



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB)  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO,  
CONTABILIDADE, ECONOMIA E GESTÃO PÚBLICA (FACE)  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**KARL FRANZ KOERNER**

# **Características e custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais**

**MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE**

**BRASÍLIA-DF**

**2017**



Karl Franz Koerner

## **Características e custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais**

Dissertação de Mestrado apresentada como pré-requisito à obtenção de título de Mestre Profissional em Gestão Econômica do Meio Ambiente.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – FACE

Departamento de Economia

Programa de Pós-Graduação em Economia

Orientador: Bernardo Pinheiro Machado Mueller

Brasília

2017

Karl Franz Koerner

Características e custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais/ Karl Franz Koerner. – Brasília, 2017-  
115 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Bernardo Pinheiro Machado Mueller

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – FACE  
Departamento de Economia  
Programa de Pós-Graduação em Economia, 2017.

1. Custos Econômicos. 2. Acidentes de Trânsito. 2. Usuários de Bicicletas. I. Orientador. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. IV. Título

Karl Franz Koerner

## **Características e custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais**

Dissertação de Mestrado apresentada como pré-requisito à obtenção de título de Mestre Profissional em Gestão Econômica do Meio Ambiente.

Trabalho aprovado. Brasília, 29 de setembro de 2017

---

**Bernardo Pinheiro Machado Mueller**  
Orientador

---

**Pedro Henrique Zuchi da Conceição**  
Professor membro interno

---

**Augusto Ferreira Mendonça**  
Membro externo

Brasília  
2017



*À memória de meu pai, Egon Koerner Jr.*



# Agradecimentos

À minha amada companheira de vida Daniesse, que me apoia todos os nossos dias.

Aos meus pais e meus irmãos, pela ética e pelos valores ensinados e cultivados em toda a família.

Ao meu professor orientador, Bernardo Mueller, que me deu liberdade na criação desta dissertação, e ao professor Pedro Zuchi por algumas conversas aclaradoras que tivemos. Também aos colegas de aulas do mestrado e colegas de trabalho pelo companheirismo.

Ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes por oportunizar a realização deste curso de mestrado profissional aos seus servidores e à Coordenação Geral de Meio Ambiente, pela compreensão e incentivo à execução desta pesquisa.

À arte de Baden Powell, Thelonious Monk, Miles Davis, Gotan Project, David Gilmour, Fat Freddy's, entre tantos outros que me acompanharam e me auxiliaram na concentração durante todo este trabalho.

Meu muito obrigado.



*“There is only one argument for doing something;  
the rest are arguments for doing nothing”*

...

*“Every public action which is not customary, either is wrong, or,  
if it is right, is a dangerous precedent.  
It follows that nothing should ever be done for the first time.”*

...

*(Francis MacDonald Cornford)*



# Resumo

A Organização Mundial da Saúde lançou a Década de Ações de Segurança no Trânsito (2011-2020) que almeja, até 2020, reduzir em 50% os índices de mortalidade decorrentes de acidentes de trânsito registrados em 2010. Este trabalho tem como objetivo analisar as características dos acidentes com os ciclistas em rodovias federais, observando a evolução destes acidentes nos últimos anos, onde se encontram, se há pontos focais e repetição de ocorrências, o perfil dos usuários de bicicleta acidentados, bem como dissertar sobre os custos econômicos que podem ser atribuídos a estes acidentes, a fim de subsidiar políticas públicas em prol da segurança dos ciclistas que trafegam nas rodovias e reduzir os acidentes como almeja o programa da OMS para esta década. Para isto foram analisados os dados estatísticos de acidentes disponibilizados pelo Departamento de Polícia Rodoviária Federal, pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, além de outras referências nacionais e internacionais sobre os custos dos acidentes de trânsito. Os principais resultados encontrados são de que os acidentes com ciclistas em rodovias federais vêm diminuindo na última década, mas continuam com a mesma proporção de acidentes fatais e graves, ocorre repetição de acidentes com ciclistas ao longo dos anos, principalmente em áreas urbanas. Apresenta-se também um problema de equidade social e de gênero na política de transportes, quando identificado que as vítimas ciclistas são de maioria homens, de baixa renda e escolaridade e em idade produtiva. Pode-se inferir que investimentos em duplicação de rodovias em áreas urbanas não estão contemplando adequadamente as medidas de segurança para os usuários vulneráveis e que não há medidas especiais para os ciclistas previstas em rodovias federais em implantação, operação ou concedidas. Os custos dos acidentes com os ciclistas em 2016 foram da ordem de R\$ 400 milhões a R\$ 600 milhões, dependendo da metodologia utilizada, Capital Humano ou Valor da Vida Estatística, respectivamente. Ao utilizar fatores de correção propostos em bibliografia, identificou-se que pode haver omissão nos registros que levariam estes custos à ordem de R\$ 1 bilhão e 700 milhões, somente em 2016, nas rodovias federais. Assim, identificou-se a necessidade de implementação de políticas públicas de modo a internalizar estas externalidades existentes. Quanto às políticas públicas existentes, há evidências de que o Programa Nacional de Controle de Velocidade foi o principal responsável pela redução dos acidentes identificada na última década, especialmente a partir de 2010. No entanto ainda há necessidade de integração das ações públicas e enfoque em ações voltadas para os ciclistas e os usuários vulneráveis das rodovias (pedestres, ciclistas e motociclistas) especialmente em travessias urbanas.

**Palavras-chave:** Custos Econômicos. Acidentes de Trânsito em Rodovias Federais. Usuários de Bicicletas.



# Abstract

The World Health Organization has designed the Decade of Action for Road Security (2011-2020) which aims to reduce 50% of the mortalities of road accidents registered in 2010 by 2020. This work aims to analyse the characteristics of federal roadway accidents with cyclists, identifying its evolution in the last years, where it happens, its frequency and the profile of the cyclists. This aims to evaluate the costs that can be attribute to these accidents, to give some background to public policies in road security for cyclists and reduce the road accidents within this decade of action of WHO. To this end, the statistical data from the Federal Police Department of Roadways (DPRF), the Health Information System of Brazil (DATASUS) and the National Department of Transport Infraestructure (DNIT), and other referencies about the costs of transport accidents were analyzed. The principal results are that the roadway accidents with cyclists are reducing in the last decade, but they still maintain the same proportion of severity, with high levels of fatal and severe accidents, and these accidents repeat in some places, especially in urban areas. It is possible to say that the urban areas duplication design is not appropriately planning the security tools for the roadways vulnerable users and there isn't special actions for cyclists on the federal roadways. The costs associated with cyclists accidents, in 2016, were about R\$ 400 millions (in 2016 real, the local currency) to R\$ 600 millions, depending of the methodology used, Human Capital or Value of Statistical Life, respectively. The cyclists accidents can be very unregistered, so it was done a correction of the quantity of these costs. With the correction, the costs of road accidents with cyclists can be about R\$ 1.7 billion, just in 2016 and on the federal roads. Therefore, it shows the need to implements public policies to internalize this externalities found. When we search the existing public policies, there is evidence that the National Program of Velocity Control whas the principal public action that returns in the cyclists accidents reduction ocurred in the last decade, especially after 2010. In the way, there are needs for an integration of the public policies and a focus on actions for the roadway vulnerable users (pedestrian, cyclists and motorcyclists), especially when it pass throughout urban areas.

**Keywords:** Economic costs. Federal Roadway Accidents. Bicycle users.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Tipologia de custos externos ao transporte rodoviário. Modificado de Verhoef (1994). . . . .	29
Figura 2 – Variação na quantidade registrada de mortes de ciclistas entre 2010-2014, em porcentagem. Extraído de OECD ( 2016). <i>Nota da fonte: Luxemburgo e Islândia não apresentaram mortes de ciclistas em 2014, Irlanda teve seu menor nível de fatalidades com ciclistas em 2010, o que explica o substancial aumento de mortes neste país entre 2010 e 2014.</i>	34
Figura 3 – Mapa da área de estudo e colisões com bicicletas ocorridos entre 2007 e 2015. Elaborado pelo autor. . . . .	48
Figura 4 – Quantidade de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte e seus respectivos estados físicos decorrentes do acidente. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal entre os anos de 2007 e 2016. Elaborado pelo autor. . . . .	50
Figura 5 – Registros de óbitos nos hospitais públicos pelo sistema de dados do sistema único de saúde - DATASUS entre 2007 e 2014. Elaborado pelo autor com dados do DATASUS. . . . .	51
Figura 6 – Percentual de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte e seus respectivos estados físicos decorrentes do acidente. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal entre os anos de 2007 e 2016. Elaborado pelo autor. . . . .	52
Figura 7 – Quantidade de registros de acidentes com ciclistas ocorridos em 2014 por tipo de pista - duplas ou simples, e uso do solo - urbano ou rural em valores absolutos. Elaborado pelo autor. . . . .	53
Figura 8 – Total de acidentes ocorridos em 2014, por cada tipo de acidente pela classificação do DPRF, e seus respectivos níveis de gravidade. Elaborado pelo autor. . . . .	54
Figura 9 – Quantidade de acidentes por cada tipo de acidente pela classificação do DPRF, ocorridos em 2014, a cada 100 acidentes. Fonte: Elaborado pelo autor. . . . .	55
Figura 10 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2007. Elaborado pelo autor. . . . .	57
Figura 11 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2008. Elaborado pelo autor. . . . .	58

Figura 12 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2009. Elaborado pelo autor. . . . .	59
Figura 13 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2010. Elaborado pelo autor. . . . .	60
Figura 14 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2011. Elaborado pelo autor. . . . .	61
Figura 15 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2012. Elaborado pelo autor. . . . .	62
Figura 16 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2013. Elaborado pelo autor. . . . .	63
Figura 17 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2014. Elaborado pelo autor. . . . .	64
Figura 18 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2015. Elaborado pelo autor. . . . .	65
Figura 19 – Rodovias federais em que foram registrados mais de 40 acidentes do tipo colisões com bicicletas em 2007. Fonte: dados registrados por ocorrência pela Polícia Rodoviária Federal de 2007. Elaborado pelo autor. . . . .	66
Figura 20 – Rodovias federais em que foram registrados mais de 40 acidentes do tipo colisões com bicicletas em 2010. Fonte: dados registrados por ocorrência pela Polícia Rodoviária Federal de 2010. Elaborado pelo autor. . . . .	67
Figura 21 – Rodovias federais em que foram registrados mais de 40 acidentes do tipo colisões com bicicletas em 2014. Fonte: dados registrados por ocorrência pela Polícia Rodoviária Federal de 2014. Elaborado pelo autor. . . . .	67
Figura 22 – Quantidade de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte e suas respectivas idades e sexo. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor. . . . .	69
Figura 23 – Escolaridade dos ciclistas acidentados registrados nos hospitais entre 2007 e 2014. Fonte: DATASUS. Elaborado pelo autor. . . . .	70
Figura 24 – Principais causas dos acidentes envolvendo ciclistas registrados pela Polícia Federal em 2016. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor. . . . .	71
Figura 25 – Quantidade de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte em cada dia da semana. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor. . . . .	73

Figura 26 – Quantidade de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte por hora do dia. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor. . . . .	74
Figura 27 – Equipamentos de segurança presentes nas bicicletas de trabalhadores ciclistas. Extraído de (BACCHIERI; GIGANTE; ASSUNÇÃO, 2005). . . . .	74
Figura 28 – Variáveis significativas que tem efeito nas probabilidades de severidade dos acidentes de veículos motorizados com ciclistas. Setas indicam acréscimo (para cima) ou decréscimo (para baixo) na elasticidade e áreas sombreadas indicam variações maiores que 100%. Adaptado de (KIM et al., 2007). . . . .	75
Figura 29 – Cusas prováveis e medidas corretivas para os acidentes envolvendo atropelamentos segundo o Programa PARE. Extraído de MT (2002) . . . . .	97



# Lista de tabelas

Tabela 1 – As diferentes abordagens para o planejamento do transporte. Modificada de Banister (2008). . . . .	30
Tabela 2 – Composição dos dados estatísticos dos acidentes disponibilizados pelo DPRF, organizados por ocorrências e por pessoas. Elaborado pelo autor, adaptado de DPRF. . . . .	44
Tabela 3 – Componentes de custos unitários estimados por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) corrigidos segundo IPCA-IBGE para valores de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor. . . . .	45
Tabela 4 – Componentes de custos unitários estimados por IPR (2004b) corrigidos segundo IPCA-IBGE para valores de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor. . . . .	46
Tabela 5 – Municípios que mais apresentaram registros de acidentes com ciclistas em 2016. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor. . . . .	68
Tabela 6 – Componentes de custos unitários estimados por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) e IPR (2004b) e Pesas, dor e sofrimento recomendados por TRL (1995) corrigidos segundo IPCA-IBGE para valores de dezembro de 2016. <i>CPDS, CtFL, CtFG, CtM</i> são os Custos de Pesas, Dor e Sofrimento, Custo total de Feridos Leves, Custo total de Feridos Graves e Custo total de Mortos, respectivamente e calculados para cada tipo de acidentes: Sem Vítimas, Com Vítimas Feridas e Com Vítimas Fatais. Elaborada pelo autor. . . . .	78
Tabela 7 – Custos totais estimados para o ano de 2016 para os acidentes em rodovias federais envolvendo bicicletas por meio do método “Capital Humano”. Elaborada pelo autor. . . . .	78
Tabela 8 – Fração média do Valor da Vida Estatística utilizados com base em FHWA (2010) e seus respectivos valores em reais para feridos graves e feridos leves com base no VVE estimado por Rosa (2006) corrigidos segundo IPCA-IBGE para valores de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor. . . . .	81

Tabela 9 – Custos totais estimados para o ano de 2016 para os acidentes em rodovias federais envolvendo bicicletas por meio do método “Disposição à pagar”. Custos totais estimados com base no Valor da Vida Estatística proposto por Rosa (2006), frações da VVE adaptados de FHWA (2010) e Mohamed (2015) e custos unitários de IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) e IPR (2004b), em reais de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor. . . . .	82
Tabela 10 – Quantidade de ilesos, feridos leves, feridos graves e mortos em 2016 segundo os registros oficiais do DPRF (acima) e corrigidos de acordo com os índices propostos em literatura (abaixo). Valores de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor. . . . .	86
Tabela 11 – Custos totais estimados para o ano de 2016 para os acidentes em rodovias federais envolvendo bicicletas por meio do método “Disposição à pagar”. Custos totais estimados com base no Valor da Vida Estatística proposto por Rosa (2006), frações da VVE adaptados de FHWA (2010) e Mohamed (2015) e custos unitários de IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) e IPR (2004b). Valores em reais de dezembro de 2016 e sobre índices de correção dos subregistros de dados oficiais. Elaborada pelo autor. . . . .	87
Tabela 12 – Quantidades de acidentes ocorridas durante seis meses antes e seis meses após a instalação dos equipamentos eletrônicos de velocidade do PNCV. (F), (V), (P), (D) e (S) indicam a quantidade de acidentes com vítimas fatais, vítimas feridas, vítimas pedestres feridas e sem vítimas, respectivamente. (S) indica o índice de severidade destes acidentes. Extraído de DNIT (2016). . . . .	95
Tabela 13 – Custos médios por quilômetro por carro/bicicleta. Modificado de Gössling e Choi (2015). . . . .	100
Tabela 14 – Quantidade de registros de vítimas acidentadas com bicicletas na rodovia BR-101/ES, na área do município de Serra/ES e seus respectivos custos estimados para cada estado físico das vítimas, entre 2012 e 2016. Elaborada pelo autor. . . . .	105

# Lista de abreviaturas e siglas

ACB	Análise Custo-Benefício
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DPRF	Departamento de Polícia Rodoviária Federal
EPA	U.S. Environmental Protect Agency
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
IPCA	Índice de Preço ao Consumidor Amplo
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
MS	Ministério da Saúde
MTPA	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto



# Sumário

	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>25</b>
<b>1</b>	<b>Revisão da Literatura</b> . . . . .	<b>27</b>
1.1	Planejamento de transportes, externalidades e o transporte sustentável .	27
1.2	Segurança rodoviária e os custos dos acidentes de trânsito . . . . .	31
1.3	Valoração dos custos dos acidentes de trânsito . . . . .	35
<b>2</b>	<b>Métodos e Procedimentos</b> . . . . .	<b>43</b>
2.1	Investigando o problema dos acidentes envolvendo ciclistas . . . . .	43
2.2	Identificando os custos dos acidentes envolvendo ciclistas . . . . .	44
2.3	Gestão do problema e políticas públicas . . . . .	46
2.4	Área de estudo . . . . .	47
<b>3</b>	<b>Características dos acidentes com ciclistas em rodovias federais</b> . .	<b>49</b>
3.1	Evolução dos acidentes com ciclistas nos últimos dez anos . . . . .	49
3.2	A localização dos acidentes . . . . .	56
3.3	Perfil dos usuários de bicicleta acidentados . . . . .	68
3.4	Causas e características temporais dos acidentes . . . . .	71
<b>4</b>	<b>Custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais</b> . . . . .	<b>77</b>
4.1	Capital Humano: Rendimentos Brutos e Pesar, Dor e Sofrimento . . . .	77
4.2	Disposição a Pagar: Valor da Vida Estatística . . . . .	79
4.3	Limitações da pesquisa, incompletude dos registros e correção dos custos	83
<b>5</b>	<b>Gestão do problema e políticas públicas</b> . . . . .	<b>89</b>
5.1	Aplicação dos resultados e recomendações para estudos futuros . . . . .	104
<b>6</b>	<b>Conclusões</b> . . . . .	<b>107</b>
	<b>Referências</b> . . . . .	<b>109</b>



# Introdução

Em 2010 a Organização Mundial de Saúde (OMS) lançou a Década de Ações de Segurança do Trânsito (2011-2020), programa mundial no qual o Brasil faz parte (WHO 2010). Não por menos, o Brasil é um dos países onde ocorrem os maiores números de acidentes e mortes no trânsito, o que caracteriza um problema de saúde pública. Entre as causas de morte no Brasil, as mortes derivadas de causas externas de morbidade e mortalidade ocupam o terceiro lugar, nesta categoria se enquadram as mortes causadas por acidentes de trânsito, as quais foram registradas, pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS), 39.543 mortes somente em 2015. Daqueles acidentes de trânsito onde a parcela de acidentados vêm a óbito ou são gravemente feridos, os atropelamentos de pedestres e acidentes com ciclistas estão entre os mais representativos.

Muito se fala em redução de uso de automóveis motorizados, externalidades geradas pelos transportes, como poluição, congestionamento e ruído, incentivo ao transporte por bicicletas ou por outros meios não motorizados. No entanto, os estímulos ao uso destas alternativas deixam a desejar. Isto é especialmente visível em rodovias intermunicipais, sejam federais ou estaduais.

O Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF) vêm registrando os acidentes que ocorrem nas rodovias federais em planilhas sistematizadas ao longo dos últimos anos. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é o órgão executivo responsável pela construção e manutenção de rodovias federais no país. Entre as atribuições do DNIT está o de analisar os dados estatísticos de acidentes, e trabalhar em prol da segurança das rodovias sob sua jurisdição, conforme determina o Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997), especialmente em seu artigo 21, parágrafos II e IV:

Art. 21. Compete aos órgãos e entidades executivos rodoviários da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, no âmbito de sua circunscrição:

(...)

II - planejar, projetar, regulamentar e operar o trânsito de veículos, de pedestres e de animais, e promover o desenvolvimento da circulação e da segurança de ciclistas;

IV - coletar dados e elaborar estudos sobre os acidentes de trânsito e suas causas;

Apesar disso, são poucas as infraestruturas, implementações e melhorias na segurança para usuários de bicicletas como meio de transporte nas rodovias federais, mesmo em travessias urbanas.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar as características dos acidentes com os ciclistas em rodovias federais, observando a evolução destes acidentes nos últimos anos, onde se encontram, se há pontos focais e repetição de ocorrências, o perfil dos usuários de bicicleta acidentados, bem como dissertar sobre os custos econômicos que podem ser atribuídos a estes acidentes, a fim de subsidiar políticas públicas em prol da segurança dos ciclistas que trafegam nas rodovias e reduzir os acidentes como almeja o programa da OMS para esta década.

A contribuição esperada deste trabalho é dar subsídios a políticas públicas voltadas para redução de acidentes e aumento da segurança dos usuários de bicicletas como transporte nas rodovias federais do Brasil. Também espera-se contribuir academicamente para o debate relacionado à segurança dos ciclistas nas rodovias federais e os custos destes acidentes para a sociedade.

Portanto, este trabalho tem como objetivo geral investigar o problema dos acidentes com ciclistas e se há padrões identificáveis nestes acidentes, seus custos econômicos e possíveis formas para prevenir este problema. As respostas para esse objetivo principal preposto foram obtidas com uma dissertação a respeito das seguintes questões:

1. Como se manifestam os acidentes envolvendo ciclistas em rodovias federais? Qual a frequência e distribuição destes acidentes? Existem pontos focais e padrões? É possível identificar as principais causas? Qual o perfil dos usuários de bicicleta como meio de transporte?
2. Quanto custam estes acidentes para a sociedade?
3. De que maneiras é possível reduzir estes acidentes e aumentar a segurança dos usuários de bicicletas como transporte nas rodovias federais do Brasil?

Após esta introdução inicia-se o capítulo de revisão da literatura, o qual compreende revisão e exposição sobre os assuntos e conceitos utilizados no decorrer desta monografia. Posteriormente são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para se obter os resultados aos objetivos que esta pesquisa se propõe, tanto para as características como para os custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais. A partir do terceiro capítulo são expostos os resultados alcançados por meio da metodologia utilizada, sendo este capítulo sobre as características dos acidentes com ciclistas e o quarto capítulo sobre os custos estimados para estes acidentes, com proposição de correção para subregistros e uma exposição das limitações desta pesquisa. O quinto capítulo trata das considerações finais sobre a pesquisa realizada e os meios existentes para gerir o problema de política pública evidenciado neste trabalho. No quinto capítulo também são expostas sugestões para trabalhos futuros. Finalmente, no sexto capítulo são sumarizadas as conclusões que se pode chegar com a pesquisa realizada.

# 1 Revisão da Literatura

## 1.1 Planejamento de transportes, externalidades e o transporte sustentável

O planejamento convencional de projetos de transporte tende a assumir que o progresso do transporte é linear, composto por novos e mais rápidos meios de transporte, que substituem os meios mais antigos e lentos, como demonstra o esquema abaixo proposto por Litman e Burwell (2006). Este modelo em série assume que os meios antigos não são importantes, e assim, por exemplo, não há problemas se o aumento do tráfego de automóveis provoca congestionamento atrasando o transporte público ou cria uma barreira para viagens de pedestres. A partir desta perspectiva, seria um atraso dar prioridade ao transporte público ou a pé sobre viagens de automóvel (LITMAN; BURWELL, 2006).

A pé → Bicicleta → Trem → Ônibus → Automóvel → Melhorar o transporte dos automóveis

No entanto, este modelo de planejamento linear em que incentiva e financia o transporte por automóveis em detrimento de todos os outros modais encontra-se cada vez mais estagnado, gerando o que alguns denominaram como um ponto de crise do sistema de transporte cujos desafios se encontram ainda subestimados pelos planejadores urbanos. E outros inclusive denominam o atual momento político a respeito de transportes em um estado de “curso esquizofrênico” (*esquizophrenic path*), ou seja, quando está claro que ações são necessárias, mas não são tomadas medidas efetivas para remediar a situação (BANISTER, 2008).

Até recentemente, a maioria dos economistas assumiam que, qualquer que fossem os seus custos sociais e ambientais, um aumento da mobilidade por veículos automotores proporcionaria benefícios econômicos líquidos. Mas novas pesquisas indicam que além de um nível ideal, o aumento das viagens de veículos automóveis podem ter impactos econômicos negativos ‘globais’ porque a produtividade marginal do aumento das viagens está em declínio e a utilização de veículos impõe custos externos que podem superar os ganhos econômicos diretos (Boarnet, 1997; Helling, 1997 citados por LITMAN; BURWELL, 2006).

A mobilidade e o transporte baseado somente em veículos automotores particulares têm sido cada vez mais questionados (BANISTER, 2008). O uso de veículos automotores geram uma série de externalidades ambientais e sociais. Exemplos de externalidades são as emissões de gases poluentes e a sua conseqüente propagação de doenças cardiorespiratórias,

como bronquites e asma, o sedentarismo, o estresse no trânsito e congestionamentos, os acidentes, a poluição sonora e, inclusive, a sua contribuição para o aquecimento global (GÖSSLING; CHOI, 2015). De acordo com Deakin (2001), trabalhos que documentam as consequências sociais e ambientais dos transportes deixaram claro que os consumidores estão tipicamente pagando apenas uma parte dos custos totais de suas escolhas de transporte. Ao mesmo tempo, se está cada vez mais reconhecendo que muitos projetos de transporte não tenham sido submetidos a uma rigorosa análise econômica e, portanto, podem não ser propriamente custo-efetivos (DEAKIN, 2001).

De fato, quando uma firma trabalha em uma situação de livre mercado ou não possui incentivos para internalizar os custos ambientais e sociais gerados pela sua atividade, esta utilizará toda a sua capacidade produtiva enquanto os seus benefícios marginais da poluição forem positivos. No entanto, a partir de um dado momento, a produção dessa firma excede os custos ambientais e sociais, ou seja, estará gerando externalidades negativas sobre a sociedade. As externalidades negativas são custos decorrentes da produção da firma que não são internalizados no mercado produtivo ou mesmo monetizados, gerando impactos que afetam o bem-estar da sociedade. Ou, nas palavras de Hanley, Shogren e White (2013, p. 49), “(...) a ideia geral é que externalidades existem quando a ação de uma pessoa afeta outra pessoa, a qual não recebe compensação por um dano cometido ou não paga por um benefício obtido.”

Em uma situação ideal, em que os custos das externalidades fazem parte do mercado, a firma deverá produzir até o momento em que seus benefícios marginais se igualem aos custos sociais marginais. Em economia neoclássica, esse ponto ideal seria o ponto em que as firmas poluiriam no nível de poluição ótimo para o bem-estar geral da sociedade (MUELLER, 2007). No entanto, este nível de poluição ótimo é muito difícil de se quantificar, em virtude da quantidade de firmas poluidoras, das especificidades da poluição de cada uma e das diferenças dos custos marginais sociais para diferentes locais no espaço geográfico. Apesar de os métodos de valoração dos custos ambientais estarem se tornando cada vez mais robustos, esse é um desafio significativo. Ao levar esta situação para os transportes e considerar “as firmas” poluentes como sendo os automóveis e outros modais motorizados, percebe-se que o desafio se torna ainda mais significativo. Sterner e Coria (2013) sintetizam bem o problema: “as fontes de poluição associadas ao transporte – os automóveis motorizados – são pequenas, em grandes quantidades e ainda se movem”.

As externalidades e os custos sociais associados ao transporte motorizado são discutidas há décadas e muitas delas são bastante conhecidas (GÖSSLING; CHOI, 2015; STERNER; CORIA, 2013; MAYERES, 2003; VASCONCELLOS; LIMA, 1998; NEWMAN, 1996; VERHOEF, 1994). Para Mayeres (2003) há quatro categorias principais de externalidades associadas ao transporte: Congestionamentos, Acidentes, Custos ambientais (como poluição atmosférica, aquecimento global e ruído) e Danos à infraestrutura de transportes.

Este autor ressalta que os custos não são somente monetários, mas também incluem perdas de tempo produtivo, poluição, ruídos, entre outros.

Verhoef (1994) faz uma análise distributiva dos custos externos associados ao transporte (Figura 1): em um eixo faz a distinção dos custos externos intrasetoriais, ou seja, aqueles que os usuários de transportes causam entre si, com as externalidades ambientais (no sentido ecológico e no sentido social); em outro eixo os divide em: efeitos decorrentes das atividades do transporte; daqueles que não estão em locomoção e; aqueles relacionados à existência da infraestrutura. Como pode ser visto na Figura 1, representadas pelas áreas sombreadadas, algumas externalidades permeiam as diferentes escalas como, por exemplo, os acidentes de trânsito, que têm efeitos adversos em todos os ambientes (VERHOEF, 1994).

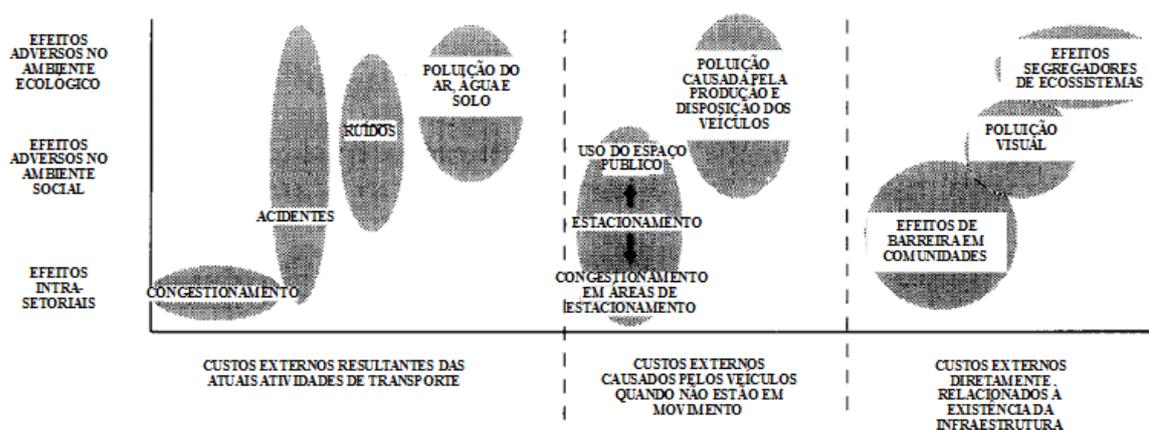


Figura 1 – Tipologia de custos externos ao transporte rodoviário. Modificado de Verhoef (1994).

Vem sendo cada vez mais difundido o conceito de Transporte Sustentável, que pode ser resumidamente definido como “satisfazer as necessidades atuais de transporte e mobilidade sem comprometer as futuras gerações de atender as suas necessidades de transporte e mobilidade” (Black, 1996 citado por RYBARCZYK; WU, 2010, p. 282). De acordo com Banister (2008) uma abordagem para a mobilidade sustentável requer ações para reduzir a necessidade de viagens, encorajar a troca de modais de transporte, reduzir as distâncias de viagens e encorajar uma maior eficiência no sistema de transporte. Segundo este autor, a aceitação pública para uma mudança origina uma aceitação política e, somente quando há um suporte suficiente do público para a mudança, que as ações efetivamente acontecerão. Banister (2008) sugere quatro princípios de um paradigma da mobilidade sustentável (Tabela 1):

1. Fazer um melhor uso da tecnologia, com investimentos na eficiência dos modais de transporte e dos sistemas de informação em si, tendo atenção para que as distâncias de viagem não se tornem maiores por se estar em um automóvel mais eficiente.

Mudanças de comportamento são necessárias, como redução da velocidade e aumento da ocupação dos veículos.

2. Regular e cobrar pelos custos externos do transporte, como taxas no combustível ou pedágios urbanos, o que necessita um suporte do público para funcionar efetivamente.
3. Incluir planejamento e regulações de forma integrada no desenvolvimento urbano, suportando uma redução das distâncias – o que vem a contribuir para uma redução de viagens e alteração de modais.
4. Direcionar a política de transporte claramente às pessoas, incluir a pressão social, sensibilização, demonstração, persuasão e marketing individual, é também crucial. Aceitabilidade é um (ainda muitas vezes negligenciado) elemento essencial da mobilidade sustentável.

Para alcançar a mobilidade sustentável, os argumentos para incentivar uma mudança devem ser suficientemente poderosos para superar a dependência do automóvel, além de que os motoristas devem ter internalizados os custos de atrasos e congestionamentos (BANISTER, 2008) .

Tabela 1 – As diferentes abordagens para o planejamento do transporte. Modificada de Banister (2008).

<b>Abordagens para o planejamento de transportes</b>	
<b>A abordagem convencional –</b>	<b>A abordagem alternativa – Mobilidade sustentável</b>
Engenharia e planejamento de transporte	
Dimensões físicas	Dimensões sociais
Mobilidade	Acessibilidade
Foco no tráfego, particularmente nos automóveis	Foco nas pessoas, em (ou sobre) um veículo ou a pé
Escala regional (macro)	Escala local
A rua como uma rodovia	A rua como um espaço
Transporte motorizado	Todos os meios de transporte em uma hierarquia com os pedestres e ciclistas no topo e usuários de automóveis na base
Previsão de tráfego	Visão de cidades
Modelagens como abordagem	Desenvolvimento de cenários e modelagem
Avaliação econômica	Análises Multicritério que levam em consideração as questões ambientais e sociais
A viagem decorrente de demanda	A viagem como atividade proveitosa tanto quanto decorrente de demanda
Baseado na demanda	Baseado no gerenciamento
Aumentar a velocidade do tráfego	Desacelerar a mobilidade
Reduzir os tempos de viagem	Tempos de viagem razoáveis e regulares
Segregação do tráfego e pessoas	Integração das pessoas e tráfego

## 1.2 Segurança rodoviária e os custos dos acidentes de trânsito

No âmbito das rodovias federais no Brasil, a essência do seu planejamento está na promoção de infraestrutura de transportes, garantir a operação racional e segura de transportes de pessoas e bens e promover desenvolvimento econômico e social e a integração nacional com ênfase no escoamento de cargas e da produção nacional. A definição do Sistema Nacional de Viação, os princípios e diretrizes para o transporte aquaviário e terrestre e os objetivos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), órgão responsável no Brasil pela execução e planejamento das rodovias federais brasileiras são apresentados na Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001 (DOU nº 109, 06/06/2001, p. 1):

Art. 2o O Sistema Nacional de Viação – SNV é constituído pela infraestrutura viária e pela estrutura operacional dos diferentes meios de transporte de pessoas e bens, sob jurisdição da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

Parágrafo único. O SNV será regido pelos princípios e diretrizes estabelecidos em consonância com o disposto nos incisos XII, XX e XXI do art. 21 da Constituição Federal.

Art. 3o O Sistema Federal de Viação – SFV, sob jurisdição da União, abrange a malha arterial básica do Sistema Nacional de Viação, formada por eixos e terminais relevantes do ponto de vista da demanda de transporte, da integração nacional e das conexões internacionais.

Parágrafo único. O SFV compreende os elementos físicos da infra-estrutura viária existente e planejada, definidos pela legislação vigente.

Art. 4o São objetivos essenciais do Sistema Nacional de Viação:

I – dotar o País de infra-estrutura viária adequada;

II – garantir a operação racional e segura dos transportes de pessoas e bens;

III – promover o desenvolvimento social e econômico e a integração nacional.

§ 1o Define-se como infra-estrutura viária adequada a que torna mínimo o custo total do transporte, entendido como a soma dos custos de investimentos, de manutenção e de operação dos sistemas.

§ 2o Entende-se como operação racional e segura a que se caracteriza pela gerência eficiente das vias, dos terminais, dos equipamentos e dos veículos, objetivando tornar mínimos os custos operacionais e, conseqüentemente, os fretes e as tarifas, e garantir a segurança e a confiabilidade do transporte.

(...) Dos Princípios Gerais

Art. 11. O gerenciamento da infra-estrutura e a operação dos transportes aquaviário e terrestre serão regidos pelos seguintes princípios gerais:

I – preservar o interesse nacional e promover o desenvolvimento econômico e social;

II – assegurar a unidade nacional e a integração regional;

III – proteger os interesses dos usuários quanto à qualidade e oferta de serviços de transporte e dos consumidores finais quanto à incidência dos fretes nos preços dos produtos transportados;

- IV – assegurar, sempre que possível, que os usuários paguem pelos custos dos serviços prestados em regime de eficiência;
- V – compatibilizar os transportes com a preservação do meio ambiente, reduzindo os níveis de poluição sonora e de contaminação atmosférica, do solo e dos recursos hídricos;
- VI – promover a conservação de energia, por meio da redução do consumo de combustíveis automotivos;
- VII – reduzir os danos sociais e econômicos decorrentes dos congestionamentos de tráfego;
- VIII – assegurar aos usuários liberdade de escolha da forma de locomoção e dos meios de transporte mais adequados às suas necessidades;
- IX – estabelecer prioridade para o deslocamento de pedestres e o transporte coletivo de passageiros, em sua superposição com o transporte individual, particularmente nos centros urbanos;
- X – promover a integração física e operacional do Sistema Nacional de Viação com os sistemas viários dos países limítrofes;
- XI – ampliar a competitividade do País no mercado internacional;
- XII – estimular a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias aplicáveis ao setor de transportes.

## Seção II

### Das Diretrizes Gerais

Art. 12. Constituem diretrizes gerais do gerenciamento da infra-estrutura e da operação dos transportes aquaviário e terrestre:

- I – descentralizar as ações, sempre que possível, promovendo sua transferência a outras entidades públicas, mediante convênios de delegação, ou a empresas públicas ou privadas, mediante outorgas de autorização, concessão ou permissão, conforme dispõe o inciso XII do art. 21 da Constituição Federal;
- II – aproveitar as vantagens comparativas dos diferentes meios de transporte, promovendo sua integração física e a conjugação de suas operações, para a movimentação intermodal mais econômica e segura de pessoas e bens;
- III – dar prioridade aos programas de ação e de investimentos relacionados com os eixos estratégicos de integração nacional, de abastecimento do mercado interno e de exportação;
- IV – promover a pesquisa e a adoção das melhores tecnologias aplicáveis aos meios de transporte e à integração destes;
- V – promover a adoção de práticas adequadas de conservação e uso racional dos combustíveis e de preservação do meio ambiente;
- VI – estabelecer que os subsídios incidentes sobre fretes e tarifas constituam ônus ao nível de governo que os imponha ou conceda;
- VII – reprimir fatos e ações que configurem ou possam configurar competição imperfeita ou infrações da ordem econômica.

(...) Da Instituição, dos Objetivos e das Atribuições

Art. 79. Fica criado o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT, pessoa jurídica de direito público, submetido ao regime de autarquia, vinculado ao Ministério dos Transportes.

Parágrafo único. O DNIT terá sede e foro no Distrito Federal, podendo instalar unidades administrativas regionais.

Art. 80. Constitui objetivo do DNIT implementar, em sua esfera de atuação, a política formulada para a administração da infra-estrutura do Sistema Federal de Viação, compreendendo sua operação, manutenção, restauração ou reposição, adequação de capacidade, e ampliação mediante construção de novas vias e terminais, segundo os princípios e diretrizes estabelecidos nesta Lei.

As rodovias federais atravessam muitas áreas urbanas, ou seja, atravessam áreas que possuem uma dinâmica própria e diferenciada do fluxo desejado para o escoamento de cargas e pessoas pelas rodovias federais. Dessa forma, é importante que seja dada a devida atenção aos incisos VIII e IX do artigo 11 da legislação supracitada, ou seja, aos princípios de assegurar aos usuários liberdade de escolha da forma de locomoção e dos meios de transporte mais adequados às suas necessidades e estabelecer prioridade para o deslocamento de pedestres e o transporte coletivo de passageiros, em sua superposição com o transporte individual, particularmente nos centros urbanos.

Ao promover uma liberdade de escolha da forma de locomoção, incluindo os modais a pé e de bicicleta, é viabilizado o atendimento ao compromisso com outros itens desta legislação, como os incisos I, V, VI e VII do artigo 11, promovendo uma melhoria no desenvolvimento econômico e social, bem como uma compatibilidade com a preservação do meio ambiente, redução de poluição sonora e consumo de combustíveis fósseis e dos congestionamentos de tráfego. Também honra-se com as diretrizes estabelecidas pelos incisos II, IV, V e VII do artigo 12 da mesma legislação, aproveitando as vantagens comparativas dos diferentes meios de transporte, uso racional de combustível e preservação do meio ambiente, bem como reprimir competição imperfeita, ao permitir que todos possam se locomover da forma que for mais adequada.

Neste último quesito, quando incentivados os modais alternativos de transportes, alcança-se uma melhor qualidade distributiva da política de transportes no Brasil. Em outras palavras, uma distribuição equitativa das formas de transporte para todas as esferas e classes sociais, promovendo uma justiça ambiental e social nesta política.

Com relação aos acidentes com transportes, estes são uma externalidade que gera custos econômicos significativos. No mundo, segundo WHO (2015), estima-se que os custos dos acidentes com transportes representam aos governos, cerca de 3% de seu Produto Interno Bruto (PIB), chegando até 5% do PIB em países com menor renda, representando um custo mundial acima de US\$ 500 bilhões de dólares por ano (WHO 2010). A quantidade de acidentes e de vítimas fatais ainda é muito alta, na ordem de 1,2 milhões de mortes por ano (OECD, 2016) - mais de 3000 mortes por dia - com ocorrências mais elevadas principalmente entre os países em desenvolvimento e subdesenvolvidos.

O Brasil possui uma taxa de mortalidade em acidentes de trânsito média de 23,4 mortes para cada 100.000 habitantes. Essa taxa está acima da média global, e da taxa média de todas as regiões continentais, com exceção do continente africano. Segundo

WHO (2015), a taxa de mortes presente no Brasil é a terceira pior para os países do continente americano, atrás apenas da República Dominicana e Belize e a quarta pior taxa de mortalidade em acidentes de trânsito entre os países com rendimento similar ao Brasil, ficando atrás da Líbia, Cazaquistão e Malásia <sup>1</sup>.

Praticamente metade do total das mortes decorrentes de acidentes de trânsito ocorrem com usuários vulneráveis das vias, ou seja, pedestres, ciclistas e motociclistas (WHO 2015) que, na contramão das tendências de redução dos acidentes com transportes, os acidentes com os usuários vulneráveis parecem estar aumentando em alguns países - mesmo desenvolvidos. Conforme relatado no *Relatório Anual de Segurança Rodoviária* (OECD, 2016), apesar de virtualmente todos os 32 países, cujos dados de acidentes foram validados no relatório, terem reduzido os seus números de mortes em acidentes com veículos automotores entre 2010 e 2014, nos casos de acidentes com ciclistas ocorreu um *aumento* no número de mortes em 17 destes países (Figura 2). Segundo este documento, isto pode ter ocorrido devido ao aumento no incentivo à utilização de transporte ativo, com real aumento no número de ciclistas nas rodovias, sem proporcionar a devida infraestrutura segura e adequada. Aumento no número de mortes com pedestres também foi identificado em dez países, sendo que em cinco deles, o número de mortes com pedestres chegou a aumentar mais de 10% ao longo destes cinco anos analisados no relatório (OECD, 2016).

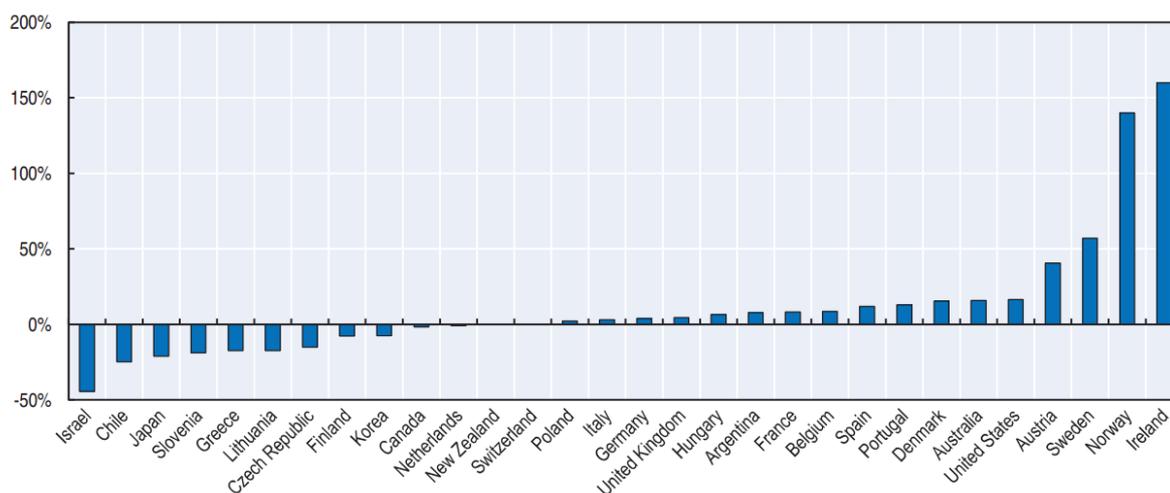


Figura 2 – Variação na quantidade registrada de mortes de ciclistas entre 2010-2014, em porcentagem. Extraído de OECD (2016). *Nota da fonte: Luxemburgo e Islândia não apresentaram mortes de ciclistas em 2014, Irlanda teve seu menor nível de fatalidades com ciclistas em 2010, o que explica o substancial aumento de mortes neste país entre 2010 e 2014.*

No Brasil, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2015) estimou os custos relativos aos acidentes em rodovias federais para a sociedade brasileira em R\$ 12.298.320.541,00 (em reais de dezembro de 2014) referente aos 169.153 acidentes ocorridos

<sup>1</sup> <http://roads.live.kiln.digital/>

naquele ano. Se consideradas todas as rodovias, incluindo as estaduais e as municipais, a estimativa fica em torno de R\$ 40 bilhões de reais, o que, segundo os autores, é um montante muito superior ao gasto público na melhoria da infraestrutura rodoviária e nas campanhas educativas realizadas no país. Ressalta-se que a estimativa realizada pelo IPEA é bastante subdimensionada, uma vez que não foram estimados os custos econômicos dos acidentes chamados de “imensuráveis” ou “intangíveis”, ou seja, aqueles relativos a dor, pesar e sofrimento das vítimas e dos seus parentes, bem como as chamadas sequelas invisíveis, como estresses pós-traumáticos, depressão e ansiedade (IPEA, 2015).

### 1.3 Valoração dos custos dos acidentes de trânsito

Valorar o custo de acidentes de trânsito não é fácil. Uma Análise Custo-Benefício procura averiguar os custos financeiros e econômicos de determinada política ou ação e, em paralelo, os benefícios que retornarão à sociedade decorrentes daquela ação. São diversas as metodologias utilizadas para quantificar os custos e os benefícios esperados.

Uma análise de viabilidade de um projeto pode ser realizada sob a ótica financeira e econômica. A análise financeira de um projeto estima os custos e benefícios financeiros, ou seja, aqueles mensuráveis em termos administrativos. Em outras palavras são aqueles custos em que os valores monetários são realmente transacionados para a realização da ação desejada. Assim, averigua-se a sustentabilidade financeira de um projeto quando os fluxos de receitas superam os fluxos de despesas do projeto.

Por outra perspectiva, uma análise econômica avalia a contribuição do projeto para o bem-estar econômico da sociedade em que está inserido o projeto. Conforme a Comissão Européia (2003 p. 30) afirma, “Esta análise é realizada em nome do conjunto da sociedade (região ou país) e não em nome do proprietário da infraestrutura, como acontece na análise financeira”. Segundo os autores, esta análise consiste em transformar para preços de mercado “fictícios” aqueles custos e benefícios falseados pelas imperfeições de mercado, como correções de taxas e impostos, e levar em consideração as externalidades que conduzem a custos e benefícios sociais não considerados na análise financeira. No entanto, estes custos e benefícios econômicos, são difíceis de serem mensurados, uma vez que muitos destes custos não existem no mercado e nem mesmo há um “preço” monetário determinado a eles.

De acordo com Jacobs (1995) quantificar os custos de acidentes é importante por dois principais motivos. Primeiro, para garantir que, ao nível do planejamento nacional dos recursos, a segurança rodoviária seja equitativamente classificada em termos de investimentos para a sua melhoria quando comparada com investimentos em outros setores. Segundo, garantir que seja feito o melhor uso de qualquer investimento e que as melhorias de segurança mais adequadas e mais apropriadas sejam introduzidas em termos dos

benefícios que gerarão em relação ao custo de sua implementação.

Quando não se sabe os custos dos acidentes, a falta de associação dos custos dos investimentos em melhorias e redução de acidentes rodoviários muito provavelmente resultará em uma utilização arbitrária de critérios na escolha de medidas e na avaliação de projetos que afetem a segurança rodoviária. Conseqüentemente, torna-se improvável que as despesas em segurança rodoviária sejam “ótimas”. Assim, se os benefícios de segurança forem ignorados no planejamento de transporte, inevitavelmente haverá um subinvestimento na segurança rodoviária (JACOBS, 1995).

No entanto, custos marginais de acidentes não são simples de se definir, conforme relata Mayeres (2003, p.3):

Quando um veículo adicional se junta ao fluxo de tráfego, ele causa três tipos de custos para a sociedade. Primeiro, o próprio usuário do transporte está exposto a um risco de acidente. Os custos sociais deste consistem na sua própria utilidade para o risco de acidente (que é interno), os chamados custos econômicos puros associados ao risco de acidente (perda líquida de produção, custos médicos, custos da polícia, etc.) e, possivelmente, também Utilidade de parentes e amigos. Em segundo lugar, o usuário de transporte adicional pode ter um impacto sobre o risco de acidentes dos outros usuários de infra-estrutura e, portanto, sobre os custos associados para a sociedade e esses outros usuários. Em terceiro lugar, outros usuários de transportes adaptarão seu comportamento quando confrontados com uma situação de tráfego alterada. Estes custos evitados também devem ser levados em consideração. Quanto desses três tipos de custos são externos depende das regras de responsabilidade e compensação que estão em vigor, no tipo de preço dos seguros, etc. (MAYERES, 2003, p. 3)

Segundo Verhoef (1994) é difícil determinar os custos que eventualmente são originados pelos atores responsáveis pelos acidentes - o que podem ser interpretados como custos “internos” dos acidentes. Nem sempre os custos estão atrelados somente ao autor do acidente, podendo também a sua morte ou ferimentos afetar o seu bem estar e de seus parentes e amigos (em termos de custos pecuniários e psicológicos) e invocar custos sociais (em termos de perda de produção, custos médicos, etc.) (VERHOEF, 1994).

Os componentes de custo associados com os acidentes de tráfego usualmente incluem: (i) danos materiais aos veículos, infraestrutura, propriedades e meio ambiente; (ii) custos administrativos referentes a serviços de emergência, polícia e custos legais; (iii) custos dos ferimentos e fatalidades, como custos médicos e funerais; (iv) custos psicológicos de dor e sofrimento e; (v) perda de produção (VERHOEF, 1994).

Ainda segundo este autor, um problema fundamental na avaliação dos custos dos acidentes sociais diz respeito à valoração da vida, dor e sofrimento, que são inevitavelmente absorvidos em tais acontecimentos. Em suas palavras, “essas questões acabam por envolver elementos um tanto bizarros, como exemplo, em casos em que a vítima tenha mais do

que a idade média considerada produtiva, acarretam em valores negativos da perda de produção para a sociedade” (VERHOEF, 1994, p.28).

Existem diversos métodos para se quantificar custos com acidentes e o “Valor Estatístico da Vida”. Jacobs (1995, p.18-19) apresenta seis diferentes abordagens para valorar estes custos:

A. Redimentos brutos (ou Capital Humano)

Consiste em avaliar a perda de diversão/lazer em recursos correntes e os custos da perda de rendimento futuro das vítimas. Também inclui outras formas como custos dos danos ao veículo, tratamento médico e custos administrativos (polícia, ambulância) - há algumas discordâncias sobre a inclusão destes outros custos aqui. Geralmente é calculada uma taxa média (salário médio) para determinar as perdas de rendimentos para o ano da morte e os ganhos futuros. Deve ser dimensionada uma taxa de desconto para os dias atuais. Em algumas variações desta abordagem, uma soma é adicionada para refletir a “dor, pesar e sofrimento” das vítimas e parentes das vítimas.

B. Rendimentos líquidos

Esta abordagem desconta dos rendimentos brutos o quanto a vítima consumiria em bens ao longo da vida. Segundo esta abordagem, a diferença entre estes custos representaria o interesse econômico da sociedade na sobrevivência da vítima. As dificuldades consistem em quantificar o quanto a vítima consumiria ao longo de sua vida.

C. Apólices de seguro de vida

Esta abordagem acaba por estimar o valor da vida de uma pessoa para os seus dependentes, e não precisamente o valor da vida para o próprio segurado. Em outras palavras, uma pessoa rica sem filhos provavelmente pagará uma taxa de “seguro de vida” menor do que uma pessoa pobre com muitos filhos, apesar de ela poder estimar sua própria vida com valores muito mais elevados. Esta abordagem acaba por ser limitada para estimar custos de vida para países em desenvolvimento onde poucas pessoas pagam seguros de vida.

D. Indenizações de cortes judiciais

A abordagem que utiliza indenizações judiciais como referência leva em conta itens complexos aplicados às pessoas avaliadas especificamente, como grau de negligência do réu, se a pessoa morta foi parcialmente culpada, independente do salário da pessoa. Todos os impostos são descontados da indenização. Segundo Jacobs (1995) “esta se apresenta como uma solução muito imperfeita para estimar valores dos acidentes rodoviários”.

E. Valores implícitos de programas de governo em prevenção de acidentes com segurança

Esta abordagem tenta determinar os custos e valores dos acidentes, ou do aumento da segurança e dos acidentes evitados, pelos investimentos realizados em programas públicos ou legislações e decisões tomadas que afetaram na segurança viária. O problema dessa abordagem é que há muita variação na alocação dos recursos públicos no aumento de segurança (não somente viária) podendo variar de \$50,00 a \$20 milhões por vida salva segundo exemplo do autor, o que mostra a grande imprecisão deste método para avaliar o valor da vida humana.

F. O valor das mudanças no risco ou disposição a pagar

Os métodos de valoração da redução do risco ou disposição a pagar, avalia em termos de quanto as pessoas estão dispostas a pagar pela redução de um acidente fatal.

Outros autores também relatam sobre o uso de Preços Hedônicos e Custos “Compreensivos” (*comprehensive costs*), estes custos são estimados por meios indiretos de transações que de fato existem no mercado como, por exemplo, quanto as pessoas se dispõem a receber a mais para exercer um ofício de alta periculosidade, ou então quanto as pessoas pagam a mais pela segurança de seus veículos, *airbags*, freios mais eficientes, etc. visando reduzir as probabilidades de morte prematura decorrente de um acidente (MILLER et al., 1991; MILLER, 1993; FIELD; FIELD., 2014) . De acordo com Miller et al. (1991), estes custos diferem-se da disposição a pagar pois estimam quanto, atualmente, as pessoas realmente pagam para aumentar a sua segurança, e não quanto se dispõem a pagar para diminuir seus riscos.

Finalmente, Jacobs (1995) afirma que o método apropriado depende do objetivo da pesquisa. Para os casos em que os objetivos são maximizar os rendimentos governamentais para aumentar o bem-estar da sociedade e para os casos em que se propõe realizar uma análise custo-benefício para alocar eficientemente os recursos, o autor recomenda os métodos “Capital Humano (rendimentos brutos)” e “Disposição a pagar” (JACOBS, 1995).

Também sobre este assunto, Dalbem, Brandão e Macedo-Soares (2010), relatam que as alternativas B, C, D e E, anteriormente descritas parecem de pouca valia em países com grandes desigualdades sociais - como é o caso do Brasil. Não se justificam estes métodos quando o cidadão médio gera pouca receita líquida (B) e quase não faz seguros de vida (C) bem como indenizações via corte judicial se apresentam estatisticamente insignificantes (D) e onde a escassa alocação de recursos públicos, escassos, não reflete necessariamente a preocupação da sociedade com o assunto (E) (DALBEM; BRANDÃO; MACEDO-SOARES, 2010). Assim como Jacobs (1995), Dalbem, Brandão e Macedo-Soares (2010) também consideram que as alternativas mais viáveis de monetização da segurança de

trânsito no Brasil são as alternativas (A) (rendimentos brutos perdidos) e (E) (Disposição a Pagar), entre as expostas por aquele autor.

No entanto, mesmo entre estas duas metodologias recomendadas os valores resultantes podem ser bastante divergentes. De acordo com Dalbem, Brandão e Macedo-Soares (2010), o Banco Mundial (World Bank, 2005 apud Dalbem, Brandão e Macedo-Soares (2010)) alerta que a diferença entre os valores gerados pelo método de rendimentos brutos perdidos e pela aplicação do conceito de Disposição a Pagar pode ser muito significativa, uma vez o método de rendimentos brutos perdidos costuma gerar um valor mínimo a ser atribuído à vida. Em relação aos métodos de disposição à pagar (DAP), estes comumente são utilizados para se determinar o Valor da Vida Estatística (VVE).

O Valor da Vida Estatística, ou do inglês, *Value of Statistical Life (VSL/VoSL)* trata-se de um conceito que inicialmente passou por discussões sobre a sua ética em se “mensurar economicamente o valor de uma vida”, no entanto não é este o cerne da questão. Em uma definição resumida, este conceito pode ser entendido como o valor monetário que um grupo de pessoas está apto a pagar para reduzir as probabilidades de risco de morte por algum fator evitável, como em um acidente de trânsito ou decorrente de poluição do ar, por exemplo. Como informa Rizzi (2001, apud Rosa (2006, p.23) “na realidade, o que se valora não é o valor de uma vida perdida, já que a vida não tem preço, mas sim as reduções no risco por morte.”

Assim, supondo uma situação hipotética em que cada pessoa de uma amostra de 100.000 pessoas se mostram dispostas a pagar um valor médio de R\$ 100,00 em um ano, para reduzir as chances de 1 morte por acidente fatal em 100.000 acidentes (ou 0,001%), então, entende-se que o Valor da Vida Estatística, neste caso, é de R\$ 100,00 por pessoa x 100.000 pessoas, ou seja R\$ 10 milhões (EPA 2017).

Como informa a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA), o Valor da Vida Estatística **não** trata-se de estimação monetária de quanto uma pessoa ou um grupo de pessoas estaria disposto a pagar para evitar uma morte específica de uma pessoa em particular (EPA 2017). Dessa forma, o Valor da Vida Estatística pode indicar - por meio de pesquisa em campo com representação da sociedade - quanto pode ser o benefício econômico e social de se investir no aumento da segurança de projetos rodoviários em análises econômicas de projetos, por exemplo. Não obstante, Jacobs (1995) relata que altas taxas de retorno de investimentos (10 Benefício : 1 Custo) são bastante comuns na avaliação de custos em segurança rodoviária e, além dos aspectos humanitários, ilustram bem os benefícios econômicos de se investir em programas nacionais de segurança rodoviária.

Como todas as alternativas e ferramentas expostas para a valoração dos custos de acidentes apresentadas até aqui, esta também possui as suas limitações. Problemas relatados sobre a utilização destes métodos de disposição a pagar são: (i) as grandes disparidades encontradas nos VVE em diferentes países - desenvolvidos e subdesenvolvidos;

(ii) os altos custos envolvidos para se aplicar as pesquisas da disposição à pagar da população amostrada e; (iii) a incompreensão, pela população de menor escolaridade, do que se está sendo pesquisado efetivamente, como por exemplo do conceito de probabilidades. IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) fizeram uma amostragem para determinar a disposição à pagar pela redução de acidentes de trânsito no Brasil e identificaram baixos valores como um voto de protesto ao pagamento de “mais um imposto” ou da corrupção e desvios de verba que poderiam sofrer estes montantes investidos para a redução da probabilidades de acidente.

Outros problemas também estão suscetíveis de ocorrer conforme a pesquisa é realizada. TRL (1995) relata que uma pesquisa realizada na Grã-Bretanha pelo método da disposição a pagar para avaliação do custo de acidentes sofreu críticas por ter obtido valores apenas a partir de pessoas adultas, quando muito dos acidentados são crianças e jovens. Da mesma forma, foi conduzida com motoristas de automóveis e seus passageiros (TRL, 1995), quando, como vimos anteriormente, metade das mortes em acidentes no mundo ocorrem com pedestres, ciclistas e motociclistas.

Os componentes de custos dos acidentes de trânsito podem ser divididos em dois grandes grupos, de acordo com Alfaro (1994, citado por ROSA, 2006). Em um grupo apresentam-se todos os custos relacionados às vítimas dos acidentes, ou seja, custos médicos, de reabilitação sem apoio médico, perda de produção da vítima e parentes, outros custos, como auxílios domésticos e perdas relacionadas ao sofrimento das vítimas e perda de expectativa de vida das vítimas fatais. Em outro grupo, apresentam-se aqueles custos relacionados aos acidentes em si, como os danos à propriedade e aos veículos, custos administrativos e de serviços de polícia e ambulância e outros custos, como congestionamento, perdas de uso de bens de capital e de capacidade de produção de pessoas presas devido ao acidente.

Os custos obtidos por meio do método de Rendimentos Brutos compreendem aqueles que podem ser calculados administrativamente, ou seja, aqueles em que não ocorre uma valoração econômica propriamente dita. Este é o método utilizado por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) nas estimativas dos custos de acidentes realizadas no seu trabalho. Os componentes de custo estimados compõe a equação:

$$C_{\text{acidente}} = C_{\text{pessoas}} + C_{\text{veículos}} + C_{\text{via/ambiente}} + C_{\text{institucionais}} \quad (1.1)$$

Onde:

$$C_{\text{pessoas}} = C_{\text{cuidados em saúde}} (C_{\text{pré-hospitalar}} + C_{\text{hospitalar}} + C_{\text{pós-hospitalar}}) + C_{\text{perda de produção}} + C_{\text{cremção/translado}}$$

$C_{\text{veículos}} = C_{\text{danos materiais ao veículo}} + C_{\text{perda de carga}} + C_{\text{remoção/guincho}} + C_{\text{ou pátio}} + C_{\text{reposição}}$

$C_{\text{via/ambiente}} = C_{\text{danos à propriedade pública}} + C_{\text{danos à propriedade privada}}$

$C_{\text{institucionais}} = C_{\text{judiciais}} + C_{\text{atendimento}}$

IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) definiram cada um destes custos com os seguintes conceitos:

- **Custos associados às pessoas**

**Custo do atendimento pré-hospitalar:** atendimento da vítima por unidades dotadas de equipamentos especiais, com veículos e profissionais especializados (ambulâncias, bombeiros, médicos, etc.).

**Custo do atendimento hospitalar:** soma dos custos do atendimento médico hospitalar do paciente não internado e do paciente internado na Unidade de Terapia Intensiva e/ou Enfermaria.

**Custo pós-hospitalar:** a soma dos custos com reabilitação, para os casos de seqüela temporária ou definitiva, com procedimentos, medicamentos, transporte, equipamentos e outros.

**Custo da perda de produção:** é o custo correspondente às perdas econômicas das vítimas de acidente que, em decorrência da interrupção das suas atividades produtivas, deixam de gerar renda e produção ao sistema econômico.

**Custo de remoção/translado:** custo de remoção da vítima fatal ao Instituto Médico Legal (IML); e custo de traslado — terrestre ou aéreo — da vítima fatal do IML/hospital ao local do funeral.

**Gasto previdenciário:** é a soma dos custos incorridos: i) à empresa, relativos ao valor da previdência, pago por ela, em um período de até 15 dias de afastamento do trabalho em decorrência de um acidente de trânsito; ii) sobre a previdência social, em virtude do afastamento, temporário ou definitivo, do trabalhador em decorrência de um acidente de trânsito; e iii) sobre as seguradoras — seguro DPVAT (Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre).

- **Custos associados aos veículos**

**Custo dos danos materiais aos veículos:** custo de recuperação dos veículos danificados em acidentes de trânsito.

**Custo de perda de carga:** o custo de avaria da carga que estava no veículo envolvido em acidente.

**Custo de remoção/pátio:** custo de remoção do veículo e diárias de pátio de armazenamento.

**Custo de reposição:** despesa incorrida pela substituição do veículo, no período em que ele ficou sem condições de uso.

- **Custos institucionais**

**Custo de processos judiciais:** custo do funcionamento da estrutura judicial em função do atendimento às questões referentes aos acidentes de trânsito.

**Custo do atendimento policial:** soma dos custos do tempo dos policiais rodoviários, da utilização de veículos para atendimento no local do acidente e do deslocamento para hospital ou delegacia.

- **Custos associados à via e ao ambiente do local de acidente**

**Custo dos danos à propriedade pública:** custo de reposição/recuperação de mobiliário ou equipamentos danificados ou destruídos em função de acidentes nas rodovias.

**Custo dos danos à propriedade privada:** custo de recuperação de propriedades particulares danificadas em função de acidentes de trânsito.

(IPEA; DENATRAN; ANTP 2006 p. 27)

Como o próprio trabalho de IPEA, DENATRAN e ANTP (2006 p. 27) informa, não foram valorados os “custos decorrentes das perdas de vida ou de lesões permanentes que impossibilitam uma vida normal, que incidem tanto sobre os envolvidos nos acidentes quanto sobre as pessoas de suas relações”, as chamadas sequelas invisíveis dos acidentes de trânsito, que compreendem os impactos do estresse pós-traumático e quadros de comorbidade com ansiedade, depressão entre outros. Aquele trabalho também não valora os possíveis custos e externalidades ambientais decorrentes de acidentes com cargas perigosas - produtos químicos - devido a inexistência de informações específicas sobre a perda de carga química nos bancos de dados utilizados no projeto.

Definidos os principais conceitos utilizados neste trabalho, o próximo capítulo abordará sobre as metodologias utilizadas para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa.

## 2 Métodos e Procedimentos

Como apresentado nos objetivos, esta dissertação procura responder três questionamentos norteadores de modo a atingir o objetivo principal. Da mesma forma, a metodologia é utilizada de modo a responder cada um destes questionamentos e dividida em três etapas:

### 2.1 Investigando o problema dos acidentes envolvendo ciclistas

No sítio eletrônico do Departamento de Polícia Rodoviária Federal<sup>1</sup>, é possível obter os dados estatísticos dos acidentes de trânsito registrados por aquele órgão. Estes dados consistem em extensas planilhas em formato *.csv* onde são registrados dados de todos os acidentes que ocorreram nas rodovias federais do Brasil, os quais estão organizados segundo dois critérios: (i) por ocorrências e (ii) por pessoas (Tabela 2).

Para este trabalho, foram filtrados todos os registros contendo “Colisão com bicicleta” na coluna “Classificação do acidente” (Q) para as planilhas organizadas segundo *ocorrência* e todos os registros contendo “Bicicleta” na coluna “Descrição do tipo de veículo” (T) para as planilhas organizadas por *pessoas* envolvidas nos acidentes. Assim, com estes filtros foram geradas tabelas mais reduzidas, as quais, para as análises deste trabalho, compreendem todos os anos entre 2007 e 2016, inclusive.

Outros dados estatísticos abertos que foram consultados para análises complementares neste trabalho, foram os dados obtidos por meio do sítio eletrônico do DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil<sup>2</sup>.

Para a identificação da existência de pontos focais dos acidentes, e a sua respectiva espacialização georreferenciada, foram utilizados os dados do DPRF (organizados por ocorrência) espacializados e disponibilizados no Visualizador Geo (VGeo) no site institucional do DNIT.<sup>3</sup> Estes dados disponibilizados em formato vetorial *shapefile* foram então importados em um ambiente de Sistema Geográfico de Informações (SIG) por meio do software livre QGIS. Foram então gerados novos shapes a partir da seleção dos dados [*Tipo de acidente = “colisao com bicicleta”*], possibilitando a geração de “Mapas de calor/densidade” para identificação da concentração de acidentes em um raio de 50km por meio do *plugin “HeatMap”* do SIG.

<sup>1</sup> Disponível em: <https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes> acessado em janeiro de 2017

<sup>2</sup> Disponível em <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>> consultado em janeiro de 2017.

<sup>3</sup> Disponível em <<http://sistemas.dnit.gov.br/vgeo>> consultado em janeiro de 2017.

Tabela 2 – Composição dos dados estatísticos dos acidentes disponibilizados pelo DPRF, organizados por ocorrências e por pessoas. Elaborado pelo autor, adaptado de DPRF.

<b>Ocorrências</b>	<b>Pessoas</b>
A. Identificador do Acidente	A. Identificador do Acidente
B. Data	B. Identificador da Pessoa
C. Hora	C. Data
D. UF Estado	D. Dia da Semana
E. Nome da BR	E. Hora
F. Quilômetro (KM) do acidente	F. UF
G. Código PNV DNIT	G. Nome da BR
H. Descrição PNV DNIT	H. Quilômetro (KM) do acidente
I. Município	I. Município
J. Quantidade de acidentes	J. Descrição da causa do acidente
K. Quantidade de ilesos	K. Descrição do tipo de acidente
L. Quantidade de feridos leves	L. Classificação do tipo de acidente
M. Quantidade de feridos graves	M. Descrição da fase do dia
N. Quantidade de mortes	N. Descrição do sentido da via
O. Quantidade de ignorados	O. Descrição das condições meteorológicas
P. Quantidade de veículos	P. Descrição do tipo de pista
Q. Classificação do acidente	Q. Descrição do traçado da via
R. Descrição do tipo de acidente	R. Descrição do uso do solo
S. Descrição da causa do acidente	S. Identificador do veículo
T. Descrição do tipo de pista	T. Descrição do tipo de veículo
U. Descrição do traçado da via	U. Marca do veículo
V. Descrição do sentido da via	V. Ano de fabricação do veículo
W. Descrição do uso do solo	W. Descrição do tipo de passageiro envolvido
X. Descrição da fase do dia	X. Descrição do estado físico da vítima
	Y. Idade da vítima
	Z. Sexo da vítima
	AA. Nacionalidade da vítima
	AB. Naturalidade da vítima

## 2.2 Identificando os custos dos acidentes envolvendo ciclistas

Para execução dos cálculos dos custos financeiros e econômicos dos acidentes envolvendo ciclistas, foi realizada análise de referências e trabalhos anteriores já elaborados sobre este assunto, com destaque para trabalhos do IPEA, DENATRAN e ANTP (2006), IPEA (2015) e IPR (2004b), além de outros estudos nacionais e internacionais. A partir dos custos unitários identificados nas referências para objetivos semelhantes, estes foram convertidos a valores monetários em Reais (R\$) de dezembro de 2016, utilizando os devidos índices inflacionários do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA, produzidos contínua e sistematicamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A tabela 3 apresenta os componentes de custo unitários estimados por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006), devidamente corrigidos pelo índice IPCA-IBGE, de dezembro de 2005 a dezembro de 2016 (1,8904036).

De maneira Geral, os componentes de custos determinados pelo IPR em 2004 são

Tabela 3 – Componentes de custos unitários estimados por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) corrigidos segundo IPCA-IBGE para valores de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor.

IPEA-2006 em valores dezembro 2016					
Componente de Custo		Sem Vítima	Com Vítima	Com Fatalidade	
Veículos	Automóveis	Remoção/Pátio	R\$ 228,12	R\$ 198,45	R\$ 877,87
		Danos Materiais	R\$ 8.223,71	R\$ 14.118,06	R\$ 21.935,30
		Perda de Carga	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
	Motocicletas	Remoção/Pátio	R\$ 60,91	R\$ 171,52	R\$ 213,79
		Danos Materiais	R\$ 2.858,88	R\$ 3.064,44	R\$ 4.827,03
	Bicicletas	Remoção/Pátio		R\$ 0,00	R\$ 0,00
		Danos Materiais		R\$ 199,21	R\$ 146,51
	Utilitários	Remoção/Pátio	R\$ 130,76	R\$ 192,39	R\$ 150,10
		Danos Materiais	R\$ 12.274,01	R\$ 23.429,98	R\$ 41.156,70
		Perda de Carga	R\$ 73,54	R\$ 272,75	R\$ 121,02
	Caminhões	Remoção/Pátio	R\$ 210,53	R\$ 415,00	R\$ 545,29
		Danos Materiais	R\$ 22.201,45	R\$ 67.303,43	R\$ 49.251,33
		Perda de Carga	R\$ 3.931,09	R\$ 9.792,86	R\$ 6.664,52
	Ônibus	Remoção/Pátio	R\$ 76,01	R\$ 257,91	R\$ 617,41
		Danos Materiais	R\$ 18.894,87	R\$ 12.181,55	R\$ 23.803,91
	Outros	Remoção/Pátio	R\$ 104,50	R\$ 209,02	R\$ 1.657,20
		Danos Materiais	R\$ 12.064,03	R\$ 94.364,56	R\$ 62.005,88
		Perda de Carga	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 32.209,91
Pessoas	Ilesos	Pré-hospitalares	R\$ 5,22	R\$ 489,27	R\$ 0,00
		Hospitalares	R\$ 738,56	R\$ 797,58	R\$ 80,95
		Pós-hospitalares	R\$ 47,92	R\$ 0,00	R\$ 416,47
		Perda de Produção Remoção	R\$ 490,56	R\$ 3.565,98	R\$ 1.674,75
	Feridos Leves	Pré-hospitalares	R\$ 0,00	R\$ 896,26	R\$ 4.118,77
		Hospitalares	R\$ 732,68	R\$ 6.684,09	R\$ 2.325,08
		Pós-hospitalares	R\$ 0,00	R\$ 246,15	R\$ 1.804,77
		Perda de Produção Remoção	R\$ 6.889,44	R\$ 2.172,24	R\$ 1.946,47
	Feridos Graves	Pré-hospitalares	R\$ 2.015,61	R\$ 1.312,47	R\$ 1.219,46
		Hospitalares	R\$ 21.332,49	R\$ 86.010,66	R\$ 67.129,88
		Pós-hospitalares	R\$ 189,04	R\$ 3.719,03	R\$ 6.490,78
		Perda de Produção Remoção	R\$ 2.932,43	R\$ 56.428,66	R\$ 91.037,58
	Mortos			R\$ 258,12	R\$ 766,33
		Pré-hospitalares		R\$ 0,00	R\$ 101,85
		Hospitalares		R\$ 0,00	R\$ 169,04
		Pós-hospitalares		R\$ 0,00	R\$ 0,00
		Perda de Produção Remoção		R\$ 395.693,16	R\$ 510.663,57
	Outros	Antendimento	R\$ 235,26		R\$ 589,39
Danos à propriedade		R\$ 179,38	R\$ 281,24	R\$ 404,89	
		R\$ 355,83	R\$ 118,19	R\$ 366,10	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 117.476,83</b>	<b>R\$ 784.844,23</b>	<b>R\$ 937.489,88</b>	

similares aos do trabalho do IPEA, DENATRAN e ANTP (2006). No entanto, em IPR (2004b) são acrescentados dois outros custos: (i) custos de congestionamentos e (ii) custos de dor, pesar e sofrimento. Os custos de congestionamentos foram estimados, por metodologia própria daquele trabalho que consistiu na elaboração de um modelo matemático em que são estimados os tempos de retenção para diferentes tipos de veículos, em situação

de congestionamento parcial ou total, além das emissões de poluentes decorrentes da diminuição da velocidade de operação. Assim, IPR (2004b) pôde estimar valores monetários médios para os acidentes com vítimas fatais, com vítimas feridas e sem vítimas. Os custos de dor, pesar e sofrimento, foram baseados em trabalho de *Transport Research Laboratory* (TRL, 1995) que recomenda, para os países em desenvolvimento, somar 38%, 100% e 8% sobre os custos totais estimados pelo método do capital humano (*ourendimentos brutos*), para acidentes fatais, acidentes graves e acidentes leves, respectivamente. Para os acidentes sem vítimas estes autores consideraram porcentagens nulas. A tabela 4 apresenta estes custos unitários estimados pelo IPR (2004b) já corrigidos dos valores de dezembro de 2000 para valores de dezembro de 2016, utilizando o índice de 2,8536048 do IPCA-IBGE.

Tabela 4 – Componentes de custos unitários estimados por IPR (2004b) corrigidos segundo IPCA-IBGE para valores de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor.

IPR (2004) em valores de dezembro de 2016			
Componentes de custo	Sem Vítima	Com Vítima	Com Fatalidade
Perda de Rendimentos Futuros	R\$ 0,00	R\$ 20.598,53	R\$ 417.147,85
Danos aos Veículos	R\$ 5.715,80	R\$ 13.673,54	R\$ 27.962,73
Custos Médico-Hospitalares	R\$ 0,00	R\$ 106.646,15	R\$ 29.970,19
Administração de Seguros	R\$ 146,96	R\$ 555,62	R\$ 6.715,86
Operação de Sistemas de Atendimento	R\$ 3.823,25	R\$ 4.142,09	R\$ 5.674,47
Danos ao Patrimônio do DNIT	R\$ 2,70	R\$ 1,88	R\$ 2,15
Despesas de Funerais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 4.061,72
Custos Administrativo de Processos Judiciais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 12.708,93
Custos de Congestionamento	R\$ 1.392,94	R\$ 18.127,72	R\$ 9.885,09
<b>Subtotal</b>	<b>R\$ 11.081,66</b>	<b>R\$ 163.745,54</b>	<b>R\$ 514.128,99</b>
Custos Subjetivos de Pesar,Dor e Sofrimento	R\$ 0,00	R\$ 36.024,02	R\$ 195.369,02
<b>Total</b>	<b>R\$ 11.081,66</b>	<b>R\$ 199.769,56</b>	<b>R\$ 709.498,01</b>

Assim, foram realizadas as estimativas de custos globais apenas para os acidentes envolvendo ciclistas, a partir da análise prévia das tabelas de dados do DPRF, pelas quantidades de acidentes com ilesos, feridos e vítimas fatais.

## 2.3 Gestão do problema e políticas públicas

Através da identificação de padrões, existência de pontos focais e possíveis causas dos acidentes mapeados, procura-se identificar o problema e a dimensão dos custos, para assim discutir a possibilidade de soluções e proposição de alternativas para a gestão destes acidentes. Esta análise foi realizada com base em revisão da bibliografia, principalmente de instituições nacionais, além de pesquisa e entrevistas abertas com servidores federais de diferentes coordenações do DNIT sede, em Brasília.

## 2.4 Área de estudo

A área de estudo deste trabalho abrange as rodovias federais de todo o território nacional. A figura 3 apresenta a área de estudo e com os dados originais que são trabalhados.

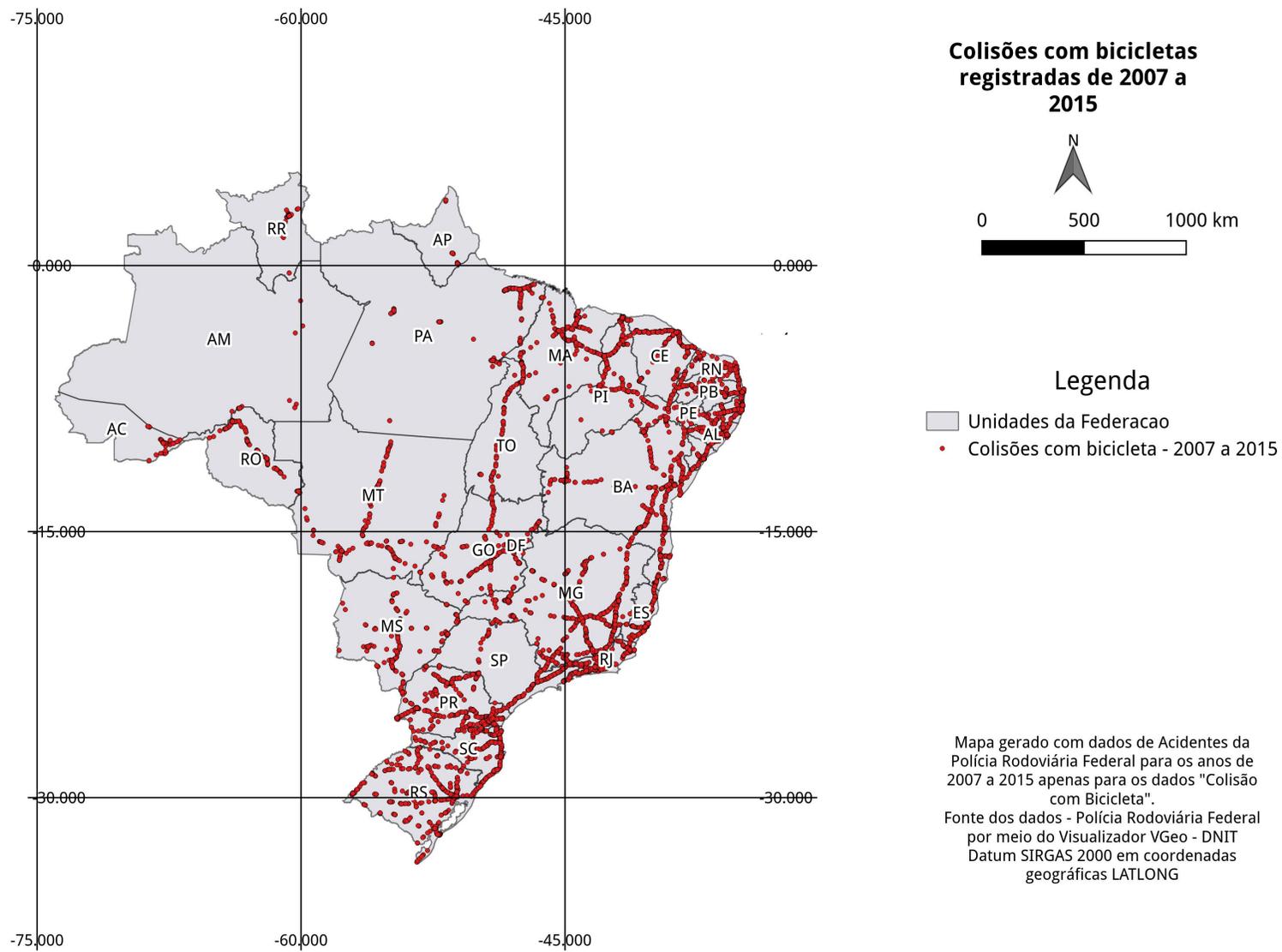


Figura 3 – Mapa da área de estudo e colisões com bicicletas ocorridos entre 2007 e 2015. Elaborado pelo autor.

## 3 Características dos acidentes com ciclistas em rodovias federais

A partir deste capítulo serão apresentados os resultados desta pesquisa, obtidos pelo tratamento das diferentes fontes de dados utilizadas conforme a metodologia proposta. Os resultados identificados serão discutidos segundo a bibliografia corrente sobre o assunto, tanto para as características dos acidentes com ciclistas em rodovias federais encontrada nesta pesquisa, como para os custos apontados. Finalmente, serão analisadas as possibilidades e caminhos que podem ser tomados visando uma redução destes acidentes, bem como propostas para possíveis trabalhos futuros sobre o tema.

Nas próximas seções serão apresentados os resultados identificados no tratamento dos dados com foco nos acidentes com pessoas que utilizavam como “tipo de veículo” uma bicicleta, no momento do acidente. Os dados abrangem todos os acidentes ocorridos nas rodovias federais entre os anos de 2007 a 2016. O tratamento dado foi executado com o objetivo de identificar pontos focais dos acidentes, analisar as causas, comparar entre os estados, bem como identificar alguma tendência de aumento ou diminuição dos acidentes com o passar dos anos.

### 3.1 Evolução dos acidentes com ciclistas nos últimos dez anos

A Figura 4 apresenta a evolução dos acidentes com ciclistas entre os anos de 2007 e 2016 quando trabalhados os dados do DPRF organizados por pessoas envolvidas nos acidentes que utilizavam veículo do tipo “bicicleta” com as respectivas quantidades de pessoas ilesas, feridas leves, feridas graves e mortas.

Por meio dos resultados identificados, pode-se perceber que os acidentes com ciclistas vêm passando por uma redução nos últimos anos, principalmente após 2010. Isto coincide com o programa da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a Década de Ações de Segurança no Trânsito, prevista para 2011 a 2020, mas não necessariamente uma relação de causa e efeito. Esta tendência de queda registrada para os acidentes também foi identificada por IPEA (2015 p. 15), no número de todos os acidentes e feridos graves. Segundo estes autores, esta tendência coincide com o início das operações da PRF concentradas nos trechos mais críticos a partir de 2010.

Ainda segundo IPEA (2015 p. 15), os índices de acidentes por frota caíram muito nas rodovias federais nos últimos anos, visto que ocorreu um aumento de 121% da frota de veículos automotores no Brasil entre 2005 e 2015. No entanto, como descrevem aqueles autores, “os números absolutos e por frota precisam cair muito mais, considerando-se as

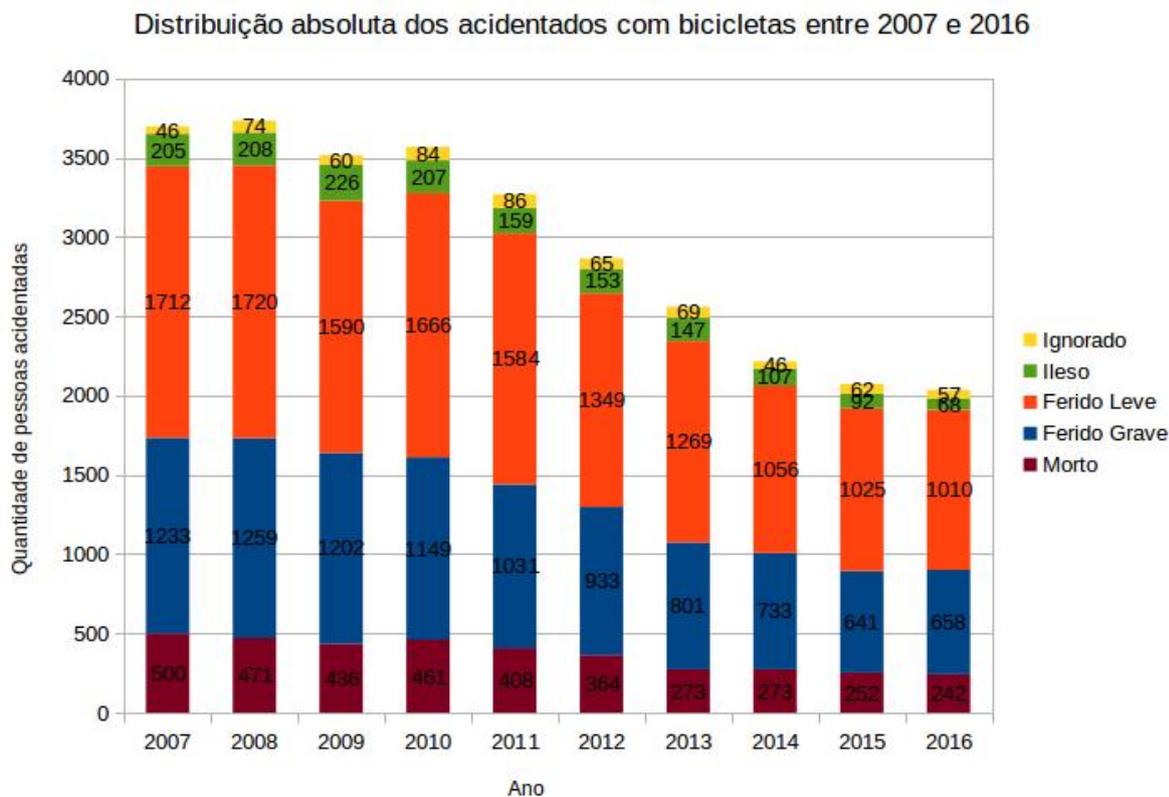


Figura 4 – Quantidade de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte e seus respectivos estados físicos decorrentes do acidente. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal entre os anos de 2007 e 2016. Elaborado pelo autor.

metas globais [de redução de 50% do volume de mortes em acidentes de trânsito no planeta até 2020] estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS)”.

Seria uma informação bastante positiva se esta tendência de queda de acidentes com ciclistas registrada em rodovias federais fosse uma tendência geral para os acidentes com ciclistas no Brasil. No entanto, esta tendência não pode ser generalizada. Tendo como referência os óbitos registrados de acidentes com ciclistas em todos os hospitais públicos pelo DATASUS, pode-se ver que, ao incluir todos os registros de mortes com ciclistas, inclusive rodovias federais, estaduais, e ruas municipais, também se identifica uma tendência de redução destas mortes decorrentes de acidentes de trânsito registradas até 2014, no entanto esta tendência não é tão evidente como se apresentou nas rodovias federais somente (Figura 5).

Apesar de haver uma diminuição na quantidade total nos registros de acidentes com pessoas que utilizavam bicicletas, quando analisado o percentual de cada estado físico das pessoas acidentadas, percebe-se pequena variação na porcentagem dos registros de pessoas mortas e feridas graves com relação ao total de envolvidos (Figura 6). Isso significa

## Quantidade de óbitos registrados para traumatismos de acidentes com bicicletas

Fonte: DATASUS - CID 10 - V10 a V19

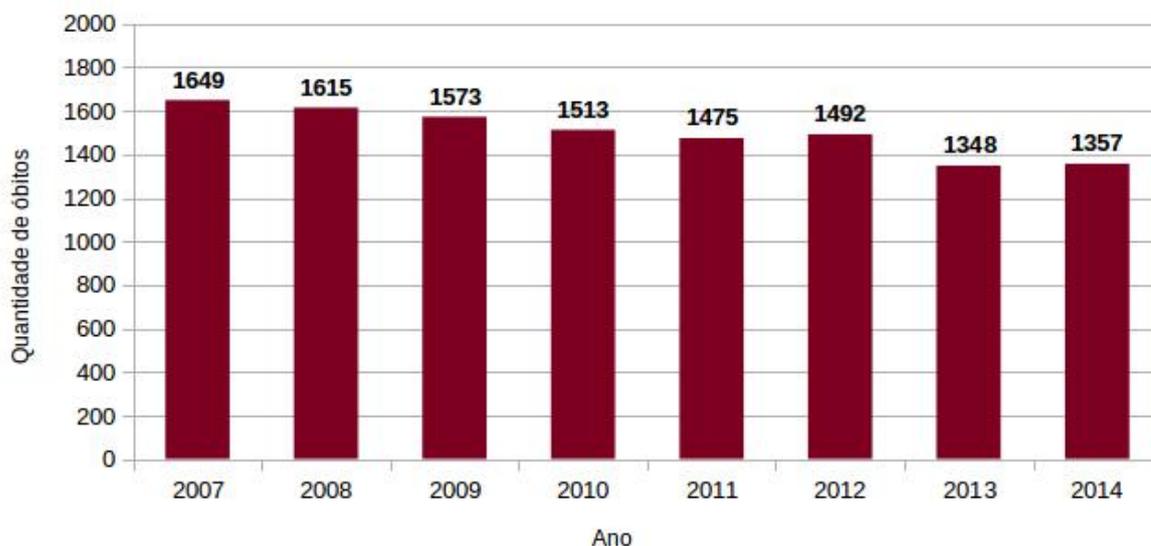


Figura 5 – Registros de óbitos nos hospitais públicos pelo sistema de dados do sistema único de saúde - DATASUS entre 2007 e 2014. Elaborado pelo autor com dados do DATASUS.

dizer que, apesar de ocorrer uma diminuição no total de ciclistas acidentados, a gravidade dos acidentes com ciclistas continua praticamente a mesma ao longo da última década.

Com o presente estudo, e por meio dos resultados encontrados, é possível perceber que os acidentes com bicicletas não são o tipo de acidentes mais numerosos (Figura 8). No entanto, estão entre os três tipos de acidentes mais graves, junto com as colisões frontais entre automóveis e os atropelamentos de pedestres (Figura 9). Como apresentado na figura 6, a cada 100 acidentes que ocorrem com ciclistas registrados no Brasil, uma ordem de 12% são acidentes com fatalidade, 32% de acidentes com feridos graves e 50% de feridos leves, e apenas 5% de ileso.

Comparando com os resultados do artigo Veisten et al. (2007, p.1165) percebe-se como ainda é elevado o número de fatalidades e feridos graves com ciclistas no Brasil, sendo naquele país apenas 1,56% de acidentes fatais, 1,29 e 10,78% de *severe* e *serious injury* - acidentes com feridos graves e 86,36% dos acidentes com feridos leves segundo os dados oficiais registrados pela polícia da Noruega entre 1996 e 1999.

Isto provavelmente ocorre pelas colisões com bicicletas no Brasil ocorrerem por veículos automotores em alta velocidade. É indiscutível a vulnerabilidade que têm os ciclistas e pedestres quando se chocam com veículos. De acordo com Kim et al. (2007), um aumento da velocidade dos veículos automotores em uma colisão com um ciclista de até 30 km/h para 32,2 a 48,3 km/h aumenta significativamente as chances deste acidente tornar-se

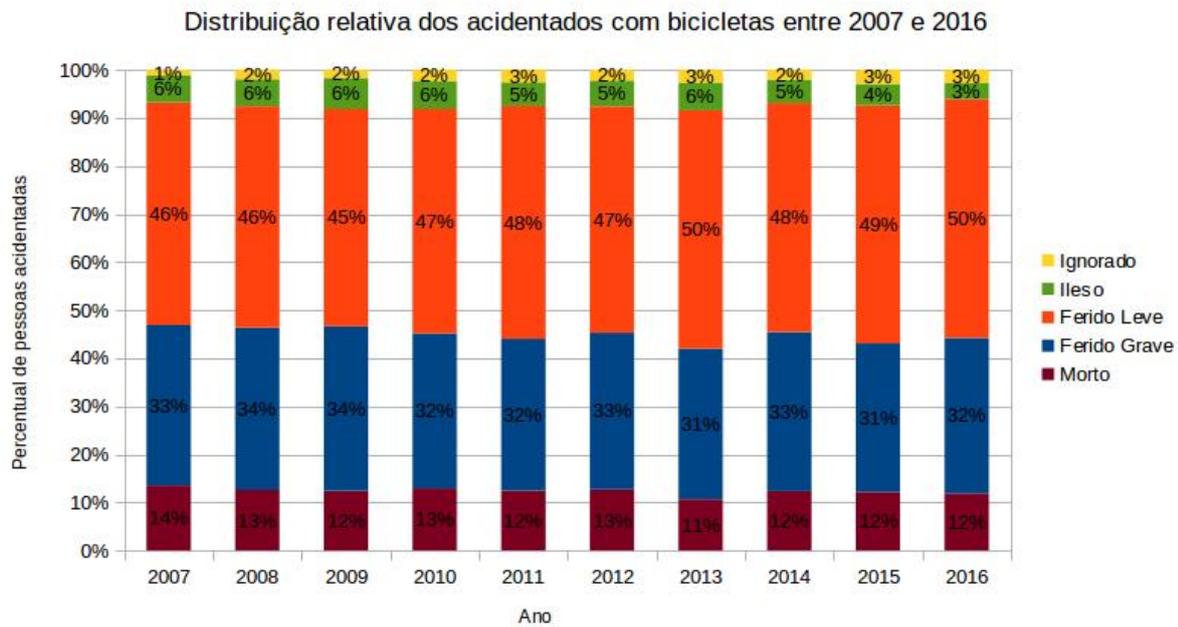


Figura 6 – Percentual de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte e seus respectivos estados físicos decorrentes do acidente. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal entre os anos de 2007 e 2016. Elaborado pelo autor.

fatal. A probabilidade da colisão ser fatal aumenta ainda mais quando a velocidade do veículo passa de 64,4 km/h e quando o veículo se encontra em velocidades superiores a 80 km/h.

As duplicações de rodovias são geralmente justificadas para auxiliar na vazão dos veículos e transporte de cargas, bem como redução dos acidentes do tipo colisão frontal que, como visto, são os acidentes que mais matam em termos absolutos (Figura 8). No entanto, percebe-se que há uma certa negligência para com a redução de acidentes com ciclistas em áreas urbanas com a implementação da duplicação das pistas de rolamento. Este fato pode ser observado quando comparadas as quantidades de acidentes com ciclistas em áreas urbanas e rurais, e em pistas simples ou mais de duas pistas (Figura 7).

Por meio da figura 7 pode-se verificar que, em áreas urbanas, nas rodovias com mais de duas pistas ocorrem mais acidentes fatais do que em rodovias com pista simples. Destacaram-se também aqueles acidentes ocorridos em pistas simples e áreas rurais, os quais, apesar de o total de acidentes ser bem menor do que os ocorridos nas áreas urbanas, o número de acidentes fatais apresenta-se em maior quantidade, este pode ser outro indicativo de colisões com veículos em altas velocidades nas áreas rurais.

Conforme destaca IPR (2010a), os usuários desprotegidos da via, ou seja, os pedestres, ciclistas e motociclistas, são as vítimas mais frequentes dos acidentes com elevada ocorrência de fatalidades. Segundo os autores, estes acidentes ocorrem sobretudo à

## Quantidade de colisões com bicicletas por tipo de pista e uso do solo

Dados PRF - por ocorrência - 2014

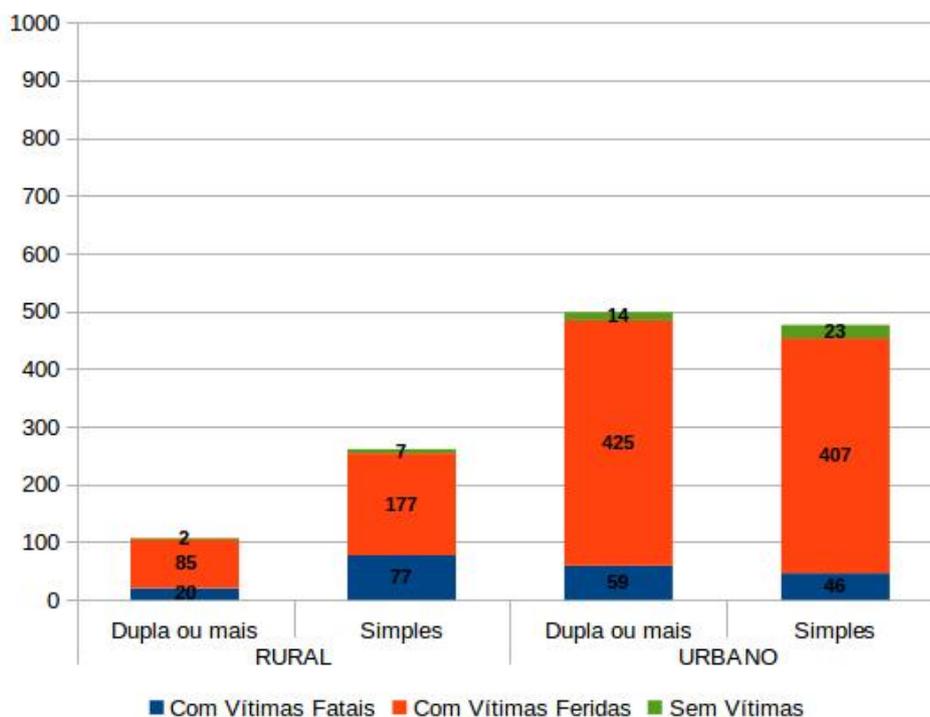


Figura 7 – Quantidade de registros de acidentes com ciclistas ocorridos em 2014 por tipo de pista - duplas ou simples, e uso do solo - urbano ou rural em valores absolutos. Elaborado pelo autor.

noite e têm aumentado (até 2010), apesar das diversas medidas tomadas pelo DNIT, como construção de contornos rodoviários de cidades. Além disso, a concentração dos acidentes em travessias urbanas é um problema geral para todas as redes rodoviárias. Tomando o estado do Rio de Janeiro como exemplo, as travessias urbanas correspondem a apenas 20% da extensão total da rede rodoviária no estado, mas respondem por 70% dos acidentes (CUPOLILLO, 2006 apud IPR, 2010a).

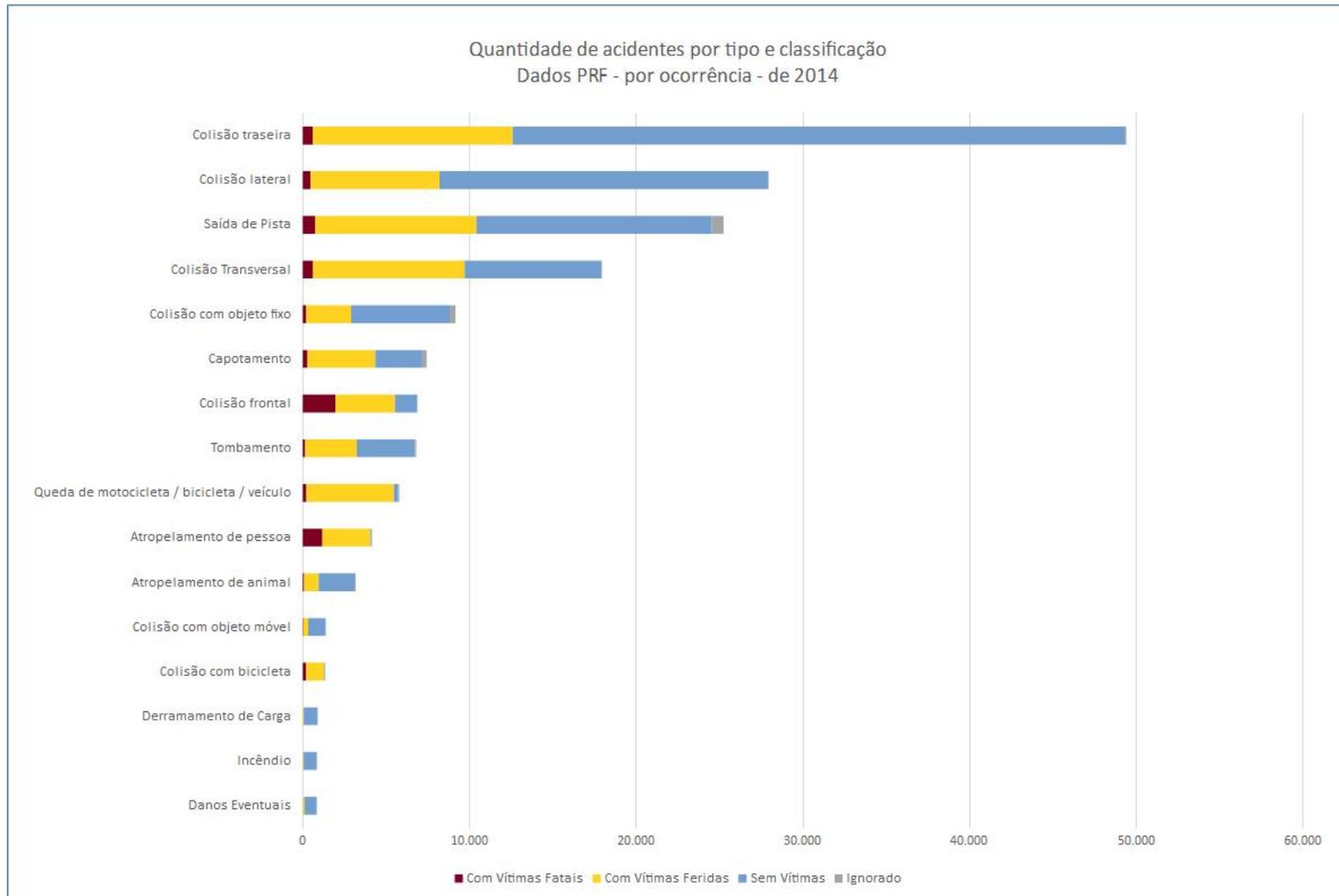


Figura 8 – Total de acidentes ocorridos em 2014, por cada tipo de acidente pela classificação do DPRF, e seus respectivos níveis de gravidade. Elaborado pelo autor.

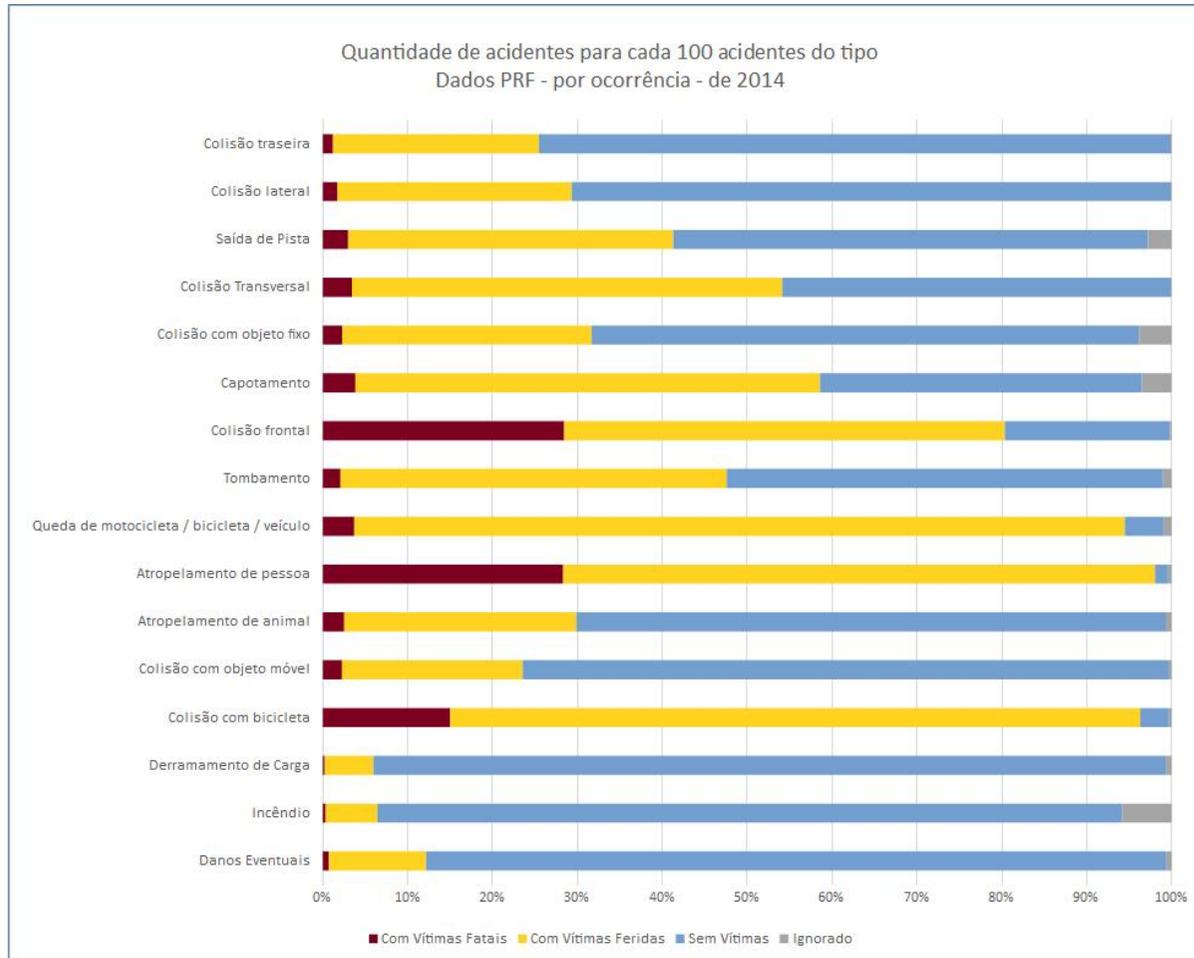


Figura 9 – Quantidade de acidentes por cada tipo de acidente pela classificação do DPRF, ocorridos em 2014, a cada 100 acidentes. Fonte: Elaborado pelo autor.

## 3.2 A localização dos acidentes

As figuras 10 a 18 apresentam os mapas de densidade (ou mapas de calor), gerados a partir dos dados de acidentes com bicicletas em rodovias federais entre 2007 e 2015. Em uma análise da distribuição geográfica dos acidentes com bicicletas no território nacional também é possível perceber que há uma diminuição na quantidade de acidentes ao longo dos anos. No entanto, pode-se observar que os locais onde se concentram os acidentes continuam sendo os mesmos com o passar do tempo, especialmente próximos das áreas urbanas de algumas capitais. Isto evidencia uma necessidade de intervenções nas rodovias federais para alguns locais específicos que continuam tendo acidentes com ciclistas.

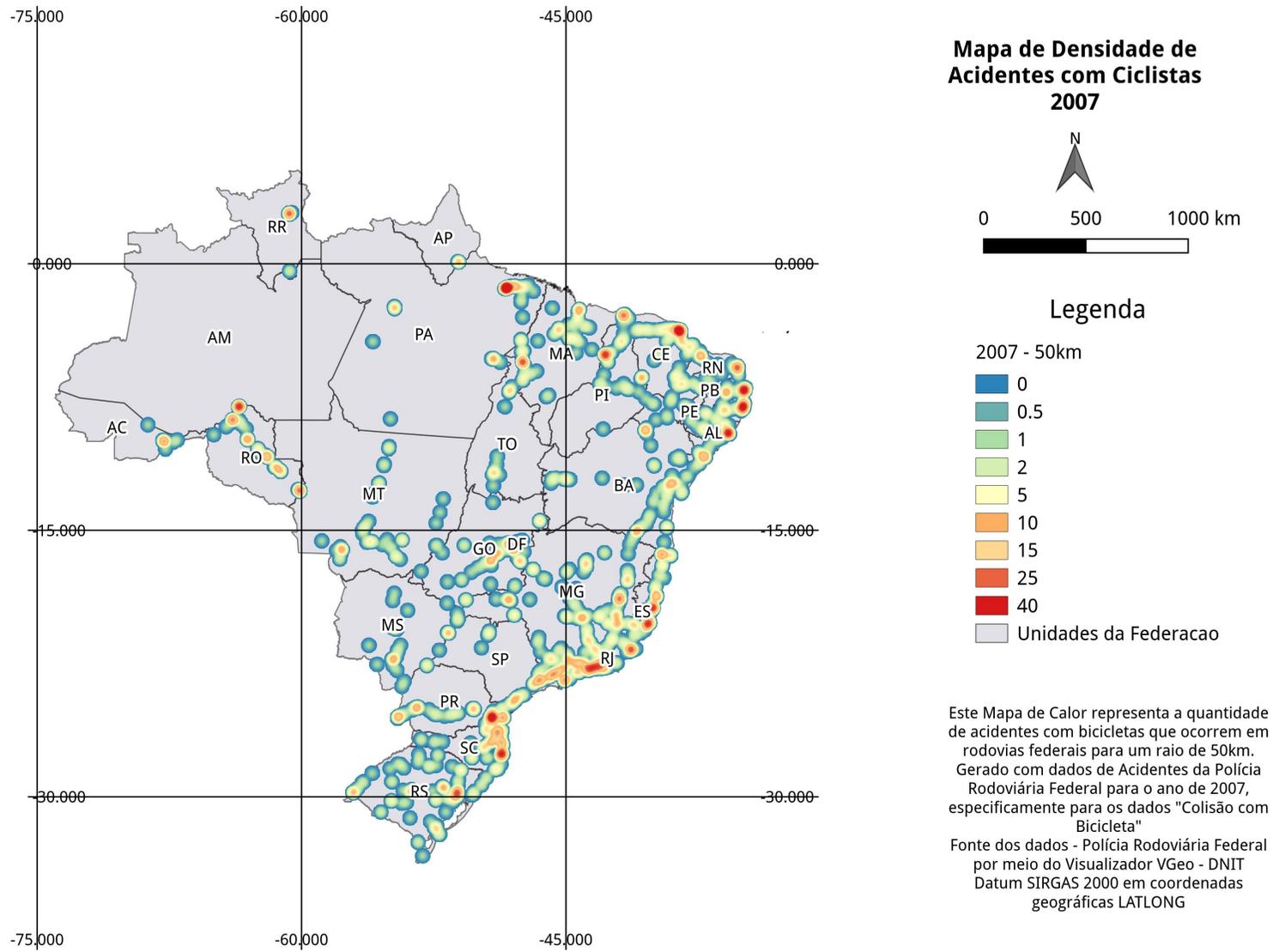


Figura 10 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2007. Elaborado pelo autor.

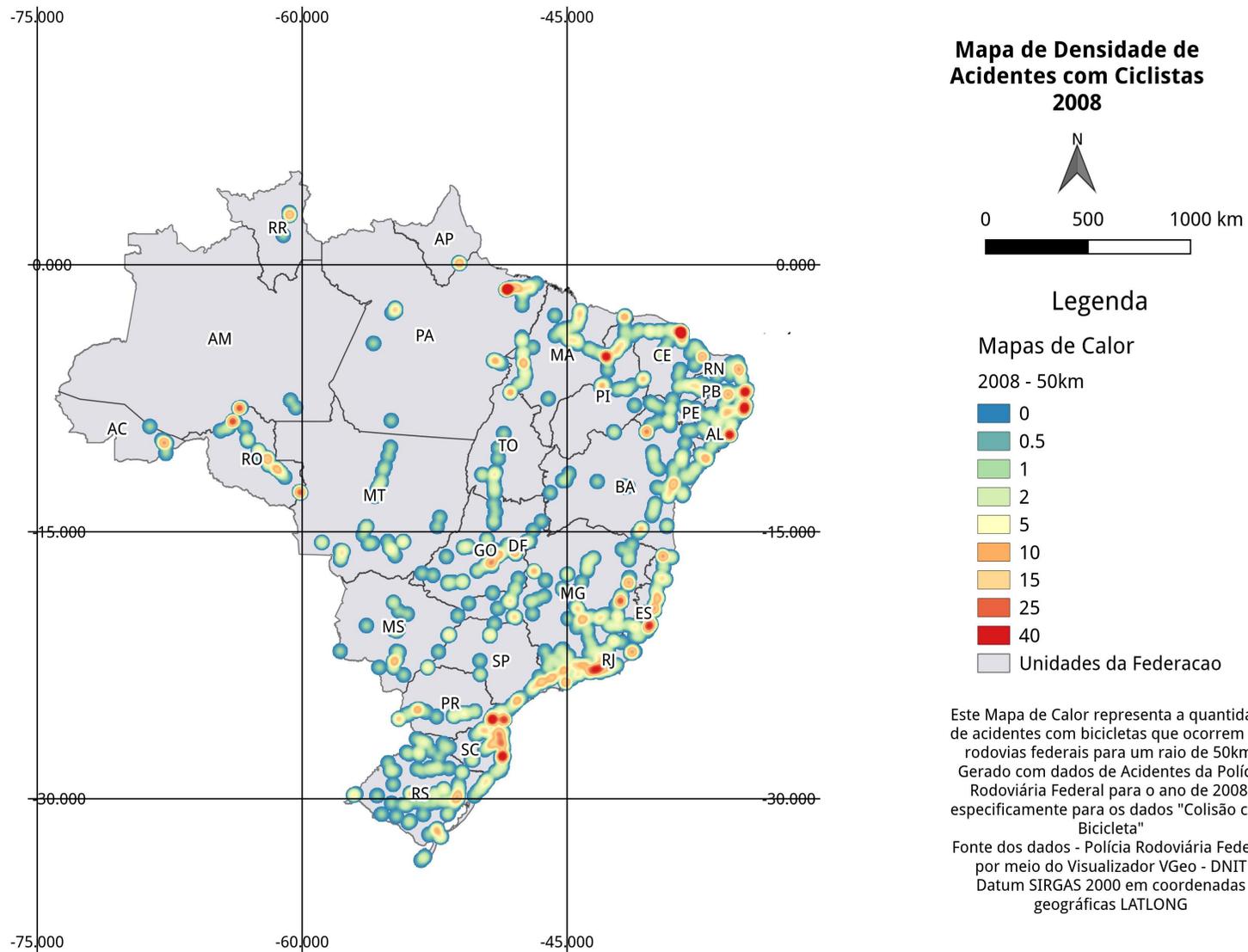


Figura 11 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2008. Elaborado pelo autor.

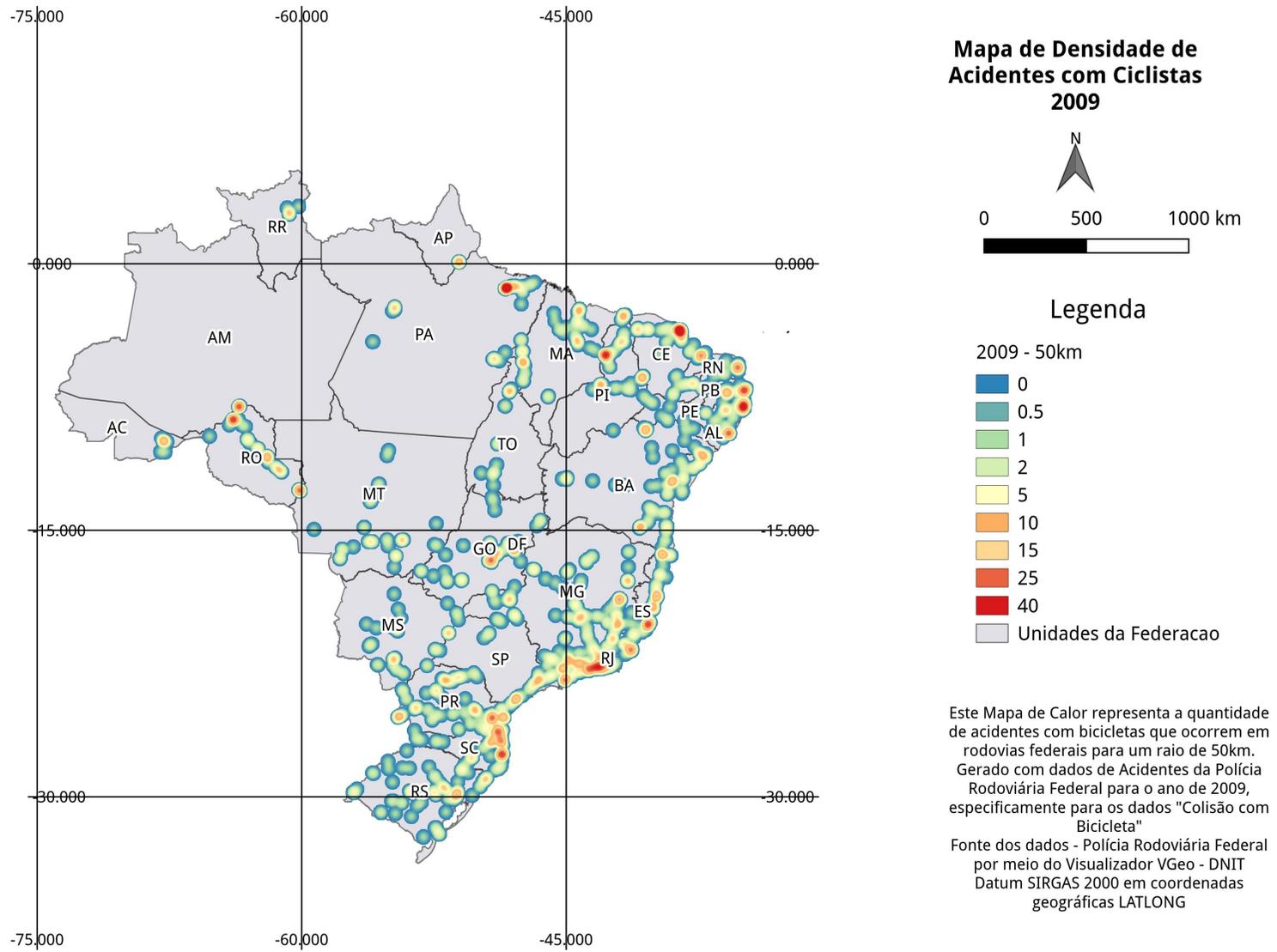


Figura 12 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2009. Elaborado pelo autor.

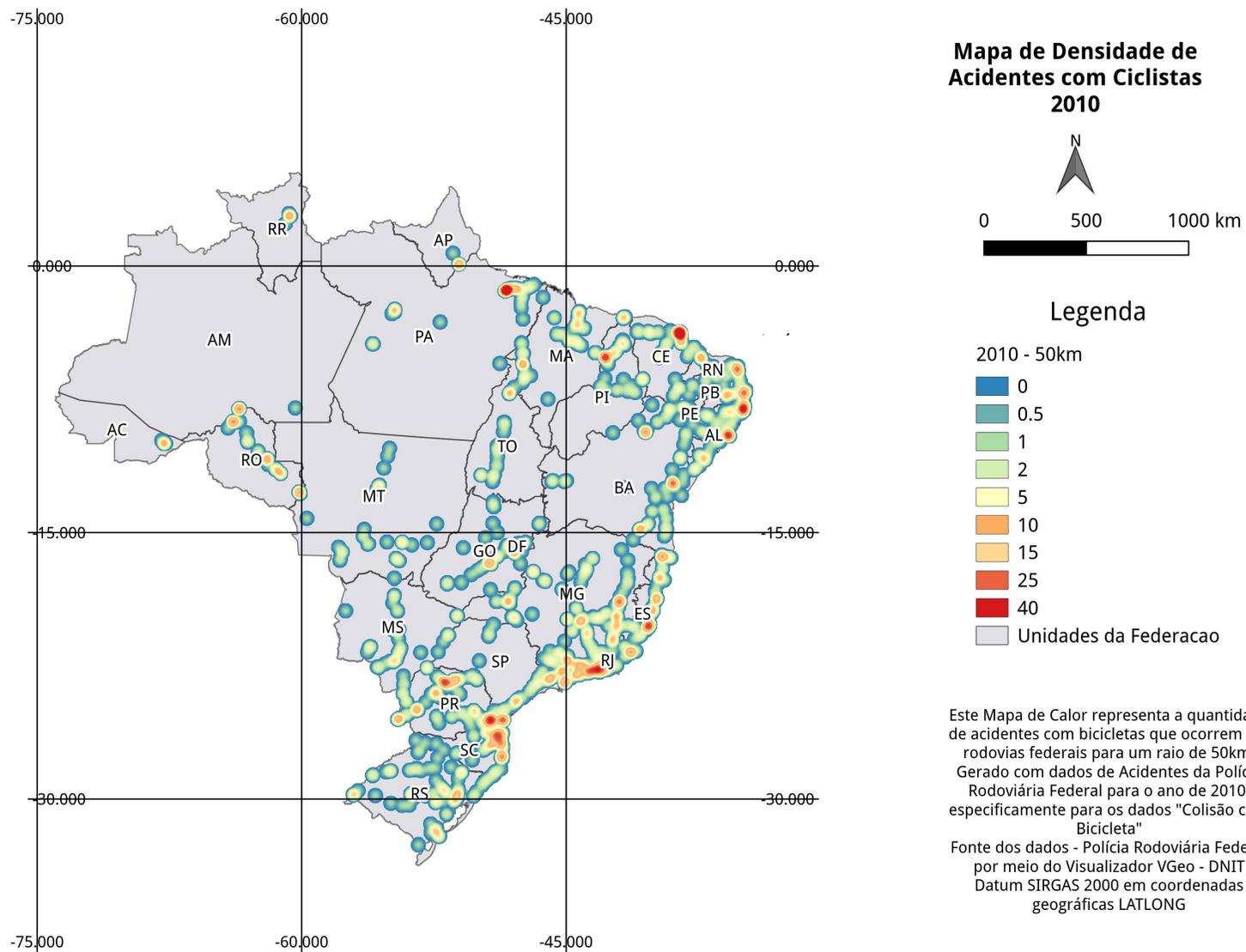


Figura 13 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2010. Elaborado pelo autor.

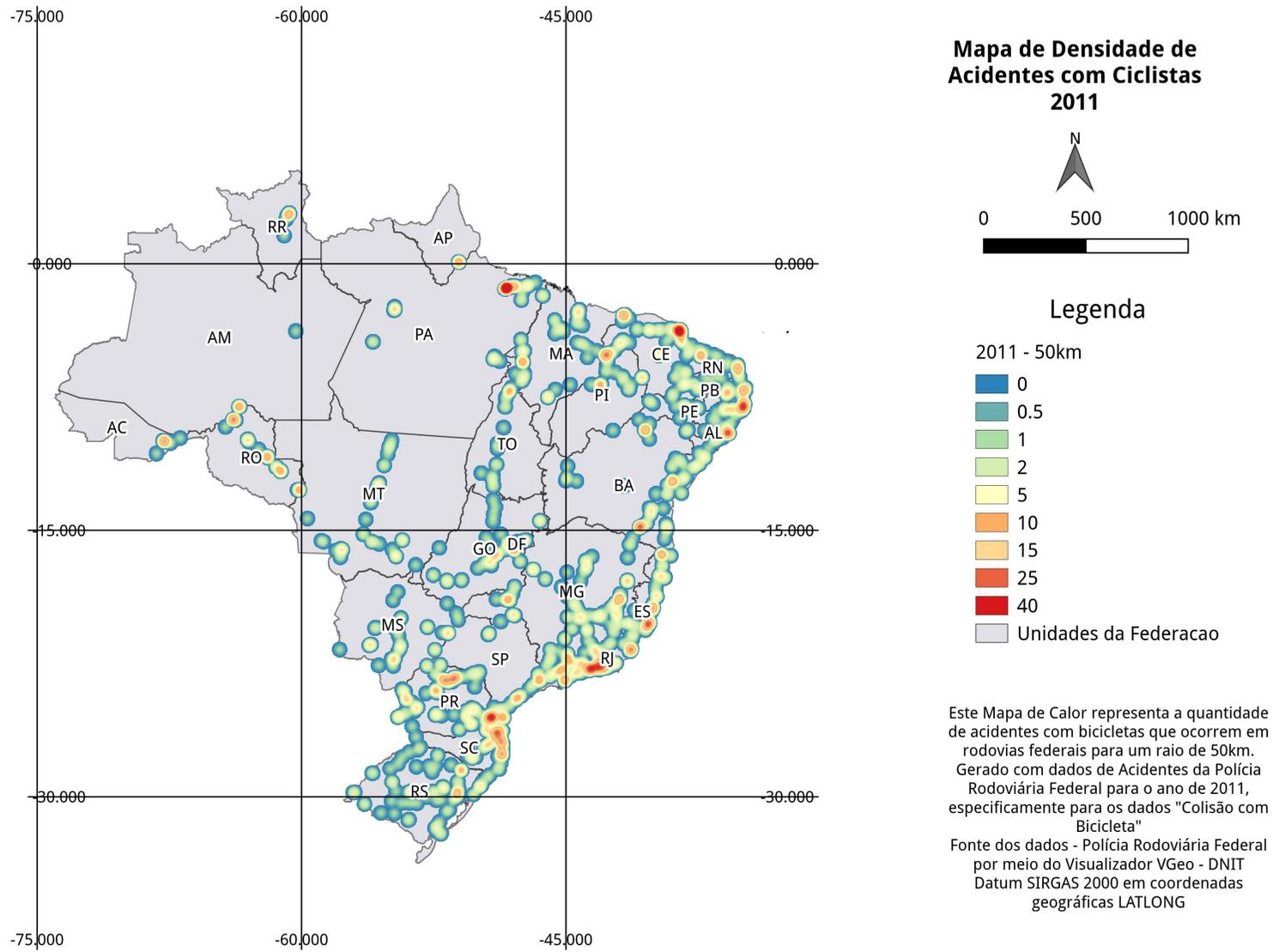


Figura 14 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2011. Elaborado pelo autor.

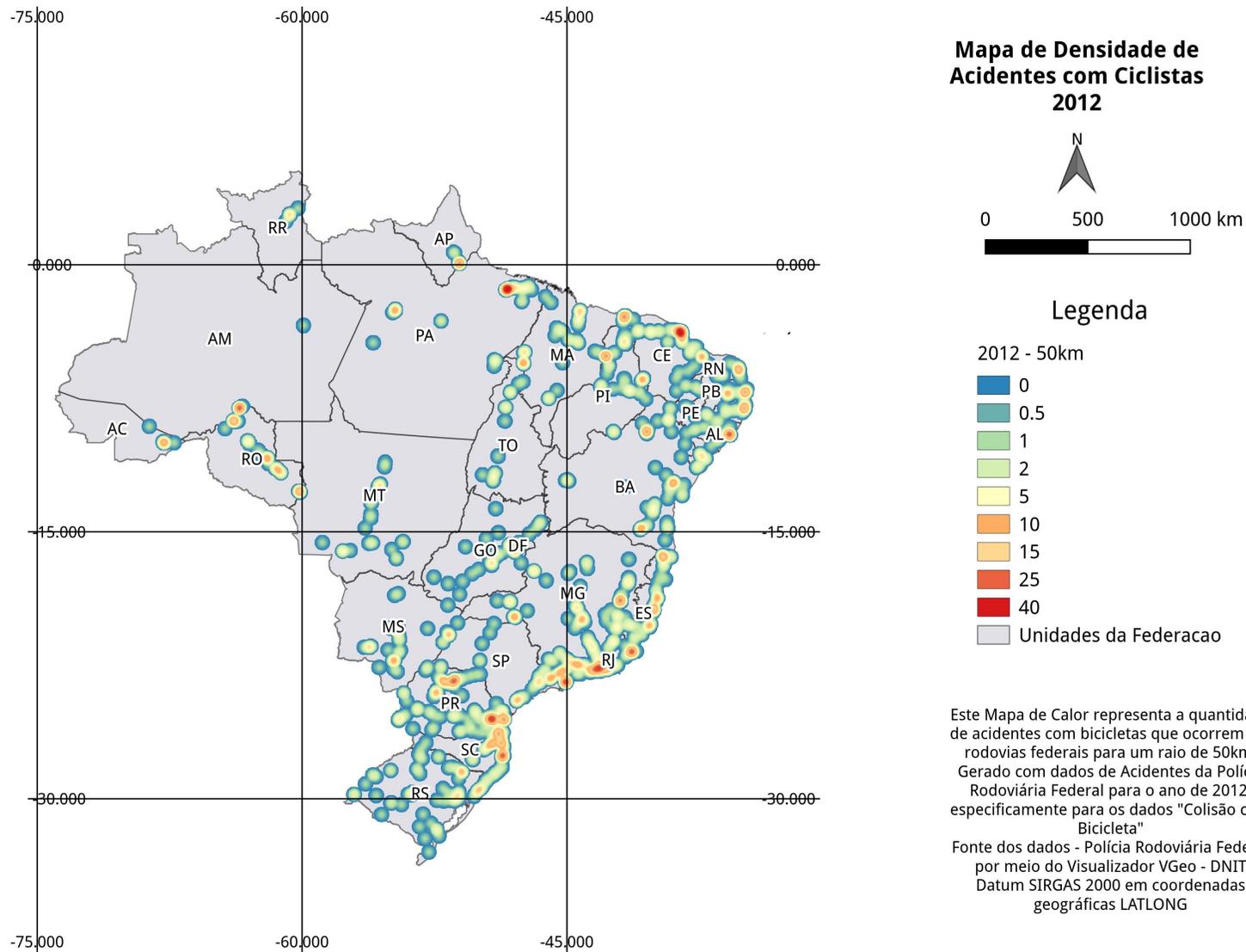


Figura 15 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2012. Elaborado pelo autor.

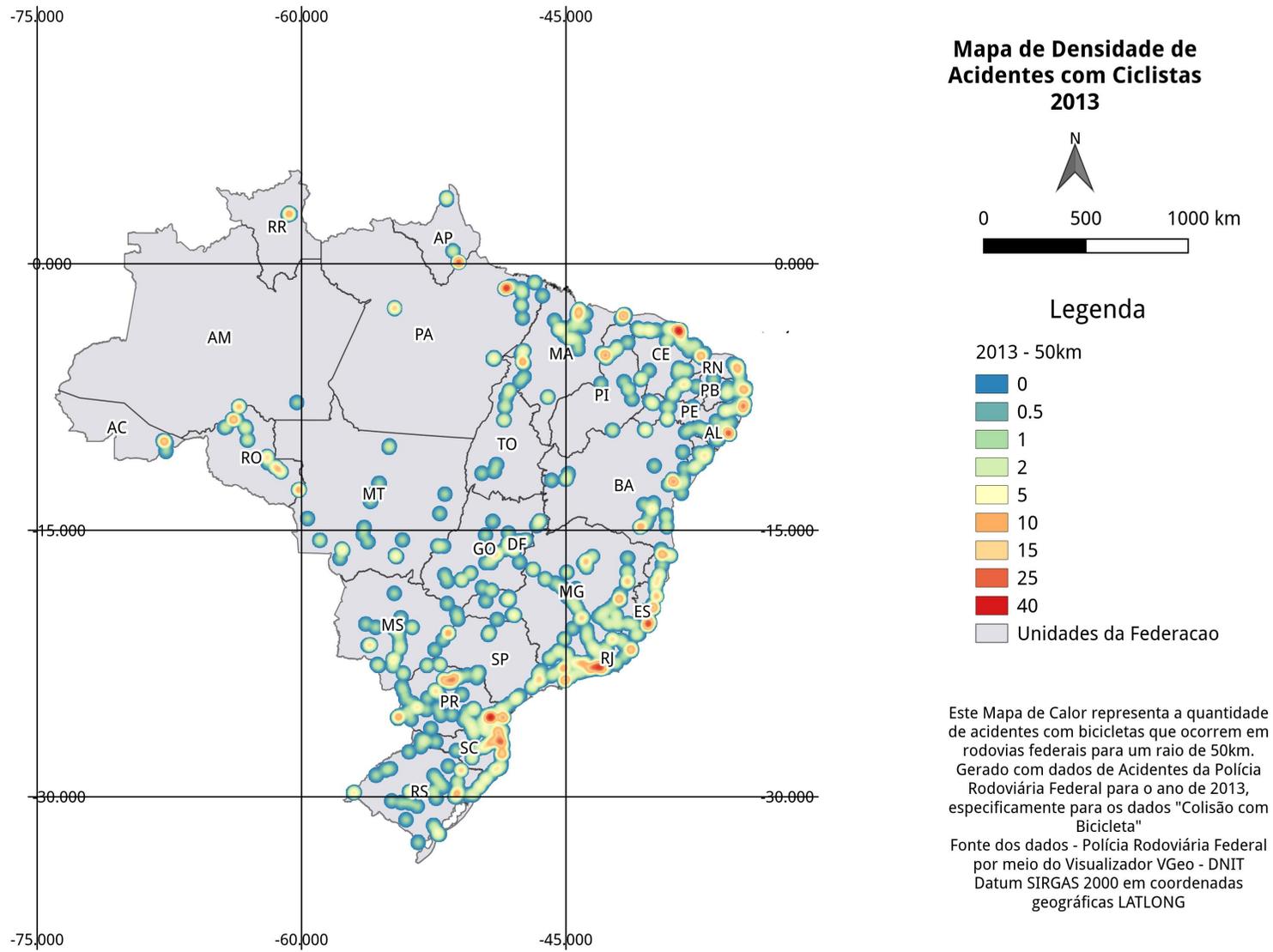


Figura 16 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2013. Elaborado pelo autor.

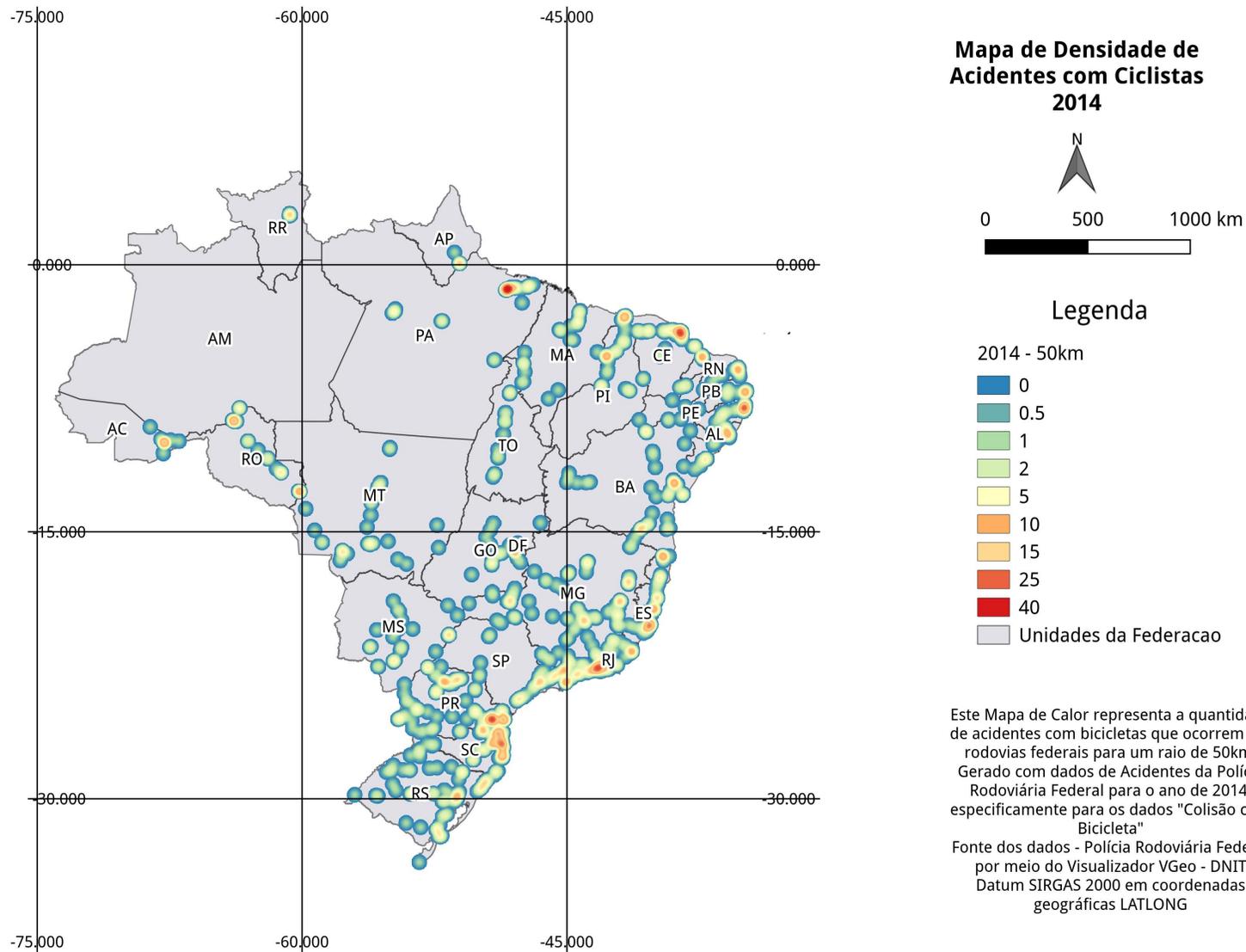


Figura 17 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2014. Elaborado pelo autor.

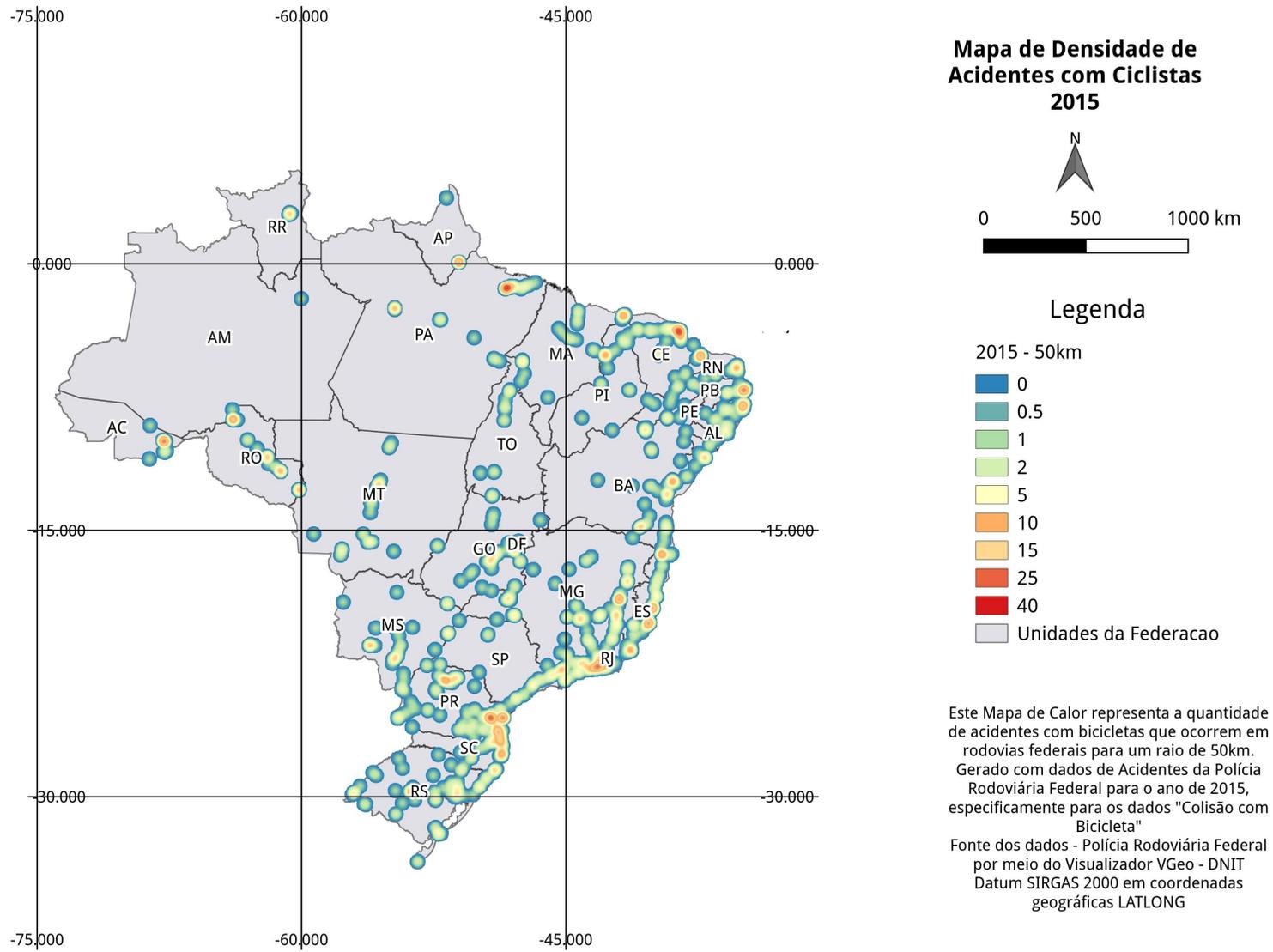


Figura 18 – Mapa de densidade de acidentes com ciclistas em rodovias federais em 2015. Elaborado pelo autor.

A partir dos dados abertos do DPRF, foram filtradas as rodovias que apresentavam mais de 40 acidentes em um ano. Da mesma forma que ocorre com os mapas, percebe-se que há concentração em algumas rodovias específicas, com repetição ao longo dos anos. Também é possível notar que, de fato, está havendo melhorias e uma redução na quantidade de rodovias que apresentam mais de 40 acidentes por ano.

Trechos de rodovias federais com mais de 40 acidentes com bicicletas em 2007

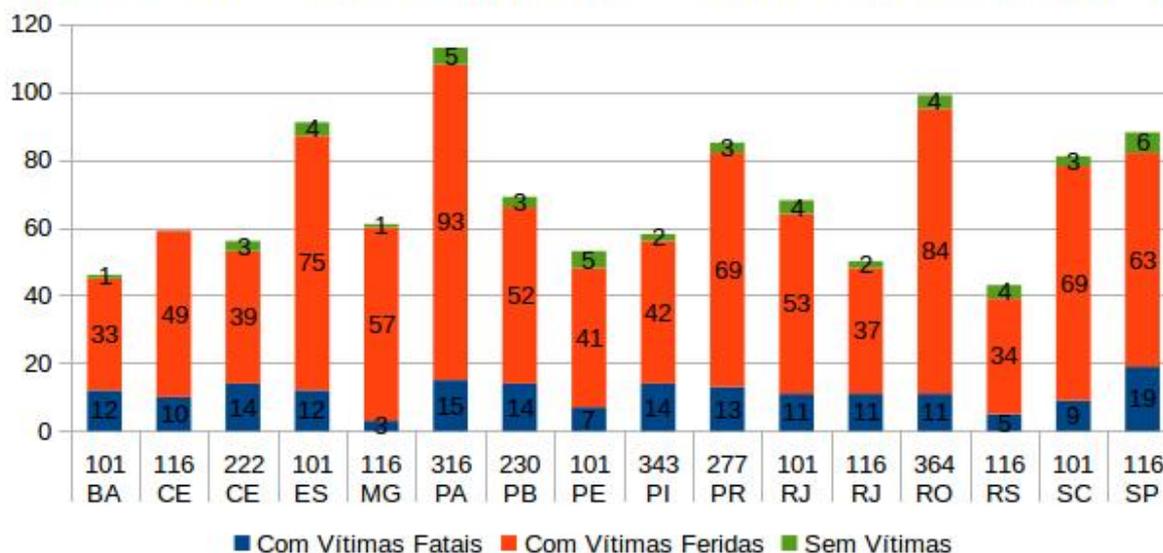


Figura 19 – Rodovias federais em que foram registrados mais de 40 acidentes do tipo colisões com bicicletas em 2007. Fonte: dados registrados por ocorrência pela Polícia Rodoviária Federal de 2007. Elaborado pelo autor.

Por fim, é possível constatar o destaque *negativo* que tem a rodovia BR-101 em relação aos acidentes, tanto nos mapas como nos gráficos das figuras 19 a 21. Não obstante, esta é a rodovia que atravessa toda a zona costeira do Brasil, onde residem cerca de 24% da população nacional, ou seja, 40,6 milhões de pessoas, concentradas em 7% dos municípios brasileiros (JABLONSKI; FILET, 2008).

A tabela 5 apresenta os municípios em que foram registrados mais de 10 ciclistas acidentados em rodovia federal dentro de sua área municipal. Novamente, percebe-se que a rodovia BR-101 está presente em 13 destes municípios. Outra constatação importante, é a alta incidência de acidentes em municípios do estado de Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná e Espírito Santo. Os municípios que se destacaram com mais ciclistas acidentados foram Campo dos Goytacases/RJ, Serra/ES e Governador Valadares/MG.

Essas informações apresentadas na presente seção revelam que ocorre, de fato, concentração de acidentes com ciclistas em pontos específicos, das rodovias federais, especialmente áreas urbanas. Do mesmo modo pode-se observar a notoriedade que tem a BR-101, o que aponta para a necessidade de atenção para a redução destes elevados

índices de acidentes que se concentram em determinados locais e se repetem ao longo dos anos.

### Trechos de rodovias federais com mais de 40 acidentes com bicicletas em 2010

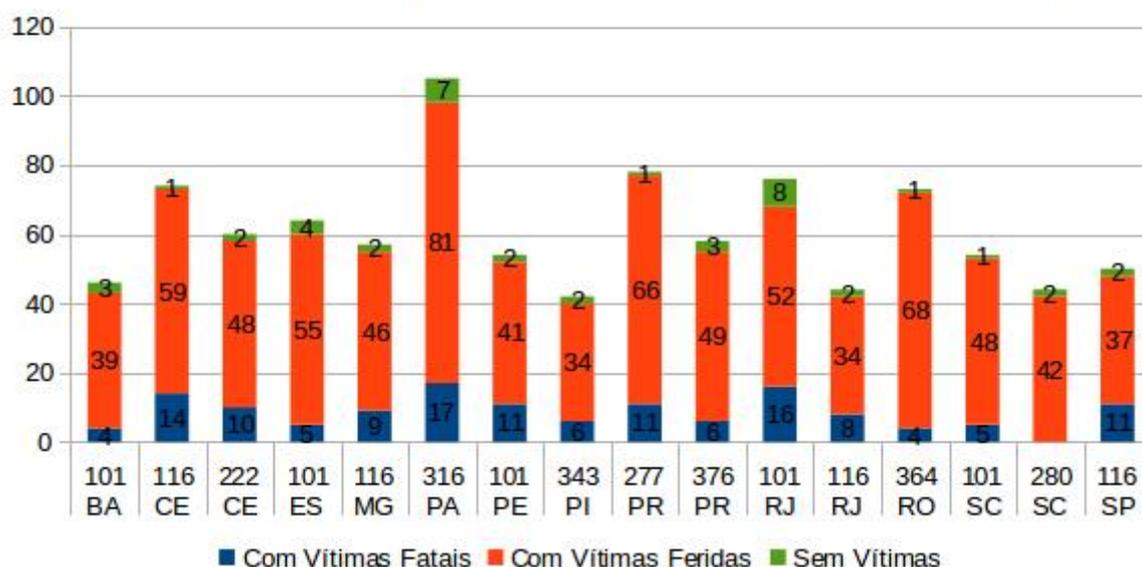


Figura 20 – Rodovias federais em que foram registrados mais de 40 acidentes do tipo colisões com bicicletas em 2010. Fonte: dados registrados por ocorrência pela Polícia Rodoviária Federal de 2010. Elaborado pelo autor.

### Trechos de rodovias federais com mais de 40 acidentes com bicicletas em 2014

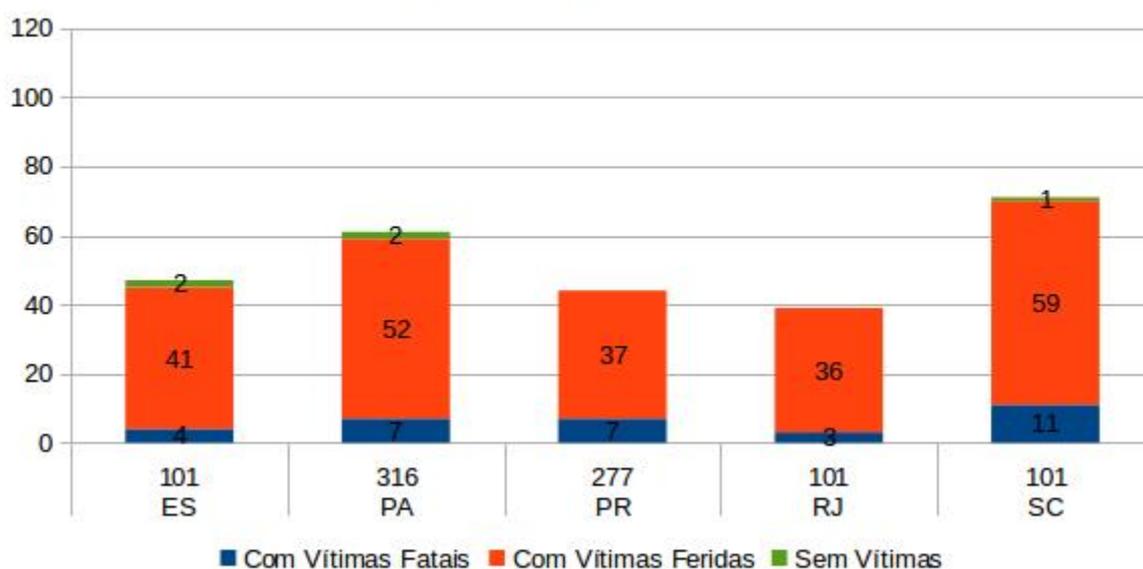


Figura 21 – Rodovias federais em que foram registrados mais de 40 acidentes do tipo colisões com bicicletas em 2014. Fonte: dados registrados por ocorrência pela Polícia Rodoviária Federal de 2014. Elaborado pelo autor.

Tabela 5 – Municípios que mais apresentaram registros de acidentes com ciclistas em 2016. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor.

Município	UF	BR	Acidentes	Total
CAMPOS DOS GOYIACAZES	RJ	101	15	<b>45</b>
		476	15	
		116	15	
SERRA	ES	101	39	<b>39</b>
GOVERNADOR VALADARES	MG	116	34	<b>34</b>
PARANAGUA	PR	277	27	<b>27</b>
CURITIBA	PR	277	13	<b>26</b>
		324	13	
TERESINA	PI	316	7	<b>26</b>
		343	7	
		376	6	
		280	6	
BALNEARIO CAMBORIU	SC	101	25	<b>25</b>
CASCAVEL	PR	277	12	<b>24</b>
		222	12	
SAO JOSE	SC	101	12	<b>24</b>
		364	12	
ANANINDEUA	PA	316	23	<b>23</b>
UBATUBA	SP	101	23	<b>23</b>
IMPERATRIZ	MA	10	11	<b>22</b>
		282	11	
BIGUACU	SC	101	21	<b>21</b>
DOURADOS	MS	163	21	<b>21</b>
LUZIANIA	GO	40	20	<b>20</b>
VITORIA DA CONQUISTA	BA	116	19	<b>19</b>
CARATINGA	MG	116	9	<b>18</b>
		262	9	
FOZ DO IGUAÇU	PR	277	9	<b>18</b>
		304	9	
PARNAIBA	PI	343	9	<b>18</b>
		364	9	
CACERES	MT	70	6	<b>18</b>
		163	6	
		272	6	
BOA VISTA	RR	174	17	<b>17</b>

Município	UF	BR	Acidentes	Total
LINHARES	ES	101	16	<b>16</b>
MACAPA	AP	210	16	<b>16</b>
RECIFE	PE	101	16	<b>16</b>
ITAPEMA	SC	101	8	<b>16</b>
		230	8	
REGISTRO	SP	116	8	<b>16</b>
		287	8	
SAO MATEUS	ES	101	15	<b>15</b>
CARIACICA	ES	101	5	<b>15</b>
		467	5	
		116	5	
		116	5	
MURIAE	MG	116	5	<b>15</b>
		235	5	
		465	5	
BARRA DO PIRAI	RJ	393	14	<b>14</b>
JOINVILLE	SC	101	14	<b>14</b>
MARINGA	PR	376	14	<b>14</b>
MARITUBA	PA	316	14	<b>14</b>
		277	14	
RIO BRANCO	AC	364	13	<b>13</b>
TEOFILO OTONI	MG	116	13	<b>13</b>
BLUMENAU	SC	470	12	<b>12</b>
FEIRA DE SANTANA	BA	116	6	<b>12</b>
		222	6	
DUQUE DE CAXIAS	RJ	40	10	<b>10</b>
GUARAMIRIM	SC	280	10	<b>10</b>
JI-PARANA	RO	364	10	<b>10</b>
SANTAREM	PA	163	10	<b>10</b>
VALPARAISO DE GOIAS	GO	40	10	<b>10</b>
BOCAIUVA	MG	135	5	<b>10</b>
		60	5	
MANHUACU	MG	262	5	<b>10</b>
		405	5	
SOORETAMA	ES	101	5	<b>10</b>
		262	5	

### 3.3 Perfil dos usuários de bicicleta acidentados

No que concerne às características dos usuários de bicicleta acidentados, observa-se que a maioria são homens, em idade produtiva, apenas com ensino fundamental e baixa renda.

Por meio da figura 22 é possível perceber que há uma elevada predominância em ciclistas do sexo masculino nos registros dos acidentes. Também é possível observar que há registros de ciclistas acidentados em todas as idades, predominando, para homens as classes de 36 a 45 anos, enquanto para mulheres, de 16-20 e 36-40 anos. No caso das mulheres diminui a ocorrência de acidentes para aquelas acima de 60 anos, não havendo registros para acima de 76 anos, enquanto para homens ainda ocorrem acidentes com idosos até 90 anos.

Este perfil de usuários ciclistas, com elevada prevalência de homens, e distribuídos por todas as idades também está presente em outros estudos como, por exemplo, em Bacchieri, Gigante e Assunção (2005). Estes autores identificaram, para a cidade de

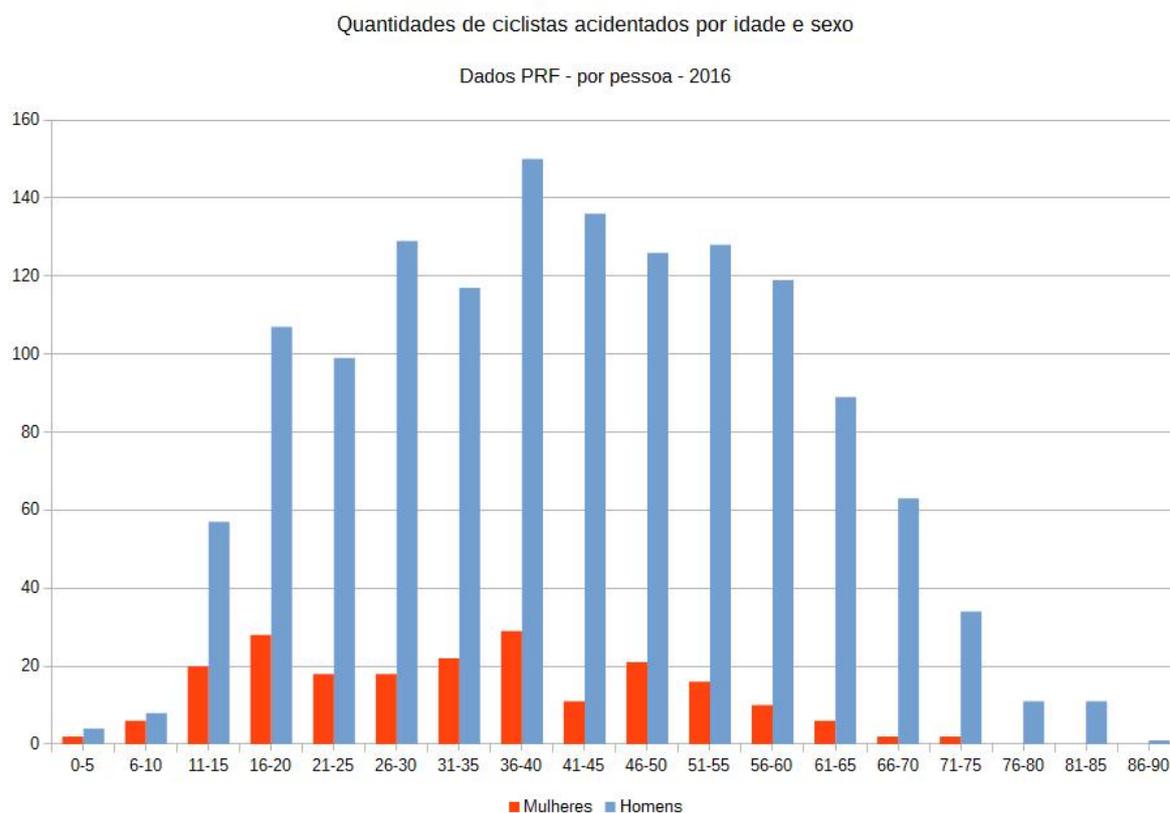


Figura 22 – Quantidade de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte e suas respectivas idades e sexo. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor.

Pelotas/RS, uma elevada utilização da bicicleta como meio de transporte para o trabalho, representando 17% dos modais utilizados naquela cidade. Neste estudo, constataram que, entre os homens constantes na amostra, a bicicleta foi o modo de transporte mais utilizado, com 27,1%, seguido do automóvel (24,2%) e do ônibus (19,9%), enquanto, entre as mulheres, a maioria opta pelo ônibus (48,8%) e o modo a pé (27,5%), sendo apenas 4,1% das mulheres relatando utilizarem a bicicleta como modo de transporte ao trabalho.

Estes resultados podem nos indicar que há uma falta de segurança para a utilização da bicicleta como modal de transporte, visto que, em países com elevados incentivos à utilização da bicicleta como meio de transporte e redes cicloviárias desenvolvidas, a distribuição de homens e mulheres que utilizam bicicleta é mais equilibrada, como, por exemplo na Dinamarca, Alemanha e na Holanda, onde as mulheres compõe 45%, 49% e 55% de todas os transportes realizados de bicicleta nestes países, respectivamente (PUCHER; BUEHLER, 2008). Também nestes países há bastante utilização das infraestruturas cicloviárias por idosos e crianças, na Alemanha e na Holanda, 12% e 24% das viagens de bicicleta são realizadas por idosos acima de 65 anos, e na Dinamarca o grupo de 70-74 anos compõe 12% de todos os deslocamentos de bicicleta (PUCHER; BUEHLER, 2008). De

acordo com Lusk et al. (2013), estes elevados índices de usuários de bicicleta, sendo muitos idosos e bem distribuídos segundo o gênero, são possíveis devido à extensa malha cicloviária destes países, especialmente as ciclovias segregadas do tráfego de veículos motorizados.

Bacchieri, Gigante e Assunção (2005) também identificaram que não houve diferença representativa entre as predominâncias de uso da bicicleta em relação à idade. Com relação à escolaridade, foram utilizados os dados do DATASUS que representam os acidentados ciclistas com óbitos para todo o território nacional para a realização das análises. Em outras palavras, os dados utilizados para gerar a figura 23, extrapolam as rodovias federais, abrangendo acidentes em qualquer localização dentro do território nacional.

#### Quantidade de óbitos por traumatismo com bicicletas por escolaridade

Fonte: DATASUS CID 10 - V10 a V19 - de 2007 a 2014

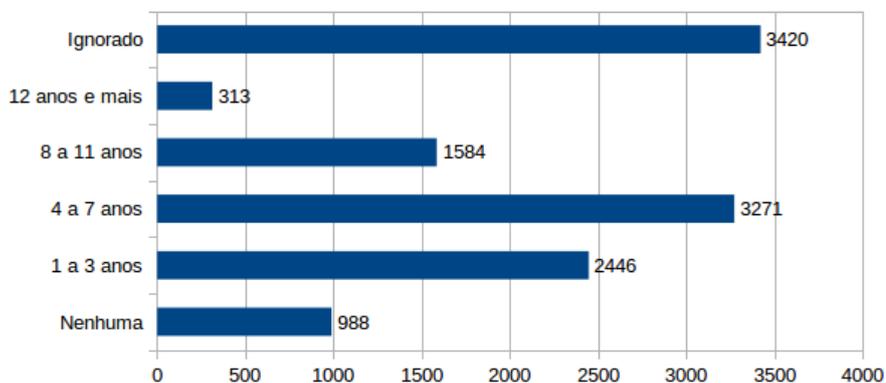


Figura 23 – Escolaridade dos ciclistas acidentados registrados nos hospitais entre 2007 e 2014. Fonte: DATASUS. Elaborado pelo autor.

Novamente, estes resultados vão de encontro com o estudo de Bacchieri, Gigante e Assunção (2005) que também identifica que, em sua amostra, havia uma prevalência da utilização de bicicleta entre os trabalhadores com baixa escolaridade. Estes autores identificaram que há uma probabilidade cinco vezes maior de utilização de bicicleta pelos trabalhadores com baixa escolaridade se comparados com aqueles que possuem nove anos ou mais de estudos. No mesmo sentido, foi identificada naquela amostra que predomina a utilização da bicicleta como transporte entre aqueles trabalhadores com menores recursos econômicos, especialmente abaixo do 3º quintil econômico (BACCHIERI; GIGANTE; ASSUNÇÃO, 2005).

Os resultados encontrados quanto ao perfil dos ciclistas acidentados – praticamente homens em idade produtiva e de baixa renda – nos indicam que quem utiliza a bicicleta como meio de transporte são aqueles que estão em um nível de pobreza no qual não tem opções alternativas de modais para o transporte e apresentam alguma disposição ao risco. Isto nos apresenta que há, neste caso, um problema de equidade nas ações públicas e na distribuição dos recursos públicos para os trabalhadores de menor renda. Nesses casos,

uma análise custo-benefício nem sempre é a ferramenta mais adequada para a avaliação das políticas públicas em prol da equidade, visto que uma ACB avalia a eficiência da política em termos econômicos.

### 3.4 Causas e características temporais dos acidentes

Com relação aos fatores que deram causa aos acidentes, a “falta de atenção” foi o que apresentou a maior quantidade de registros, seguido de “outras” e “ingestão de álcool” (Figura 24). A elevada incidência do fator “outras” causas indica que as opções de preenchimento nas planilhas para registros dos acidentes podem ser melhor definidas. Há possibilidade de que haja outras opções que atualmente não estão disponibilizadas aos agentes rodoviários para descrição da causa dos acidentes com ciclistas. Da forma que está, esta foi a segunda maior ocorrência nos registros e, como consequência não se sabe as reais causas que levaram à ocorrência destes acidentes.

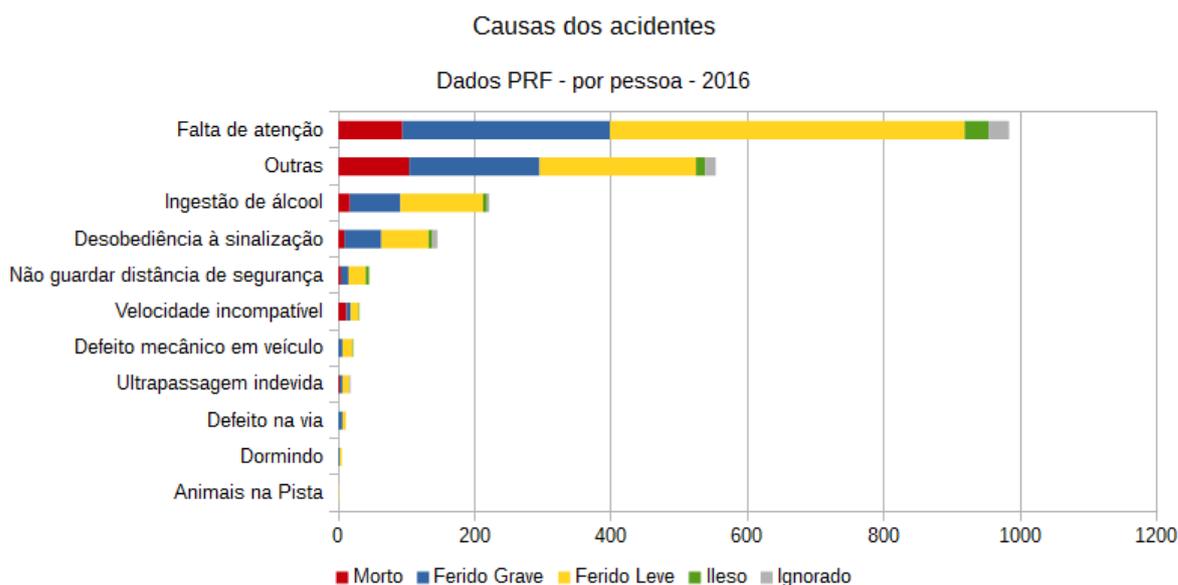


Figura 24 – Principais causas dos acidentes envolvendo ciclistas registrados pela Polícia Federal em 2016. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor.

As figuras 25 e 26 mostram que a maioria dos acidentes ocorrem entre quinta-feira e domingo e entre 17h e 21h. Isto pode indicar que ocorrem muitos acidentes por “falta de atenção” e devido a motoristas ou ciclistas alcoolizados nos finais de semana. Em relação ao horário, sendo muitos dos ciclistas trabalhadores conforme aponta as características do perfil dos ciclistas, pela idade, sexo e escolaridade, é bem possível que o horário de pico de seu retorno do trabalho seja depois das 17h. Outra questão importante ao se levar em conta a elevada incidência de acidentes noturnos, é a luminosidade presente - ou ausente -

nas rodovias federais, bem como as sinalizações luminosas presentes - ou ausentes - nas bicicletas dos próprios ciclistas acidentados. O artigo de Bacchieri et al. (2010) relata que muitos ciclistas trabalhadores da sua amostra estudada quase não apresentavam o mínimo exigido pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), e alguns (28,2%) não apresentavam nem mesmo freios com correto funcionamento em suas bicicletas (Figura 27).

Kim et al. (2007) examinaram diversos fatores associados à severidade dos danos em ciclistas decorrentes de acidentes entre ciclistas e veículos motorizados. Entre as diversas características dos acidentes incorporadas em um modelo multinomial logit, como características dos ciclistas, dos motoristas, do veículo, do acidente, geometria, uso do solo, temporais e ambientais, as características encontradas que, estatisticamente, aumentam a severidade dos acidentes são: as colisões frontais, a velocidade do veículo no acidente, acidentes com caminhões, motorista ou ciclistas sob efeito de drogas e/ou álcool, ciclistas com mais de 55 anos, mau tempo e escuridão sem iluminação pública (Figura 28).

Nabors et al. (2012) também discorrem sobre os principais fatores que contribuem para um acidente com ciclistas, especialmente sobre colisão entre veículos motorizados e bicicletas. Entre os fatores apresentados constam:

- (i) **Fatores de localização** - áreas urbanas e interseções são locais bastante propícios a ocorrência de acidentes e em áreas rurais predominam as colisões ao longo do segmento, os autores sugerem a utilização de Sistema de Informações Geográfico para o diagnóstico e projeção de melhorias;
- (ii) **Fatores relacionados à velocidade** - em conformidade com o que foi relatado nesta dissertação, os autores afirmam que a severidade de um acidente envolvendo um ciclista e motorista aumenta *exponencialmente* com a velocidade. Também identificam que em áreas rurais muitas pistas duplicadas são projetadas para velocidades relativamente altas e não são providenciados caminhos alternativos ou segregados para usuários de menor velocidade como os ciclistas. Igualmente, também apontam que em rodovias rurais, apesar de ocorrerem menos acidentes do que em áreas urbanas, em termos gerais, estes acidentes nas áreas rurais geralmente incorrem em acidentes fatais ou com vítimas gravemente feridas.
- (iii) **Fatores sazonais, de clima e condições de superfície** - com relação a estes fatores, como temperatura, dias claros, chuva, e neve, os autores observaram predominância de acidentes nos meses de verão, provavelmente decorrente de uma maior presença de pessoas utilizando bicicletas como transporte e lazer neste período, incorrendo, conseqüentemente em mais quantidades de acidentes.
- (iv) **Fatores comportamentais** - Nabors et al. (2012) chamam atenção para esses fatores “humanos” que são bastante presentes nos acidentes. Exemplos das observações

de fatores comportamentais são as colisões por falhas do motorista ou ciclista em ceder a preferência, colisão por distração, falha do motorista em detectar velocidade e distância adequada para ultrapassagem do ciclista, ciclista desvia obstáculos invadindo a pista de rolamento do veículos automotores, etc.

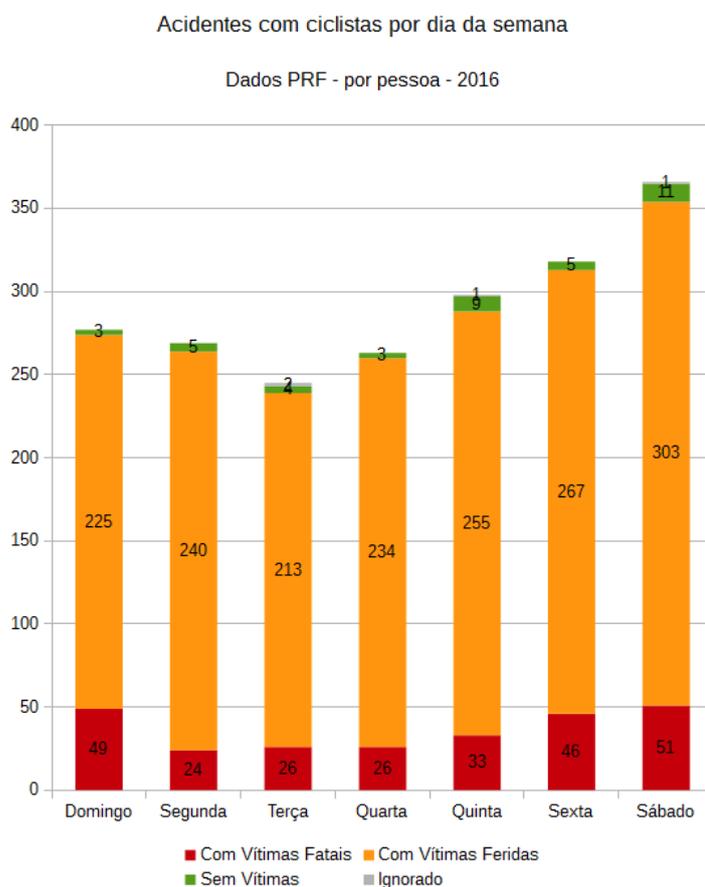


Figura 25 – Quantidade de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte em cada dia da semana. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor.

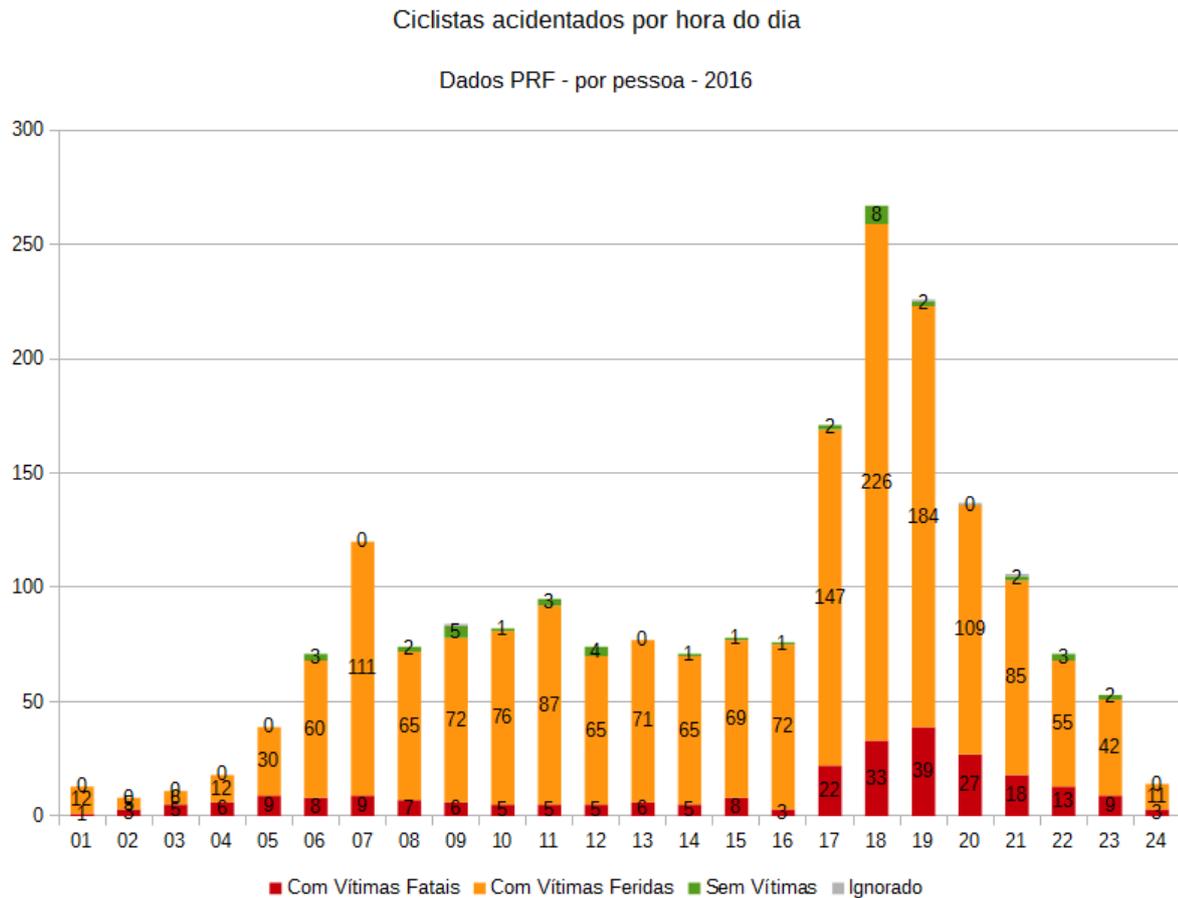


Figura 26 – Quantidade de registros de pessoas envolvidas em acidentes que utilizavam bicicleta como veículo para transporte por hora do dia. Fonte: dados registrados por pessoas pela Polícia Rodoviária Federal de 2016. Elaborado pelo autor.

Prevalência de equipamentos de segurança das bicicletas de trabalhadores que a utilizam como modo de transporte. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, 2003.

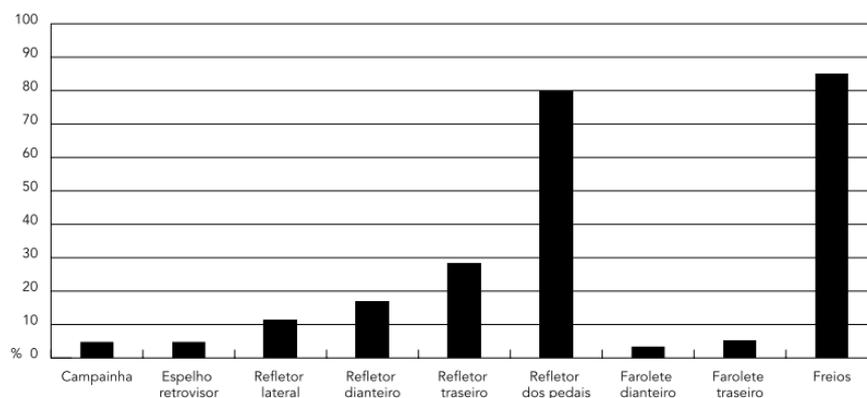


Figura 27 – Equipamentos de segurança presentes nas bicicletas de trabalhadores ciclistas. Extraído de (BACCHIERI; GIGANTE; ASSUNÇÃO, 2005).

Variáveis	Acidentes com Fatalidade	Acidentes com Invalidez	Acidentes sem Invalidez	Acidentes leves ou sem Vítimas
<b>Características do ciclista</b>				
Ciclista acima de 55 anos	↑	↓	↓	↓
Ciclista intoxicado	↑	↓	↓	↓
Ciclista usa capacete	↓	↑	↑	↓
<b>Características do motorista</b>				
Motorista intoxicado	↑	↑	↓	↓
<b>Características do Veículo</b>				
Velocidade estimada do veículo, 32,2-48,3 km/h	↑	↑	↓	↓
Velocidade estimada do veículo, 48,3-64,4 km/h	↑	↑	↓	↓
Velocidade estimada do veículo, 64,4-80,5 km/h	↑	↑	↓	↓
Velocidade estimada do veículo, > 80,5 km/h	↑	↑	↓	↓
Veículo pesado (caminhão/ônibus)	↑	↑	↓	↓
<b>Características do acidente</b>				
Direção do ciclista oposta ao tráfego	↑	↓	↓	↑
Colisão na cabeça	↑	↓	↓	↓
Acidente envolvendo velocidade	↑	↓	↓	↓
<b>Características de geometria</b>				
Rodovia curva	↑	↑	↓	↓
<b>Características temporais</b>				
Horário de pico (6:00h – 9:59h)	↑	↓	↓	↓
<b>Características ambientais</b>				
Adversidades climáticas (neblina, chuva, neve)	↑	↓	↓	↓
Escurecimento sem iluminação na via	↑	↑	↓	↓

Figura 28 – Variáveis significativas que tem efeito nas probabilidades de severidade dos acidentes de veículos motorizados com ciclistas. Setas indicam acréscimo (para cima) ou decréscimo (para baixo) na elasticidade e áreas sombreadas indicam variações maiores que 100%. Adaptado de (KIM et al., 2007).



## 4 Custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais

### 4.1 Capital Humano: Rendimentos Brutos e Pesar, Dor e Sofrimento

Nesta seção serão apresentados os custos econômicos estimados para os acidentes com ciclistas em rodovias federais para a sociedade, a partir dos componentes de custos encontrados em bibliografia e das quantidades de acidentes calculadas para bicicletas apresentadas na seção anterior.

A Tabela 6 apresenta os custos unitários utilizados nesta pesquisa para a estimação dos custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais pelo método Capital Humano. Conforme já abordado anteriormente, esse método é o mais indicado quando não se tem estimativas para os custos existentes, como ocorre em países em desenvolvimento, de forma que possa ser um ponto de partida ou uma base de referência para o conhecimento dos custos dos acidentes, apesar de ser um método conhecido por subestimar os valores totais. Assim é proposto que seja adicionado um percentual arbitrário (TRL, 1995) para que sejam considerados, minimamente, os custos com capital humano, ou seja, pesar, dor e sofrimento das vítimas e parentes.

Para o cálculo de Pesar, Dor e Sofrimento, TRL (1995) sugere 8%, 100% e 38% sobre o custo **total** de acidentes leves, graves e com vítimas fatais, respectivamente. Como os dados do DPRF não separam os acidentes graves de acidentes leves, ou seja, contém nos “acidentes com vítimas feridas” ambos feridos graves e feridos leves e, levando em consideração que parte considerável do custo total compreende os custos com as pessoas (aproximadamente 90%, IPEA; DENATRAN; ANTP, 2006), então foi realizada a seguinte operação para estes custos humanos:

$$CPDS = CtFL * 0,08 + CtFG * 1 + CtM * 0,38 \quad (4.1)$$

Onde:

CPDS = Custos de Pesar, Dor e Sofrimento

CtFL = Custo total de Feridos Leves

CtFG = Custo total de Feridos Graves

CtM = Custo total de Mortos

Tabela 6 – Componentes de custos unitários estimados por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) e IPR (2004b) e Pesas, dor e sofrimento recomendados por TRL (1995) corrigidos segundo IPCA-IBGE para valores de dezembro de 2016. *CPDS*, *CtFL*, *CtFG*, *CtM* são os Custos de Pesas, Dor e Sofrimento, Custo total de Feridos Leves, Custo total de Feridos Graves e Custo total de Mortos, respectivamente e calculados para cada tipo de acidentes: Sem Vítimas, Com Vítimas Feridas e Com Vítimas Fatais. Elaborada pelo autor.

Componente de Custo	Sem Vítima	Com Vítima	Com Fatalidade	
<b>IPEA, DENATRAN, ANTP (2006) em valores de dezembro 2016</b>				
Pessoas	Ilesos	R\$ 1.282,26	R\$ 4.852,84	R\$ 2.172,17
	Feridos Leves	R\$ 7.622,13	R\$ 9.998,74	R\$ 10.195,10
	Feridos Graves	R\$ 26.469,56	R\$ 147.728,94	R\$ 166.644,03
	Mortos	R\$ 235,26	R\$ 395.693,16	R\$ 511.523,86
Veículos	Bicicletas		R\$ 199,21	R\$ 146,51
Outros	Atendimento	R\$ 179,38	R\$ 281,24	R\$ 404,89
	Danos à propriedade	R\$ 355,83	R\$ 118,19	R\$ 366,10
<b>IPR (2004) em valores de dezembro 2016</b>				
Congestionamento	R\$ 1.392,94	R\$ 18.127,72	R\$ 9.885,09	
<b>TRL (1995)</b>				
Pesas, Dor e Sofrimento	$CPDS = (CtFL*0,08)+(CtFG*1)+(CtM*0,38)$			

Ao utilizar esta base de cálculo para os componentes de custos sobre as quantidades de acidentes e vítimas ocorridas com pessoas que utilizavam bicicletas como meio de transporte da base de dados do DPRF de 2016, pode-se chegar aos valores dos custos totais com estes acidentes ocorridos em 2016 (Tabela 7). Como pode ser visto na Tabela 7 resultante, estes acidentes custam à sociedade brasileira um valor estimado em aproximadamente 412,2 milhões de reais somente em 2016, utilizando-se o método de Capital Humano.

Tabela 7 – Custos totais estimados para o ano de 2016 para os acidentes em rodovias federais envolvendo bicicletas por meio do método “Capital Humano”. Elaborada pelo autor.

Componente de Custo	Sem Vítima	Com Vítima	Com Fatalidade	Total Custos	
<b>IPEA, DENATRAN, ANTP (2006) em valores de dezembro 2016</b>					
Pessoas	Ilesos	R\$ 56.419,47	R\$ 388.226,89	R\$ 2.172,17	<b>R\$ 446.818,54</b>
	Feridos Leves	R\$ 0,00	R\$ 10.038.736,59	R\$ 61.170,59	<b>R\$ 10.099.907,18</b>
	Feridos Graves	R\$ 0,00	R\$ 96.319.265,84	R\$ 999.864,18	<b>R\$ 97.319.130,02</b>
	Mortos	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 123.788.773,26	<b>R\$ 123.788.773,26</b>
Veículos	Bicicletas		R\$ 345.829,83	R\$ 37.359,10	<b>R\$ 383.188,93</b>
Outros	Atendimento	R\$ 7.892,74	R\$ 488.224,56	R\$ 103.246,09	<b>R\$ 599.363,39</b>
	Danos à propriedade	R\$ 15.656,55	R\$ 205.174,43	R\$ 93.354,37	<b>R\$ 314.185,34</b>
<b>Subtotal</b>	<b>R\$ 79.968,76</b>	<b>R\$ 107.785.458,14</b>	<b>R\$ 125.085.939,76</b>	<b>R\$ 232.951.366,65</b>	
<b>IPR (2004) em valores de dezembro 2016</b>					
Congestionamento	R\$ 61.289,33	R\$ 31.469.716,65	R\$ 2.520.697,87	<b>R\$ 34.051.703,85</b>	
<b>TRL (1995)</b>					
Pesas, Dor e Sofrimento	R\$ 0,00	R\$ 97.122.364,77	R\$ 48.044.491,67	<b>R\$ 145.166.856,43</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 141.258,09</b>	<b>R\$ 236.377.539,55</b>	<b>R\$ 175.651.129,29</b>	<b>R\$ 412.169.926,94</b>	

## 4.2 Disposição a Pagar: Valor da Vida Estatística

Outra abordagem para a estimação dos custos dos acidentes bastante utilizado trata-se da pesquisa de preferência declarada de quanto se está disposto a pagar para reduzir a quantidade de acidentes em determinado trecho rodoviário, ou seja, o método de disposição à pagar com o qual se estima o Valor da Vida Estatística, já abordado anteriormente. Este método é o mais indicado para a avaliação dos custos dos acidentes, que podem variar entre culturas diferentes, de acordo com o PIB *per capita* ou mesmo de acordo com o valor dado pela população de cada país à qualidade de vida. Esta abordagem para a estimação do VVE é bastante utilizada em países desenvolvidos. Nestes países os valores da vida estatística chegam a ser da ordem de 4 a 9 milhões de dólares, como no Departamento de Transportes dos EUA (US\$ 9,6 milhões (DOT, 2016), e no Ministério de Transportes da Nova Zelândia (US\$ 4,14 milhões, MTNZ, 2017).

No Brasil, Rosa (2006) desenvolveu uma tese de doutorado sobre “*Custos da perda de uma vida e médico-hospitalares nos acidentes de trânsito*”. Entre os resultados alcançados por meio de pesquisa de Preferência Declarada, o autor encontrou o Valor da Vida Estatística entre os respondentes variando entre R\$ 359.000,00 e R\$ 998.000,00 (de 2003) para reduzir as probabilidades de mortes em acidentes de trânsito. Estes valores são equivalentes a R\$ 839.766,68 e R\$ 2.148.941,40 em valores de dezembro de 2016. Dentro desta variação dos valores encontrados, Rosa (2006) recomenda a utilização do Valor da Vida Estatística referente a toda a sua amostra, equivalente a US\$ 170.000,00 (de 2003 a uma taxa de câmbio de 3,00 reais), ou seja, R\$ 510.000,00 que, hoje, equivalem a aproximadamente **R\$ 1.098.156,43** (corrigidos pelo IPCA-IBGE até dez/2016). Valor este muito menor do que os estimados nos EUA e Nova Zelândia o qual equivale a US\$ 0,333 milhões a uma conversão atual de 3,30 reais/dólar.

Importante esclarecer que a pesquisa da DAP de Rosa (2006) foi realizada com 400 questionários de respondentes de universidades particulares, motoristas não-profissionais e na região de Porto Alegre/RS. Sobre a transposição e o conceito de VVE Rosa (2006, p. 204) destaca que:

O conceito do valor da vida estatística quando levado ao cotejo dos valores obtidos em vários países, independentemente da metodologia ou combinação de metodologias com que são estimados, apresenta-se com grande variabilidade afetada pelas condições econômicas de cada país ou em função da maior ou menor preocupação com qualidade de vida entendida em cada sociedade. Portanto, a preocupação em definir valores locais é de extrema importância com vistas a se ter subsídios aos estudos de transporte e meio ambiente.

Dessa forma, esta dissertação traz um exercício ilustrativo das estimativas de custo por meio desta abordagem, visto que há uma limitação na realização de uma transposição e generalização da DAP de uma região e de um perfil de entrevistados para outros locais.

Ainda a respeito do Valor da Vida Estatística, o trabalho de McMahon e Dahdah (2008) “*The true cost of road crashes*” considera que o método da disposição à pagar é preferível ao método de capital humano (rendimentos brutos), mas entende que existem dificuldades na implementação desta metodologia com acurácia. Dessa forma, estes autores sugerem uma regra geral (*rule of thumb*) para a estimação do VVE quando não realizadas as estimativas por meio da disposição a pagar. Em sua análise, que abrange países desenvolvidos e países em desenvolvimento, sugerem que a utilização de um modelo variando de 60 a 80 vezes o valor do Produto Interno Bruto por habitante (PIB per capita) do país, sendo o índice de 70 como um indicativo central.

O PIB per capita do Brasil para o ano de 2016 foi cerca de US\$8.650,00, ou seja, em uma conversão à taxa de câmbio de 3,30 reais/dólar, fica em aproximadamente R\$ 28.545,00. Assim, segundo a regra geral proposta pelos autores supracitados de se utilizar o fator de multiplicação de 70 vezes o PIB per capita, o VVE para o Brasil ficaria em torno de R\$ 1.998.150,00. Entretanto, os resultados indicados por Rosa (2006) ficam mais próximos dos valores médios do VVE encontrados por McMahon e Dahdah (2008) para os países em desenvolvimento, efetivamente. A razão média identificada por estes autores para os países em desenvolvimento representaram 44 vezes o valor do PIB per capita daqueles países, o que retorna um valor de VVE para o Brasil equivalente à R\$ 1.255.980,00. Portanto, pode-se considerar que os valores de VVE obtidos por Rosa (2006) estão um pouco abaixo da média de 44 vezes o PIB per capita dos treze países em desenvolvimento abrangidos pelo trabalho de McMahon e Dahdah (2008) e de 10 a quase 30 vezes abaixo dos valores estimados para a Nova Zelândia e para os Estados Unidos. Assim, os valores de VVE indicados por Rosa (2006) podem também estar subestimados.

Caso não seja realizada uma pesquisa especificamente sobre a disposição à pagar dos entrevistados para redução de acidentes graves e leves, sem necessariamente incorrer em mortes decorrentes dos acidentes, são propostas na literatura, que sejam utilizadas frações do Valor da Vida Estatística para cada um destes acidentes sem fatalidade. No estudo de McMahon e Dahdah (2008), é proposta a utilização de uma taxa parcial do VVE para acidentes graves somente. Não referem-se a acidentes leves ou alguma proporção para aqueles sem vítimas inclusive. Para os acidentes graves McMahon e Dahdah (2008) propõe que se utilize a proporção de 25% do Valor da Vida Estatística, com uma variação de 20 a 30%. Neste mesmo estudo, apresentam os dados utilizados pelos Estados Unidos, e estes consideraram 28% do VVE para acidentes graves com pedestres, devido a sua vulnerabilidade no trânsito.

A Agência Federal de Rodovias Estadunidense (FHWA) utiliza valores proporcionais ao VVE para as cinco das seis classes de acidentes do método “MAIS” (*Maximum Abbreviate Injury Scale*) de classificação de acidentes (FHWA, 2010). A classificação de acidentes graves, segundo McMahon e Dahdah (2008) provavelmente se enquadra entre as classes

MAIS 3 (*Serious*), 4 (*Severe*) e 5 (*Critical*) desta escala, onde 6 é a fatalidade. Já FAA (2016) considera também a classe MAIS 2 (*Moderate*) na conversão para os acidentes graves, a classe MAIS 1 (*Minor*) representariam os acidentes leves somente. Utilizando a lógica de McMahan e Dahdah (2008) para acidentes com usuários vulneráveis da via, utilizaremos aqui a conversão proposta por estes autores, sendo MAIS 1 e 2 as classes representando os acidentes leves, e MAIS 3, 4 e 5 representando os acidentes graves, tendo em vista que os usuários vulneráveis são expostos a maiores gravidades dos acidentes do que outros usuários motorizados, conforme evidenciado no capítulo anterior. A tabela 8 apresenta as proporções consideradas neste trabalho e seus respectivos valores em reais.

Tabela 8 – Fração média do Valor da Vida Estatística utilizados com base em FHWA (2010) e seus respectivos valores em reais para feridos graves e feridos leves com base no VVE estimado por Rosa (2006) corrigidos segundo IPCA-IBGE para valores de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor.

Nível MAIS	Gravidade	Fração VVE	Ferido	Fração média VVE	R\$
MAIS 1	<i>Minor</i>	0,002	Leve	0,00875	9.608,87
MAIS 2	<i>Moderate</i>	0,0155			
MAIS 3	<i>Serious</i>	0,0575	Grave	0,3358333333	368.797,53
MAIS 4	<i>Severe</i>	0,1875			
MAIS 5	<i>Critical</i>	0,7625			
MAIS 6	<i>Fatal</i>	1	Fatal	1	1.098.156,43

Fonte: FHWA Federal Highway Administration (2010) e Rosa (2006)

Estas são as estimativas realizadas com base nas premissas aqui definidas, entretanto, pode ocorrer casos em que os custos conferidos àqueles feridos que ficaram permanentemente inválidos, viam a ser até maiores do que os custos com as vítimas fatais. Quanto às vítimas de acidentes que saíram ilesas, este autor acredita que aquelas vítimas não retornam à vida normalmente sem carregar consigo alguma consequência psicológica e social do acidente, quanto mais para aqueles que se locomovem de bicicleta. Como parte das consequências pode ocorrer, inclusive, de a vítima que saiu ilesa passar a deixar de usar este modal temporária ou definitivamente, caso tenha a oportunidade de escolha. Isto também incorre em custos sociais, não crendo este autor que sejam nulos. Não obstante, entre os 118 ciclistas que sofreram danos leves entrevistados por Aertsens et al. (2010), 36% indicaram que foram afetados psicologicamente pelo acidente. Há relatos de consequências positivas para os ilesos, inclusive, como aqueles que passaram a ter mais cuidado ao pedalar, passaram a usar capacete e roupas reflexivas e/ou escolheram outras rotas. Além disso, mesmo ilesos, os acidentes também afetam os parentes das vítimas: 21% dos respondentes da pesquisa de Aertsens et al. (2010) também relataram que seus parentes passaram a ficar mais preocupados quando estes saíam de bicicleta após seus acidentes, sendo instigados a pedalar menos ou que fossem mais cuidadosos. Neste aspecto, Mohamed (2015) utiliza a

fração de 0,1% do VVE para aqueles acidentes em que ocorreram danos materiais somente (*Damages Only*), o que corresponde a taxa de **R\$ 1.098,16** de dezembro de 2016 por ileso, utilizada neste trabalho. Dessa forma chegou-se aos resultados dos custos totais por meio de cálculos com base em valores da vida estatística, expostos na tabela 9.

Tabela 9 – Custos totais estimados para o ano de 2016 para os acidentes em rodovias federais envolvendo bicicletas por meio do método “Disposição à pagar”. Custos totais estimados com base no Valor da Vida Estatística proposto por Rosa (2006), frações da VVE adaptados de FHWA (2010) e Mohamed (2015) e custos unitários de IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) e IPR (2004b), em reais de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor.

Componente de Custo	Sem Vítima	Com Vítima	Com Fatalidade	Total custos
<b>Perda de vida (Invalidez permanente)</b>	R\$ 48.318,88	R\$ 250.195.922,51	R\$ 268.025.436,56	<b>R\$ 518.269.677,95</b>
<b>Perda de produção (Incapacidade temporária)</b>	R\$ 21.584,64	R\$ 851.612,16	R\$ 6.377,28	<b>R\$ 879.574,08</b>
Pré-hospitalares	R\$ 229,57	R\$ 1.794.716,28	R\$ 56.678,31	<b>R\$ 1.851.624,16</b>
<b>Custos Médicos</b>	R\$ 32.496,72	R\$ 62.853.582,48	R\$ 457.718,36	<b>R\$ 63.343.797,56</b>
Hospitalares	R\$ 2.108,56	R\$ 2.671.940,83	R\$ 50.189,74	<b>R\$ 2.724.239,13</b>
Pós-hospitalares	R\$ 0,00	R\$ 168.291,44	R\$ 147.230,38	<b>R\$ 315.521,82</b>
Remoção	R\$ 7.892,74	R\$ 488.224,56	R\$ 103.246,09	<b>R\$ 599.363,39</b>
<b>Outros Custos</b>	R\$ 15.656,55	R\$ 205.174,43	R\$ 93.354,37	<b>R\$ 314.185,34</b>
Danos à propriedade	R\$ 0,00	R\$ 345.829,83	R\$ 37.359,10	<b>R\$ 383.188,93</b>
<b>Veículos</b>	R\$ 61.289,33	R\$ 31.469.716,65	R\$ 2.520.697,87	<b>R\$ 34.051.703,85</b>
<b>Congestionamento</b>				
<b>Total acidentes</b>	<b>R\$ 189.576,99</b>	<b>R\$ 351.045.011,17</b>	<b>R\$ 271.498.288,07</b>	<b>R\$ 622.732.876,22</b>

Cabe transparecer e sumarizar as premissas utilizadas nos cálculos de custos apresentados na tabela 9: (i) Para “perda de vida e invalidez permanente” foram considerados os valores da vida estatística e suas relativas proporções para cada tipo de vítima dos acidentes, ou seja, ilesos, feridos leves, feridos graves e mortos; (ii) Quanto a “perda de produção temporária” foi considerado o menor valor de perda de produção estimado por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006), ou seja, o valor da perda de produção de uma vítima ileso em um acidente sem vítimas. Esse valor (R\$ 490,56) foi multiplicado pela quantidade de pessoas que não sofreram fatalidade para cada tipo de acidente; (iii) Em relação aos “custos médicos”, “de atendimento”, “danos à propriedade” e “danos ao veículo” foram obtidos de IPEA, DENATRAN e ANTP (2006), conforme os custos unitários corrigidos para dezembro de 2016, de acordo com a tabela 3. (iv) Por fim, foram utilizados os custos estimados para “congestionamentos” segundo IPR (2004b). Todos os valores estão em reais de dezembro de 2016.

Como resultados obtidos, temos os custos totais para os acidentes com ciclistas na rodovias federais estimados em R\$ 412.169.926,94 quando calculados por meio da abordagem de Capital Humano, onde foram utilizadas as estimativas da perda dos rendimentos brutos das vítimas de acidentes nas rodovias federais, somados à uma “taxa” representativa das perdas por dor, pesar e sofrimento das vítimas e seus parentes. Utilizando a abordagem

da disposição à pagar para a redução dos riscos de morte em um acidente rodoviário, com a qual pôde ser estimado um valor da vida estatística e suas frações para as vítimas não fatais, os resultados apontaram para um custo total de R\$ 622.732.876,22. Custos maiores estimados por meio do VVE correspondem com o que era esperado, de acordo com a literatura sobre o tema. Cabe lembrar que estes valores são provavelmente subestimados, tanto pelas limitações da própria fonte dos dados, como pelas limitações da condução desta pesquisa e as estimativas de custo. A seguinte seção discorrerá sobre estas limitações do trabalho e os custos que poderão ser estimados para corrigir estas limitações.

### 4.3 Limitações da pesquisa, incompletude dos registros e correção dos custos

Toda pesquisa possui limitações. Esta seção discorrerá sobre os pontos frágeis e de melhorias desta dissertação e as metodologias utilizadas.

Registros oficiais da Polícia Rodoviária Federal podem ser bastante subestimados, especialmente para os acidentes com bicicletas envolvendo ilesos e feridos leves. Um estudo em que são avaliados os custos de acidentes com ciclistas na Noruega (VEISTEN et al., 2007, p.1165) mostra que o total de registros dos acidentes envolvendo ciclistas feridos leves (*minor injury*), feridos graves (*serious injury*) e feridos muito graves (*severe injury*), comparados com os dados provenientes de hospitais, foram da ordem de 12,06%, 32,83% e 71,16%, respectivamente. Para aqueles que vieram a óbito decorrente do acidente, os registros foram considerados 100% naquele estudo (VEISTEN et al., 2007, p.1165). Acidentes com ciclistas que resultaram em feridos leves ou que saíram ilesos, muitas vezes sequer são registrados oficialmente ou comunicados à polícia para serem devidamente registrados, o próprio autor já passou por, pelo menos, três incidentes com sua bicicleta na cidade que nunca foram registrados.

De acordo com Bickel et al. (2006), os subregistros (na Europa) são um problema bem reconhecido nas estatísticas de acidentes de trânsito rodoviários, por isto estes autores recomendam a utilização de fatores de correção para estes subregistros. Para o caso das bicicletas, os fatores de correção recomendados pelos autores são: 1,02 para mortos (*fatality*), 2,75 para feridos graves (*serious injury*), 8,00 para feridos leves (*slight injury*) e 18,50 para ilesos (*damage only*). Importante observar que nesses países, em relação aos registros oficiais para as fatalidades, ocorre um acompanhamento da vítima por 30 dias, de modo que os registros de fatalidades acabam sendo bastante precisos. Isso justifica o fator de conversão de apenas 1,02, que contempla aquelas vítimas que vieram a óbito após os 30 dias de acompanhamento.

Aertsens et al. (2010), avaliam os custos dos acidentes leves (*minor accidents*) com ciclistas na Bélgica. O método utilizado foi com aplicação de questionários detalhados de

custos com ciclistas, de 219 contactados, 108 responderam. O diferencial do método é a abordagem “bottom-up”, ou seja, não partiu de dados oficiais nem de hospitais, uma vez que estes acidentes leves são raramente registrados. Os acidentes leves foram classificados em: ABI (*Acute Body Injury*) danos agudos ao corpo com consequências de LT - Longo Termo (>9 meses) e de ST - Curto termo (<9m). Também há aqueles *Light Injury* - limitados a hematomas ou caibras, e aqueles em que ocorreram danos materiais somente. Interessante observar neste artigo é que, dos 66 casos de acidentes leves que tiveram maiores consequências (ABI), apenas 8 tiveram intervenção policial e somente 5 foram oficialmente registrados. Também somente 4 dos que responderam afirmaram ser transportados ao hospital por ambulância. Com base nisso, estes autores recomendam um fator de correção de 14x para os acidentes com feridos leves e confirmam que os custos sociais dos acidentes leves são fortemente subestimados pelos dados oficiais, ainda mais do que se acreditava em estudos anteriores (AERTSENS et al., 2010).

A quantidade de mortos registrados nos dados estatísticos do DPRF representam apenas aqueles em que houve fatalidade no *momento* do acidente. Há ocorrência de muitos feridos graves, e em menor quantidade, feridos leves e até ilesos virem a óbito após o acidente e que não são contabilizados como mortos nestes registros dos Boletins de Acidentes de Trânsito do DPRF. Para os acidentes de trânsito de modo geral, segundo IPR (2004a p.22) que investigou as consequências daqueles removidos à rede Sarah de hospitais de Salvador e Brasília, 4,4% dos acidentados que foram levados ao hospital vieram a óbito e 1,8% foram considerados inválidos. Daqueles que vieram à óbito nesta pesquisa, 91,3% ocorreram em até 24h após a sua remoção do local do acidente. Dessa forma a quantidade de pessoas que vieram a óbito no Brasil, difere da tendência de representar 100% dos registrados pelos registros oficiais da Noruega, como mostra Veisten et al. (2007, p.1165). Consequentemente, os registros de óbitos também podem estar subdimensionados devido àqueles que vieram a óbito posteriormente ao acidente. De acordo com IPEA, DENATRAN e ANTP (2006), estes números não são inexpressivos. Da sua constatação em campo daqueles feridos no local do acidente, 6,2% foram a óbito, isso significou, em 2004 e 2005, um acréscimo de aproximadamente 66% do número de mortos declarados nos registros do DPRF para as rodovias federais. Da mesma maneira, estes autores identificaram que 6,7% dos envolvidos classificados como ilesos se apresentaram como feridos posteriormente.

Além disso, deve-se levar em consideração que os registros são realizados por centenas de agentes rodoviários de diferentes unidades da PRF por todo o país, ou seja, podem haver subdimensionamentos em diferentes locais, para os diferentes tipos de acidentes, podendo ser muitos voláteis de acordo com o local e empenho em que os dados são registrados. Nas próprias planilhas de dados são encontradas diversas colunas registradas com o dado informado como “*ignorado*”. Assim, não se sabe quantos dos próprios registros foram efetivamente ignorados. Outro fator relevante e que pode ser interferido pelo “fator humano” dos registros é que, em concordância com Miller et al.

(1991), apesar de haver critérios técnicos para cada classe de estado físico dos acidentados (feridos graves, leves ou ilesos), pode haver diferenças, por exemplo, no registro daqueles acidentes com muito sangue, ou quando a vítima é mulher, que poderiam ser “feridos leves” e considerados como “feridos graves” e por policiais que não estão acostumados a estes cenários.

Outro fator relevante que deve ser visto com cautela nos dados apresentados pelo DPRF é que, a partir do segundo semestre de 2015, foi implementado um novo sistema de registro para os acidentes sem vítimas que veio a substituir os registros que eram realizados pelos agentes da PRF para estes tipos de acidentes. A *Declaração Eletrônica de Acidentes de Trânsito (e-Dat)* deve ser preenchida pelos usuários dos veículos que se chocaram e não incorreram em nenhuma vítima, nem mesmo leve. Outros critérios para o preenchimento compreendem a idade mínima de quem registra, deve ter um e-mail válido, não pode haver crime ou motorista alcoolizado, dano ao meio ambiente ou ao patrimônio, nem envolver vazamentos de produtos perigosos ou veículos oficiais. A declaração eletrônica promove uma modernização e desburocratização desses registros, com rapidez e segurança, além de um direcionamento dos agentes da PRF para os acidentes mais graves. No entanto, ao considerarmos que os ciclistas que se envolveram em acidentes nas rodovias federais têm perfil médio de baixa escolaridade e renda, muito provavelmente ocorre um incremento nos já elevados subregistros dos acidentes com ciclistas sem vítimas após 2015. Isto pode acarretar em uma falsa percepção de redução destes acidentes, quando trata-se de uma redução dos registros.

Assim, os custos apresentados na seção anterior podem ser bastante subestimados. Utilizando as porcentagens de 6,2% dos feridos que vieram a óbito e 6,7% dos ilesos que tornaram-se feridos acompanhados por IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) para correção dos dados (foram evoluídos 6,2% de feridos leves para graves para manter a coerência dos cálculos) e, posteriormente, aplicando como fatores de correção os índices de 18,5x para ilesos, 2,75x para feridos graves de Bickel et al. (2006) e 14x para feridos leves proposto por Aertsens et al. (2010), temos os resultados apresentados na tabela 10. As equações seguintes resumem as correções utilizadas.

$$IC = (I - (0,067 * I)) * 18,5 \quad (4.2)$$

$$FLC = (FL - (0,062 * FL) + (0,067 * I)) * 14 \quad (4.3)$$

$$FGC = (FG - (0,062 * FG) + (0,062 * FL)) * 2,75 \quad (4.4)$$

$$MC = M + (0,062 * FG) \quad (4.5)$$

Onde:

I = Ilesos

FL = Feridos Leves

FG = Feridos Graves

M = Mortos

C = Corrigido

Com estes índices de correção, foi realizada uma nova estimativa de custos para os acidentes com ciclistas em rodovias federais ocorridos em 2016, de acordo com a quantidade de registros que foram provavelmente subdimensionados e devidamente corrigidos. Com a tabela 10 é possível perceber que a quantidade de feridos subregistrados, especialmente os que apresentaram danos menos graves, não é desprezível. Como pode-se esperar, essa incompletude dos registros mascara custos consideráveis (tabela 11). Estes custos estimados por meio da VVE resultaram em um aumento de R\$ 1.109,344 milhões, ou seja, aproximadamente 178% das estimativas sobre os valores oficiais igualmente realizada por meio do Valor da Vida Estatística.

Tabela 10 – Quantidade de ilesos, feridos leves, feridos graves e mortos em 2016 segundo os registros oficiais do DPRF (acima) e corrigidos de acordo com os índices propostos em literatura (abaixo). Valores de dezembro de 2016. Elaborada pelo autor.

<b>Componente de Custo</b>		<b>Sem Vítima</b>	<b>Com Vítima</b>	<b>Com Fatalidade</b>
Pessoas	Ilesos	44	80	1
	Feridos Leves	0	1004	6
	Feridos Graves	0	652	6
	Mortos	0	0	242
Total pessoas acidentes		44	1736	255
<b>Valores de Subregistros Corrigidos</b>		<b>Sem Vítima</b>	<b>Com Vítima</b>	<b>Com Fatalidade</b>
Pessoas	Ilesos	759	1381	17
	Feridos Leves	41	13260	80
	Feridos Graves	0	1853	17
	Mortos	0	40	242
Total pessoas acidentes		801	16534	356

Cabe esclarecer que as estimativas de custos utilizadas como base nesta pesquisa também tem as suas limitações. O próprio IPEA (2015) reconhece que devem ser atualizadas as estimativas de custo daquele trabalho de IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) e não apenas corrigidos pelo Índice de inflação, como foi realizado na metodologia do presente estudo. Outra questão relevante é que aqueles custos utilizados como referência para esta

Tabela 11 – Custos totais estimados para o ano de 2016 para os acidentes em rodovias federais envolvendo bicicletas por meio do método “Disposição à pagar”. Custos totais estimados com base no Valor da Vida Estatística proposto por Rosa (2006), frações da VVE adaptados de FHWA (2010) e Mohamed (2015) e custos unitários de IPEA, DENATRAN e ANTP (2006) e IPR (2004b). Valores em reais de dezembro de 2016 e sobre índices de correção dos subregistros de dados oficiais. Elaborada pelo autor.

Componente de Custo	Sem Víctima	Com Víctima	Com Fatalidade	Total custos
<b>Perda de vida (Invalidez permanente)</b>	R\$ 1.230.585,31	R\$ 856.719.000,64	R\$ 273.032.720,20	<b>R\$ 1.130.982.306,15</b>
<b>Perda de produção (Incapacidade temporária)</b>	R\$ 392.808,07	R\$ 8.110.844,47	R\$ 55.673,90	<b>R\$ 8.559.326,45</b>
<b>Custos Médicos</b>				
Pré-hospitalares	R\$ 3.960,09	R\$ 14.992.091,24	R\$ 374.881,63	<b>R\$ 15.370.932,96</b>
Hospitalares	R\$ 590.608,38	R\$ 249.110.232,97	R\$ 1.369.498,29	<b>R\$ 251.070.339,64</b>
Pós-hospitalares	R\$ 36.372,59	R\$ 10.155.302,13	R\$ 261.804,74	<b>R\$ 10.453.479,46</b>
Remoção	R\$ 0,00	R\$ 478.288,41	R\$ 155.660,03	<b>R\$ 633.948,44</b>
<b>Outros Custos</b>				
Antendimento	R\$ 143.635,98	R\$ 4.649.902,42	R\$ 144.083,97	<b>R\$ 4.937.622,38</b>
Danos à propriedade	R\$ 284.925,72	R\$ 1.954.102,97	R\$ 130.279,68	<b>R\$ 2.369.308,37</b>
<b>Veículos</b>				
Bicicleta		R\$ 3.293.719,95	R\$ 52.136,09	<b>R\$ 3.345.856,04</b>
<b>Congestionamento</b>	R\$ 1.115.373,91	R\$ 299.720.916,85	R\$ 3.517.732,73	<b>R\$ 304.354.023,50</b>
<b>Total acidentes</b>	<b>R\$ 3.798.270,06</b>	<b>R\$ 1.449.184.402,06</b>	<b>R\$ 279.094.471,27</b>	<b>R\$ 1.732.077.143,39</b>

dissertação foram estimados com base nos valores médios de *todos* os acidentes registrados. Ou seja, a média da idade das pessoas acidentadas para todos os tipos de acidentes pode ser diferente da média da idade identificada apenas para aqueles que sofreram acidente com bicicleta, por exemplo.

Esta diferença do perfil dos usuários que sofreram um acidente utilizando uma bicicleta como meio de transporte - idade, gênero, se são trabalhadores e sua escolaridade - pode influenciar nos custos unitários estimados. Nos casos dos custos de perda de produção, por exemplo – que são os mais relevantes quando utilizados apenas o método de *Capital Humano* como referência dos custos – são estimados quantos anos a pessoa que sofreu o acidente ainda contribuiria com seu trabalho à sociedade, o valor médio do salário, entre outros. Dessa forma, sendo estimados os custos exclusivamente para os acidentados ciclistas, provavelmente os valores difeririam da média dos custos estimados para todas as pessoas que sofreram qualquer tipo de acidente.

Também merecem considerações aqui as limitações associadas ao uso das estimativas de Disposição à Pagar. Fazer uma transposição da DAP de uma região à outras, como realizado neste trabalho, pode ser um exercício bastante delicado, por duas principais razões: (i) O valor que se dispõe à pagar para a redução de um risco por acidente está bastante associada aos rendimentos dos entrevistados, ou seja, em uma comunidade rica, o valor da DAP muito provavelmente será maior do que a DAP de uma comunidade pobre. Mas, por outro lado, outro fator relevante é (ii) a percepção do risco, a DAP difere entre regiões em que ocorre, de fato, uma maior quantidade de acidentes, do que daquelas em que os acidentes já são bastante reduzidos.

Apesar disso, conscientes das limitações da pesquisa, e realizada uma estimativa de custos para os acidentes com ciclistas em rodovias federais, têm-se um ponto de partida para análises de projetos de melhorias em segurança nas rodovias voltados para estes usuários vulneráveis de bicicletas como meio de transporte.

## 5 Gestão do problema e políticas públicas

Com os resultados alcançados no decorrer desta dissertação, é possível constatar a dimensão das externalidades geradas pelo transporte rodoviário nacional, especialmente as externalidades relacionadas aos acidentes de trânsito com os ciclistas. Estas externalidades não são precificadas pelo mercado econômico, ou seja, estes custos gerados pelos acidentes com os ciclistas para a sociedade continuam ocorrendo sem que haja um pagamento às vítimas dos acidentes, custos que, como visto não são menosprezáveis. Assim, de acordo com a economia neoclássica do meio ambiente, procura-se intervenção do estado para regular estes mercados inexistentes em prol de um bem estar comum.

No entanto, implementar uma política pública não é algo simples, quanto mais para se interferir em uma política de transportes que passou décadas incentivando o uso dos veículos motorizados. Mas, em aglomerados urbanos - as cidades - locais onde se estima que de 70% a 80% dos habitantes do mundo venham a morar (BANISTER, 2008), a dependência do uso de automóveis pode ser reduzida significativamente (PUCHER; DILL; HANDY, 2010).

Como qualquer política pública, existe uma dificuldade inicial para implementação. Como bem retrata Markandya (2005), “Formular política é, pela sua própria natureza, um processo fragmentado, um tanto caótico e de modo contraditório”, ou, segundo Lindblom (1991 citado por ROURA et al., 2006, p. 79) a elaboração de políticas públicas pode ser estudada como “um processo muito complexo sem início nem fim e cujos limites permanecem incertos. De alguma forma, uma rede complexa de forças produz conjuntamente um efeito chamado políticas públicas”.

Apesar de tudo, avanços políticos sobre uma mobilidade urbana sustentável no Brasil vêm ocorrendo paulatinamente. Isso é evidenciado no âmbito da municipalidade pela aprovação, em 2012, da Política Nacional de Mobilidade Urbana (LEI 12587 de 03 de janeiro de 2012). Essa política teve um longo processo de implementação que passou por todas as fases identificadas por Roura et al. (2006) na elaboração de uma Política Econômica: *i)* O reconhecimento de problemas, *ii)* análise de problemas e alternativas, *iii)* desenho de medidas, *iv)* consultas, *v)* discussão e aprovação parlamentar, como pode ser visto em Gomide (2008). No entanto, Gomide (2008) discute se a última das fases indicadas por Roura et al. (2006) realmente está ocorrendo na Política Nacional de Mobilidade Urbana: *vi)* a *execução* de fato.

A economia neoclássica do meio ambiente vêm estudando e propondo diversas ferramentas para uma gestão sustentável dos recursos naturais, de modo a aumentar a eficiência do uso desses recursos, bem como diminuir a emissão de poluição a níveis

ótimos para o bem estar da sociedade. Esses instrumentos podem ser separados em três grandes categorias de Gestão Ambiental: Comando e Controle, Instrumentos Econômicos e Instrumentos Voluntários (MUELLER, 2007). Muitos desses instrumentos são utilizados como estratégias em políticas de incentivo à uma mobilidade urbana sustentável e também ao uso de bicicletas como meio de transporte (BARCZAK; DUARTE, 2012).

Diversas formas de gestão para a redução das externalidades já foram propostas e implementadas em muitos países no mundo, instrumentos de política de comando e controle, instrumentos econômicos e, inclusive voluntários. Utilizando instrumentos de comando-e-controle, encontramos exemplos na regulação da qualidade e na quantidade mínima de biocombustíveis nos combustíveis fósseis, no controle das emissões de gases poluentes na combustão de motores de veículos e máquinas, e no zoneamento urbano, com a delimitação de passagens exclusivas para ônibus e bicicletas, sistemas de rodízio de veículos, entre outros (BARCZAK; DUARTE, 2012) . Quanto aos instrumentos de política ambiental que utilizam-se de instrumentos e estímulos por meio de mercado, os exemplos na política de transportes também não são poucos. Encontram-se ferramentas de desestímulo à utilização do automóvel em zonas urbanas, como pagamento por estacionamento em áreas públicas (Zona Azul), sistemas de cobrança de pedágio nas zonas centrais das cidades (pedágio urbano) até, inclusive, mercados de licenças negociáveis para emissões geradas pelo setor de transportes e Sistemas de Depósito Reembolso como política ambiental para estimular o correto descarte de veículos inutilizáveis. Já os exemplos de instrumentos voluntários no setor de transportes incluem campanhas de sensibilização, Sistemas de Informação em Transportes e outras medidas de gestão e incentivo à mudança (BARCZAK; DUARTE, 2012).

No Plano de Ação para a Redução na Violência do Trânsito para a Década - 2011 a 2020 – documento da Organização Mundial da Saúde para a promoção da redução de acidentes de trânsito – são propostos cinco pilares de ações nacionais para a atuação dos estados a nível local, regional e global: (i) Gestão da segurança das rodovias; (ii) Rodovias seguras e mobilidade; (iii) Veículos seguros; (iv) Usuários da rodovia seguros e; (v) Resposta pós-acidente. Entre as medidas são propostas ações como o aumento e a promoção da segurança no planejamento e no orçamento da execução de projetos rodoviários, com fomento a análises apropriadas de custo-benefício dos projetos rodoviários com segurança para todos os usuários e modais de transporte; destinação de 10% do orçamento da execução do projeto para a implementação de segurança na rodovia. Também são propostas ações de regulamentação e comando e controle, como estabelecimento de padrões mínimos de segurança nos automóveis e implementação de legislação e criação de punições mais rígidas aos infratores das leis, como as de uso do cinto de segurança ou da proibição de dirigir sob efeito do álcool (WHO 2010).

No primeiro relatório trianual do plano de ação para a década da OMS, é chamada a

atenção para a necessidade de incrementar as políticas voltadas para os usuários vulneráveis das rodovias, como bem destaca a OMS (WHO 2013 p. 30):

No planejamento de projetos de construção de rodovias, é dedicada atenção insuficiente na prevenção dos efeitos negativos da motorização, ainda mais para os usuários vulneráveis das rodovias. Por exemplo, novas rodovias com pistas múltiplas são geralmente construídas para cortar áreas comunitárias sem a provisão de vias seguras, passarelas para pedestres, redução da velocidade de tráfego ou pistas exclusivas para os ciclistas. (WHO 2013 p. 30)

Esse relatório destaca para o fato de que muitos países vêm ampliando suas políticas de incentivo ao uso de modais alternativos, como andar de bicicleta ou a pé, no entanto, ao incentivar o uso destes modais sem incrementar, paralelamente, a segurança dos usuários vulneráveis das rodovias, acaba ocorrendo o efeito adverso de um aumento no número de mortes no trânsito. Ainda mais em um contexto em que há uma rápida motorização no país, mais necessárias se tornam as políticas de proteção a estes usuários. O relatório também aponta para a necessidade de implantar padrões de segurança na fabricação de veículos para os usuários da rodovia do lado de *fora* do veículo, como inovações em freios eficientes e automatizados e nos materiais utilizados e formatos da carroceria (WHO 2013).

Como identificado na caracterização dos acidentes com ciclistas em rodovias federais, existem fatores a serem melhor avaliados no âmbito do Planejamento e Execução de Projetos da Administração Federal. Como visto no terceiro capítulo, existe concentração dos acidentes com ciclistas nos municípios ao longo das rodovias federais e com repetição ao longo dos anos. Também averiguou-se que, mesmo tendo sido feitos investimentos em áreas urbanas, com duplicação das pistas de rolamento para os veículos automotores, os acidentes com ciclistas nestes locais seguem sendo equivalentes ou até mais numerosos do que em áreas urbanas com uma única pista.

Outro resultado importante identificado nesta dissertação é a questão de que há um problema de equidade. Como afirma o Ministério das Cidades (2007 p. 59):

A bicicleta é o veículo individual que mais atende o princípio da igualdade, pois proporciona alto grau de autonomia à população como um todo. Por ser muito barata e fácil de manejar, é acessível a praticamente todas as camadas econômicas e as pessoas de quase todas as idades e condições físicas. (Ministério das Cidades 2007 p. 59)

Conforme visto neste trabalho, provavelmente devido à baixa infraestrutura e segurança disponibilizada aos usuários de bicicletas como meio de transporte, os que usam este modal são justamente os que não apresentam condições financeiras de utilizar outras formas de transporte e se dispõem à uma maior exposição ao risco. Assim, percebe-se que as políticas de transporte, atualmente, apresentam um problema distribucional entre os diferentes níveis de renda, especialmente em relação aos usuários vulneráveis das vias.

Dessa forma, ao pensar uma política de transportes é importante que seja dada a devida atenção à justiça ambiental da política, ou seja, de que as minorias raciais e pessoas com baixa renda não sejam desproporcionalmente expostas aos acidentes de trânsito nos seus trajetos diários (LAZARUS, 1993; FIELD; FIELD., 2014).

Nesse aspecto, Paulozzi et al. (2007) desenvolveram um estudo sobre os efeitos do desenvolvimento econômico sobre a mortalidade decorrente do transporte entre os diferentes tipos de usuários da rodovia em diversos países. Estes autores argumentam que países de baixa renda que estão em transição para a motorização tendem a passar por um pico de mortalidade relacionada aos acidentes com veículos motorizados antes de atingir um patamar de baixos índices comparados aos países mais afluentes. Segundo estes autores, essa “dolorosa” transição é sofrida especialmente pelos usuários vulneráveis da rodovia. Como alternativas para a redução desse pico de mortalidade estes autores sugerem a redução da competição entre os usuários vulneráveis e veículos motorizados, por meio do desincentivo à posse de veículos motorizados privados, utilizando, por exemplo, aplicação de impostos sobre combustíveis. Também sugerem a construção de infraestruturas segregadas da rodovia para os pedestres e ciclistas, bem como estratégias executivas e educacionais (PAULOZZI et al., 2007).

Outra estratégia para a implementação e aumento efetivo da segurança nas rodovias que tem sido eficazes, sugeridos por WHO (2010) e WHO (2013) e analisadas com profundidade por Nabors et al. (2012) no documento *Bicycle Road Safety Audit Guidelines and Prompt Lists* é a execução de Auditorias de Segurança Rodoviária. Segundo Nabors et al. (2012) uma auditoria de segurança rodoviária é uma inspeção formal de um plano ou projeto de rodovia ou ainda de instalações já existentes, conduzida por uma equipe de auditoria independente, experiente e multidisciplinar. WHO (2013) enfatiza a importância de que as auditorias sejam realizadas por instituição independente de quem executa, projeta ou gerencia as rodovias para evitar análise enviesada. Também ressalta que devem ser realizadas em todos os novos projetos de rodovias e voltadas para a segurança viária para todos os usuários, inclusive os pedestres, ciclistas e motociclistas. Além de novos projetos, auditorias de segurança rodoviária podem ser conduzidas em rodovias já existentes, especialmente em setores com elevadas quantidades de acidentes (WHO 2013 e Nabors et al. (2012)).

Muitos dados existentes de acidentes com ciclistas apresentam a *anatomia* do acidente (quantos presentes, estado das vítimas, meio de transporte, etc.) e poucos detalhes sobre a *morfologia* do acidente (como se procedeu a colisão, lados que se chocaram, falhas estruturais, técnicas e/ou humanas, etc.), o que dificulta esse tipo de análise por parte da equipe de auditoria de segurança viária, demandando da equipe uma observação detalhada dos comportamentos presentes. A equipe de auditoria para a segurança dos ciclistas deverá analisar cada caso e propor as medidas apropriadas para os locais, que podem ser medidas

para providenciar distâncias seguras entre os ciclistas e automóveis, redução da velocidade dos veículos, melhoria na iluminação pública e/ou providenciar espaço segregado para os ciclistas. Assim, uma equipe de auditoria para a segurança viária também deverá considerar os fatores ambientais, de localização e da via, bem como os fatores comportamentais que vêm a contribuir para a ocorrência de colisões com ciclistas. Então poderá propor medidas apropriadas, que podem ser de infraestrutura, manejo de sinalização e iluminação, bem com coercitivos, como regulamentação, fiscalização e aplicação de multas e também campanhas educativas (NABORS et al., 2012).

Em sua dissertação, Bottesini (2010) verificou a influência de diversas medidas de segurança no comportamento de motoristas da região de Porto Alegre (RS), e identificou que as medidas que mais têm influência no comportamento dos motoristas são aquelas relacionadas à restrição de seus direitos (recolhimento da Carteira Nacional de Habilitação) e à possibilidade de ser flagrado cometendo infrações. No outro extremo, as campanhas de conscientização apresentaram-se naquele estudo como as medidas de segurança menos influentes. Este autor também aponta para o fato de que as medidas de segurança têm influências diferenciadas sobre pessoas com distintos perfis, por exemplo, são mais influentes em mulheres do que em homens e em pessoas mais idosas do que as mais jovens.

IPEA (2015 p. 28) também faz algumas observações sobre pontos a melhorar para a efetiva redução dos acidentes nas rodovias federais, especialmente com os usuários vulneráveis das rodovias:

Um caso especial de melhoria da infraestrutura é quanto aos investimentos em equipamentos de segurança aos pedestres e ciclistas. Geralmente rodovias em áreas urbanas concentram a maior parte desses acidentes, que podem ser evitados com bons projetos, visando ao aumento de segurança dessas pessoas, com destaque para equipamentos de travessia de pedestres (passarelas) e também melhoria da iluminação pública nos trechos de maior fluxo de pessoas, já que no período noturno há maior ocorrência de atropelamento.

O controle da velocidade é um elemento fundamental para reduzir não só a quantidade, mas também a gravidade dos acidentes de trânsito, principalmente os acidentes envolvendo atropelamentos. Recentemente há diversos casos de rodovias que reduziram bastante a quantidade de mortes com a introdução de equipamentos de monitoração da velocidade dos veículos (IPEA, 2015 p. 28).

Atualmente, no DNIT, existem dois principais programas relacionados à segurança viária: (i) Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária (BR-LEGAL), de atualização e padronização da sinalização das rodovias e o (ii) Programa Nacional de Controle de Velocidade (PNCV), que vem implementando equipamentos eletrônicos de velocidade nas rodovias federais, desde 2010. Este último, em concordância com o citado por IPEA (2015), vem sendo uma das principais ações governamentais que incorreram em efetiva redução dos acidentes observada após 2010. Uma terceira ação do DNIT, o

Plano Nacional Estratégico de Pesagem, que visa a instalação de postos de fiscalização e pesagem de veículos de carga também auxilia na redução do número de acidentes nas rodovias federais.

Em um convênio entre o DNIT e o Laboratório de Transportes da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foram realizados estudos, em 2008 e 2009, para o diagnóstico e conhecimento dos segmentos críticos (pontos negros) nas rodovias federais, entre outros (DNIT; UFSC 2009). Após esse diagnóstico, o DNIT implementou o Programa Nacional de Controle de Velocidade (PNCV), por meio do Edital de concorrência nº 471/2009, para controle de velocidade nos pontos negros identificados visando a redução da quantidade e gravidade dos acidentes nestes locais e a sua conseqüente melhoria da segurança viária. Este programa prevê a instalação de equipamentos eletrônicos de velocidade nos locais críticos, sua operação e a penalização dos infratores por meio do processamento de multas (DNIT 2016).

Segundo o *Relatório de Gestão do DNIT - Exercício de 2015* (DNIT 2016), em 2015 entraram em operação um total de 2.868 equipamentos eletrônicos, os quais garantem o monitoramento de 5.414 faixas de tráfego. De acordo com o relatório, as ações do PNCV nas rodovias federais possibilitaram a redução de 16,8% o número de acidentes com vítimas fatais, 39,9% no número de acidentes sem vítimas e 10% o número de acidentes com vítimas não fatais. Já o Índice de Severidade (S) dos acidentes ocorridos nas rodovias federais foi reduzido em 17,9%, apenas em 2015.

Desde o início do Programa até 2015 foram instalados 3.428 equipamentos eletrônicos e geradas 2.978.729 infrações com imagens válidas que resultaram em multa. Hoje o PNCV se encontra vigente e em processo de reestruturação, identificação dos segmentos críticos atualizados e elaboração de novo edital para a contratação da instalação e operação de mais equipamentos e processamento de multas pelos próximos 5 anos. A tabela 12 apresenta o potencial do programa na redução de acidentes nos pontos críticos, sendo o consolidado nacional de redução de 24,05% do índice de severidade dos acidentes quando comparadas as quantidades de acidentes ocorridas por seis meses antes e seis meses após a instalação dos equipamentos nos segmentos críticos, mesmo com o concomitante aumento da frota nacional (DNIT 2016).

O relatório informa também que foram observadas dificuldades pelas limitações do edital de contratação e, principalmente, pela falta de integração entre os vários *stakeholders*. Também relatam que ocorrem dificuldades para a avaliação dos equipamentos pelo INMETRO, instalação da parte elétrica dos equipamentos, bem como recursos humanos para o adequado apoio operacional do Departamento de Polícia Rodoviária Federal e do próprio DNIT (DNIT 2016).

O Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária – BR-LEGAL objetiva implantar, padronizar e manter sinalização horizontal, vertical e suspensa e dispositivos

Tabela 12 – Quantidades de acidentes ocorridas durante seis meses antes e seis meses após a instalação dos equipamentos eletrônicos de velocidade do PNCV. (F), (V), (P), (D) e (S) indicam a quantidade de acidentes com vítimas fatais, vítimas feridas, vítimas pedestres feridas e sem vítimas, respectivamente. (S) indica o índice de severidade destes acidentes. Extraído de DNIT (2016).

CONSOLIDADO NACIONAL											
Total Nacional	Período Anterior ao Início de Operação					Período Posterior ao Início de Operação					Variação
	Quantidade de Acidentes					Quantidade de Acidentes					
	(F)	(V)	(P)	(D)	(S)	(F)	(V)	(P)	(D)	(S)	
	589	7.477	832	15.549	58.106	359	6.241	568	13.801	46.840	-24,05%

auxiliares de segurança viária, além de serviços relacionados à área de engenharia de trânsito. Este programa está avaliado em cerca de R\$ 4 bilhões, distribuídos em 108 lotes que contemplam 58.048,3 quilômetros de rodovias federais por cinco anos de contrato. Este programa também visa a redução de acidentes e conseqüente aumento na segurança rodoviária (DNIT 2016).

Auditorias para a segurança viária podem ser feitas pelo Tribunal de Contas da União (TCU), órgão independente da execução das rodovias federais. Existem alguns acórdãos neste sentido, exemplo recente é o acórdão nº 275/2017 - Plenário - TCU, que determina ao DNIT que sejam realizadas melhorias nos segmentos críticos de acidentes nas rodovias federais e que o DNIT apresente um plano de ação para sanear algumas fragilidades, como a falta de tratamento prioritário, no momento da aprovação de projetos de duplicação de rodovias e nas fiscalizações, ao problema de inadequação dos elementos geométricos aos parâmetros técnicos, especialmente os definidos no *Manual de Projeto Geométrico de rodovias rurais*, de 1999, do DNIT. (Acórdão nº 275/2016). Cabe ressaltar que o referido acórdão teve enfoque em alguns segmentos concentradores de acidentes em rodovias federais.

Um acórdão mais antigo, mas ainda oportuno, é o Acórdão nº 1365/2003 - Plenário - TCU que avaliou a atuação do DNIT em prol da segurança nas rodovias federais. Este acórdão traz algumas determinações e recomendações ao DNIT, como, por exemplo, a fiscalização de controle de peso veicular, a continuidade de tratativas sobre o exercício de fiscalização dos limites de velocidade nas rodovias federais, apoiar ações de campanhas educativas de trânsito, dotar recursos especificamente para as ações de segurança viária, entre outras. No relato consta que ainda existiam ações, como a duplicação, ou conservação de estradas, que ao lado de desafogar o trânsito ou evitar a deterioração do pavimento também conferem inegavelmente segurança aos viajantes. Também relata que a eliminação de pontos críticos é uma ação de destaque na promoção da segurança e consiste em obras pequenas e pontuais, como a construção de passagens, passarelas, viadutos, rótulas e vias laterais, a colocação de sinalização e o alargamento de pistas.

Assim, percebe-se a importância da realização de Auditorias de Segurança Viária por órgão independente. No entanto, podem ser dados destaques para as auditorias nas rodovias federais específicas para os usuários vulneráveis, incluindo os ciclistas, com objetivo de identificar os pontos críticos e as sugestões de infraestruturas adequadas a serem implementadas. No Brasil já existe um programa com metodologias bem desenvolvidas para análise dos acidentes. Trata-se do programa PARE - Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito, do então Ministério de Transportes (MT, 2002). Em 2002 ainda não eram contemplados os acidentes com bicicletas como categoria nos registros e estatísticas de acidentes do DPRF. Para o caso dos acidentes relacionados ao atropelamento de pedestres, o programa PARE traz recomendações que, em alguns casos, podem servir para os ciclistas (Figura 29). Este programa também traz metodologias para a elaboração de Projetos Conceituais e seleção destes - por análises de Benefício/Custo e viabilidade econômica - para que sejam detalhados em Projetos Executivos para a segurança viária.

Nesse contexto de eliminação dos pontos críticos das rodovias federais, atualmente está sendo proposta a implementação de um novo Programa no DNIT, o Programa para Tratamento de Segmentos Críticos - Segmento mais Seguro (S+S) (DNIT, não publicado). No programa é proposta a realização de uma coleta de dados, identificação de segmentos críticos e uma priorização destes segmentos de acordo com histórico de acidentes, fator de gravidade e relação custo-investimento para o tratamento desses segmentos. Para o tratamento e mitigação dos segmentos críticos são propostas sete diferentes tipos de soluções, a saber: (i) Sinalização Avançada, sinalização educativa, faixas redutoras de velocidade, *traffic calming*, entre outras; (ii) Pedestre + Seguro, plataformas de passagens para pedestres e passarelas em trechos com altos índices de atropelamentos; (iii) Reabilitação Viária, ordenar o fluxo com rotatórias e dispositivos de desnível; (iv) Fluxo Seguro, com separação de pistas e faixas adicionais; (v) Adequação Geométrica, adequação de problemas como de declividade ou curvas muito acentuadas; (vi) Passagem de Fauna, instalação de passa-faunas para evitar acidentes e atropelamento de animais na pista e; (vii) Circulação Segura, com a implantação de ciclovias em trechos com altos índices de acidentes envolvendo ciclistas.

Empreendimentos rodoviários com duplicação e melhoramento de rodovias federais, custam aos cofres públicos uma ordem de R\$ 4 a R\$ 10 milhões de reais por quilômetro, segundo a planilha de custos médios gerenciais do DNIT (DNIT 2017). Outros melhoramentos como passarelas, ou dispositivos como ciclovias, sinalização e iluminação pública têm custos variando, segundo as estimativas médias do Programa S+S, de R\$ 775 mil para sinalização em pista simples a cerca de R\$ 7 milhões para adequação geométrica em pistas duplas, por quilômetro.

Considerando que a maioria das melhorias de segurança tendem a ser em alguns

Tipos de Acidentes	Causas Prováveis	Medidas Corretivas
•Atropelamento	<b>Sinalizações horizontal e vertical</b> precárias ou inexistentes nas travessias de pedestres, sobretudo em áreas de grande movimentação de transeuntes e junto a equipamentos urbanos (hospitais, escolas e outros).	-Implantação ou recuperação da sinalização horizontal e vertical das travessias de pedestres; -Elevação do nível do pavimento nas faixas de pedestres localizadas em áreas centrais e de grande movimentação; e -Implantação de semáforo para pedestres nas travessias onde o desrespeito à sinalização é constante;
	<b>Desrespeito à sinalização</b> das travessias de pedestres.	-Implantação de dispositivos de redução de velocidade, tais como ondulações, sonorizadores no pavimento, tachões colocados transversalmente e lombadas eletrônicas.
	<b>Excesso de velocidade</b> desenvolvida em áreas urbanas, quer pelas características geométricas da via, quer por desrespeito às normas de trânsito.	-Implantação de dispositivos de redução de velocidade, tais como ondulações, sonorizadores no pavimento, tachões colocados transversalmente e lombadas eletrônicas.
	<b>Iluminação noturna</b> precária ou inexistente em áreas de travessia de pedestres.	-Implantação ou reforço da iluminação pública noturna das travessias de pedestres.
	<b>Visibilidade precária</b> para o condutor do veículo e para o pedestre, em vias com curvas verticais côncavas de comprimento inadequado e nas travessias de pedestres.	-Relocação das travessias de pedestres, buscando os locais mais favoráveis à visibilidade dos condutores de veículos e dos pedestres.
	<b>Travessia irregular de pedestres</b> em locais inadequados à visibilidade dos condutores de veículos, tais como: entre veículos estacionados nas laterais da via e junto a pontos de ônibus e táxi.	-Implantação de faixas de pedestres em locais apropriados; -Implantação de dispositivos de controle de travessia irregular dos pedestres tais como: grades, muretas vazadas e ajardinamento de canteiros com arbustos.
<b>Largura excessiva das vias</b> , expondo o pedestre ao risco de atropelamento, associada ao desenvolvimento de altas velocidades.	-Alargamento de calçadas com o avanço dos passeios sobre a via nos locais de travessia de pedestres, para que estes fiquem mais visíveis aos condutores de veículos, encurtando o trecho de travessia; -Implantação de ilhas de refúgio para pedestres, auxiliando o resguardo nas travessias extensas; e -Implantação de dispositivos de redução de velocidade.	

Figura 29 – Causas prováveis e medidas corretivas para os acidentes envolvendo atropelamentos segundo o Programa PARE. Extraído de MT (2002)

segmentos críticos, especialmente em travessias urbanas, podemos inferir que o custo marginal para se implementar dispositivos de segurança aos usuários vulneráveis no momento da execução de obras desse tipo é bastante reduzido. Os benefícios da implantação destas melhorias tornam-se ainda mais evidentes se adicionados, em termos de custos econômicos, os Custos Evitados (CE) com a redução dos acidentes que, como visto neste trabalho e com a metodologia aqui utilizada, são da ordem de R\$ 1,098 milhão por morte evitada e R\$ 368,7 mil e R\$ 9,6 mil por ferido grave e ferido leve evitado, respectivamente.

Outras referências sugerem que os custos de programas ciclovitários dependem da realidade e do tipo de intervenção proposta, podendo variar bastante de acordo com cada tipo da intervenção planejada, podendo o valor médio oscilar entre R\$ 50.000,00 e R\$

200.000,00 por quilômetro (IEMA, 2010). No entanto, como afirma o citado relatório, incluindo infraestruturas complementares como drenagem, melhoria nos passeios, iluminação, pintura da ciclovia (requalificação do espaço urbano) os valores podem chegar à ordem de R\$ 1 milhão por quilômetro como ocorreu em um projeto na cidade do Rio de Janeiro (valores de 2009) (IEMA, 2010).

Vale lembrar que os benefícios do incentivo aos transportes não motorizados não se limitam somente aos Custos Evitados dos acidentes com os ciclistas. Existem muitos trabalhos que ressaltam os benefícios do transporte por bicicletas que vão desde os benefícios privados, com melhoria da própria saúde, diminuição de doenças do coração, bem-estar e qualidade de vida, a inúmeros benefícios sociais, como diminuição da poluição atmosférica e consequentes melhorias no clima e redução de doenças pulmonares, redução de ruídos, redução nos altos índices de doenças coronárias, redução da utilização de derivados de petróleo e etc.

Entre as principais causas de morte, estão as doenças do coração. Conforme Dobbs et al. (2014), a obesidade (que corresponde a cerca de 5% das mortes no mundo e é uma das causas de mortes cardíacas) representa um impacto econômico global na ordem de US\$ 2 trilhões, ou 2,8% do PIB global. Ao comparar com outros países em desenvolvimento, o Brasil apresenta elevados índices de obesidade. De acordo com Litman (2017), o transporte ativo é a forma mais comum da prática de exercícios físicos. Melhorar as possibilidades de se caminhar e pedalar, é frequentemente uma forma funcional para a melhoria da qualidade de vida e saúde pública (LITMAN, 2017).

Não há dúvidas de que, para a promoção do transporte por bicicletas, é necessária a implantação de uma infraestrutura de modo a trazer uma mínima sensação de segurança aos ciclistas (PUCHER; DILL; HANDY, 2010). Segundo Mulvaney et al. (2015), as infraestruturas como as ciclovias ou ciclofaixas, reduzem o medo dos ciclistas, mas ainda não está claro quanto ao seu aumento na segurança e redução de acidentes, principalmente em interseções dessas vias cicláveis com as vias de automóveis, em parte, devido ao aumento no número de ciclistas quando há infraestrutura. Já de acordo com IEMA (2010), em Ubatuba (SP), a implantação da infraestrutura cicloviária reduziu em 88% o número de acidentes envolvendo bicicletas e automóveis, quando eram registradas 25 ocorrências por semana, o número caiu para apenas três. Contudo, em concordância com Handy, Wee e Kroesen (2014) em seu artigo *Promoting Cycling for Transport: Research Needs and Challenges*, há necessidade de pesquisas e desafios identificados para promover a bicicleta como meio de transporte. Estes autores levantam 3 questionamentos principais sobre as pesquisas oportunas sobre o tema:

1. Quão ciclável é a cidade? Quem usa bicicleta, onde, quando e com que propósito?
2. Quais estratégias oferecem maiores garantias para aumentar o transporte por bici-

cleta?

3. Quais são os benefícios para as cidades se elas forem bem sucedidas no incremento do transporte por bicicleta?

Como bem destacam Handy, Wee e Kroesen (2014), as cidades enfrentam dois grandes desafios nos seus esforços para implementar políticas que incentivam o transporte por bicicleta: identificar a maneira *mais efetiva* de utilizar os escassos recursos destinados à promoção da bicicleta e; *justificar* a alocação dos limitados recursos em transportes para promover o transporte não motorizado. Segundo esses autores, investimentos no modal cicloviário pode ser difícil de “vender” em face aos crescentes congestionamentos, danos nas rodovias – que também necessitam ações e financiamento políticos – por exemplo.

Nesse sentido, a OMS apresenta uma ferramenta analítica *Health economic assessment tool (HEAT) for cycling and walking* para auxiliar planejadores na elaboração de análises custo-benefício de projetos e investimentos em melhorias na infraestrutura para pedestres e ciclistas <sup>1</sup> (RUTTER et al., 2013). De acordo com estes autores, esta ferramenta vem sendo aplicada no planejamento, condução e avaliação de infraestruturas para pedestres e ciclistas em diversos países, como Nova Zelândia, República Tcheca, Escócia, Áustria e adotada pelo Departamento de Transportes da Inglaterra e Gales e pela Administração Rodoviária da Suécia. Segundo Rutter et al. (2013), em uma análise considerada conservadora realizada em Copenhague, em um dado ano, ciclistas são 28% menos suscetíveis à morte por qualquer causa do que os não-ciclistas. Em suma, estes autores concluem que:

A magnitude dos benefícios para a saúde da atividade física regular é tão grande que incorporá-los adequadamente na avaliação dos transportes pode ter um grande impacto sobre a relação benefício-custo e, portanto, fornecer um suporte econômico para investimentos para pedestres e ciclistas. (RUTTER et al., 2013, p. 91)

Alguns cientistas vêm desenvolvendo análises no âmbito da economia do meio ambiente para auxiliar nas tomadas de decisão e incrementar nos argumentos em favor de outros modais de transporte. Gössling e Choi (2015) realizaram uma Análise Custo-Benefício comparando os custos de carros e bicicletas. A Tabela 13 resume os seus resultados encontrados.

Como pode ser visto em seus resultados, no caso de Copenhague, o custo médio para cada quilômetro dirigido em um carro é mais do que seis vezes maior do que os custos para um quilômetro realizado em uma bicicleta. Percebe-se também que o transporte por modal cicloviário, além de ser benéfico para os indivíduos em questão de saúde e expectativa de vida, são benéficos para o resto da sociedade, diferente dos carros que

<sup>1</sup> HEAT, disponível em <http://www.heatwalkingcycling.org/>, acessado em 21/08/2017

Tabela 13 – Custos médios por quilômetro por carro/bicicleta. Modificado de Gössling e Choi (2015).

	Custo médio por quilômetro por bicicleta/carro, resumo de 2008 (Euros)							
	Bicicleta (16km/h)			Carro (50km/h)				Total
	Privado	Social	Total	Privado	Social	Duties	Total	
Custos de tempo (Tempo de viagem)	0,672	0	0,672	0,215	0	0	0,215	
Custos de operação do veículo	0,044	0	0,044	0,296	0	-0,159	0,137	
Prolongamento da vida	-0,358	0,008	-0,348	0	0	0	0	
Saúde	-0,149	-0,242	-0,391	0	0	0	0	
Acidentes	0,034	0,073	0,105	0	0,030	0	0,030	
Percepção de segurança	+(?)	0	+(?)	?	?	0	?	
Desconforto	?	0	+(?)	?	?	0	?	
Branding/Turismo	0	-0,003	-0,003	?	?	0	?	
Poluição do ar	0	0	0	0	0,004	0	0,004	
Mudanças climáticas	0	0	0	0	0,005	0	0,005	
Ruídos	0	0	0	0	0,048	0	0,048	
Deterioração da rodovia	0	0	0	0	0,001	0	0,001	
Engarrafamentos	0	0	0	0	0,062	0	0,062	
Total	0,243	-0,164	0,081	0,511	0,152	-0,159	0,503	

Nota: A ocupação dos carros foi considerada em 1,54 pessoas por carro (DTU Transport and COWI, 2010): valores externos para carros são relatados para carros à gasolina na cidade e fora das horas de pico. Os benefícios para a saúde do transporte por bicicleta são divididos em benefícios privados e sociais, presume-se que 50% do ganho é consumo próprio e, assim, internalizado. O resto são impostos, etc. Nos casos em que os preços unitários ainda não puderam ser estimados, a tabela contém marcas (?). Sinais positivos indicam onde estes possam implicar em custo.  
Tabela extraída de Gössling & Choi (2015).

incorrem em altos custos sociais e também privados. Segundo Palmer et al. (2015), os benefícios na economia australiana chegam a ser mais de AUS\$ 21 cada vez que uma pessoa pedala 20 por minutos de ida e volta ao trabalho, de acordo com um comunicado de política divulgado pelo vice-primeiro-ministro australiano em julho de 2013.

Como pode-se perceber, muitas das políticas para o incentivo ao uso da bicicleta e melhorias na mobilidade urbana estão associadas com políticas para redução do uso dos automóveis e dos seus poluentes gerados. Desestímulo ao uso de veículos automotores não é uma política que vai de encontro ao objetivo intrínseco das rodovias federais. No entanto, em travessias urbanas, especialmente em rodovias que cruzam as cidades – áreas residenciais e comerciais – pode ser desestimulado o uso dos veículos motorizados particulares que usam estas travessias urbanas para o transporte pendular dentro da própria cidade. Isso pode acarretar em redução considerável nos tempos gastos com congestionamentos, aumentando ainda mais o benefício do estímulo ao uso dos transportes alternativos não motorizados.

Pucher, Dill e Handy (2010) fizeram uma extensa revisão bibliográfica internacional contemplando 139 artigos de periódicos, além de relatórios governamentais e não-governamentais não publicadas em periódicos, para avaliar medidas diretas de políticas e seus efetivos impactos no aumento do número de usuários de bicicleta como meio de transporte. Entre as políticas diretas estes autores as classificaram em (i) infraestruturas relacionadas ao transporte por bicicletas; (ii) infraestruturas relacionadas aos locais de destino e integração com o trânsito e outros modais; (iii) Programas de incentivo e educacionais; (iv) Promoção do acesso à bicicleta; (v) Questões legais, bem como uma revisão de estudos de caso de cidades que implementaram (vi) Pacotes de medidas integradoras. Apesar de não estarem inclusas as medidas políticas para a redução e restrição do uso

de automóveis, os autores reconhecem que estas medidas como: pedágios urbanos, tarifas sobre gasolina e estacionamentos públicos; provavelmente influenciam indiretamente no aumento do uso de bicicletas como meio de transporte.

Pucher, Dill e Handy (2010, p. S117), chegaram à seguinte conclusão:

A mais importante mensagem [dos estudos de caso] é que algumas cidades, mesmo grandes cidades, tiveram os seus níveis de usuários de bicicletas ampliados significativamente concomitantemente com aumento da segurança providenciada aos ciclistas.(PUCHER; DILL; HANDY, 2010, p. S117)

Estes autores citam os exemplos de Paris, que mais do que dobrou a relação de usuários de bicicleta como meio de transporte em seis anos (de 1% em 2001 para 2,5% em 2007); Berlim, que passou de 5% da relação de ciclistas em 1970 para 10% em 2001 - com uma significativa redução de acidentes graves de 38% entre 1992 e 2006; Bogotá (de 0,8% em 1995 para 3,2% em 2006); e Amsterdam e Copenhagen, que passaram dos já elevados índices de usuários de bicicleta como meio de transporte de 25% em 1970 para 37% em 2005 e 25% em 1970 para 37% em 2003, respectivamente. Portland aumentou mais de 600% o uso do modal cicloviário, entre 1990 e 2008, quando passou de 1,1% para 6% de trabalhadores se transportando de bicicleta.

Trazendo a discussão para o âmbito deste trabalho, percebe-se que muitas ferramentas e referências estão relacionadas à implantação e manejo da segurança de ciclistas no âmbito da municipalidade. No Brasil, o Ministério das Cidades é o responsável por fomentar e incentivar a mobilidade urbana, enquanto o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil gere as rodovias federais. A implementação de projetos e infraestruturas apropriados à segurança de ciclistas em rodovias federais, incluindo as travessias urbanas, parecem estar ocupando uma lacuna nas políticas públicas das pastas sobre o tema.

Como visto no decorrer desta pesquisa, há evidências de que benefícios e incentivos em uma política voltada aos transportes alternativos em travessias urbanas podem trazer benefícios em outros setores. Por estes fatores, é bastante válido que haja políticas públicas conjuntas entre Ministério de Transportes, Portos e Aviação Civil, Ministério das Cidades, bem como o Ministério da Saúde, de modo a aumentar a segurança dos usuários das rodovias federais no âmbito das travessias urbanas. Aumentando as opções de modais de transportes para os usuários diários das rodovias federais nestes trechos urbanos, também reduz a quantidade de automóveis nesses trechos e, conseqüentemente, os custos com tempo gasto em congestionamento para aqueles que utilizam a rodovia como transporte intermunicipal/estadual efetivamente. Estudos mais recentes de disposição a pagar e valores da vida estatística estão incluindo o valor do *tempo* aos usuários do trânsito e suas conclusões relatam que o valor do tempo e os custos com congestionamento são consideráveis no total dos VVE.

O DNIT, por meio do IPR pode realizar instruções normativas identificando que melhorias devem ser feitas em projetos rodoviários que garantam a segurança dos usuários vulneráveis das rodovias. O IPR também pode realizar estudos para conhecer os pontos críticos que demandam intervenção prioritária, conforme demandado pelo TCU no citado acórdão. Projetos rodoviários continuam sendo elaborados atualmente. Os analistas desses projetos necessitam orientações técnicas e de engenharia de tráfego que revejam esses conceitos e implementem as melhorias proporcionando plena segurança para todos os usuários da via e não somente aos motoristas e passageiros dos veículos motorizados. Vale ressaltar que já existem alguns manuais deste Instituto de Pesquisas Rodoviárias que tratam desse assunto, como o *Manual de projeto geométrico de travessias urbanas* e o *Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo*, bem como Normas Técnicas para obras complementares para segurança viária, como especificações de serviço para sinalização horizontal e barreiras de concreto, por exemplo (IPR, 1998 e IPR, 2010b).

Na seara do licenciamento ambiental das rodovias federais muito pouco é tratado sobre a segurança viária. Entre os 21 programas comumente presentes no Plano Básico Ambiental das rodovias, constante em praticamente todos os procedimentos de licenciamento ambiental de instalação para as rodovias em obras (implantação, melhorias, ampliação de capacidade) (PIMENTA et al., 2014), pouco consta sobre a segurança de usuários vulneráveis das rodovias. Entre os poucos exemplos de ciclovias solicitadas por licenciamento ambiental temos as obras existentes na BR-101/SC, na região de Laguna <sup>2</sup> e outro decorrente de um Plano Básico Ambiental Indígena para as obras da BR-280/SC.

Quando se trata de licenciamento de operação das rodovias, ou seja, das rodovias já construídas, pode-se utilizar como referência as rodovias em operação que estão contempladas pelo PROFAS - Programa de Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis, que trata de regularização ambiental de todas as rodovias federais, concedidas e delegadas, em operação. Assim, nessas rodovias sob licenciamento de operação pouco se vê sobre implementação de medidas de segurança aos ciclistas.

Em relação às rodovias concedidas, foi realizada uma “Tomada de Subsídios” pela Agência Nacional dos Transportes Terrestres (ANTT) em 2015, quando foi aberto período para contribuições para a construção do conhecimento sobre definição de Elementos de Projeto Básico para Novas Outorgas de Rodovias Federais. Vale a transcrição de parte do relatório:

É interessante destacar que (...), 54% das contribuições foram realizadas por usuários das rodovias e destes, 92% correspondem a ciclistas. Outro ponto interessante é que das contribuições realizadas por entidades representantes dos usuários dos serviços de transporte, 75% correspondem a Organizações não governamentais relacionadas ao ciclismo.

<sup>2</sup> <http://www.dnit.gov.br/noticias/com-duplicacao-da-br-101-dnit-constroi-ciclovias-em-laguna-sc>

(...) Destaca-se que ciclistas (usuários do serviço de transporte) e entidades que os representam solicitaram, em resumo, que fosse observada nos próximos projetos de outorga a necessidade de inclusão de ciclovias ao longo do trecho concedido. (ANTT Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2015, p. 2-3)

Entre as Organizações Não-Governamentais (ONGs), Rodas da Paz, União de Ciclistas do Brasil e Audax Clube do Planalto solicitam à ANTT a inclusão de infraestruturas cicloviárias na ocasião de revisão de concessões ou em novas concessões previstas. Há também queixa de casos de impedimento do acesso de ciclistas pelas concessionárias de algumas rodovias federais. Apesar da afirmação do relatório de que “as contribuições realizadas pelos diversos atores neste processo de participação e controle social serão cuidadosamente analisadas pelos setores competentes desta Agência com o intuito de avaliar a sua oportunidade e conveniência” (ANTT Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2015, p. 4), a título de exemplo, em uma simples busca pelas palavras “bicicleta”, ou “ciclovias” em todo o sítio eletrônico institucional da Agência, não há um único resultado, havendo apenas um resultado para “ciclista” em um comunicado oficial de que os motoristas devem atentar para evitar atropelamentos de pedestres e ciclistas naquele feriado<sup>3</sup>.

Para as rodovias constantes no PROFAS, são inicialmente propostos alguns programas, conforme o artigo 11 da Portaria Interministerial entre Ministério do Meio Ambiente e Ministério dos Transportes nº 289/2013:

Art. 11. O RCA será composto por um diagnóstico, pelo levantamento do passivo ambiental rodoviário e pelos seguintes programas, quando couber:

I - Programa de Prevenção, Monitoramento e Controle de Processos Erosivos;

II - Programa de Monitoramento de Atropelamento de Fauna;

III - Programa de Recuperação de Áreas Degradadas;

IV - Programa de Mitigação dos Passivos Ambientais;

V - Programa de Educação Ambiental;

VI - Programa de Comunicação Social; e

VII - Programa de Gestão Ambiental, incluindo gerenciamento de riscos e de gestão de emergência.

Parágrafo único. O IBAMA, em decisão motivada, poderá alterar os programas componentes do RCA, se as peculiaridades locais assim o exigirem.

Entre os programas inicialmente propostos consta monitoramento de atropelamento de fauna, de modo que sejam feitas melhorias em passagens de fauna conforme forem sendo identificados locais concentradores de acidentes, os chamados *hot spots* de atropelamento

<sup>3</sup> Pesquisa realizada no campo de busca do portal do sítio eletrônico [www.antt.gov.br](http://www.antt.gov.br), em 30/08/2017

de fauna. No entanto, também no licenciamento de operação não estão contemplados programas para monitoramentos de acidentes e colisões com os usuários vulneráveis das rodovias - pedestres, ciclistas e motociclistas - de modo a garantir a segurança destes, ou seja, a parte social do tripé da sustentabilidade do desenvolvimento.

## 5.1 Aplicação dos resultados e recomendações para estudos futuros

Conforme ressaltado no decorrer desta dissertação, apesar das diversas limitações da pesquisa existentes, alguns resultados podem ser utilizados como referência básica na estimativa de custos de acidentes e uma parcela de benefícios de projetos de infraestrutura cicloviária em rodovias federais, por meio dos custos evitados de acidentes. No entanto, ressalta-se que nesta pesquisa não foram abordados os conceitos de índices de severidade de segmentos críticos (ou UPS - Unidade Padrão de Severidade), em que são determinados pesos 1, 5 e 13, para os acidentes sem vítimas, com vítimas e acidentes fatais, conforme são indicados em algumas referências, como Gold (1998), Ministério dos Transportes (2002) e DNIT, UFSC (2009). Os acidentes foram tratados em termos de números de vítimas acidentadas, a gravidade do estado físico das vítimas e os seus respectivos custos econômicos para a sociedade.

Neste sentido, os passos seguintes demonstram uma aplicação dos resultados desta pesquisa para a rodovia BR-101/ES, na área urbana do município de Serra/ES, um dos municípios em que mais ocorrem acidentes com ciclistas em uma rodovia federal no Brasil.

Inicialmente, com os dados estatísticos do DPRF de acidentes *por pessoa* são aplicados filtros para selecionar aqueles acidentes em que o tipo de veículo envolvido eram bicicletas e, posteriormente, uma seleção dos acidentes que ocorreram no município ou trecho em análise por estado físico da vítima (é possível aplicar tabelas dinâmicas para uma seleção direcionada). No caso do município de Serra/ES, foram identificadas 39 vítimas, para 2016, sendo 21 feridos graves, 14 feridos leves, 2 ilesos e 1 morto. Também ocorre a presença de 1 “ignorado”, que será considerado como mais 1 vítima ileso na falta de maiores informações. Assim, para aquele trecho urbano de Serra/ES, foram multiplicados estes valores pelas frações de Valor da Vida Estatística identificadas nesta pesquisa e expostas na Tabela 8, bem como o valor de R\$ 1.098,16 para as vítimas ilesas e os registros ignorados. Aplicando-se esta análise para uma série de cinco anos, temos uma demonstração dos custos estimados para os acidentes com os ciclistas no trecho em comento, a qual está apresentada na tabela 14.

Vale lembrar que esta estimativa serve como base de referência, mas possui suas limitações conforme exposto na seção 4.3, podendo os registros serem subdimensionados pelo DPRF com muitos acidentes sequer comunicados àquele departamento e os custos propostos aqui não serem representativos do Valor da Vida Estatística para a região e

sociedade analisada.

Tabela 14 – Quantidade de registros de vítimas acidentadas com bicicletas na rodovia BR-101/ES, na área do município de Serra/ES e seus respectivos custos estimados para cada estado físico das vítimas, entre 2012 e 2016. Elaborada pelo autor.

	Ano	Ferido Grave	Ferido Leve	Ignorado	Ileso	Morto	Total Resultado
Quantidade de acidentes	2016	21	14	1	2	1	39
	2015	14	15	1	2	0	32
	2014	12	15	0	1	1	29
	2013	13	13	2	1	1	30
	2012	9	10	2	2	4	27
	Ano	Ferido Grave	Ferido Leve	Ignorado	Ileso	Morto	Total Resultado
Custos estimados por fração de VVE	2016	R\$ 7.744.748,13	R\$ 134.524,18	R\$ 1.098,16	R\$ 2.196,32	R\$ 1.098.156,43	<b>R\$ 8.980.723,22</b>
	2015	R\$ 5.163.165,42	R\$ 144.133,05	R\$ 1.098,16	R\$ 2.196,32	R\$ 0,00	<b>R\$ 5.310.592,95</b>
	2014	R\$ 4.425.570,36	R\$ 144.133,05	R\$ 0,00	R\$ 1.098,16	R\$ 1.098.156,43	<b>R\$ 5.668.958,00</b>
	2013	R\$ 4.794.367,89	R\$ 124.915,31	R\$ 2.196,32	R\$ 1.098,16	R\$ 1.098.156,43	<b>R\$ 6.020.734,11</b>
	2012	R\$ 3.319.177,77	R\$ 96.088,70	R\$ 2.196,32	R\$ 2.196,32	R\$ 4.392.625,72	<b>R\$ 7.812.284,83</b>
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 25.447.029,57</b>	<b>R\$ 643.794,29</b>	<b>R\$ 6.588,96</b>	<b>R\$ 8.785,28</b>	<b>R\$ 7.687.095,01</b>	<b>R\$ 33.793.293,11</b>

Os valores médios são de 31,4 vítimas e R\$ 6.758.658,62 por ano

De acordo com os resultados da Tabela 14, um possível projeto de infraestrutura cicloviária auxiliaria na redução dos valores médios de aproximadamente R\$ 6,76 milhões por ano decorrente da redução de acidentes com ciclistas neste trecho rodoviário. Com o auxílio do Visualizador VGeo do DNIT, é possível estimar que o trecho urbano do município de Serra/ES que demanda intervenções para a redução de acidentes com ciclistas é de aproximadamente 4,8 quilômetros de pista duplicada e 16,4 quilômetros de pista simples. Isto compreende um total de 21,2 quilômetros de rodovia que atravessa uma área urbana com elevados índices de acidentes com ciclistas.

Com estes custos estimados, tem-se alguma referência para a estimativa dos benefícios em virtude dos custos evitados de futuros acidentes para projetos de infraestrutura cicloviária, bem como para realizar uma comparação com os custos da aplicação do projeto em si. Cabe destacar que, ao aplicar uma análise custo benefício para o futuro (*ex ante*), estão envolvidas taxas de desconto do projeto, manutenção da infraestrutura, bem como os custos evitados de outros possíveis acidentes associados e outros benefícios, como melhorias no fluxo das rodovias, por exemplo. Destaca-se que os benefícios de projetos de infraestrutura cicloviária vão muito além dos custos evitados com acidentes somente, conforme exposto no presente capítulo.

Com este trabalho é possível perceber que há demandas para pesquisas nesta área de estudo no Brasil, de modo a aperfeiçoar as análises de custos e benefícios de projetos de melhorias na segurança rodoviária, em especial a infraestrutura cicloviária e segurança de todos os usuários vulneráveis das rodovias. Neste sentido, seguem algumas sugestões para novos estudos com este tema.

- Há demanda por estimativas de disposição à pagar para a redução do risco de morte por acidentes de trânsito. Como visto, o Valor da Vida Estatística pode apresentar alterações conforme a localização, qualidade de vida e forma de locomoção e aspectos culturais da sociedade pesquisada. Também há demanda por estimativas do VVE dos usuários vulneráveis das rodovias, que são muito pouco contemplados nestas pesquisas.
- Os cálculos de custos e as metodologias propostas pelos Institutos de Pesquisa utilizados neste trabalho podem ser atualizados e revisados, bem como direcionados para os acidentes com ciclistas, especificamente.
- Analisar os custos das melhorias de segurança voltada aos ciclistas, como a implantação de sinalização adequada, iluminação pública, radares e infraestrutura cicloviária e os benefícios da redução dos acidentes, comparando-os com os custos dos acidentes aqui propostos ou atualizados. Analisar também o custo marginal desse aumento na segurança em relação à construção e melhorias nas rodovias propriamente ditas.
- Neste trabalho não foi abordado sobre os efeitos da regulação, fiscalização e penalização dos usuários de bicicleta como transporte. Sabe-se que há maior regulamentação dos outros modais de transporte, bem como aplicação de penalização e multas para os ciclistas em países desenvolvidos, o que não ocorre no Brasil. Uma pesquisa sobre os efeitos da regulamentação do transporte por bicicleta também é apropriada.
- Este trabalho está voltado às rodovias federais. Nas rodovias estaduais e municipais também podem ser realizados trabalhos focados em quantificar os custos e caracterizar os acidentes com ciclistas nos estados e municípios, os quais podem ser trabalhados com dados provenientes das instituições locais de trânsito, fiscalização e execução de rodovias, bem como de registros de hospitais da região.
- Há necessidade de caracterização e quantificação de custos voltados aos pedestres vítimas de acidentes de trânsito, que também envolvem quantidades significativas de acidentes fatais e graves para cada 100 acidentes, e números, em termos absolutos ainda maiores do que os registrados para os ciclistas.

## 6 Conclusões

Por meio da metodologia utilizada, das fontes de dados e das referências trabalhadas nesta pesquisa, podemos chegar às seguintes conclusões.

Vêm ocorrendo uma redução dos acidentes com ciclistas em rodovias federais nos últimos dez anos, especialmente a partir de 2010. No entanto, em termos relativos, os acidentes com ciclistas continuam apresentando alta severidade no que tange aos danos causados aos ciclistas.

Acidentes com ciclistas em rodovias federais ocorrem, em sua maioria, em áreas urbanas. Pistas duplicadas em áreas urbanas apresentaram, em 2014, tantas colisões com ciclistas quanto em áreas urbanas com pistas simples. Isto pode evidenciar um tratamento inadequado à segurança dos usuários vulneráveis da rodovia (pedestres, ciclistas e motociclistas) no planejamento da duplicação e melhoramento de pista. As áreas rurais, apesar de terem sido registrados menos acidentes com ciclistas em sua totalidade, apresentaram tantas vítimas fatais quanto em áreas urbanas. Isso provavelmente decorre de colisões com ciclistas em alta velocidade nestes locais.

O trabalho com os dados evidenciou que vem reduzindo os trechos rodoviários nos estados da federação que concentram mais de 40 colisões com bicicletas, sendo as rodovias que continuam registrando elevados índices são, na ordem, BR 101/SC, 316/PA, 101/ES, 277/PR e 101/RJ. Os resultados mostram o destaque negativo que tem a BR 101 no registro de acidentes com ciclistas. Quanto aos municípios que apresentaram altos índices de ciclistas acidentados (tabela 4), Campo dos Goytacases/RJ, Serra/ES, Governador Valadares/MG, Paranaguá/PR e Curitiba/PR, foram os cinco que apresentaram os maiores índices em 2016, com 45, 39, 34, 27 e 26 vítimas, respectivamente. Nesse sentido, o Programa Nacional de Controle de Velocidade (PNCV) aparenta ter sido o programa aplicado às rodovias federais com efetiva redução dos acidentes, inclusive aqueles com os ciclistas.

Em concordância com a literatura sobre o tema, o perfil das vítimas ciclistas observado é de maioria homens, em idade produtiva e de baixa escolaridade e renda, o que evidencia a falta de infraestrutura que promove uma segurança para os ciclistas, quando os usuários são aqueles que não tem opções financeiras e são mais predispostos ao risco. Assim, evidencia-se um problema de equidade social e de gênero da política de transportes especialmente para com os trabalhadores ciclistas. As principais causas dos acidentes com ciclistas registradas pelo DPRF foram “falta de atenção”, “outras” e “ingestão de álcool”. Os acidentes ocorreram predominantemente de quinta à sábado, sendo terça-feira o dia com menos registros. Em relação à hora do dia, a prevalência é entre as 17 e 22 horas, com um pico também entre as 7 e 8 horas.

Com relação aos custos dos acidentes com os ciclistas, estimou-se, por meio de dados obtidos em referências, os custos dos acidentes com ciclistas em rodovias federais ocorridos em 2016. As abordagens utilizadas foram do Capital Humano e Valor da Vida Estatística. Os custos também foram corrigidos segundo índices de correção dos subregistros dos dados oficiais, de modo a expor os potenciais custos omitidos. Os resultados foram da ordem de R\$ 400 milhões segundo o método de Capital Humano, R\$ 600 milhões pelo VVE e R\$ 1 bilhão e 700 milhões pelo VVE com número de vítimas corrigido e em valores de dezembro de 2016. Os custos de referência utilizados neste trabalho podem servir de referência para análises de projetos em melhorias na segurança viária para os ciclistas, na falta de outras referências mais apropriadas e específicas para o local do estudo.

Por fim, esta pesquisa evidencia que existe um problema de acidentes com ciclistas nas rodovias federais que, apesar de não serem tão numerosos como outras categorias, são de alta severidade e resultam em elevados custos sociais. Também evidencia que os custos destes acidentes para a sociedade são expressivos, necessitando a ocorrência de políticas públicas e ações concretas, com maior atenção às medidas de segurança em projetos rodoviários a serem realizados e ao gerenciamento adequado do problema em rodovias existentes.

## Referências

- AERTSENS, J. et al. Commuting by bike in Belgium, the costs of minor accidents. *Accident Analysis and Prevention*, Elsevier Ltd, v. 42, n. 6, p. 2149–2157, 2010. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.07.008>>. Citado 4 vezes nas páginas 81, 83, 84 e 85.
- ANTT Agência Nacional de Transportes Terrestres. *Relatório simplificado da Tomada de Subsídio n. 001/2015*. Brasília/DF, 2015. 63 p. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/relatorio{ }simplificado{ }ts0012015.pdf>>. Citado na página 103.
- BACCHIERI, G. et al. Cycling to work in Brazil: Users profile, risk behaviors, and traffic accident occurrence. *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, n. 4, p. 1025–1030, 2010. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2009.12.009>>. Citado na página 72.
- BACCHIERI, G.; GIGANTE, D. P.; ASSUNÇÃO, M. C. Determinantes e padrões de utilização da bicicleta e acidentes de trânsito sofridos por ciclistas trabalhadores da cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 21, n. 5, p. 1499–1508, oct 2005. ISSN 0102-311X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2005000500023>>. Citado 4 vezes nas páginas 17, 68, 70 e 74.
- BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, Elsevier, v. 15, n. 2, p. 73–80, mar 2008. ISSN 0967070X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>>. Citado 5 vezes nas páginas 19, 27, 29, 30 e 89.
- BARCZAK, R.; DUARTE, F. Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 1997, n. Janeiro/Junho, p. 13–32, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S2175-33692012000100002>>. Citado na página 90.
- BICKEL, P. et al. *HEATCO Deliverable 5 Proposal for Harmonised Guidelines*. [S.l.], 2006. 193 p. Disponível em: <<http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/HEATCO{ }D5{ }summary.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 83 e 85.
- BOTTESINI, G. *Influência de medidas de segurança de trânsito no comportamento dos motoristas*. 111 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/25069>>. Citado na página 93.
- Comissão Européia. *Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento*. [S.l.], 2003. 155 p. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/regional{ }policy/sources/docgener/guides/cost/guide02{ }pt.pdf>>. Citado na página 35.
- DALBEM, M. C.; BRANDÃO, L.; MACEDO-SOARES, T. D. L. v. A. de. Avaliação econômica de projetos de transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil. *Revista de Administração Pública*, v. 44, n. 1, p. 87–117, 2010. ISSN 00347612. Disponível

em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v44n1/v44n1a05.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 39.

DEAKIN, E. Sustainable Development and Sustainable Transportation: Strategies for Economic Prosperity , Environmental Quality , and Equity. 2001. Citado na página 28.

DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *DNIT. Relatório de gestão do exercício de 2015*. Brasília, Brasil, 2016. 961 p. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/acesso-a-informacao/relatorio-de-gestao>>. Citado 3 vezes nas páginas 20, 94 e 95.

DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Custos médios gerenciais*. Brasília, Brasil, 2017. 3 p. Disponível em: <<https://189.9.128.64/custos-e-pagamentos/custo-medio-gerencial/ANEXOIXCUSTOMDIOGERENCIALNOVEMBRO2016.pdf>>. Citado na página 96.

DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes; UFSC Universidade Federal de Santa Catarina. *Elaboração de ações preventivas e corretivas de segurança rodoviária, por meio de identificação e mapeamento dos segmentos críticos da malha viária do DNIT. Produto I - Metodologia para identificação de segmentos críticos*. [S.l.], 2009. 68 p. Disponível em: <<https://189.9.128.64/rodovias/operacoes-rodoviaras/convenios-com-a-ufsc/do1282nea-fase-1-produto-1.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 94 e 104.

DOBBS, R. et al. Overcoming obesity : An initial economic analysis. *McKinsey Global Institute*, n. November, p. 120, 2014. Citado na página 98.

DOT U.S. Department of Transportation. *Guidance on Treatment of the Economic Value of a Statistical Life (VSL) in U.S. Department of Transportation Analyses - 2016 Adjustment*. Washington, D.C.: [s.n.], 2016. 13 p. Disponível em: <<https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/2016RevisedValueofaStatisticalLifeGuidance.pdf>>. Citado na página 79.

EPA US Environmental Protection Agency. *Mortality Risk Valuation Estimates*. 2017. Disponível em: <<https://www.epa.gov/environmental-economics/mortality-risk-valuation>>. Citado na página 39.

FAA Federal Aviation Administration. *Economic values for FAA investment and regulatory decisions: A guide. Final report*. [S.l.], 2016. 2-1-2-3 p. Disponível em: <<https://www.faa.gov/regulations{ }policies/policy{ }guidance/benefit{ }cost/>>. Citado na página 81.

FHWA Federal Highway Administration. *Highway Safety Improvement Program (HSIP) Manual*. [S.l.], 2010. Disponível em: <<https://safety.fhwa.dot.gov/hsip/resources/fhwas09029/sec4.cfm>>. Citado 6 vezes nas páginas 19, 20, 80, 81, 82 e 87.

FIELD, B. C.; FIELD., M. K. *Introdução à Economia do Meio Ambiente*. 6. ed. [S.l.]: bookman, 2014. 383 p. ISBN 9788580553253. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 92.

GOLD, P. A. *Segurança de trânsito: Aplicações de engenharia para reduzir acidentes*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desenvolvimento, 1998. 230 p. Citado na página 104.

GOMIDE, A. d. Á. Agenda governamental e o processo de Políticas Públicas: O projeto de diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. 2008. Citado na página 89.

GÖSSLING, S.; CHOI, A. S. Transport transitions in Copenhagen: Comparing the cost of cars and bicycles. *Ecological Economics*, Elsevier B.V., v. 113, p. 106–113, may 2015. ISSN 09218009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.006>>. Citado 4 vezes nas páginas 20, 28, 99 e 100.

HANDY, S.; WEE, B. van; KROESEN, M. Promoting Cycling for Transport: Research Needs and Challenges. *Transport Reviews*, v. 34, n. 1, p. 4–24, 2014. ISSN 0144-1647. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2013.860204>>. Citado 2 vezes nas páginas 98 e 99.

HANLEY, N.; SHOGREN, J.; WHITE, B. *Introduction to environmental economics*. [S.l.]: Oxford University Press, 2013. Citado na página 28.

IEMA Instituto de Energia e Meio Ambiente. *A bicicleta e as cidades: Como inserir a bicicleta na política de mobilidade urbana*. [s.n.], 2010. 87 p. ISBN 978-85-63187-02-4. Disponível em: <[www.energiameioambiente.org.br](http://www.energiameioambiente.org.br)>. Citado na página 98.

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: Caracterização, tendências e custos para a sociedade*. Brasília, Brasil, 2015. 42 p. 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 34, 35, 44, 49, 86 e 93.

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; DENATRAN; ANTP. *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras*. [S.l.], 2006. 80 p. Citado 14 vezes nas páginas 19, 20, 40, 41, 42, 44, 45, 77, 78, 82, 84, 85, 86 e 87.

IPR Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo*. Rio de Janeiro, 1998. 140 p. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/703{}\\_guia{}\\_de{}\\_reducao{}\\_de{}\\_acidentes.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/703{}_guia{}_de{}_reducao{}_de{}_acidentes.pdf)>. Citado na página 102.

IPR Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Custos de acidentes de trânsito nas rodovias federais: sumário executivo*. Rio de Janeiro, 2004. 33 p. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/733{}\\_custos{}\\_acidentes{}\\_sumario{}\\_executivo.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/733{}_custos{}_acidentes{}_sumario{}_executivo.pdf)>. Citado na página 84.

IPR Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Serviços de consultoria para assessoria técnica na área de custos de acidentes - Relatório Final*. [S.l.], 2004. 179 p. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/custos{}\\_de{}\\_acidentes{}\\_relatorio{}\\_final.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/custos{}_de{}_acidentes{}_relatorio{}_final.pdf)>. Citado 8 vezes nas páginas 19, 20, 44, 45, 46, 78, 82 e 87.

IPR Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Equipamentos redutores de velocidade e seu efeito sobre os acidentes nas rodovias federais*. Rio de Janeiro, 2010. 30 p. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/735{}\\_redutores{}\\_velocidade.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/735{}_redutores{}_velocidade.pdf)>. Citado 2 vezes nas páginas 52 e 53.

- IPR Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de projeto geométrico de travessias urbanas*. Rio de Janeiro, 2010. 392 p. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/740{}\\_manual{}\\_projetos{}\\_geometricos{}\\_travessias{}\\_urbanas.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/740{}_manual{}_projetos{}_geometricos{}_travessias{}_urbanas.pdf)>. Citado na página 102.
- JABLONSKI, S.; FILET, M. Coastal management in Brazil – A political riddle. *Ocean & Coastal Management*, v. 51, p. 536–543, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2008.06.008>>. Citado na página 66.
- JACOBS, G. D. Costing road accidents in developing Countries. In: *Eighth REAAA Conference*. Taipei: [s.n.], 1995. p. 17–21. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ed7e/f1f9b200ab3cfc7ca98425448c0f01aaca4b.pdf>>. Citado 5 vezes nas páginas 35, 36, 37, 38 e 39.
- KIM, J.-K. et al. Bicyclist injury severities in bicycle–motor vehicle accidents. *Accident Analysis & Prevention*, v. 39, n. 2, p. 238–251, mar 2007. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.07.002>>. Citado 4 vezes nas páginas 17, 51, 72 e 75.
- LAZARUS, R. J. Pursuing "Environmental Justice": The Distributional Effects of Environmental Protection. *Northwestern University Law Review*, v. 87, n. 3, p. 787–857, 1993. Disponível em: <<http://scholarship.law.georgetown.edu/facpub/154{%}0A87>>. Citado na página 92.
- LITMAN, T.; BURWELL, D. Issues in sustainable transportation. *International Journal of Global Environmental Issues*, v. 6, n. 4, p. 331, 2006. ISSN 1466-6650. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1504/IJGENVI.2006.010889>>. Citado na página 27.
- LITMAN, T. A. *Economic Value of Walkability*. Victoria, 2017. 31 p. Disponível em: <<http://www.vtpi.org/walkability.pdf>>. Citado na página 98.
- LUSK, A. C. et al. Bicycle Guidelines and Crash Rates on Cycle Tracks in the United States. *American Journal of Public Health*, v. 103, n. 7, p. 1240–1248, jul 2013. ISSN 0090-0036. Disponível em: <<http://ajph.aphapublications.org/doi/abs/10.2105/AJPH.2012.301043>>. Citado na página 70.
- MARKANDYA, A. Chapter 26 Environmental implications of non-environmental policies. In: *Handbook of Environmental Economics*. Elsevier, 2005, (Handbook of Environmental Economics, v. 3). p. 1353–1401. ISBN 9780444511461. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574009905030263>>. Citado na página 89.
- MAYERES, I. Taxes and Transport Externalities. *SSRN Electronic Journal*, n. 11, p. 19, 2003. ISSN 1556-5068. Disponível em: <<http://www.ssrn.com/abstract=461536>>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 36.
- MCidades Ministério das Cidades. *Coleção Bicicleta Brasil: Caderno de Referência para elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades*. Brasília/DF, 2007. 232 p. Disponível em: <<https://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/LivroBicicletaBrasil.pdf>>. Citado na página 91.

MCMAHON, K.; DAHDAH, S. *The true cost of road crashes*. [S.l.], 2008. 12 p. Disponível em: <<http://www.alternatewars.com/BBOW/ABM/Value{ }Injury.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 80 e 81.

MILLER, T. et al. *The costs of highway crashes*. [S.l.], 1991. 154 p. Disponível em: <<https://ntl.bts.gov/lib/42000/42100/42122/DOT-FHWA-RD-91-055.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 85.

MILLER, T. R. Costs and functional consequences of U.S. roadway crashes. *Accident Analysis & Prevention*, v. 25, n. 5, p. 593–607, oct 1993. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/000145759390011Khttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/000145759390011K>>. Citado na página 38.

MOHAMED, H. A. Estimation of Socio-Economic Cost of Road Accidents in Saudi Arabia: Willingness-To-Pay Approach (WTP). *Advances in Management & Applied Economics*, Scienpress Ltd, v. 5, n. 3, p. 43–61, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencpress.com/Upload/AMAE/Vol5{ }3{ }5.pdf>>. Citado 4 vezes nas páginas 20, 81, 82 e 87.

MT Ministério dos Transportes. *Programa PARE - Procedimentos para tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito*. [S.l.], 2002. Citado 4 vezes nas páginas 17, 96, 97 e 104.

MTNZ Ministry of Transport of New Zealand. *Social cost of road crashes and injuries 2016 update*. [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://www.transport.govt.nz/assets/Uploads/Research/Documents/Social-cost-of-road-crashes-and-injuries-2016-update-final.pdf>>. Citado na página 79.

MUELLER, C. C. *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. Brasília, Brasil: [s.n.], 2007. ISBN 8523008500. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 90.

MULVANEY, C. A. et al. Cycling infrastructure for reducing cycling injuries in cyclists. In: MULVANEY, C. A. (Ed.). *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. v. 12, n. 12, p. CD010415. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD010415>>. Citado na página 98.

NABORS, D. et al. *Bicycle Road Safety Audit Guidelines and Prompt Lists*. [S.l.], 2012. 88 p. Disponível em: <<https://safety.fhwa.dot.gov/ped{ }bike/tools{ }solve/fhwasa12018/fhwasa12018.pdf>>. Citado 3 vezes nas páginas 72, 92 e 93.

NEWMAN, P. Reducing automobile dependence. *Environment and Urbanization*, v. 8, n. 1, p. 67–92, 1996. ISSN 0956-2478. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1177/095624789600800112>>. Citado na página 28.

OECD Organisation for Economic Co-operation and Development; ITF International Transport Forum. *Road Safety Annual Report 2016*. Paris: OECD Publishing, 2016. 540 p. (Road Safety Annual Report). ISBN 9789282107973. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/irtad-2016-en>>. Citado 3 vezes nas páginas 15, 33 e 34.

PALMER, A. J. et al. Investigating the costs of major and minor cycling crashes in Tasmania, Australia. *Australian and New Zealand Journal of Public*

- Health*, v. 39, n. 5, p. 485–490, oct 2015. ISSN 13260200. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/1753-6405.12384>>. Citado na página 100.
- PAULOZZI, L. J. et al. Economic development's effect on road transport-related mortality among different types of road users: A cross-sectional international study. *Accident Analysis & Prevention*, v. 39, n. 3, p. 606–617, may 2007. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.10.007>>. Citado na página 92.
- PIMENTA, A. F. F. et al. *Gestão para o licenciamento ambiental de obras rodoviárias: Conceitos e procedimentos*. Curitiba-PR: UFPR/ITTI, 2014. 145 p. Disponível em: <<http://media.wix.com/ugd/cb234d{ }24cf6472e19a4d4da29cb75ad1cee5ea.pdf>>. Citado na página 102.
- PUCHER, J.; BUEHLER, R. Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*, v. 28, n. 4, p. 495–528, 2008. ISSN 0144-1647. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01441640701806612>>. Citado na página 69.
- PUCHER, J.; DILL, J.; HANDY, S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive Medicine*, Elsevier Inc., v. 50, p. S106–S125, 2010. ISSN 00917435. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.028>>. Citado 4 vezes nas páginas 89, 98, 100 e 101.
- ROSA, C. N. *Custos da perda de uma vida e médico-hospitalares nos acidentes de trânsito*. 237 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS., 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5930>>. Citado 9 vezes nas páginas 19, 20, 39, 40, 79, 80, 81, 82 e 87.
- ROURA, J. R. C. et al. *Política económica. Elaboración, objetivos e instrumentos*. Reimpresã. Madrid, España: [s.n.], 2006. 498 p. ISBN 8448146476. Citado na página 89.
- RUTTER, H. et al. Economic Impact of Reduced Mortality Due to Increased Cycling. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 44, n. 1, p. 89–92, jan 2013. ISSN 07493797. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2012.09.053>>. Citado na página 99.
- RYBARCZYK, G.; WU, C. Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. *Applied Geography*, Elsevier Ltd, v. 30, n. 2, p. 282–293, apr 2010. ISSN 01436228. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.08.005>>. Citado na página 29.
- STERNER, T.; CORIA, J. *Policy Instruments for Environmental and Natural Resource Management*. [s.n.], 2013. ISBN 1317703871. Disponível em: <<https://books.google.com.mx/books/about/Policy{ }Instruments{ }for{ }Environmental{ }and.html?hl=es{&}id=rZjhAQAAQBAJ{&}pgis=1>>. Citado na página 28.
- TRL Transport Research Laboratory. Costing road accidents in Developing Countries. *Overseas Road Note 10*, London, p. 23, 1995. Disponível em: <<https://trl.co.uk/sites/default/files/ORN10.pdf>>. Citado 5 vezes nas páginas 19, 40, 46, 77 e 78.
- VASCONCELLOS, E. d. A.; LIMA, I. M. d. O. Quantificação das deseconomias do transporte urbano: uma resenha das experiências internacionais. 1998. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2448/1/td{ }0586.pdf>>. Citado na página 28.

VEISTEN, K. et al. Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs. *Accident Analysis and Prevention*, v. 39, n. 6, p. 1162–1169, 2007. ISSN 00014575. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.002>>. Citado 3 vezes nas páginas 51, 83 e 84.

VERHOEF, E. External effects and social costs of road transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 28, n. 4, p. 273–287, jul 1994. ISSN 09658564. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0965-8564\(94\)90003-5](http://dx.doi.org/10.1016/0965-8564(94)90003-5)>. Citado 5 vezes nas páginas 15, 28, 29, 36 e 37.

WHO World Health Organization. *Global plan for the Decade of Action for Road Safety 2011–2020*. [S.l.], 2010. 25 p. Disponível em: <<http://www.who.int/roadsafety/decade{ }of{ }action/plan/en/>>. Citado 4 vezes nas páginas 25, 33, 90 e 92.

WHO World Health Organization. *Global status report on road safety 2013: Supporting a decade of action*. [S.l.], 2013. 318 p. Disponível em: <<http://www.who.int/violence{ }injury{ }prevention/road{ }safety{ }status/2013/en/>>. Citado 2 vezes nas páginas 91 e 92.

WHO World Health Organization. *Global status report on road safety 2015*. [S.l.], 2015. 340 p. Disponível em: <<http://www.who.int/violence{ }injury{ }prevention/road{ }safety{ }status/2015/en/>>. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.