evidente as taxas de mortalidade aqui conforme cada microrregião específica.

Para as mulheres, em 2001-2005, o caso foi especialmente diferente. As taxas foram superiores, mesmo as suavizadas quando comparadas ao quinquênio anterior. O que ocorre é que a dispersão da mortalidade por AT parece mais heterogênea para o sexo feminino. Mesmo assim, a ocorrência de casos no Centro-Oeste do país é visível e marcante. Esse resultado pode estar relacionado com a ascensão econômica recente das regiões mais pobres do país, Nordeste e Centro-Oeste, e políticas que facilitam a compra do primeiro veículo e, inclusive, atuação do setor petrolífero e ao agronegócio nas fronteiras agrícolas (MARTINS; BOING; PERES, 2013). Esse fatos possivelmente impulsionaram o crescimento da frota e da mortalidade por AT nessas regiões.

É muito provável que as taxas de mortalidade mais elevadas sejam ainda mais elevadas em áreas menos desenvolvidas do ponto de vista institucional, e, assim, com menor capacidade de fiscalização (PINHEIRO; QUEIROZ, 2020). Os mesmos autores também reforçam numa seção específica do seu trabalho que o crescimento econômico e a motorização observada, especialmente, nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, podem ser apontados como possíveis fatores das elevadas taxas de mortalidade nessas regiões.

Evidências mostram que o número mais elevado de mulheres motociclistas, bem como uma maior presença das mesmas no mercado de trabalho e seu comportamento frente ao trânsito podem estar associados ao aumento das taxas de mortalidade por AT das mesmas (PINHEIRO; QUEIROZ, 2020). Além disso, o maior uso de ansiolíticos quando comparados aos comportamentos de risco dos homens pode estar relacionado com as fatalidades do gênero (MOREIRA et al., 2018).

O espalhamento das taxas de mortalidade por AT podem estar relacionadas com o aumento da frota de motocicletas (PINHEIRO; QUEIROZ, 2020; MOREIRA et al., 2018; IPEA, 2015; BACCHIERI; BARROS, 2011; MENDES et al., 2015). Além disso, o aumento significativo da frota de veículos no geral, incentivado por financiamentos a juros baixos e pelo crescimento econômico, somado ao rápido envelhecimento da população são desafios que se tornarão cada vez mais difíceis de vencer com a atual política pública nacional para o trânsito (BACCHIERI; BARROS, 2011).

É destacado na literatura que, do ponto de vista da análise econômica, o interesse sobre o cumprimento ou não das leis recai sobre os custos percebidos pelos indivíduos de

se envolver em alguma atividade ilícita. Neste sentido, o aumento do custo associado, seja a severidade da pena, multa ou apreensão, ligado a um comportamento ilegal resulta em uma redução do mesmo (TAY, 2005). O mesmo autor, diz sobre o campo da segurança de trânsito, no qual o principal papel das leis e da fiscalização é ampliar a certeza de apreensão e de punição.

Somado a isso, o nível de desenvolvimento socioeconômico pode refletir comportamentos sociais frente ao trânsito e a maneira de dirigir ou pilotar, de forma que, em pequenas áreas, as pessoas podem agir de maneiras distintas, mais ou menos violentas. Os serviços de saúde, educação e a fiscalização viária prestados em cada área, também podem ser fatores de influência sobre os indivíduos. Estudos que mostram a redução dos AT, após implementação de medidas punitivas de trânsito, sugerem que o poder público pode reduzir parte considerável dos acidentes e salvar vidas. Entretanto, é vital que as ações sejam contínuas e rigorosas. Políticas públicas educacionais frente ao comportamento no trânsito são importantes e bastante utilizadas, mesmo que de formas diferentes pelo Brasil. Porém não são efetivas, principalmente quando utilizadas isoladamente. Melhorias no transporte coletivo, investimento em modos de transporte alternativos e saudáveis, como a bicicleta, e incentivo para a utilização racional do automóvel são fundamentais para aumentar a qualidade de vida nas cidades e reduzir o número de acidentes (BACCHIERI; BARROS, 2011).

Com base na argumentação acima, e nos mapas até então apresentados, é possível observar o espalhamento das taxas de mortalidade por AT, em especial nas Regiões Centro-Oeste e naquelas menos favorecidas socioeconomicamente.

Fica evidente a percepção do ajuste da Suavização Bayesiana no caso feminino para o 3º quinquênio, 2001-2005. As taxas suavizadas foram bem inferiores às anteriormente calculadas. Mas, ainda é visto o espalhamento da proveniente das Regiões Sul e Sudeste para as microrregiões do Norte, Nordeste e, especialmente, Centro-Oeste do Brasil.

Novamente, é importante ressaltar os diferenciais de gênero, sociais e espacialidade aqui. Como destaca Moreira et al. (2018), as políticas públicas também devem levar em conta "as relações sociais que envolvem esta realidade: padrões urbanos de mobilidade que privilegiam o transporte individual; malha rodoviária com problemas de conservação; hierarquização social da rua e do trânsito; trânsito como afirmação de poder e preconceito de gênero; mercado de trabalho, cujo setor de tele-entregas e transporte ocupa jovens pretos e pardos com pouca formação escolar, mas lhes submete a riscos de vida; saúde do trabalhador e responsabilização das empresas/mercado pela prevenção; e investimentos no Atendimento Pré-Hospitalar às vítimas de AT".

Para as mulheres, também no 4º e último quinquênio, 2011-2015, a suavização das taxas de mortalidade por AT se mostra ainda mais contundente, de modo que algumas microrregiões com elevadas taxas passaram a ter taxas mais amenas. Essas microrregiões

estão localizadas preferencialmente nas Regiões Sul e Sudeste. Ou seja, mais uma vez aqui o espalhamento de altas taxas de mortalidade por AT é observado do Centro para o Nordeste como observado nos anos anteriores da série.

A violência no trânsito recebeu especial atenção da Organização das Nações Unidas (ONU), que a incluiu nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e na Agenda 2030, via meta 3.6: até 2020, reduzir pela metade as mortes e os ferimentos globais por acidentes em estradas. Dentre as recomendações para dirimir a mortalidade por AT em adolescentes e jovens, em especial atuando nos diferenciais de gênero, no Brasil envolve a articulação com políticas que visem alcançar a outros ODS, tais como a meta 5.1 que visa acabar com a discriminação a mulheres e meninas (MOREIRA et al., 2018).

A série histórica aqui apresentada de 1996-2015 mostrou que ao longo dos anos houve realmente espalhamento das taxas de mortalidade por AT em direção às microrregiões do Centro-Oeste e Nordeste para homens e, mais evidente, para as mulheres, de 15-35 anos. A taxa de mortalidade por AT apresentou redução em 26 das 27 Unidades Federadas (UF) do Brasil ao longo do tempo, ainda que de forma bastante heterogênea, única exceção foi o estado do Piauí, no Nordeste, segundo um trabalho com o GBD que avalia a série de 1990-2015 para AT no Brasil e UF de Ladeira et al. (2017). Os autores mostram também que apesar do aumento das taxas de mortalidade entre motociclistas, os pedestres e ocupantes de veículos a motor ainda mantiveram taxas mais elevadas.

A aquisição de motocicleta poderia estar relacionada a um período da economia do país, de 2004 a 2013, quando houve a saída de milhões de pessoas da faixa da pobreza, com ascensão social e econômica, podendo assim adquirir seu primeiro veículo, muitas vezes uma motocicleta, que é utilizada em diversos setores da economia, rural e urbano (LADEIRA et al., 2017; PINHEIRO; QUEIROZ, 2020). Além disso, os trabalhos discutem o aumento da circulação de motocicletas nos municípios brasileiro nos últimos anos.

Ao longo dos 20 anos de análise desse estudo, de maneira geral, para homens e mulheres na faixa etária em estudo, observa-se que as taxas de mortalidade por AT tiveram um ritmo de crescimento acentuado de 1996 a 2010 nas microrregiões, revelando uma tendência de queda nas taxas a partir de 2011. A queda se revela mais acentuada nas microrregiões das Regiões mais desenvolvidas, Sul e Sudeste. talvez por conta da maior fiscalização e segurança impostas pelas leis de trânsito. Há um padrão semelhante dos comportamento de taxas femininas e masculinas em relação a distribuição espacial, mas a queda é mais contundente para homens, talvez por conta de suas maiores taxas de mortalidade por AT iniciais e adoção de comportamento de risco por parte das mulheres nos últimos anos.

Concluindo, a Suavização Bayesiana se mostrou eficiente para lidar com os valores extremos e/ou zeros na mortalidade, ampliando a confiabilidade das estimativas e melhorando a visualização das mesmas no mapas.

### 4.3 Análise Espacial da Mortalidade por Acidentes de Trânsito

O próximo passo é a Autocorrelação Espacial por Clusters. A opção dessa análise, é verificar a dispersão espacial da mortalidade por AT a nível de microrregião do Brasil. Vale salientar que a identificação de Clusters se dá a partir das taxas suavizadas pelo Estimador Bayes Empírico Local (EBS), que são base da construção do Índice Bayesiano Empírico (EBI), propostos na metodologia. Para averiguar como se deu o espalhamento das altas e baixas taxas mortalidade por AT, observado na suavização por Bayes Empírico, apresentada acima, os Mapas LISA Cluster, construídos por microrregião e para homens e mulheres, de 15 a 35 anos, para a série 1996 a 2015, serão essenciais.

A Figura 8 mostra os mapas Cluster com base nos LISAs estimados para as microrregiões brasileiras, construídos a partir das taxas de mortalidade por AT para homens. Fica nítida a presença de aglomerados de microrregiões com taxas de mortalidade por AT elevadas e de aglomerados com taxas baixas.

A interpretação desses mapas pode ser feita de maneira a se entender que como Clusters de padrão alto-alto, tem-se microrregiões com taxas elevadas de mortalidade AT cercadas por vizinhos com a mesma característica. Os Clusters de padrão baixo-baixo indica a presença de microrregiões que, assim como seus vizinhos, apresentaram baixa taxa de mortalidade por AT para o quinquênio analisado. Os Clusters de padrão alto-baixo e baixo-alto mostram microrregiões que possuem taxas de mortalidade por AT internas e da vizinhança distintas.

O padrão alto-alto estava concentrado nas microrregiões do Sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) e Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) e se espalhou ao longo da série. Por outro lado, o padrão baixo-baixo, antes característico da Região Norte e Nordeste, assumiu outros espaços inclusive das regiões mais desenvolvidas. O padrão alto-baixo, ou seja dentro da microrregião com altas taxas de mortalidade por AT e com vizinhança com baixas taxas, também se espalhou ao longo do território.

É possível observar que o padrão baixo-baixo é predominante nas microrregiões do Norte e Nordeste de 1996-2000 e o padrão alto-alto em microrregiões das Regiões Sul e Sudeste para os homens. O padrão alto-alto vai se espalhando rumo às microrregiões do Centro de 2001-2005 e 2006-2010 até atingir o Nordeste em 2011-2015. Já o baixo baixo começa a aparecer em microrregiões do Sudeste e Sul logo no 2º quinquênio e permanece até o 4º.

Para as mulheres, enfim, o padrão alto-alto foi se concentrando na região Centro-Oeste a partir do 2º quinquênio analisado e o baixo-baixo se concentrou, evidentemente, no Norte e Nordeste. As microrregiões mais expressivas são do Centro-Oeste, mas, de toda forma, é claro o espalhamento das ocorrências por AT no Brasil ao longo de 1996-2015. É interessante notar que de 2011-2015 algumas microrregiões do Sul e Sudeste já apresentam

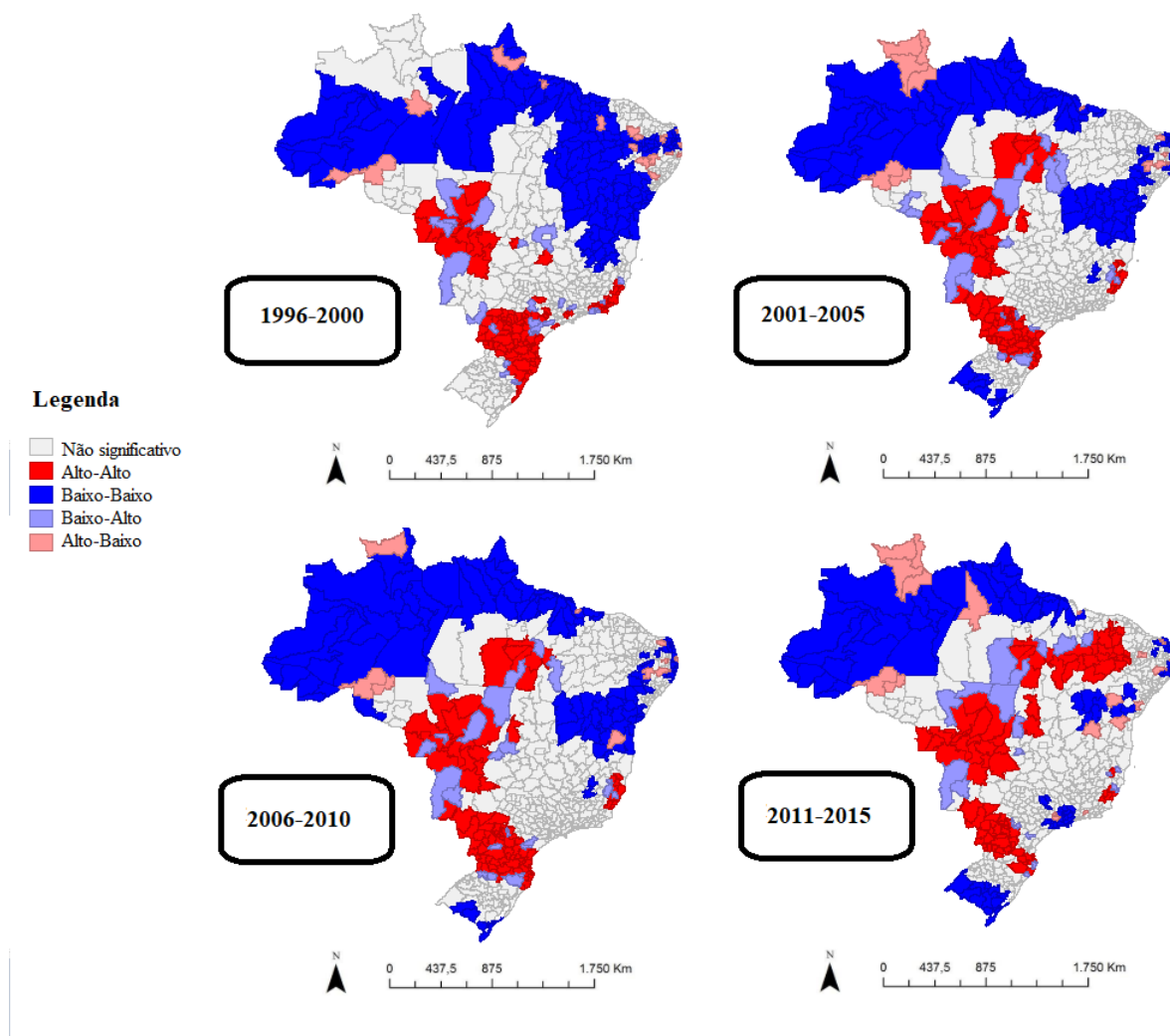


Figura 8 – Mapas LISA Cluster com EBI para Taxas de Mortalidade por AT, homens de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100 mil habitantes

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

padrão baixo-baixo. Vide Mapas da Figura 9.

Diferentemente dos homens, as mulheres mostram uma tendência de espalhamento das taxas de mortalidade por AT especialmente em direção ao Centro-Oeste, mas se concentram por lá os padrões alto-alto. O Sul ainda mostra altas taxas também, enquanto as microrregiões do Nordeste permanecem com padrão baixo-baixo, ou seja com baixas taxas de mortalidade por AT dentro e na vizinhança estabelecida.

A presença dos distintos padrões de autocorrelação espacial observados nas taxas de mortalidade por AT, tanto para homens como para mulheres, mesmo estas tendo taxas percentualmente inferiores, pelas microrregiões brasileiras, indica que a localização absoluta e relativa das microrregiões pode influenciar no valor das taxas. Ou seja, a interação entre uma localidade e sua vizinhança pode comprometer as taxas de mortalidade por AT de diferentes padrões para homens e mulheres, o que também pode mostrar que as diferenças

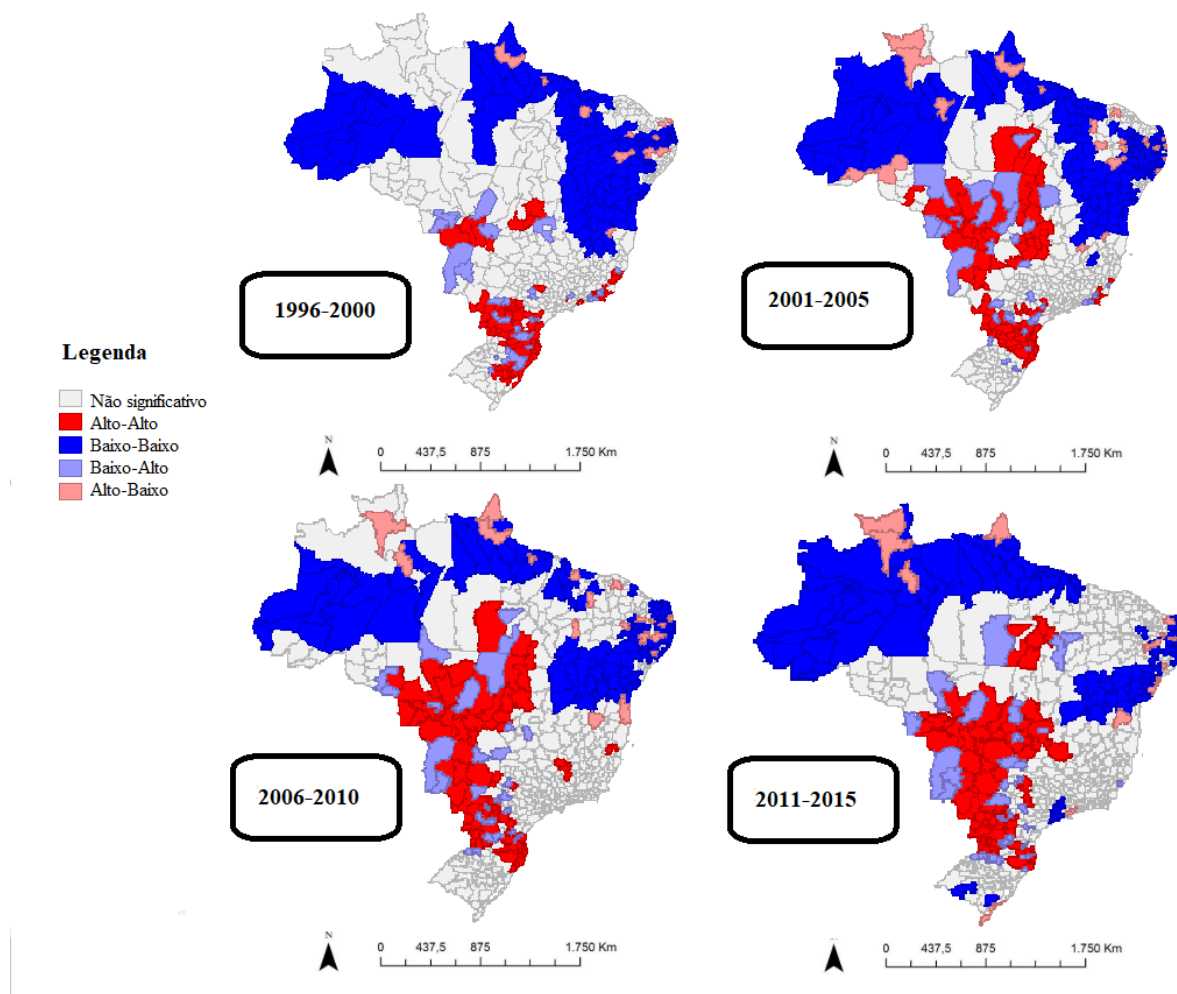


Figura 9 – Mapas LISA Cluster com EBI para Taxas de Mortalidade por AT, mulheres de 15-35 anos, 1996-2015, por Microrregião do Brasil, por 100 mil habitantes

Fonte: DATASUS, SIM. IBGE. Elaboração própria.

sociais, educacionais e de saúde entre os gêneros e seus respectivos comportamentos podem influenciar em certa medida.

Ao discriminar a mortalidade por AT por sexo para tentar entender melhor as tendências mostradas, para acidentes automobilísticos, observa-se o predomínio da mortalidade no sexo masculino numa razão de, aproximadamente, 3 para 1; quanto à faixa etária, observou-se que a maioria com idade entre 20 e 39 anos, mostrou um estudo que corrobora com os resultados aqui mostrados (OLIVEIRA; SOUZA; CUNHA, 2017).

No caso de motos, Libânio, Neto e Maria (2012), Pinheiro e Queiroz (2020) mostram que há um crescimento das taxas de mortalidade e que há uma tendência de aumento nas Regiões Nordeste, Centro-Oeste e, inclusive, Norte (Pará e Tocantins). Na região Nordeste, localizam-se aglomerados de padrão alto-alto que agrega o maior número de municípios com elevada mortalidade, cercado por vizinhos com a mesma característica (PINHEIRO; QUEIROZ, 2020). O crescimento do percentual de motos em circulação

frente aos demais veículos, sua adesão pelas mulheres e por diversos postos de trabalho podem estar intimamente relacionados com a dinâmica da mortalidade por AT no geral.

No ponto de vista de pedestres, [Fernandes e Boing \(2019\)](#) mostra que apesar de a mortalidade entre pedestres estar diminuindo em todas as regiões, os números atuais ainda representam uma grande parcela da mortalidade no trânsito. [Moreira et al. \(2018\)](#) ressalta que a diminuição das taxas de mortalidade por AT perpassam a priorização de modos sustentáveis de transporte, como bicicletas e transporte público. Além disso, discute que o conflito entre pedestres e motoristas é reflexo da desigualdade expressa no trânsito nacional, no qual o tráfego de veículos é privilegiado frente ao de pedestres.

No caso da distribuição de óbitos por doenças cardiovasculares, a tendência é que os padrões alto-alto diminuam ao longo do mesmo período analisado para mortalidade por AT. As microrregiões da Região Nordeste mostram, ainda assim, um deslocamento da concentração das maiores taxas de mortalidade vindas do Sudeste tanto para homens como para mulheres. Segundo [Baptista e Queiroz \(2019a\)](#) a mortalidade por doenças cardiovasculares está relacionada à estrutura da idade da população, condições de saúde, fatores institucionais, meio ambiente e situação socioeconômica à qual a população está exposta. O comportamento das taxas, portanto, mesmo sendo uma causa de morte crônica-degenerativa, revela semelhança com o padrão estudado por AT. Isso pode ser um indicativo da direção da Transição Epidemiológica no país.

O Brasil é marcado por grandes diferenças socioeconômicas com fortes relações com as diversidades regionais. Essas relações oferecem possibilidades de intervenções públicas direcionadas, mas ao mesmo tempo apresentam desafios, já que se trata de um país de dimensões continentais ([BAPTISTA; QUEIROZ, 2019a](#)).

Os achados mais relevantes aqui são o deslocamento do padrão de óbitos pela causa externa estudada para microrregiões menos desenvolvidas do ponto de vista social e econômico. Esses fatos são observados para homens e mulheres de 15-35 anos, e ao final do período analisado, 2011-2015, esses resultados são ainda mais evidentes no caso feminino.

As taxas de mortalidade mais elevadas foram observadas em microrregiões da região Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul e Mato Grosso). Estas regiões concentraram, também, a maior parte aglomerados de microrregiões com padrão alto-alto na distribuição das taxas. Esses achados são semelhantes aos observados por [Pinheiro e Queiroz \(2020\)](#) para AT envolvendo motocicletas para os municípios do Brasil em 2014, 2015 e 2016. A tendência espacial dos AT em geral, portanto, é bastante influenciada pela proporção de motos em circulação.

Homens e mulheres têm taxas de mortalidade por AT distintas e as mulheres bem mais baixas que os homens. Além disso, há de fato uma dispersão espacial observada ao

longo da série de 1996-2015 e por microrregião. Como bem diz [Tay \(2005\)](#), o espalhamento vai em direção às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente. Muito se deve ao comportamento das pessoas e, forma geral, à eficácia das leis de trânsito.

De modo geral, mesmo havendo oscilações entre os quinquênios, do início da série, 1996, para o fim, 2015, houve redução das taxas de mortalidade por AT para todas as Grandes regiões. As regiões Centro-Oeste e Nordeste apresentam as microrregiões com as maiores taxas de mortalidade por AT, para homens e mulheres, ao final do período analisado, além de uma concentração de microrregiões com padrão de altas taxas internas e na vizinhança.

Esse resultado condiz com uma pesquisa realizada recentemente por [Andrade e Mello-Jorge \(2016\)](#) na qual estimam a mortalidade e os anos potenciais de vida perdidos por acidentes de transporte no Brasil em 2013. Eles verificam queda nas taxas na maioria das regiões e diferenciais regionais também. Encontram que para as Regiões Nordeste e Centro-Oeste a tendência de aumento das taxas de mortalidade, espacilmente falando, é significativa. [Andrade e Mello-Jorge \(2016\)](#) mostram que o maior número de óbitos por AT ocorre entre homens de baixa escolaridade e está relacionado intimamente com o consumo de bebidas alcoólicas e sua fiscalização. Talvez por isso, as regiões Nordeste e Centro-Oeste são as mais acometidas por óbitos de AT nos últimos anos.

A hipótese inicial do trabalho foi testada, portanto, e verificada. Há de fato um espalhamento das taxas de mortalidade por AT, tanto para homens como para mulheres ao longo da série 1996-2015. A suavização foi importante para eliminar efeitos de flutuações aleatórias, ao passo que a autocorrelação espacial foi importante para verificar os padrões do espalhamento das taxas de mortalidade dentro da vizinhança estabelecida previamente. Esse espalhamento se dá, sobretudo, em direção às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente, sendo a maioria no Nordeste e Centro-Oeste, compondo em 2015 padrões de concentração de altas taxas de mortalidade por AT.

Conforme os resultados, a distribuição espacial e por tempo, por sexo, é de fato impactante. Ao longo do tempo, homens reduzem suas taxas de mortalidade observadas por AT, de 1996 para 2015, em quase todas as Regiões, exceto no Nordeste, em quase 20%. As mulheres apresentam maior variabilidade regional na redução em termos de taxas, mas suas taxas de mortalidade por AT revelam redução em todas as taxas observadas por Grandes Regiões.

O cenário é diferente ao se falar de espacialidade aplicando os métodos propostos de Suavização e Autocorrelação Espacial. Fica-se claro a mancha de aglomerados de microrregiões de padrão de altas de taxas de mortalidade por AT com vizinhança com altas taxas também nas proximidades da Região Centro-Oeste do Brasil além do Nordeste, para homens e mulheres. Para as mulheres os resultados são ainda mais expressivos, talvez pelo fato de que o comportamento masculino frente ao trânsito e demais causas

externas seja mais evidente em números, mas, nos últimos anos, as mulheres adotaram maior comportamento de risco devido ao empoderamento feminino.

Segundo o DATASUS <sup>1</sup>, os AT correspondem a 43 mil mortes por ano no Brasil e 20% delas ocorrem em rodovias federais (IPEA, 2015). Após a introdução da Década de Ação pela Segurança no Trânsito, pela ONU, estabelecida de 2011 a 2020, houve uma tendência de diminuição nas frequências absolutas dos desfechos fatais de AT nos níveis nacional e regional segundo Andrade e Antunes (2019). Conclui-se por este trabalho que, antes da medida tomada, houve tendência de aumento mensal do número de vítimas fatais e feridas por AT nas rodovias federais. Já após o início, logo em 2011, observou-se tendência inversa, ou seja, de declínio desses desfechos fatais.

Os achados deste trabalho corroboram com muitos estudos da literatura nacional mencionada e acrescenta que ao longo de 20 anos, ao avaliar medidas robustas de mortalidade por AT, as fatalidades, apesar de mostrarem tendência percentual de queda, se diferem ao se analisar por microrregiões e por sexo. Dessa forma, a queda é mais acentuada para homens e há um deslocamento das regiões de altas taxas de mortalidade por AT, configurada do eixo Sul/Sudeste para Nordeste/Centro-Oeste.

O diferencial aqui proposto, vale ressaltar, que neste estudo, analisa-se uma série temporal, o que ganha visibilidade em termos de ganhos de análise em relação a um ponto do tempo, permitindo comparabilidade no tempo, espaço e por sexo. Mas, cabe aqui dizer que para trabalhos futuros incorporar estatísticas de internação para controle dos fatores de risco associados seria de bastante interesse. A discriminação por tipo de veículo também seria interessante como discutido acima.

---

<sup>1</sup> <<http://datasus.saude.gov.br/>>

## 5 Conclusão

A mortalidade por AT no Brasil tem números expressivos para homens e mulheres jovens adultos. Na série estudada, 1996-2015, há uma tendência de queda nos últimos anos, mesmo assim há variabilidades regionais importantes a serem consideradas. As mortes por AT são fenômenos que estão espalhados pelo país, sejam nos grandes centros ou em localidades de pequeno e médio porte. Além disso, os impactos econômicos e sociais dos AT são diversos e bastante significativos (IPEA, 2015).

Neste contexto, dadas as grandes diferenças e desafios socioeconômicos do Brasil, entender a distribuição das localidades com risco de morte ou de ocorrência de AT mais elevados é uma importante ferramenta para nortear as decisões dos agentes público. No entanto, em pequenas áreas, como é o caso das microrregiões do Brasil, as taxas de mortalidade observadas por AT podem sofrer influência dos efeitos da flutuação aleatória.

Por isso, a Suavização Bayes Empírico de James-Stein e a Autocorrelação Espacial por meio dos Mapas de Cluster LISA foram essenciais. Assim, o objetivo principal do presente trabalho foi gerar estimativas da mortalidade mais robustas capazes de lidar com parte desses problemas. Depois, analisar a distribuição espacial, no período de 1996-2015, das taxas de mortalidade por AT nas microrregiões brasileiras com mais segurança.

Desse modo, fica-se aqui a contribuição dos resultados. Os dados aqui apresentados demonstram que, apesar de a mortalidade por AT estar diminuindo em todo o país, mesmo que de formas distintas e com algum grau de espalhamento de padrões de altas taxas de mortalidade por AT, especialmente em direção às microrregiões menos favorecidas socioeconomicamente do Centro-Oeste e Nordeste, ainda existe uma grande parcela de desfechos fatais no trânsito ou sequelas permanentes e internações decorrentes que não foram captadas neste estudo.

A hipótese que se pretendia testar com esse trabalho foi averiguada e a pergunta de interesse respondida acerca de como se dá a distribuição das taxas de mortalidade por AT pelas microrregiões do Brasil. Houve, em certa medida, o espalhamento das taxas de mortalidade por AT a nível de microrregiões do Brasil e há diferenciais por sexo. Esse espalhamento se dá rumo às áreas de menor poder aquisitivo e social, conforme indicadores socioeconômicos do Brasil, como discutido anteriormente, sendo as microrregiões mais afetadas as da Região Centro-Oeste e Nordeste. Os diferenciais são mais notáveis na distribuição das mortes de mulheres. Ao contrário do que se imagina popularmente, porém, as altas taxas de mortalidade nas Regiões Sul e Sudeste não mantêm um padrão alto-alto e mostram tendência de queda ao longo dos anos analisados. Homens mantêm taxas mais altas que as mulheres, mas ambos mostram tendência de queda, especialmente as mulheres.

Uma possível explicação para isso é o aumento da frota de motocicletas em todo o território nacional, em especial nas regiões mais pobres, tanto como meio de locomoção como meio de trabalho e o evidente aumento no número de mortes com AT envolvendo motos (MOREIRA et al., 2018; PINHEIRO; QUEIROZ, 2020). No entanto, fiscalizações diferenciadas em cada localidade do país também podem surtir efeitos diversos quanto a mortalidade por AT.

Dessa forma, limitações desse estudo perpassam o fato de que o cenário mais ideal de trabalho proposto é uma proxy da real taxa de mortalidade por AT, uma vez que não se tem medidas disponíveis da população eminente de risco de se sofrer um AT em determinada via e em determinado tempo específico. Além disso, não se analisa aqui fatores de risco associados aos AT, como álcool, drogas, efeitos psicológicos e comportamento frente às leis de trânsito, que podem afetar as taxas de mortalidade conforme localidade também. Discriminar por tipo de veículo seria outra estratégia que facilitaria o entendimento dos desdobramentos da evolução da tendência de AT no Brasil.

Mesmo assim a contribuição importante dessa dissertação é estabelecer medidas mais robustas para taxas de mortalidade por AT, para pequenas áreas do Brasil. O grupo de estudo é, de acordo com a literatura, o mais acometido pela causa externa em questão, jovens adultos de 15-35 anos. Mesmo assim, há trabalhos como os de Moreira et al. (2018), Santos et al. (2016) que mostram que é relevante o estudo de AT para jovens e até mesmo para idosos. Além disso, avalia-se a diferença entre homens e mulheres e a evolução das taxas de mortalidade por AT num período de 20 anos, 1996-2015, relativamente longo.

A mortalidade por AT, sendo uma causa externa relevante de estudo conforme a literatura, especialmente nos países em desenvolvimento, vêm aumentando de maneira significativa nos últimos anos em relação às taxas de mortalidade no Brasil, especialmente para homens, como o GBD mostra claramente. O Carga de Doenças tem mostrado, também, a variabilidade da mortalidade por AT por estado/UF, atualmente. O que ocorre é que de fato, devido a Transição Epidemiológica, as causas externas assumem um dos primeiros lugares no ranking de óbitos (OMRAN, 1971). Além disso, o envelhecimento populacional, a queda das taxas de fecundidade e as diversas transformações ocorridas na sociedade brasileira, têm trazido novos desafios ao sistema de saúde, configurando uma atual Transição da Saúde no país (SOUZA et al., 2018).

Dessa forma, não pode-se deixar de falar novamente de Transição Epidemiológica e da Saúde aqui. Conjuntamente, elas espelham ao país uma série de mudanças estruturais e conjunturais que atingem a população socialmente e economicamente. O envelhecimento da população e o acometimento de doenças mais complexas e causas externas com maior frequência, como algum de seus resultados, transformam a maneira de agir e pensar da sociedade. As causas externas tem resultados significativos na sociedade em geral. Em estudo realizado em serviços de emergência de capitais do Brasil, 25% dos atendimentos

por causas externas foram devidos a AT. Cerca de 15% das internações por causas externas em hospitais públicos do Brasil no período de 2002 a 2011 apresentaram como diagnóstico lesões causadas por AT (LADEIRA et al., 2017).

Segundo a OPAS, aproximadamente 93% das mortes no trânsito ocorrem em países de baixa e média renda, embora estes concentrem aproximadamente 60% dos veículos do mundo. O Brasil, sendo um país em desenvolvimento, agrega ainda uma alta porcentagem de fatalidades por causas externas entre jovens adultos, e parcela significativa dessas mortes são ocasionadas por AT. Um outro fato interessante é o impacto da Lei Seca de 2008, como medida coercitiva que tenta inibir o hábito de dirigir após beber, que atingiu de forma diferente as regiões do país, ressaltando-se a falta de uniformidade na aplicação da lei em todo o país segundo (MORETTI, 2019).

As metas da ONU a respeito da redução dos AT no mundo, "Reduzir a mortalidade no trânsito pela metade, até 2020,..., é uma meta audaciosa. Neste contexto, o Brasil apresenta-se como um país em que este tipo de mortalidade tem taxas impactantes que, nos últimos 20 anos, mantêm-se estáveis"(MOREIRA et al., 2018). Na série 1996-2015, analisada no entanto, observa-se uma tendência, ainda que incipiente para homens e mais vantajosa para mulheres, de queda nas taxas de mortalidade por AT por microrregião do país, mais claramente observada ao final, no período 2011-2015.

Também, é possível fazer um paralelo com as medidas da ONU estabelecidas a partir de 2011 até 2020 promovendo incentivos para redução internacional dos AT em até 50%, e o incentivo à campanha do Maio Amarelo. A Década de Ação pela Segurança no Trânsito é uma política pública que motivou alguns estudos como os de Andrade e Mello-Jorge (2016), Moreira et al. (2018), tendo em vista esse problema global e o fato de que a violência no trânsito tem se agravado e merece atenção. Muitas das mortes por AT são evitáveis e medidas de segurança e comportamento podem ser tomadas para sua redução e diminuição das letalidades também.

A Década de Ação pela Segurança no Trânsito, anunciada pela ONU em março de 2010, para o período de 2011 a 2020, pretende que todos os países devem se esforçar para atingirem a meta de estabilizar e reduzir as mortes causadas por AT por meio da implementação de um plano de ação que tem como objetivo fortalecimento da gestão, investimento em infraestrutura viária, segurança veicular, comportamento e segurança dos usuários do trânsito e atendimentos pré-hospitalar e hospitalar ao trauma (LIBÂNIO; NETO; MARIA, 2012). Resultados mostram que leis coercitivas foram determinantes para a prevenção dos óbitos por AT, dentre elas se destaca a Lei Seca de 2008, contra a ingestão de bebidas alcoólicas antes de dirigir. Este estudo destaca que a morte no trânsito é prematura e evitável (ABREU; SOUZA; MATHIAS, 2018).

O Projeto Ruas Completas do World Resources Institute (WRI) Brasil propõe medidas de mudança de mentalidade na hora de projetar ruas das cidades. Duas cidades da

América Latina segundo eles já ganharam prêmio por tal iniciativa. Além disso, trabalham em cima da meta de que zerar morte no trânsito não deve ser meta apenas de apenas de possibilidade de países ricos que já venceram a Transição Demográfica. Esse projeto corrobora com o fato de que os AT acometem em grande parte municípios com menos de 20 mil habitantes como mostram [Libânio, Neto e Maria \(2012\)](#) em um trabalho comparando 2000 e 2010.

A evolução da mortalidade por AT no país exige dos governantes medidas públicas capazes de sustentar a economia e as mudanças demográficas causadas no setor de serviços, saúde e previdenciário. Fiscalização, sinalização, qualidade das vias e segurança no trânsito precisam ser reforçadas continuamente. Mais uma vez, este trabalho se insere na medida em que avalia uma questão de saúde e segurança públicas inerente a maioria da população, em especial a aqueles em idade ativa e a parcela jovem da população.

Aqui tenta-se aliar lacunas de estudo com méritos temporais e espaciais identificados na literatura de mortalidade por AT a fim de averiguar a tendência e evolução das taxas de óbito por essa causa. Após o desenho metodológico aplicado, é possível fazer uma discussão e motivar questionamentos se mesmo com as políticas de financiamento e crédito facilitadores de compra de veículo e algumas medidas coercitivas de trânsito concentradas no período, com a Nova Lei de Trânsito que entrou em vigor em 1998, as taxas de mortalidade por tal causa externa de fato tem se espalhado espacialmente por microrregião do Brasil.

Possivelmente as oscilações das medidas estatísticas e espaciais estão relacionadas com medidas coercitivas de trânsito desde a Nova Lei de Trânsito de 96/97 instituída em 1998. Dentre as medidas tomadas podemos citar: a Introdução do Cinto de Segurança (Lei 9503/97), Lei Seca (Lei 11.705/08), Lei da Cadeirinha (Resolução 277/2008 do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN), AIR BAG e Freio ABS (Lei 11.910/09), Nova Lei Seca (Lei 12.760/12) e aumentos de multas por infrações graves.

A introdução das medidas coercitivas parecem atingir pontualmente as taxas, numa tendência de queda, nos anos da interferência e logo após voltam a subir. No entanto, é uma limitação do trabalho verificar se de fato as quedas pontuais foram explicadas pela eficácia das leis de trânsito ou se a nível espacial, alguma medida coercitiva local foi aplicada que interferisse nas taxas. Ou ainda, vale dizer que as flutuações aleatórias não são consideradas e nem o ritmo de crescimento da população. Ademais, seria necessário, para estabelecimento de correlação entre a introdução das leis e as taxas de mortalidade por AT, medidas robustas da população eminente de risco por AT em cada ponto no espaço e tempo, de forma a captar melhor o denominador das taxas de óbito, que seria, em melhor hipótese, o número de veículos e pedestres que passam em determinada via e em determinado espaço de tempo, sujeitos a sofrer um AT.

No Reino Unido, por exemplo um estudo de [Li, Graham e Majumdar \(2013\)](#) mostra que há reduções significativas no número de acidentes de todas as gravidades em locais em

que radares de trânsito foram inseridos. No EUA, [Damacena et al. \(2016\)](#) demonstrou que país uma das principais causas de mortalidade prematura é o consumo abusivo de álcool e que de todas as mortes nos EUA entre 2006 e 2010 estiveram relacionadas ao consumo excessivo de álcool, e os acidentes de AT responderam por 36% do total de mortes atribuíveis ao consumo de álcool. Para o Brasil [Damacena et al. \(2016\)](#) também mostra que a funcionalidade da Lei Seca também é observável nos diferentes estados brasileiros quanto à sua eficácia, aplicabilidade e fiscalização ao se analisar os resultados de AT.

Somado a isso, a frota de veículos de modo geral tem aumentado devido a políticas facilitadoras de crédito e financiamento e o período de ascensão social no país de 2004 a 2013 ([LADEIRA et al., 2017](#)). Por outro lado, uma das primeiras limitações deste trabalho é não discriminar os AT por tipo de veículo e acidentes com pedestres, o que facilitaria as tomadas de conclusões. Mostra-se, então, que uma das possíveis explicações para o espalhamento espacial das taxas de mortalidade por AT pelo Brasil ao longo dos anos, e o padrão alto-alto se concentrar nas regiões mais pobres, ser o fato de que políticas públicas relacionadas a trânsito, saúde, economia e segurança são menos eficazes.

Para o Brasil, entre 1996 e 2015 mudanças nas leis de trânsito e políticas públicas foram observadas no país, como o revigoramento da Lei Seca em 2011. Mesmo assim, como em uma análise preliminar mostrou, numa pesquisa do Sindipeças, Sindicato que reúne as fabricantes de autopeças no Brasil, a frota de veículos cresceu de 24.8 milhões em 2009 para 36 milhões em 2017. Segundo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) de 1990 a 2010, em apenas 10 anos, a frota de veículos aumentou 119%.

Para trabalhos e agenda futuros, discriminar por tipo de veículo, averiguando especialmente diferenciais de mortalidade por carros e motos, se sofreu ou não internação e fatores de risco associados complementarizam os achados deste estudo e levariam a uma direção melhor do cenário real brasileiro de AT e como ele se insere a nível global. Possivelmente, seria interessante diferenciar o padrão intraurbano de mortes por AT e nas rodovias e analisar as políticas de segurança, infraestrutura e uso de equipamentos de segurança. Mesmo assim, o estudo aqui proposto já nos mostra que, como país em desenvolvimento, num cenário em que se espera altas taxas de mortalidade por causas externas, a queda das taxas por AT em todas as grandes regiões é um sinal de alerta para que as políticas públicas de segurança viária continuem a zelar pela sociedade para conter o espalhamento e permanecer o cenário de queda.

As principais conclusões desta dissertação são que a mortalidade está distribuída de forma desigual pelo território nacional, a nível de microrregião, o que deve ser encarado como um problema de saúde pública. Da mesma forma, a utilização de métodos de Suavização e de Clusters mostram-se estratégias eficientes para gerar melhores estimativas das taxas mortalidade por AT das microrregiões no Brasil. Contar com boas estimativas é fundamental para entender e enfrentar os desafios relacionados aos fenômenos de interesse

(PINHEIRO; QUEIROZ, 2020). Do ponto de vista da melhoria das estimativas, uns dos prováveis passos de uma agenda de pesquisa futura diz respeito à utilização de diferentes estratégias de definição da vizinhança para aplicação de método Bayesiano Empírico de suavização e LISA Cluster, bem como a comparação dos resultados observados.

Entre as possíveis estratégias, podem ser utilizados métodos de análise de Clusters para séries históricas mais recentes e de acordo com o Código de Trânsito em vigor e respectivas medidas coercitivas, além de dados econômicos da população, como o PIB per capita, por exemplo, para se analisar conjuntamente as taxas de mortalidade e internação por AT, seus desfechos e possíveis características que impulsionam a permanência de altas taxas de mortalidade por AT, afetando e sendo afetadas pelos comportamentos social e econômico.

Já em relação às medidas coercitivas, antes da Década de Ação pela Segurança no Trânsito, houve tendência de aumento mensal do número de vítimas fatais e feridas por acidentes de trânsito nas rodovias federais. Após o início da medida, em 2011, observou-se tendência inversa, ou seja, de declínio desses desfechos segundo estudo que avalia a tendência do número de mortos, feridos graves e feridos leves por AT nas rodovias federais brasileiras, segundo macrorregião e de 2007 a 2017 (ANDRADE; ANTUNES, 2019).

A exploração mais aprofundada da relação entre a renda de pequenas áreas e as taxas de mortalidade e, até mesmo, de internação é outra vertente que se abre a partir dos resultados observados no presente trabalho. Há indícios que a relação entre renda e a ocorrência de AT se aproxima da experiência internacional. Mesmo analisando mais de um ponto no tempo, para poder fazer afirmações mais contundentes acerca dessa relação seria fundamental explorar uma série de dados com informações de renda e internação. Além de identificar mais precisamente a relação entre essas variáveis, a inclusão de outras variáveis sociodemográficas e econômicas, balizadas pelas leis de trânsito, com potencial explicativo, a utilização de uma série de dados mais recente representa um interessante exercício metodológico.

Neste sentido, necessariamente, será de fundamental importância a aplicação de técnicas para melhorar o ajuste de taxas de pequenas áreas. Há um caminho extenso e desafiador para melhor compreender e, potencialmente, auxiliar a reduzir os impactos associados aos AT nas microrregiões brasileiras. Mesmo assim, espero ter preenchido as lacunas propostas no objetivo desta dissertação e gerar novos questionamentos para trabalhos futuros ligados especialmente a área atuarial de gerenciamento dos riscos por mortalidade de AT, decorrentes internações e impactos na morbimortalidade de causas externas.

## Referências

- ABEGAZ, T. et al. Road traffic deaths and injuries are under-reported in Ethiopia: A capture-recapture method. *PLoS ONE*, v. 9, n. 7, p. 5–9, 2014. ISSN 19326203. Citado 4 vezes nas páginas 19, 27, 35 e 46.
- ABREU, D. R. d. O. M.; SOUZA, E. M. de; MATHIAS, T. A. d. F. Impact of the brazilian traffic code and the law against drinking and driving on mortality from motor vehicle accidents. *Cadernos de Saude Publica*, v. 34, n. 8, 2018. ISSN 16784464. Citado na página 81.
- ALCOFORADO, J. M. d. S. G. Características sociodemográficas da população e identificação do perfil epidemiológico das vítimas de acidentes de transporte terrestre no Brasil e Pernambuco a partir de microdados da pesquisa nacional de saúde 2013. 2016. Citado na página 18.
- ANDRADE, F. R. D.; ANTUNES, J. L. F. Trends in the number of traffic accident victims on Brazil's federal highways before and after the start of the Decade of Action for Road Safety. *Cadernos de Saude Publica*, v. 35, n. 8, p. 1–11, 2019. ISSN 16784464. Citado 2 vezes nas páginas 78 e 84.
- ANDRADE, L. D. et al. Brazilian road traffic fatalities: A spatial and environmental analysis. *PLoS ONE*, v. 9, n. 1, 2014. ISSN 19326203. Citado 3 vezes nas páginas 19, 36 e 37.
- ANDRADE, S. S. C. d. A.; MELLO-JORGE, M. H. P. de. Mortality and potential years of life lost by road traffic injuries in Brazil, 2013. *Revista de Saude Publica*, v. 50, p. 1–9, 2016. ISSN 00348910. Citado 5 vezes nas páginas 25, 57, 66, 77 e 81.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995. ISSN 15384632. Citado 5 vezes nas páginas 20, 46, 49, 64 e 65.
- ASSUNÇÃO, R. M. et al. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 14, n. 4, p. 713–723, 1998. Citado 4 vezes nas páginas 30, 35, 43 e 45.
- ASSUNÇÃO, R. M.; REIS, E. A. A new proposal to adjust Moran's I for population density. *Statistics in Medicine*, v. 18, n. 16, p. 2147–2162, 1999. ISSN 02776715. Citado 4 vezes nas páginas 47, 49, 50 e 51.
- ASSUNÇÃO, R. M. et al. Empirical Bayes estimation of demographic schedules for small areas. *Demography*, v. 42, n. 3, p. 537–558, 2005. ISSN 00703370. Citado na página 31.
- BACCHIERI, G.; BARROS, A. J. Acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2010: Muitas mudanças e poucos resultados. *Revista de Saude Publica*, v. 45, n. 5, p. 949–963, 2011. ISSN 00348910. Citado 4 vezes nas páginas 25, 28, 70 e 71.
- BAPTISTA, E. A.; QUEIROZ, B. L. Spatial Analysis of Mortality by Cardiovascular Disease in the Adult Population : A Study for Brazilian Micro - Regions Between 1996 and 2015. *Spatial Demography*, Springer International Publishing, n. 0123456789, 2019.

ISSN 2164-7070. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40980-019-00050-6>>. Citado na página 76.

BAPTISTA, E. A.; QUEIROZ, B. L. The relation between cardiovascular mortality and development: Study for small areas in Brazil, 2001–2015. *Demographic Research*, v. 41, n. December 2019, p. 1437–1452, 2019. ISSN 1435-9871. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 43.

BAPTISTA, E. A.; QUEIROZ, B. L.; RIGOTTI, J. I. R. Decomposition of mortality rates from cardiovascular disease in the adult population: a study for Brazilian micro-regions between 1996 and 2015. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 35, n. 2, p. 1–20, 2018. ISSN 0102-3098. Citado 10 vezes nas páginas 20, 21, 24, 25, 29, 32, 34, 43, 46 e 49.

BATISTA, M. E.; MYRRHA, L. J. D. Uma análise dos custos gerados pelos acidentes de trânsito no Brasil ao Sistema Único de Saúde e o seu financiamento pelo seguro DPVAT (2005-2011). p. 78–92, 2011. Citado na página 33.

BLINCOE, L. et al. The economic and societal impact of motor vehicle crashes, 2010 (Revised). *Annals of Emergency Medicine*, v. 66, n. 2, p. 194–196, 2015. ISSN 10976760. Citado na página 27.

CAMPOS, M. R. et al. Morbidity and mortality associated with injuries: results of the Global Burden of Disease study in Brazil, 2008 / Morbimortalidad por las causas externas: resultados del estudio Carga Global de las Enfermedades en Brasil, 2008 / Diferenciais de morbimorta. *Cadernos de Saúde Pública VO - 31*, v. 31, n. 1, p. 121, 2015. ISSN 0102-311X. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S0102.311X2015000100121&lang=es&site=ehost-live>>. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 33.

CARVALHO, A. X. Y. de et al. Taxas bayesianas para o mapeamento de homicídios nos municípios brasileiros. *Cadernos de Saude Publica*, v. 28, n. 7, p. 1249–1262, 2012. ISSN 0102311X. Citado 5 vezes nas páginas 21, 30, 41, 46 e 47.

CASTRO, M. C. de. Spatial demography: An opportunity to improve policy making at diverse decision levels. *Population Research and Policy Review*, v. 26, n. 5-6, p. 477–509, 2007. ISSN 01675923. Citado na página 35.

CLAYTON, D.; KALDOR, J. Empirical Bayes Estimates of Age-Standardized Relative Risks for Use in Disease Mapping. *Biometrics*, v. 43, n. 3, p. 671, 1987. ISSN 0006341X. Citado na página 32.

DAMACENA, G. N. et al. Alcohol abuse and involvement in traffic accidents in the Brazilian population, 2013. *Ciencia e Saude Coletiva*, v. 21, n. 12, p. 3777–3786, 2016. ISSN 16784561. Citado na página 83.

ENSP; FIOCRUZ; FENSPTEC. Projeto Carga de Doença. 2002. Citado na página 25.

ERDOGAN, S. Explorative spatial analysis of traffic accident statistics and road mortality among the provinces of Turkey. *Journal of Safety Research*, Elsevier Ltd, v. 40, n. 5, p. 341–351, 2009. ISSN 00224375. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsr.2009.07.006>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 36.

European Transport Safety Council. *Social and Economic Consequences of Road Traffic Injury in Europe*. [S.l.: s.n.], 2007. 50 p. ISBN 9789076024271. Citado 3 vezes nas páginas 19, 27 e 35.

FERNANDES, C. M.; BOING, A. C. Mortalidade de pedestres em acidentes de trânsito no Brasil: análise de tendência temporal, 1996-2015. *Epidemiologia e serviços de saúde : revista do Sistema Unico de Saude do Brasil*, v. 28, n. 1, p. e2018079, 2019. ISSN 22379622. Citado 3 vezes nas páginas 19, 33 e 76.

FILHO, A. M. S.; CORTEZ-ESCALANTE, J. J.; FRANÇA, E. Revisão dos métodos de correção de óbitos e dimensões de qualidade da causa básica por acidentes e violências no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 21, n. 12, p. 3803-3818, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 42.

FRANÇA, E. et al. Evaluation of cause-of-death statistics for Brazil, 2002-2004. *International Journal of Epidemiology*, v. 37, n. 4, p. 891-901, 2008. ISSN 03005771. Citado na página 32.

FRANÇA, E. et al. Ill-defined causes of death in Brazil: A redistribution method based on the investigation of such causes. *Revista de Saude Publica*, v. 48, n. 4, p. 671-681, 2014. ISSN 00348910. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 33.

FREIRE, F. H. M. d. A.; ASSUNÇÃO, R. M. Projeção Populacional com Estimadores Bayesianos Espaciais. *XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais. Ouro Preto - MG*, n. Xiii, p. 24, 2002. Citado na página 70.

GAWRYSZEWSKI, V. P.; KOIZUMI, M. S.; MELLO-JORGE, M. H. P. d. As causas externas no Brasil no ano 2000: comparando a mortalidade e a morbidade. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 20, n. 4, p. 995-1003, 2004. Citado na página 18.

IBGE. *Quadro geográfico de referência para produção, análise e disseminação de estatísticas*. [S.l.: s.n.], 2019. 178 p. ISBN 9788524044885. Citado na página 41.

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 do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*, p. 20, 2015. Disponível em: <[http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/160516\\_relatorio\\_estimativas.pdf](http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/160516_relatorio_estimativas.pdf)>. Citado na página 57.

IPEA. Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: Caracterização, tendências e custos para a sociedade. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)*, p. 42, 2015. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922\\_relatorio\\_acidentes\\_transito.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922_relatorio_acidentes_transito.pdf)>. Citado 6 vezes nas páginas 20, 26, 57, 70, 78 e 79.

JORGE, M. H. P. d. M.; LATORRE, M. R. D. O. Acidentes de trânsito no Brasil: dados e tendências. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 10, n. suppl 1, p. S19-S44, 1994. ISSN 0102-311X. Citado na página 25.

JUSTINO, J. R.; FREIRE, F. H. M. d. A.; LUCIO, P. S. Estimação de sub-registros de óbitos em pequenas áreas com os métodos bayesiano empírico e algoritmo EM. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 29, n. 1, p. 87-100, 2012. ISSN 0102-3098. Citado 4 vezes nas páginas 29, 30, 31 e 42.

KLABUNDE, F. C. et al. Impacto da Lei Seca na Taxa de Mortalidade por Acidentes de Trânsito, Santa Catarina, entre 2005 a 2011. *Arquivos Catarinenses de Medicina*, v. 46,

- n. 2, p. 108–117, 2017. Disponível em: <<http://www.acm.org.br/acm/seer/index.php/arquivos/article/view/274/160>>. Citado na página 20.
- LADEIRA, R. M. et al. Acidentes de transporte terrestre: estudo Carga Global de Doenças, Brasil e unidades federadas, 1990 e 2015. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 20, n. suppl 1, p. 157–170, 2017. Citado 15 vezes nas páginas 19, 20, 24, 25, 26, 34, 35, 56, 57, 62, 66, 68, 72, 81 e 83.
- LEITE, I. d. C. et al. Projeção da Carga de Doença no Brasil (1998-2013). *Vacinas, Soros e Imunizações no Brasil*, p. 51–65, 2013. Citado na página 25.
- LI, H.; GRAHAM, D. J.; MAJUMDAR, A. The impacts of speed cameras on road accidents: An application of propensity score matching methods. *Accident Analysis and Prevention*, Elsevier Ltd, v. 60, p. 148–157, 2013. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.08.003>>. Citado na página 82.
- LIBÂNIO, O.; NETO, D. M.; MARIA, M. Mortalidade por Acidentes de Transporte Terrestre no Brasil na última década : tendência e aglomerados de risco Mortality due to Road Traffic Accidents in Brazil in the last decade : trends and risk clusters. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 9, p. 2223–2236, 2012. Citado 7 vezes nas páginas 26, 33, 34, 35, 75, 81 e 82.
- LIMA, E. E. C. D.; QUEIROZ, B. L. A evolução do sistema de registro de mortalidade no brasil: Mudanças no perfil de mortalidade, cobertura do registro de óbitos e as causas mal definidas de morte. *Cadernos de Saude Publica*, v. 30, n. 8, p. 1721–1730, 2014. ISSN 16784464. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 32.
- MALTA, D. C. et al. Lesões no trânsito e uso de equipamento de proteção na população brasileira, segundo estudo de base populacional. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 21, n. 2, p. 399–410, 2016. ISSN 1413-8123. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232016000200399&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232016000200399&lng=pt&tlng=pt)>. Citado na página 37.
- MARINHO, M. F. Como melhorar a qualidade da informação sobre mortalidade? *Revista brasileira de epidemiologia = Brazilian journal of epidemiology*, v. 22Suppl 3, n. Suppl 3, p. e190017, 2019. ISSN 19805497. Citado na página 32.
- MARINHO, M. F. et al. Data for health: Impact on improving the quality of cause-of-death information in Brazil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 22, n. Suppl 3, p. 1–13, 2019. ISSN 1415790X. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 42.
- MARSHALL, R. J. Mapping disease and mortality rates using empirical Bayes estimators. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C, Applied statistics*, v. 40, n. 2, p. 283–294, 1991. ISSN 00359254. Citado 8 vezes nas páginas 21, 30, 35, 45, 46, 47, 64 e 65.
- MARTINS, E. T.; BOING, A. F.; PERES, M. A. Motorcycle accident mortality time trends in Brazil, 1996-2009. *Revista de Saude Publica*, v. 47, n. 5, p. 931–941, 2013. ISSN 00348910. Citado na página 70.
- MATTHEWS, S. A.; PARKER, D. M. Progress in spatial demography. *Demographic Research*, v. 28, n. February, p. 271–312, 2013. ISSN 14359871. Citado na página 21.

- MELIONE, L. P. R. Morbidade hospitalar e mortalidade por acidentes de transporte em São José dos Campos, São Paulo. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 7, n. 4, p. 461–472, 2004. ISSN 1415-790X. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-790X2004000400009&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2004000400009&lng=pt&tlng=pt)>. Citado na página 27.
- MENDES, L. V. P. et al. A evolução da carga de causas externas no Brasil : uma comparação entre os anos de 1998 e 2008 Evolution of the burden of injuries in Brazil : a comparison between 1998 and 2008 La evolución de la carga de causas externas en Brasil : una comparación entre. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 31, n. 10, p. 2169–2184, 2015. ISSN 0102311X. Citado 3 vezes nas páginas 26, 28 e 70.
- MENDONÇA, M. F. S. d.; SILVA, A. P. d. S. C.; CASTRO, C. C. L. d. Análise espacial dos acidentes de trânsito urbano atendidos pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência: um recorte no espaço e no tempo. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 20, n. 4, p. 727–741, 2017. ISSN 1415-790X. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 36.
- MENDONÇA, M. F. S. d. et al. Análise espacial dos acidentes de trânsito urbano atendidos pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência: um recorte no espaço e no tempo. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, Elsevier Ltd, v. 20, n. 4, p. 727–741, 2017. ISSN 1415-790X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsr.2009.07.006http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.06.009>>. Citado na página 36.
- MOREIRA, M. R. et al. Mortalidade por acidentes de transporte de trânsito em adolescentes e jovens, Brasil, 1996-2015: cumprimos o ODS 3.6? *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, n. 9, p. 2785–2796, 2018. ISSN 1413-8123. Citado 10 vezes nas páginas 19, 56, 68, 69, 70, 71, 72, 76, 80 e 81.
- MORETTI, L. C. P. CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA POLÍTICA “ LEI SECA ” E RACIONALIDADE LUCIANA CRISTINA PASZTOR MORETTI “ LEI SECA ” E RACIONALIDADE. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 81.
- MOURA, E. C. de et al. Gender inequalities in external cause mortality in Brazil, 2010. *Ciencia e Saude Coletiva*, v. 20, n. 3, p. 9–18, 2015. ISSN 16784561. Citado 3 vezes nas páginas 33, 46 e 55.
- NEVES, A. C. M. d.; GARCIA, L. P. Mortalidade de jovens brasileiros: perfil e tendências no período 2000-2012. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 24, n. 4, p. 595–606, 2015. ISSN 1679-4974. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 69.
- NUNES, M. N.; NASCIMENTO, L. F. C. Análise espacial de óbitos por acidentes de trânsito, antes e após a Lei Seca, nas microrregiões do estado de São Paulo. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 58, n. 6, p. 685–690, 2012. ISSN 01044230. Citado na página 20.
- OLIVEIRA, N. L. B. d.; SOUZA, E. M. d.; CUNHA, G. Z. d. <b>Mortalidade em acidentes automobilísticos: tendência temporal entre 1996 e 2012/ Mortality in traffic accidents: temporary trend between 1996 and 2012<b>. *Ciência, Cuidado e Saúde*, v. 16, n. 4, 2017. ISSN 1677-3861. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 75.
- OMRAN, A. La transición epidemiológica: una teoría de la epidemiología del cambio poblacional. 1971. *The Milbank Memorial Fund Quarterly*, v. 49, n. 1, p. 509–538, 1971.

- ISSN 0717-6163. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16279965%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC2690264>>. Citado na página 80.
- PINHEIRO, P. C.; QUEIROZ, B. L. Análise Espacial da mortalidade e das internações hospitalares por acidentes de motocicleta no Brasil. *VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, p. 1–26, 2016. Disponível em: <[abep.org.br/xxencontro/files/paper/127-264.pdf](http://abep.org.br/xxencontro/files/paper/127-264.pdf)>. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 49.
- PINHEIRO, P. C.; QUEIROZ, B. L. Spatial analysis of motorcycle-related mortalities in Brazilian municipalities. *Ciencia e Saude Coletiva*, v. 25, n. 2, p. 683–692, 2020. ISSN 16784561. Citado 18 vezes nas páginas 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 47, 62, 70, 72, 75, 76, 80 e 84.
- PRESTON, S. CAP2.pdf. In: . [S.l.: s.n.], 2001. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 44.
- QUEIROZ, B. L. et al. Estimativas do grau de cobertura e da mortalidade adulta (45q15) para as unidades da federação no Brasil entre 1980 e 2010. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 20, p. 21–33, 2017. ISSN 1415790X. Citado 4 vezes nas páginas 19, 25, 31 e 46.
- SANTOS, A. E. D.; RODRIGUES, A. L.; LOPES, D. L. Aplicações de estimadores bayesianos empíricos para análise espacial de taxas de mortalidade. *GEOINFO 2005 - 7th Brazilian Symposium on GeoInformatics*, 2005. Citado na página 46.
- SANTOS, A. M. R. d. et al. Geographic distribution of deaths among elderly due to traffic accidents. *Escola Anna Nery - Revista de Enfermagem*, v. 20, n. 1, p. 130–137, 2016. ISSN 1414-8145. Citado na página 80.
- SANTOS, L. d.; JUNIOR, A. A. R. Distribuição espacial dos acidentes de trânsito em São Carlos (SP): identificação de tendências de deslocamento através da técnica de elipse de desvio padrão. *Caminhos De Geografia*, v. 7, n. 18, p. 134–145, 2006. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Citado na página 37.
- SCHMERTMANN, C. P.; GONZAGA, M. R. Bayesian Estimation of Age-Specific Mortality and Life Expectancy for Small Areas With Defective Vital Records. *Demography, Demography*, v. 55, n. 4, p. 1363–1388, 2018. ISSN 15337790. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 32.
- SCHRAMM, J. M. d. A. et al. Transição epidemiológica e o estudo de carga de doença no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 9, n. 4, p. 897–908, 2004. ISSN 1413-8123. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232004000400011&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232004000400011&lng=pt&tlng=pt)>. Citado na página 26.
- Seguradora Líder. *Seguro Uma conquista, DPVAT um direito*. [s.n.], 2017. 28 p. Disponível em: <<https://www.seguradoralider.com.br/Documents/Livreto-DPVAT.pdf>>. Citado na página 27.
- SILVA, J. C. M. d.; QUEIROZ, B. L. Análise do impacto econômico da Mortalidade por Acidentes de Trânsito no Brasil, com base no GBD 1990 - 2015. 2017. Citado na página 33.

- SOUZA, F. H. D.; FREIRE, F. H. M. d. A. Estimador Bayesiano empírico para estimar nascimentos a partir de dados do SINASC em pequenas áreas: uma análise comparativa dos anos 2000 e 2010. *XVIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, 2012. Citado na página 30.
- SOUZA, M. D. F. M. D. et al. Changes in health and disease in Brazil and its states in the 30 years since the unified healthcare system (SUS) was created. *Ciencia e Saude Coletiva*, v. 23, n. 6, p. 1737–1750, 2018. ISSN 16784561. Citado na página 80.
- SOUZA, V. d. R. d. 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, 2009. Citado 4 vezes nas páginas 21, 36, 37 e 41.
- SOUZA, W. V. et al. Aplicação de modelo bayesiano empírico na análise espacial da ocorrência de hanseníase. *Revista de Saúde Pública*, v. 35, n. 5, p. 474–480, 2001. ISSN 0034-8910. Citado na página 32.
- SPOERRI, A.; EGGGER, M.; ELM, E. V. Mortality from road traffic accidents in Switzerland: Longitudinal and spatial analyses. *Accident Analysis and Prevention*, Elsevier Ltd, v. 43, n. 1, p. 40–48, 2011. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.06.009>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 36.
- SWANSON, D. A.; SIEGEL, J. S. *The Methods and Materials of Demography*. Second. [S.l.: s.n.], 2004. ISBN 0126419558. Citado na página 44.
- TAY, R. The effectiveness of enforcement and publicity campaigns on serious crashes involving young male drivers: Are drink driving and speeding similar? *Accident Analysis and Prevention*, v. 37, n. 5, p. 922–929, 2005. ISSN 00014575. Citado 3 vezes nas páginas 63, 71 e 77.
- VASCONCELLOS, E. A. Urban development and traffic accidents in Brazil. *Accident Analysis and Prevention*, v. 31, n. 4, p. 319–328, 1999. ISSN 00014575. Citado na página 20.
- WACHTER, K. W. Spatial demography. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 102, n. 43, p. 15299–15300, 2005. ISSN 00278424. Citado na página 21.
- WEEKS, J. R. The role of spatial analysis in demographic research Prepared Forthcoming in Michael F . Goodchild and Donald G . Janelle ( eds . ), Spatially Integrated Social Science : Examples in Best Practice ( New York : Oxford University Press ) Title : Author : The. n. September 2001, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 46.
- YWATA, A. X. de C. et al. Custos das mortes por causas externas no Brasil. *Rev. Bras. Biom*, v. 26, n. 3, p. 23–47, 2008. Citado na página 18.