



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB)**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS (CCSA)**  
**DEPARTAMENTO DE FINANÇAS E CONTABILIDADE (DFC)**  
**CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS ATUARIAIS (CCA)**

**EDUARDO ELIAS DA COSTA JÚNIOR**

**RISCO DE MORTE EM ACIDENTES OCORRIDOS NAS RODOVIAS  
FEDERAIS BRASILEIRAS**

**JOÃO PESSOA, PB**

**2022**

**EDUARDO ELIAS DA COSTA JÚNIOR**

**RISCO DE MORTE EM ACIDENTES OCORRIDOS NAS RODOVIAS  
FEDERAIS BRASILEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso para o curso de Ciências Atuariais na UFPB, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Ciências Atuariais.

**Área de concentração:** Análise de Risco.

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Carlos Santos Júnior.

**JOÃO PESSOA, PB**

**2022**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

C838r Costa Junior, Eduardo Elias da.

Risco de morte em acidentes ocorridos nas rodovias federais brasileiras / Eduardo Elias da Costa Junior. - João Pessoa, 2022.

70 f. : il.

Orientação: Luiz Carlos Santos Junior.  
TCC (Graduação) - UFPB/CCSA.

1. Acidentes de trânsito. 2. Saúde pública. 3. Regressão Logística. 4. Atuária. I. Santos Junior, Luiz Carlos II. Título.

UFPB/CCSA

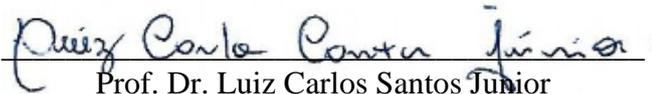
CDU 368

EDUARDO ELIAS DA COSTA JÚNIOR

RISCO DE MORTE EM ACIDENTES OCORRIDOS NAS RODOVIAS FEDERAIS  
BRASILEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso para o curso de Ciências Atuariais na UFPB, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Ciências Atuariais.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Luiz Carlos Santos Junior

Orientador

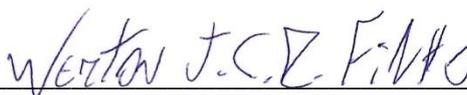
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dr. Anna Paola Fernandes Freire

Membro avaliador

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Me. Werton José Cabral Rodrigues Filho

Membro avaliador

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

*Dedico este trabalho à minha querida  
avó Celina Elias da Costa (in  
memoriam).*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado força e coragem para concluir este trabalho e, também, pela interseção de Nossa Senhora e de São José, os quais me guiaram até a finalização desta obra.

Agradeço a minha família, em especial, a minha mãe Rosângela e ao meu pai, Eduardo e, em memória de minha querida avó, Celina, por sempre estarem ao meu lado me dando apoio, me incentivando e investindo na minha educação durante toda a caminhada. Também à minha tia Edna e ao meu tio Francisco, que torceram por mim, minha madrinha Eunice, que rezou por esta realização, além dos meus demais familiares.

Agradeço também a minha noiva Jéssica, por estar comigo nos momentos de conquista e nos momentos difíceis, pelo incentivo, pelas atitudes e palavras de apoio, pela paciência e ajuda durante todo este tempo.

Quero agradecer também ao meu orientador, professor Luiz Carlos, pelo seu esforço, pela paciência e atenção para comigo, no qual sempre foi solícito em me ajudar, em sanar minhas dúvidas, em compreender minhas dificuldades e por sua grande contribuição na realização deste trabalho.

E agradeço aos demais professores do curso de Ciências Atuariais, por contribuírem para minha formação acadêmica e profissional, aos meus amigos de curso Emerson e Wallace e ao meu amigo André, que de alguma forma me ajudaram e estiveram presente na caminhada, e a todos que compartilharam de forma direta ou indiretamente desta conquista.

## RESUMO

O número de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras se configura como um grave problema de saúde pública no país, não apenas pelos custos associados ao atendimento e internação das vítimas, mas também pela morte precoce de uma parte da população considerada economicamente ativa. Dado o contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a ocorrência de vítimas fatais em acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras. Para isso, utilizam-se de dados disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal (PRF), entre os anos de 2017 e 2019, além do modelo de regressão logística em linguagem R. Dentre os principais resultados, destaca-se o registro de 184.635 acidentes nas rodovias federais brasileiras, no qual 11.340 acidentes apresentaram ocorrência de morte (vítimas fatais) e 173.295 de acidentes sem vítimas fatais (feridos e ileso), representando um percentual de, respectivamente, 6,14% e, 93,86% dos acidentes. Constatou-se que os fatores que mais agravam o risco de morte são: acidentes ocorridos aos domingos, na região Nordeste, provocados por erro do pedestre, ao amanhecer, com céu limpo, em pista simples, traçado de desvio temporário e em zona rural. Tais resultados possibilitam a elaboração e adoção de políticas de prevenção por parte da esfera pública, a fim de reduzir o número de óbitos em acidentes ocorridos em rodovias federais.

**Palavras-chaves:** Acidentes em rodovias federais brasileiras. Ocorrência de mortes. Regressão Logística.

## ABSTRACT

The number of traffic accidents on Brazilian federal highways is a serious public health problem in the country, not only because of the costs associated with the care and hospitalization of victims, but also by the early death of a part of the population considered economically active. Given the context, this work aims to analyze the occurrence of fatal victims in traffic accidents on Brazilian federal highways. For this, data made available by the Federal Highway Police (PRF) between 2017 and 2019 are used, in addition to the logistic regression model in R language. Among the main results, stands out the record of 184.635 accidents on Brazilian federal highways, in which 11.340 accidents reported occurrence of death (fatal victims), and 173.295 accidents without fatal victims (injured and unharmed), representing a percentage of, respectively, 6,14% and 93,86% of accidents. Was verificade that, the factors that most aggravate the risk of death are: accidents that occurred on Sundays, in the Northeast region, caused by pedestrian error, at dawn, with clear sky, on simple track, temporary diversion route and in rural areas. These results, enable the adoption of measures and prevention actions by public sphere, with the aim of to reduce the number of deaths in accidents that occurred on federal highways.

**Keywords:** Accidents on Brazilian federal highways. Occurrence of deaths. Logistic Regression.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Óbitos por acidentes de trânsito faixa etária e categoria do transporte, Brasil (2013) .....	18
Figura 2 - Total de acidentes, de mortes e de feridos no local, Rodovias Federais Brasileiras (2014).....	19
Figura 3 - Ocorrência de acidentes (com morte e sem morte) nas rodovias federais brasileiras por ano .....	36
Figura 4 - Termos absolutos e relativos de acidentes nas rodovias federais brasileiras por tipo de vítima .....	37
Figura 5 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por região .....	39
Figura 6 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por dia da semana .....	40
Figura 7 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por causa de acidente .....	41
Figura 8 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por horário do acidente .....	42
Figura 9 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por condição meteorológica .....	43
Figura 10 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por tipo de pista.....	44
Figura 11 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por traçado da pista .....	45
Figura 12 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por zona .....	46
Figura 13 - Curva ROC do modelo selecionado.....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição e classificação das variáveis utilizadas na análise .....	28
Quadro 2 - Análise descritiva de variáveis quantitativas: estatística, definição e formulação .....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por unidade da federação .....	38
Tabela 2 - Relação de Efeito ente as variáveis e a ocorrência de morte nas Rodovias Federais Brasileiras entre os anos de 2017 a 2019 .....	48
Tabela 3 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por ano .....	68
Tabela 4 - Termos absolutos e relativos de acidentes nas rodovias federais brasileiras por tipo de vítima.....	68
Tabela 5 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por região.....	68
Tabela 6 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por dia da semana .....	68
Tabela 7 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por causa de acidente.....	69
Tabela 8 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por horário do acidente .....	69
Tabela 9 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por condição meteorológica ....	69
Tabela 10 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por tipo de pista .....	69
Tabela 11 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por traçado da pista.....	70
Tabela 12 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por zona .....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

AC – Acre

AIC – Critério de Informação Akaike

AL – Alagoas

AM – Amazonas

AP – Amapá

AUC – *Area Under the ROC Curve* (Área sob a Curva de ROC)

BA – Bahia

BO – Boletim de Ocorrência

CE – Ceará

CNSP – Conselho Nacional de Seguros Privados

CO – Centro-Oeste

DAMS – Despesas de Assistência Médica e Suplementares

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DETRAN – Departamento Estadual de Trânsito

DF – Distrito Federal

DPVAT – Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres

ES – Espírito Santo

GO – Goiás

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MA – Maranhão

MG – Minas Gerais

MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

MS – Mato Grosso do Sul

MT – Mato Grosso

NE – Nordeste

NHTS – *National Household Travel Survey* (Pesquisa Nacional de Viagens Domiciliares)

NO – Norte

NPM – Número de Pessoas Mortas

OM – Ocorrência de Morte

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organizações das Nações Unidas

PA – Pará

PB – Paraíba

PE – Pernambuco

PI – Piauí

PNS – Pesquisa Nacional de Saúde

PR – Paraná

PRF – Polícia Rodoviária Federal

RJ – Rio de Janeiro

RN – Rio Grande do Norte

RO – Rondônia

ROC – *Receiver Operating Characteristic* (Característica de Operação do Receptor)

RR – Roraima

RS – Rio Grande do Sul

SC – Santa Catarina

SE – Sergipe

SE – Sudeste

SIM – Sistema de Informações de Mortalidade

SP – São Paulo

SQE – Soma de Quadrados dos Resíduos

SU – Sul

SUS – Sistema Único de Saúde

SUSEP – Superintendência de Seguros Privados

TO – Tocantins

UF – Unidade Federativa

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Contextualização e Problema .....	14
1.2 Objetivos .....	15
1.2.1 Objetivo Geral .....	15
1.2.2 Objetivos Específicos .....	15
1.3 Justificativa .....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Panorama de acidentes nas estradas e rodovias federais brasileiras.....	17
2.2 Revisão da literatura.....	21
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	27
3.1 Tipo de pesquisa, amostra e coleta e caracterização de dados .....	27
3.2 Análise dos dados.....	29
3.2.1 Análise descritiva .....	29
3.2.2 Análise de regressão.....	31
4 RESULTADOS .....	35
4.1 Análise descritiva .....	35
4.2 Análise de regressão.....	46
5 CONCLUSÃO .....	54
REFERÊNCIAS .....	56
APÊNDICES .....	64
Apêndice A – Script da análise em linguagem R.....	65
Apêndice B – Tabelas de resultados da análise descritiva .....	68

## **1 INTRODUÇÃO**

Este tópico apresenta a contextualização acerca do mapeamento do risco de acidentes nas rodovias federais brasileiras, o problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa do trabalho.

### **1.1 Contextualização e Problema**

O crescimento populacional e econômico traz consigo mudanças no âmbito social e pode ocasionar problemas que impactam o cotidiano da sociedade. Dentre os problemas, citam-se o elevado número de veículos, de congestionamentos e de acidentes de transporte terrestre. De acordo com Barros et al. (2018), o aumento desordenado da frota de veículos, em conjunto com a falta de planejamento para adaptação desse aumento, traz consequências nas taxas de acidentes.

Diante deste cenário, as Organizações das Nações Unidas (ONU) criaram em 2011 a chamada Década de Ação pela Segurança no Trânsito, devido ao alto índice de acidentes, na qual os governos em todo mundo se propuseram a aplicar medidas para reduzir a mortalidade no trânsito (DPVAT, 2019).

De acordo com o Relatório Global da Organização Mundial da Saúde sobre Segurança Viária de 2015 (OMS, 2015), os acidentes de trânsito, no mundo no ano de 2012, têm sido apontados como a principal causa de letalidade para jovens com idades compreendidas entre 15 e 29 anos. Uma parte significativa destes acidentes é ocasionada pela ação humana decorrente de imprudência, negligência e imperícia dos motoristas e constitui a segunda maior razão de óbitos não naturais no Brasil, perdendo apenas para crimes dolosos contra a vida (MAZZETTO, 2015). Entretanto, além destes três fatores, há outros envolvidos, tais quais as condições inadequadas para tráfego de pedestres (falta de passarela e fluxos veiculares em sentido duplo), más condições das próprias vias, falta de sinalização e de redutores de velocidade (BARROS et al., 2018).

A ocorrência dos acidentes de trânsito terrestres atinge uma maior proporção em vias urbanas. No entanto, as vias consideradas de rápido acesso, tais como as rodovias federais, apresentam uma maior mortalidade (ALMEIDA et al., 2013; BARROS et al., 2018). Diante deste cenário, há uma evidente preocupação acerca do tema, pois o número de acidentes e de óbitos no trânsito tem crescido no mundo, em que cerca de 37 mil pessoas vieram a óbito por

causa de acidentes de trânsito no Brasil no ano de 2016, sendo 17% dessas mortes em rodovias federais (BARROSO JÚNIOR; BERTHO; VEIGA, 2019).

Além disto, segundo o Relatório sobre Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais do país, realizado do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA (2015), os acidentes ocasionaram um prejuízo de cerca de R\$ 40 bilhões no país, sendo mais de R\$ 12 bilhões correspondentes aos ocorridos nas rodovias federais no ano de 2014. Conforme a contextualização acima, e por se tratar de política de Estado, a presente pesquisa apresenta a seguinte problemática: **Quais as principais causas de ocorrência de óbitos em acidentes ocorridos nas rodovias federais brasileiras, por meio de análise de regressão, entre 2017 e 2019?**

## 1.2 Objetivos

Diante deste contexto, recortam-se os seguintes objetivos geral e específicos:

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a ocorrência de óbitos nas rodovias federais brasileiras, a partir de dados anuais (2017 a 2019) disponibilizados pela PRF, por meio de análise de regressão.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever sobre o panorama de acidentes nas rodovias federais do país, as leis que regulamentam o trânsito brasileiro e estudos na literatura acerca do tema;
- Descrever, por meio de análise exploratória, o número de óbitos e dos acidentes nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019;
- Analisar, por meio de análise de regressão, o efeito de oito variáveis sobre a ocorrência de acidente com óbitos nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019.

## 1.3 Justificativa

O número de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras se configura como um grave problema de saúde pública no país, de acordo com Barros et al. (2018) e Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), citações mencionadas na presente pesquisa. Isto se deve não

apenas pelos altos custos associados ao atendimento e internação das vítimas, mas também pela morte precoce de parte da população economicamente ativa. Somado a isto, os agravos que esses acidentes podem ocasionar às vítimas e seus familiares, assim como a precariedade em se obter um padrão referente aos registros de acidentes, com unificação dos dados no Brasil sobre os fatores associados aos acidentes de trânsito e suas causas, apontam a necessidade de mais pesquisas sobre este tema, de modo a possibilitar que os gestores da área de saúde pública possam adotar medidas estratégicas que reduzam o quadro atual de acidentes de trânsito em via terrestre.

Diante disto, o presente trabalho busca responder, quais são as principais causas de acidentes e de mortes nas rodovias federais do país, permitindo fazer, a posteriori, sugestões de ações e medidas que ajudem a reduzir essas estatísticas e auxiliem, assim, o poder público.

Este trabalho possui, além desta introdução, capítulos específicos que para tratar do referencial teórico, da metodologia, dos resultados e das conclusões.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico aborda: o panorama de acidentes nas rodovias federais do país, ou seja, o âmbito em que a pesquisa está inserida; as leis que regulamentam o trânsito brasileiro; estudos na literatura acerca do tema, no qual se retratam aspectos e métodos abordados, em relação à temática aqui tratada.

### 2.1 Panorama de acidentes nas estradas e rodovias federais brasileiras

Segundo Souza (2002, p. 35), risco refere-se à probabilidade de ocorrência de “um evento futuro, possível e incerto”; entende-se como acidente de trânsito “todo acidente com veículo acontecido na via pública” (WAISELFISZ, 2013, p. 12). Logo, o risco de acidentes de trânsito refere-se à possibilidade de ocorrência de um evento indesejado envolvendo veículos via terrestre. A partir dessa definição, este tópico apresenta o panorama de acidentes nas estradas do país de modo geral e por região, englobando as rodovias federais.

Fazendo um breve histórico, tem-se que no ano de 2000, as mortes relacionadas ao trânsito já ocupavam o segundo lugar em mortalidade no país, sendo 29.640 vítimas fatais, representando 25% do total, com coeficiente de 17,5/100 mil habitantes. No qual o risco do homem de se tornar vítima fatal é aproximadamente 4,3 vezes maior do que para a mulher (GAWRYSZEWSKI; KOIZUMI; MELLO-JORGE, 2004). Entre os anos de 2000 e 2003, de acordo com Farias (2010) e Souza et al. (2007), foi verificado que o número de óbitos foi significativamente maior para homens do que para mulheres em acidentes envolvendo bicicleta, moto e veículos de transporte pesado, cerca de duas vezes ou mais nesses casos.

Segundo Carvalho (2016), com base nos dados do Ministério da Saúde, cerca de 43 mil pessoas morreram vítimas de acidentes de transporte terrestre em 2013, com um número aproximado de 170 mil internações financiadas pelo Sistema Único de Saúde (SUS), constituindo na segunda maior causa de mortes externas no Brasil.

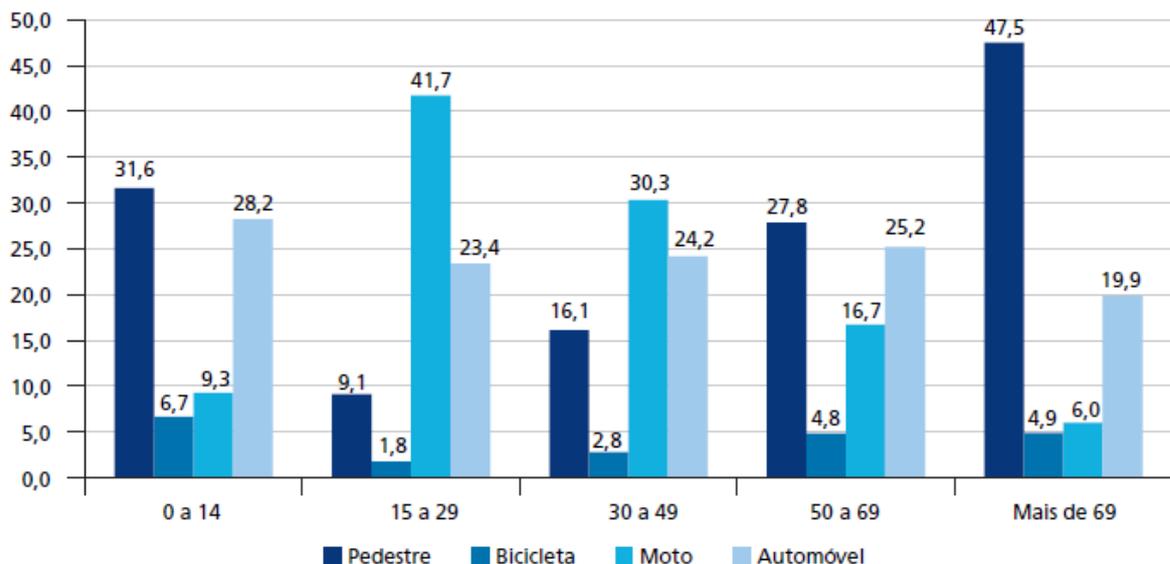
De acordo com Farias (2010) e Souza et al. (2007), em 2003, verificou-se que grande parte dos óbitos por acidentes de trânsito terrestre, ocorreu na Região Sudeste (41%), seguidas das Regiões Nordeste (22%), Sul (20%), Centro Oeste (10%) e Norte (7%), no entanto, ao levar em consideração o número de óbitos por 100 mil habitantes, de acordo com Farias (2010), tem-se que a região Centro-Oeste lidera o ranking (30 por 100 mil), em seguida apareceu a Região Sul (26 por 100 mil), Sudeste (19 por 100 mil), Norte (18 por 100 mil), e Nordeste (16 por 100 mil).

Segundo o IPEA (2006) e Farias (2010), os acidentes que causam vítimas fatais têm custos maiores para o país do que os acidentes com vítimas não fatais. Em 2005, acidentes com morte apresentam um custo médio de R\$ 270.000,00, enquanto que os acidentes com vítimas lesionadas, um custo médio de R\$ 36.000,00 e os acidentes em que os passageiros saem sem lesões, R\$ 1.000,00. No âmbito regional brasileiro, segundo Farias (2010), no que se refere aos custos totais por região geográfica de acidentes de trânsito nas rodovias federais durante os anos de 2004 a 2005, a região que apresentou maior custo médio associado foi a Região Sudeste (cerca de 2,4 bilhões), seguida das Regiões Sul (cerca de 1,6 bilhões), Nordeste (cerca de 1,4 bilhões), Centro-Oeste (0,74 bilhões) e Norte (cerca de 0,26 bilhões). Isso pode ocorrer devido à maior quantidade de veículos circulante nas estradas localizadas e pela qualidade dos registros dos acidentes ocorridos independentemente da gravidade dos acidentes.

Quando considerados os acidentes de trânsito envolvendo automóveis e motocicletas no ano de 2001, tem-se que aproximadamente 80% dos acidentes com vítimas (fatais e feridos), ocorreram com motocicletas nas cidades de Porto Alegre, São Paulo, Recife e Belém, de acordo com os dados do IPEA (2003) e Farias (2010).

A Figura 1 apresenta o percentual de óbitos por acidentes de trânsito no Brasil em 2013, por faixa etária e categoria do transporte segundo o trabalho de Carvalho (2016).

**Figura 1** - Óbitos por acidentes de trânsito faixa etária e categoria do transporte, Brasil (2013)  
(Em %)

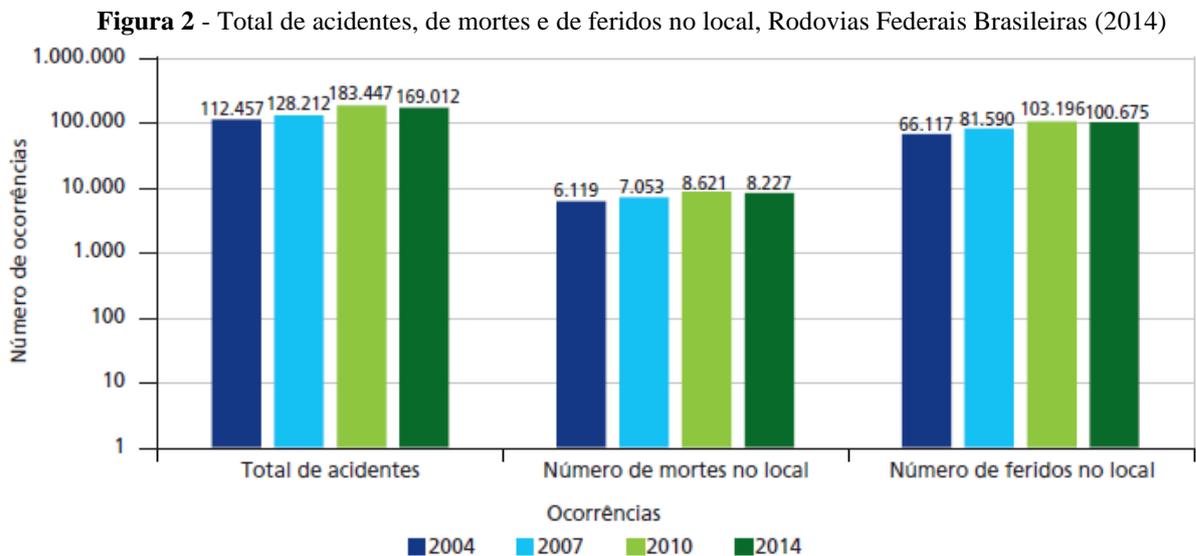


Fonte: Carvalho (2016), por meio de dados do SIM/Ministério da Saúde.

A Figura 1 permite visualizar que a faixa etária com mais de 69 anos é a que contabiliza maior número de mortes de pedestre, possivelmente por atropelamento, e a faixa etária entre 15 a 29 anos, tem um grande número de óbitos por motocicletas.

No entanto, referente ao tipo de acidente, segundo Farias (2010) e IPEA (2006), foram registrados quase 4 mil atropelamentos de pedestres nas rodovias federais 2004, no qual do total de vítimas fatais em acidentes nas rodovias federais, 19% são de atropelamento. No mesmo ano, foram registrados 12.095 acidentes envolvendo motos, dos quais 10,8% foram ocasionados nas rodovias federais, sendo 838 desses acidentes causaram a morte de 932 pessoas, representando 15,2% dos óbitos registrados pela PRF (IPEA, 2006; FARIAS, 2010).

A Figura 2 apresenta o total de acidentes, morte e feridos nas rodovias federais brasileiras em entre os anos de 2004 a 2014, segundo o IPEA (2015).



Fonte: IPEA (2015), por meio dos dados da PRF.

Pode-se observar na Figura 2 que o ano de 2010 foi o qual se contabilizou mais acidentes no total, por morte e feridos no local da ocorrência nas rodovias federais do país, sendo o número de feridos nos anos apontados foi sempre maior que o número de mortos. Além disso, percebe-se que o houve aumento significativo nas três variáveis ao longo do tempo.

Entre os anos de 2010 e 2014, o número de acidentes nas rodovias federais sofreu uma redução de cerca 8%, de acordo com os dados reportados no Relatório Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras produzido pelo IPEA, com base nos dados da PRF. No entanto, o Brasil registrou em 2015 aproximadamente 39 mil mortes por acidentes de trânsito terrestre, sendo considerado neste ano um dos países com o trânsito mais violento quando comparado com outros países. Vale ressaltar também as colisões frontais e atropelamentos que

apesar de apresentarem baixa ocorrência (cerca de 6,5% do total de acidentes), correspondem a quase metade das mortes nas rodovias federais (IPEA, 2015).

Segundo Barros et al. (2018), estima-se que em 2020 ocorrerão 1,9 milhão de óbitos causados por acidentes de trânsito e, 2,4 milhões, em 2030. Na qual, causas associadas tais como, excesso de velocidade, desatenção do motorista, desrespeito às regras de trânsito e ingestão de bebidas alcoólicas merecem atenção, pois têm sido apontadas como causas mais frequentes dos acidentes com fatalidade. Diante desse cenário, segundo Barros et al. (2018) e Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), o expressivo número de acidentes de trânsito se configura como um grave problema de saúde pública.

Em relação ao Código de Trânsito Brasileiro e a Lei Seca, tem-se que a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, institui o Código de Trânsito Brasileiro, na qual de acordo com a mesma “o trânsito de qualquer natureza nas vias terrestres do território nacional, abertas à circulação, rege-se por este Código” (BRASIL, 1997).

Diante do contexto, as disposições gerais deste Código estabelecem entidades do Sistema Nacional de trânsito no âmbito federal, estadual e municipal, o qual se define como tal Sistema (BRASIL, 1997):

O conjunto de órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios que tem por finalidade o exercício das atividades de planejamento, administração, normatização, pesquisa, registro e licenciamento de veículos, formação, habilitação e reciclagem de condutores, educação, engenharia, operação do sistema viário, policiamento, fiscalização, julgamento de infrações e de recursos e aplicação de penalidades.

A respeito da implementação do Código de Trânsito Brasileiro, houve um aumento na frota de veículos no país, sobretudo de motocicletas, que em conjunto com a ingestão de bebidas alcoólicas, representam as principais causas de acidentes no Brasil entre 1998 e 2010 (BACCHIERI; BARROS, 2011).

Como iniciativa de reduzir os acidentes motivados pela ingestão de álcool, o governo brasileiro instituiu a chamada “Lei Seca”, na qual altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, como medida preventiva para reduzir acidentes.

A Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008, denominada de “Lei Seca”, foi instituída com o intuito de inibir a ingestão de bebidas alcoólicas dos motoristas de veículos e assim reduzir o risco de acidentes. De acordo com a Lei, a mesma também altera a Lei nº 9.294, de 15 de julho de 1996, na qual dispõe “sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumíferos,

bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas” e, assim, diminuir o consumo dos mesmos pelos condutores dos veículos (BRASIL, 2008).

O estudo de Abreu, Souza e Mathias (2018), sobre o impacto que o Código de Trânsito Brasileiro e a Lei Seca causaram na mortalidade em acidentes de trânsito no país, constatou, por meio de análise de série temporal entre os anos de 1980 a 2014, que houve redução de óbitos nas categorias de veículo, pedestre e moto, mas em relação a Lei Seca, não houve redução significativa.

Mesquita Filho, Silva e Veiga (2012) verificaram, em sua pesquisa no município de Pouso Alegre/MG, que o número de acidentes cresceu após a implementação da Lei Seca, bem como o número de acidentes causados por ingestão de álcool. Sendo assim, naquela localidade a lei não foi efetiva em relação ao seu propósito inicial, ou seja, diminuir o uso de bebidas alcoólicas pelos motoristas e, assim, reduzir o número de acidentes.

Por outro lado, Nunes, Murta-Nascimento e Lima (2021), analisaram a mortalidade em acidentes de trânsito após a implementação da Lei Seca nos estados do país, por meio de série temporal nos anos de 2002 a 2015. Encontraram que houve uma redução de mortes em acidentes de trânsito nos estados de Santa Catarina e Distrito Federal, e um aumento nos estados de Acre, Amazonas, Rondônia, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Mato Grosso. Sendo assim, mesmo com a implementação da Lei com o objetivo de reduzir acidentes de trânsito por ingestão de bebidas alcoólicas, não se obteve o resultado esperado de acordo com os anos analisados na pesquisa mencionada acima.

## **2.2 Revisão da literatura**

Neste tópico será explanada uma breve revisão, ordenado com base no desencadeamento de ideias, acerca dos trabalhos existentes na literatura sobre o tema.

Diversos trabalhos na literatura destacam a importância do mapeamento dos acidentes de trânsito associado as suas respectivas causas, o qual de acordo com Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), ocorreram cerca de 37 mil óbitos resultante de acidentes de trânsito no Brasil no ano de 2016, no qual 6.400 dessas mortes, representando 17%, deram-se em rodovias federais.

Os acidentes de trânsito têm sido abordados na literatura como principal causa de letalidade entre jovens de 15 a 29 anos de idade em 2012 no mundo, de acordo com o Relatório Global sobre Segurança Viária de 2015 (OMS, 2015). Diante deste cenário, Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019) identificaram os fatores relacionados à mortalidade em acidentes de

trânsito em 2016, também em rodovias federais no Brasil. Utilizando um modelo binomial (regressão logística) em sua metodologia, os autores destacam que, em média, os acidentes de trânsito são mais letais para os indivíduos do sexo masculino, pedestres e na região nordeste; na zona rural, é mais letal para indivíduos com idade mais elevada.

Desde a implementação do Código de Trânsito Brasileiro, Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, as principais causas de acidentes de trânsito no Brasil com vítimas fatais entre 1998 e 2010, não só analisando as rodovias federais, foram o aumento da frota de motocicletas e a ingestão de bebida alcoólica (BACCHIERI; BARROS, 2011). Os autores utilizaram trabalhos científicos e relatórios técnicos como Boletim de Ocorrência (BO) e dados do Sistema Único de Saúde (SUS) para identificar através dos anos as taxas de mortalidade. Pode-se verificar, desde a implementação de tal código, que o tema “acidentes de trânsito” sempre esteve e está em pauta.

Comparando com período exposto no parágrafo anterior, um estudo feito em 2010 analisou o perfil e as tendências dos acidentes de trânsito com óbitos no estado de Pernambuco entre os anos de 1998 a 2007, com base nos dados do Departamento de Trânsito de Pernambuco (DETRAN-PE) e no Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde. Os autores obtiveram como principais resultados uma maior quantidade de acidentes envolvendo os homens com faixa etária de 20 a 39 anos e, o número de mortes se destacaram entre pedestres, ocupantes de automóveis e motociclistas, e as colisões apresentaram os maiores coeficientes de acidentes (FARIAS, 2010). Em comparação com a pesquisa apresentada por Bacchieri e Barros (2011), pode-se observar que houve um aumento envolvendo acidentes com motociclistas tanto nos dados do país como nos dados do estado de Pernambuco, considerando praticamente o mesmo período analisado após a implementação do Código de Trânsito.

Barros et al. (2018) analisaram as características dos acidentes nas rodovias de Pernambuco no período de janeiro de 2010 a junho de 2015 e obteve que o sexo masculino foi o que mais se envolveu em acidentes, representando 79,7% dos acidentados, com média de 34 anos de idade; a causa mais frequente de acidentes com veículos de categoria B é a colisão.

Entretanto, um estudo feito antes da implementação do Código de Trânsito, no primeiro semestre de 1996 em Londrina/PR pôde analisar o alto índice de mortalidade em acidentes de trânsito na referida cidade, o qual de acordo com Andrade e Jorge (2000), os motociclistas tiveram maior representatividade como vítimas fatais (41,5%) seguidos de pedestres (30,8%), com grande variabilidade do local, sexo e faixa etária das vítimas. Tais dados foram registrados pela Polícia Militar e notificam vítimas que morreram no local do acidente, no trajeto para o

hospital e que foram atendidas pelo SUS (observando um intervalo de 180 dias após a internação das mesmas para verificar a ocorrência do óbito).

Outra análise interessante acerca do tema observou o efeito da “Lei Seca” – Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008 – sobre o número de acidentes de trânsito na cidade de Pouso Alegre/MG. Por meio da observação de prontuários e utilizando-se do método retrospectivo de prevalência, Mesquita Filho, Silva e Veiga (2012) verificaram que o número de acidentes cresceu após a implementação da Lei, englobando acidentes além de vítimas fatais. Pode-se observar que a “Lei Seca” não foi efetiva em relação ao seu propósito inicial, ou seja, diminuir o número de acidentes em tal município e, também não houve diminuição de acidentes causados por ingestão de bebidas alcoólicas.

Tendo como foco trabalhos que utilizem também modelos econométricos, estatísticos em relação ao tema proposto, Martins, Boing e Peres (2013) tiveram como objetivo analisar a tendência/série temporal da mortalidade de acidentes apenas com motos no Brasil, nas unidades federativas e separados por faixa etárias nos anos de 1996 a 2009, utilizando os dados apenas de mortalidade do Ministério da Saúde e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para obter o objetivo da pesquisa, os autores citados anteriormente aplicaram o modelo de regressão linear *Prais-Winsten*. Dentre seus principais resultados, observou-se que no decorrer dos anos houve um grande aumento de acidentes fatais envolvendo motocicletas em todo o país, mas especialmente nos estados da região Nordeste.

Diante do contexto exposto, também se utilizando de modelos de regressão (logit) para prever a incidência de acidentes com e sem vítimas fatais em Palmas/TO no ano de 2006, Morais et al. (2014, p. 01) encontraram os seguintes fatores como explicativos dos acidentes com letalidade: “tipo e padrão de velocidade da via, ser mulher, a cor escura do veículo, trânsito sem sinalização, a madrugada de domingo, menor grau de escolaridade, ser mais jovem, não ser solteiro e quanto mais antigo for o veículo”.

Também utilizando modelos econométricos de regressão, Lima e Cruz Junior (2016), tiveram como objetivo analisar fatores demográficos e também comportamentais em relação as ocorrências de acidentes de trânsito envolvendo carros e motos no Brasil no ano de 2013. Para tanto, os autores usaram o modelo de Regressão *Poisson* com variância robusta, utilizando dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) no ano mencionado anteriormente. Como principais resultados, obtiveram que jovens do sexo masculino, na faixa etária entre 18 a 29 anos, se envolveram em mais acidentes de trânsito daquele ano, as quais foram apontados como causa, menor respeito às leis de trânsito, ingestão de álcool ou outras drogas e menor experiência.

Outro trabalho que aplicou modelo de regressão para analisar a tendência de vítimas fatais e não fatais envolvidas em acidentes nas Rodovias Federais no Brasil entre os anos de 2007 e 2017, através de dados da PRF, por meio de séries temporais e do modelo de regressão *Prais-Winsten* para o cálculo da variação percentual das vítimas fatais e não fatais. Andrade e Antunes (2019) obtiveram como resultados uma diminuição no percentual de acidentes no Brasil após a iniciativa da chamada Década de Ação para Segurança no Trânsito iniciada em 2011.

Levando em consideração o que foi explanado, a literatura investiga, de modo geral, a relação entre o número de acidentes envolvendo veículos e os fatores humanos (práticas inadequadas dos condutores dos veículos, ultrapassagem de maneira imprudente, excesso de velocidade, ingestão de bebidas alcoólicas, comportamento imprudente dos pedestres). Lima et al. (2008) demonstram, juntamente com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e de acordo com os dados do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), que as características físicas (más condições dos veículos), operacionais e até mesmo ambientais podem proporcionar a ocorrência de acidentes nas rodovias federais. Por meio de vistorias, a fim de identificar tais fatores, bem como, sugerir medidas para redução dos mesmos, constatou que tais características contribuem para ocasionar acidentes. Diante do exposto, sugeriu mais vistorias de veículo e concluiu que melhorias na infraestrutura das rodovias seriam eficazes para a diminuição de acidentes.

Mazzetto (2015) analisou as condições de segurança das Rodovias Federais na Região Metropolitana de Curitiba/PR em 2014 e, o ambiente como um fator externo que também contribui para ocorrência de acidentes. Concluiu que a sinalização e dispositivos de contenção, que são equipamentos instalados nas rodovias a fim de conter ou reduzir a gravidade de acidentes, como canteiros, acostamento, estão abaixo de 80%, enquanto o pavimento atinge nível de 90%, ou seja, o nível de segurança das rodovias não está satisfatório de acordo com o autor.

Mais recentemente, Andrade e Antunes (2020) analisaram a falta de atenção na condução de veículos com o objetivo de identificar o número de vítimas em acidentes ocasionados exclusivamente pelo uso indevido de aparelho celular na condução de veículos nas rodovias federais do país. Para tanto, os autores também utilizaram séries temporais (para os anos de 2007 a 2016), disponibilizadas pela Polícia Rodoviária Federal. Dentre os principais resultados, destaca-se o aumento de forma mensal, com valor de 0,57% no ano de 2011, seguido de um declínio após este ano, de 0,45%, na quantidade de vítimas em acidentes nas rodovias

federais. Além disso, houve um aumento de infrações pelo uso do celular entre os anos de 2007 e 2013, sendo a Região Sudeste exceção neste quesito.

Em um artigo publicado recentemente, Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021) analisaram as causas que são determinantes em lesões sofridas por pedestres em rodovias federais do Brasil. Assim como no presente trabalho, observaram os dados referentes aos anos de 2017 a 2019, e se utilizaram da análise de regressão multinomial. Dentre os principais resultados, destacam que os veículos de grande porte, as fases do dia com menos luz natural e os dias de fins de semana tem maior probabilidade de ocasionar lesões com maior severidade e até com maior chance de letalidade em pedestres, sendo pedestres do sexo masculino os mais afetados por lesões graves e com maior ocorrência de óbitos.

O trabalho de Franceschi et al. (2022), seguindo a linha do trabalho de Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021), também objetivou analisar os fatores que ocasionam a severidade de acidentes em rodovias federais do país entre 2017 e 2019, utilizando-se de regressão multinomial. Constataram que pedestres sofrem maior grau de severidade, que as condições climáticas aumentam as chances de severidade e que o período ano (de agosto a novembro) as chances de severidade também aumentam.

Pesquisas estrangeiras também evidenciam a importância acerca do tema. Zwerling et al. (2005) utilizaram o método de decomposição de forma a explorar fatores associados ao aumento das taxas de envolvimento de acidentes fatais em comunidades rurais no Estados Unidos no período de abril de 2001 a maio de 2002: a taxa de mortalidade, as taxas de acidentes e a densidade de incidência de colisões. Como resultado, obtiveram que a taxa de mortalidade de acidentes e a taxa de acidentes foram mais elevadas nas áreas rurais do que nas urbanas, assim com a densidade de incidência de acidentes fatais, a qual foi mais de duas vezes maior na área rural do que na urbana.

Também nos Estados Unidos, Beck, Dellinger e Oneil (2007) quantificaram as taxas de acidentes fatais e não fatais associadas ao modo de viagem (motorizado e não motorizado), idade e sexo em rodovias públicas nos Estados Unidos no período de 1999 a 2003. Os autores obtiveram estimativas de risco baseados em exposição de dados, pioneiros no uso da metodologia NHTS 2001 (Pesquisa Nacional de Viagens Domiciliares de 2001), a única fonte abrangente de dados de comportamento de viagens nos Estados Unidos. Para cada modo de viagem e para todos os modos combinados, foram calculadas as taxas anuais de lesões fatais e não fatais por 100 milhões de viagens pessoais e intervalos de confiança de 95% associados. Os resultados mostram que as taxas de lesões fatais foram mais altas para motociclistas, pedestres e ciclistas, enquanto que as taxas de lesões não fatais foram mais altas para

motociclistas e ciclistas. Entre os que estavam com risco aumentado estão, os homens, idosos e adolescentes no qual apresentaram maiores riscos lesões no trânsito.

Uma pesquisa na França, realizada por Blaizot et al. (2013), analisou o risco da estrada para ciclistas, em comparação com outros tipos de usuários no período de 2005 a 2006. Para isto propôs estimar a taxa de incidência de lesões no condado de Rhône na França, levando em consideração a exposição. Foram utilizadas duas fontes de dados de acidentes: dados policiais e dados hospitalares. As taxas foram estimadas para quatro grupos principais de usuários de estradas (ocupantes de carros, pedestres, ciclistas e motociclistas motorizados), separadamente para quatro categorias de lesões (lesões totais, hospitalização, lesões graves e lesões fatais) e por gênero, faixa etária e localização, utilizando três medidas de mobilidade (número de viagens, distância percorrida e tempo gasto viajando). Como resultado, obtiveram que pilotos capacitados de veículo de duas rodas apresentaram as maiores taxas de lesões, hospitalização, lesões graves e lesões fatais, seguido por ciclistas e, finalmente, por pedestres e ocupantes de automóveis.

Diante do exposto, vários trabalhos evidenciam estudos acerca de acidentes de trânsito, sobretudo relacionando a sua letalidade, tanto na área mais voltada para saúde, como destaca Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), cujo a letalidade oriunda de acidentes de trânsito tem aumentado no mundo, e assim, ocasionando como um problema de saúde pública, mas também voltada para área econômico-financeira, atuarial, estatística, a fim de mensurar o risco dos acidentes e a taxa de mortalidade.

### 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este tópico apresenta o tipo de pesquisa, a amostra, o tipo de coleta, a caracterização dos dados e o tipo de análise utilizados pela corrente pesquisa.

#### 3.1 Tipo de pesquisa, amostra e coleta e caracterização de dados

Em relação à classificação da pesquisa, de acordo com Gil (2008), têm-se que: quanto à abordagem/natureza, trata-se de uma pesquisa quantitativa (estudos em que os dados coletados da realidade estão em um formato numérico) e aplicada (estudos com foco na aplicação das teorias); quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória (estudos direcionados para compreensão inicial das possibilidades de interação existente entre as variáveis que caracterizam um fenômeno) e descritiva (estudos que medem o comportamento quantitativo das variáveis), quanto aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica (estudos de revisão da literatura científica sobre uma determinada situação problema) e de uma pesquisa de levantamento (estudos de recenseamento que fazem uma análise descritiva de um determinado aspecto da realidade); e, por fim, quanto à delimitação temporal, trata-se de um estudo retrospectivo (estudos que analisam situações problemas que já ocorreram, ou seja, analisam o passado).

A delimitação da amostra corresponde ao conjunto de dados secundários relativos aos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019, coletados na categoria de “dados abertos em acidentes agrupados por ocorrência e por pessoa” do *site* da PRF (2020).

A caracterização das variáveis que são utilizadas na análise dos dados, coletadas a partir dos dados abertos da PRF, são apresentadas no Quadro 1, a partir de informações do Dicionário de Variáveis – Acidentes por ocorrência (PRF, 2017) e do Dicionário de Variáveis – Acidentes por pessoa (PRF, 2017).

Tem-se o destaque de duas variáveis de interesse, no Quadro 1: a) a variável Número de Pessoas Mortas (NPM); b) Número de Pessoas Mortas Categorizada, também denominada Ocorrência de Morte - OM (assume valor 1, caso o acidente tenha vítima fatal; assume 0, caso contrário), uma categorização da variável Número de Pessoas Mortas. Nesse contexto, as demais variáveis do Quadro 1 representam o conjunto de variáveis explicativas, ou seja, independentes. O modelo ajustado considerado adequado, de acordo com critérios indicados mais a frente, indicará quais delas são mais significativas para explicar o comportamento das duas variáveis de interesse.

**Quadro 1** - Descrição e classificação das variáveis utilizadas na análise

N	Variável	Tipo	Nível (categoria)
1	ID	Qualitativa	Variável com valores numéricos, representando o identificador do acidente.
2	Número de pessoas mortas	Quantitativa	Todas as pessoas mortas envolvidas na ocorrência.
3	Número de pessoas mortas (categorizado) = Ocorrência de Morte	Qualitativa	0 (acidente sem morte), 1 (acidente com morte).
4	Número de pessoas feridas	Quantitativa	Total de pessoas feridas envolvidas na ocorrência=a soma dos feridos leves com os graves.
5	Número de pessoas ilesas	Quantitativa	Total de pessoas ilesas envolvidas na ocorrência.
6	Ano	Qualitativa	2017, 2018, 2019.
7	Existência de vítimas	Qualitativa	Classificação quanto à gravidade do acidente: Com vítimas fatais, com vítimas feridas e sem vítimas.
8	Unidade da federação	Qualitativa	Unidade da Federação de ocorrência do acidente: AC, AL, AM, AP, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RO, RR, RS, SC, SE, SP, TO.
9	Região	Qualitativa	Regiões brasileiras de ocorrência de acidentes: CO, NE, NO, SE, SU.
10	Dia da semana	Qualitativa	Dia da semana da ocorrência do acidente: Segunda, terça, quarta, quinta, sexta-feira, sábado, domingo.
11	Causa do acidente	Qualitativa	Identificação da causa principal do acidente: Externaldade, motorista, pedestre, veículo, via.
12	Fase do dia	Qualitativa	Fase do dia no momento do acidente: Amanhecer, anoitecer, pleno dia, plena noite.
13	Condição meteorológica	Qualitativa	Condição meteorológica no momento do acidente: Chuva, granizo/neve, limpo, nevoeiro/neblinado/nublado, vento.
14	Tipo de pista	Qualitativa	Tipo da pista considerando a quantidade de faixas: Dupla, múltipla, simples.
15	Traçado	Qualitativa	Descrição do traçado da via: Curva, desvio temporário, interseção de vias, ponte/viaduto/túnel, reta, retorno/rotatória.
16	Zona	Qualitativa	Descrição sobre as características do local do acidente: Urbana e rural.
17	Número de veículos envolvidos no acidente	Quantitativa	Total de veículos envolvidos na ocorrência.

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de informações do Dicionário de Variáveis – Acidentes por ocorrência (PRF, 2017) e do Dicionário de Variáveis – Acidentes por pessoa, (PRF, 2017) sobre os tipos de variáveis abordadas na pesquisa.

De acordo com informações do Dicionário de Variáveis – Acidentes por ocorrência (PRF, 2017) e do Dicionário de Variáveis – Acidentes por pessoa (PRF, 2017), considera-se que:

- Em relação aos níveis que a variável “causa do acidente” pode assumir, tem-se que: “externalidade” se refere à agressão externa, animais na pista, fenômenos da natureza, restrição de visibilidade e objeto estático sobre o leito carroçável; “motorista” se refere à ingestão de álcool ou de substâncias psicoativas, desobediência das normas de trânsito, falta de atenção do condutor, mal súbito, não manutenção de distância de segurança, ultrapassagem indevida e velocidade incompatível; “pedestre” se refere à desobediência das normas de trânsito, falta de atenção e ingestão de álcool ou substâncias psicoativas; “veículo” se refere a defeito mecânico, deficiência ou não acionamento do sistema de iluminação, avaria ou desgaste excessivo no pneu, carga excessiva ou mal acondicionada; “via” se refere a defeito na via, pista escorregadia ou sinalização insuficiente.
- Em relação aos níveis que a variável “tipo de acidente” pode assumir, tem-se que: “atropelamento” se refere a atropelamento de animal ou de pedestre; “colisão” se refere a colisões com objeto em movimento, com objeto estático, frontal, lateral, transversal, traseira; “engavetamento” se refere a carros sequencialmente colididos; “tombamento”, aqui, se refere a tombamento (acidente em que o veículo toca a lateral do carro no solo) e capotamento (acidente em que o veículo toca o teto do carro no solo); “outros” se referem a derramamento de carga, incêndio, queda de ocupante, danos eventuais, saída de leito carroçável.

### **3.2 Análise dos dados**

Essa subseção é composta pelas análises descritiva e de modelagem, em que se destacam estatísticas e estimativas acerca do número de pessoas mortas e da ocorrência de mortes nas rodovias federais do Brasil entre 2017 e 2019.

A análise dos dados é viabilizada por meio de linguagem R (R CORE TEAM, 2021), versão 4.1.2, no qual consiste em um “software para manipulação de dados, cálculo e exibição gráfica” (BARROS et al, 2018, p. 03).

#### **3.2.1 Análise descritiva**

De acordo com Guedes et al. (2005, p. 28) “as medidas descritivas auxiliam a análise do comportamento dos dados”. Buscando descrever os dados, o presente trabalho, utiliza-se das

medidas de tendência central e dispersão exibidas no Quadro 2, de acordo com Azevedo (2016) e Guedes et al. (2005).

**Quadro 2** - Análise descritiva de variáveis quantitativas: estatística, definição e formulação

Estatística	Definição	Formulação
Mínimo	Menor valor atribuído à variável x.	Mín(x)
Máximo	Maior valor atribuído à variável x.	Máx(x)
1º quartil	“Valores que ocupam posições (p) no conjunto de dados, dividindo-o em partes iguais”. Primeira parte do conjunto de dados (Q1).	$p = \frac{n}{4} Q_1$
3º quartil	“Valores que ocupam posições (p) no conjunto de dados, dividindo-o em partes iguais”. Terceira parte do conjunto de dados (Q3).	$p = \frac{n}{4} Q_3$
Média	“A soma de todos os valores observados da variável (xi) dividido pelo número total de observações (n)”.	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
Moda	“Valor que apresenta a maior frequência da variável entre os valores observados”, valor que mais se repete entre os valores observados.	$M_o = l_i + \frac{h (F_i - F_{i-1})}{(F_i - F_{i-1}) + (F_i - F_{i+1})}$ <sup>1</sup>
Mediana	“Medida de tendência central que divide a distribuição em duas partes iguais”, ou seja, é o valor que fica no meio da série ordenada.	$Md = \frac{N}{2}, N = par$ $Md = \frac{(N + 1)}{2}, N = ímpar$
Desvio padrão amostral	“É a raiz quadrada da média dos quadrados dos desvios, tomados em relação à média aritmética”.	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$
Coeficiente de variação	“Medida de dispersão relativa definida como a razão entre o desvio padrão e a média”.	$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$

Fonte: Elaborado pelo autor, de acordo com Azevedo (2016, p. 145-156) e Guedes et al. (2005, p. 1-49).

Na estatística de quartis,  $p$  é a posição em que os valores dos dados estão no quartil, enquanto  $n$  é o número de observações e  $Q_1$  e  $Q_3$  são os quartis; na linha de média ( $\bar{X}$ ),  $\sum_{i=1}^n x_i$  é o somatório das amostras e  $n$  é o número de observações; quanto à moda ( $M_o$ ),  $i$  é a ordem da classe modal,  $l_i$  é o limite inferior da classe modal,  $h$  a amplitude,  $F_i$  é a frequência absoluta,  $F_{i-1}$  é a frequência absoluta da classe anterior e  $F_{i+1}$  é a frequência absoluta da classe posterior; em relação à mediana, ( $M_d$ ),  $N$  é o número de observações; na linha de desvio padrão ( $S$ ),  $X_i$  é o valor individual da amostra e  $\bar{X}$  é o valor da média amostral; e, por fim,  $CV$  representa o coeficiente de variação, sendo  $S$  o desvio padrão amostral e  $\bar{X}$  a média amostral.

<sup>1</sup> Fórmula da moda de Czuber (1851-1925), para maiores informações consultar Azevedo (2016, p. 145-156) e Guedes et al. (2005, p. 1-49).

### 3.2.2 Análise de regressão

Em relação ao modelo de regressão linear múltipla, de acordo com Gujarati (2000, p. 182), o modelo de regressão múltipla consiste em “modelos nos quais a variável dependente ( $Y$ ) depende de duas ou mais variáveis explicativas ( $X$ )”, podendo ser exemplificada de acordo com a Equação (1):

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} \dots + \beta_n X_{ni} + u_i \quad (1)$$

Em que  $Y_i$  é a variável dependente;  $X_{2i}$ ,  $X_{3i}$  e  $X_{ni}$  são as variáveis independentes;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  e  $\beta_n$  são os parâmetros;  $u_i$  é o erro aleatório.

O parâmetro  $\beta_1$  é o termo de intercepto, no qual fornece um efeito médio sobre a variável dependente ( $Y_i$ ) e  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  e  $\beta_n$  os coeficientes associados aos efeitos das variáveis independentes (GUJARATI, 2000). De acordo com Duarte (2014, p. 31), “os estimadores de  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são calculados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), que determina a soma dos quadrados dos desvios de  $Y$  em relação ao seu valor esperado”. Deste modo, o MQO consiste em ponderar a equação original por uma variável  $X_i$  qualquer, pela variância, desvio padrão<sup>2</sup>.

No modelo de regressão linear, o teste t, baseando-se na equação 3, a hipótese a ser testada afirma que  $X$  não afeta  $Y$ . A regra de decisão sobre rejeitar ou não esta hipótese, depende do confronto entre o valor p do teste e o nível de significância adotado: se o valor p for inferior, rejeita-se a hipótese nula; caso contrário, não se rejeita.

Diante disto, de acordo com Gujarati (2000), em uma análise de regressão condicional, se fixa os valores das variáveis explicativas  $X_i$ , em relação a variável dependente  $Y$ , ou seja, é obtida a média da variável dependente dados os valores fixados das variáveis independentes.

O modelo está corretamente especificado na Equação 2 se (GUJARATI, 2000): o valor médio do erro  $u_i$  for igual a zero, ou seja,  $E(u_i | X_{2i}, X_{3i}, X_{ni}) = 0$ ; a correlação entre os erros  $Cov(u_i, u_j) = 0$ , sendo  $i \neq j$ ; se houver homocedasticidade, isto é,  $Var(u_i) = \sigma^2$ ; covariância zero entre  $u_i$  e cada variável  $X$ ,  $Cov(u_i, X_{2i}) = Cov(u_i, X_{3i}) = Cov(u_i, X_{ni}) = 0$ .

Segundo Gujarati e Porter (2011, p. 370), a homocedasticidade, isto é,  $Var(u_i) = \sigma^2$ , ocorre quando “a variância de cada termo de erro  $u_i$ , condicional aos valores selecionados das variáveis explanatórias, é um número constante igual a  $\sigma^2$ . Quando a variância condicional de

<sup>2</sup> Para maiores detalhes acerca do MQO consultar Gujarati (2000).

$Y_i$  aumenta à medida que  $X$  aumenta, há heterocedasticidade”. Ou seja, quando há homocedasticidade, o erro possui um comportamento padrão similar, enquanto na heterocedasticidade implica que a variância muda de observação para observação, ou seja, há variabilidades diferentes, com isso, o erro não mantém o mesmo padrão comportamental.

Deste modo, é necessária a aplicação de teste de hipótese para verificação de tal pressuposto. O presente trabalho utiliza o teste de Breusch-Pagan, recomendado para grandes amostras e pressupõe que a normalidade dos erros. Assim, este teste consiste em “testar a hipótese nula de que as variâncias dos erros são iguais (homocedasticidade) versus a hipótese alternativa de que as variâncias dos erros são uma função multiplicativa de uma ou mais variáveis” (ACTION, s.d.).

Na aplicação do teste, ao encontrar os resíduos ( $\varepsilon_i$ ) e os valores ajustados das variáveis no modelo de regressão múltipla, é necessário considerar os resíduos ao quadrado e que a média dos mesmos é 1. Seu cálculo é feito “dividindo cada resíduo ao quadrado pela Soma de Quadrados dos Resíduos (SQE) em razão do número de observações ( $n$ )” (ACTION, s.d.), como mostra Equação (2):

$$u_i = \frac{\varepsilon_i^2}{\frac{SQE}{n}}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2)$$

No qual, segundo Action (s.d), a Soma de Quadrados dos Resíduos é representado pela Equação (3) a seguir:

$$SQE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (3)$$

De acordo com Action (s.d), a fórmula usada para o teste de Breusch-Pagan, após a regressão entre a variável dependente e as independentes e aplicação das Equações (2) e (3), é dada pela Equação (4):

$$X_{BP} = \frac{X_{BP}^2}{\frac{VAR(e^2)}{2 VAR(e)^2}} \quad (4)$$

De acordo com Gujarati (2000, p. 318), a multicolinearidade “significa que existe uma relação linear entre algumas ou todas as variáveis explicativas de uma modelo de regressão”, como exemplificado na Equação (5):

$$\lambda_1 X_1 + \lambda_2 X_2 + \dots + \lambda_n X_n + u_i = 0 \quad (5)$$

No qual,  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  são constantes e iguais a zero ( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n = 0$ ) e  $u_i$  é o erro estocástico. Diante diste, se existir uma relação linear entre as variáveis, significar que tais variáveis são linearmente dependentes, caso contrário, se não existir relação exata entre as variáveis independentes ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ), então denota-se não multicolinearidade (GUJARATI, 2000).

Conforme a subseção 4.2 deste trabalho, no entanto, como a regressão linear múltipla, assim como, a regressão de Poisson e Quasi-Poisson não foram capazes de realizar um bom ajuste da variável Número de Mortos, optou-se pela categorização dessa variável, que passou a ser chamada de Ocorrência de Acidente com Óbito, que assume valor 1 em caso positivo e valor zero em caso negativo. Essa categorização nos permite utilizar o Modelo de Regressão Binomial (Logística), dado tratar-se de um modelo para variáveis qualitativas e binárias.

De acordo com Gujarati e Porter (2011, p. 818), a distribuição Binomial é uma “distribuição de dois parâmetros,  $n$  e  $p$ ”, cuja tal distribuição pode ser representada conforme a Equação (6) e Equação (7):

$$E(X) = np \quad (6)$$

$$Var(X) = np(1 - p) = npq \quad (7)$$

Sendo “ $n$  é o número de tentativas independentes, cada uma delas resulta em um ‘sucesso’ com probabilidade  $p$  e um ‘fracasso’ com probabilidade  $q = (1 - p)$ , se  $X$  representa o número do sucesso em  $n$  tentativas, então diz-se que  $X$  segue a distribuição binomial” (GUJARATI; POTTER, 2011, p. 818).

O Modelo de Regressão Binomial (Logística) é utilizado para analisar uma variável resposta  $Y$  qualitativa e binária, em consonância com a variável ocorrência de morte. Quanto à equação de regressão logística, de acordo com Gujarati e Potter (2011) e Silva (2020), é dada pela Equação (8) a seguir:

$$E(Y_i = 1|X_i) = P_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n)}}, n = 1, \dots, n. \quad (8)$$

Segundo a Equação (8) acima,  $X_i$  representa a variável explicativa, no qual assumindo 0  $Y_i$  contém o valor 1.

Depois de realizadas as modelagens, o próximo passo consiste em selecionar o considerado melhor dentre os modelos ajustados. O Critério de Informação Akaike (AIC), é geralmente considerado como o primeiro critério e hoje, continua a ser a mais amplamente conhecida e usada ferramenta de seleção de modelos (LUCAMBIO, 2020). Pode ser escrito conforme Equação (9).

$$AIC = -2 \ln f(x|\hat{\theta}) + 2k. \quad (9)$$

A verossimilhança é inversa proporcional a  $2 \ln f(x|\theta)$  e diretamente proporcional a  $2k$ . Por causa dessa composição, o AIC é uma medida que ponderada em função da adequação aos dados e a complexidade do modelo (SOBRAL; BARRETO, 2016).

Deste modo, o Modelo de Regressão que apresentar o menor AIC, será considerado o mais adequado para explicar a variável Número de Mortos. Escolhido o modelo, o próximo passo consiste em apresentar e interpretar os efeitos das variáveis independentes que melhor explicam o comportamento da variável-resposta de interesse.

Esta etapa da análise é implementada é em R (R CORE TEAM, 2021), por meio dos pacotes *stats* (R CORE TEAM), *gvlma* (PENA; SLATE, 2019), *aod* (LESNOFF; LANCELOT, 2012), *caret* (KUHN, 2022) e *pROC* (ROBIN et al., 2011).

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se as análises descritiva e regressão dos dados e os resultados propostos do presente trabalho.

### 4.1 Análise descritiva

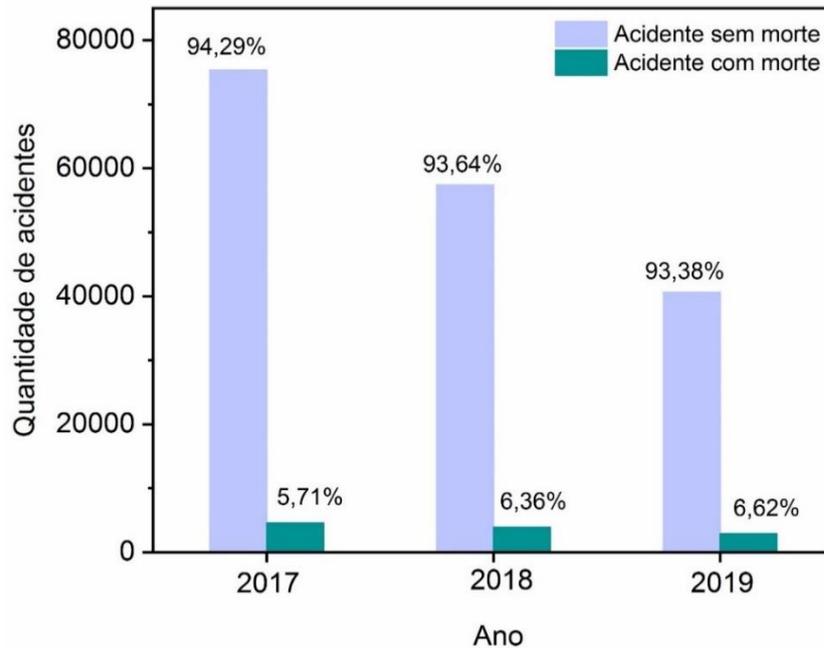
Com o objetivo de responder o que foi proposto no presente estudo, no que se refere à análise descritiva quantitativa, foram utilizados na presente pesquisa, após a coleta e organização dos dados, uma matriz composta por 208.143 linhas e 22 colunas. Destaca-se que os dados se referem a acidentes ocorridos nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019.

Dito isto, registraram-se 184.635 acidentes nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019, pois 23.508 mil linhas foram retiradas por se tratar de informações incompletas acerca do sinistro. Os dados analisados apresentaram um valor mínimo igual a 0 (zero), ou seja, alguns acidentes não provocaram mortes; o valor máximo observado foi igual a 21 (vinte e uma) mortes; a média de mortes por acidente foi igual a 0,07206, ou seja, quase uma morte a cada 14 acidentes; o desvio padrão foi igual a 0,3201; o Coeficiente de Variação foi igual a 4,4432, o que pode indicar uma superdispersão dos dados, dado que seu valor supera 0,2.

Em relação a quantidade de acidentes com vítimas fatais, foram observados, de acordo com os dados analisados, 11.340 acidentes com ocorrência de morte (vítimas fatais) e 173.295 de acidentes sem vítimas fatais (feridos e ileso), representando um percentual de, respectivamente, 6,14% e, 93,86% dos acidentes.

Ademais, apresenta-se, por meio de gráficos/tabelas (também no Apêndice B), a análise descritiva da variável categórica “ocorrência de morte” - 0 (acidente sem morte) e 1 (acidente com morte) -, ou seja, observa-se a sua frequência por nível de variáveis independentes também categóricas (conforme o Quadro 1).

**Figura 3** - Ocorrência de acidentes (com morte e sem morte) nas rodovias federais brasileiras por ano

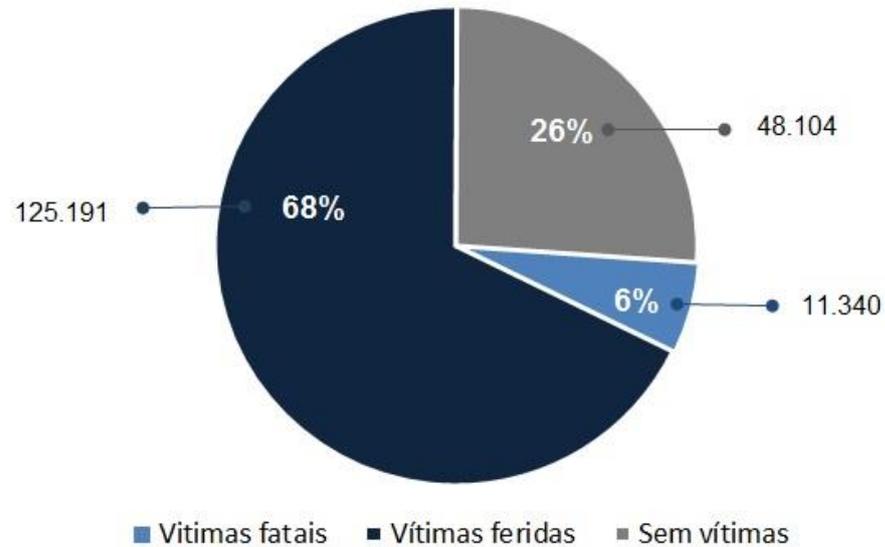


Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

De acordo com a Figura 3, pode-se observar uma diminuição na ocorrência do número total de acidentes (de 79875 para 43493) e no número de acidentes com vítimas fatais (de 4563 para 2880), em termos absolutos, entre 2017 e 2019. A proporção de acidentes com vítimas fatais, por sua vez, aumentou um pouco no mesmo período (de 5,71% para 6,62%). A diminuição do total de acidentes, bem como da letalidade, também foi registrada por Andrade e Antunes (2019) e Barros et al. (2018). Os primeiros observaram os acidentes nas estradas entre 2007 e 2011 e atribuíram as referidas diminuições à iniciativa da chamada Década de Ação para Segurança no Trânsito iniciada em 2011; os segundos analisaram os acidentes nas estradas entre 2010 e 2015.

O Figura 4 apresenta os valores, em termos absolutos e em termos relativos, de acidentes nas rodovias federais brasileiras por tipo de vítima.

**Figura 4** - Termos absolutos e relativos de acidentes nas rodovias federais brasileiras por tipo de vítima



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Com relação à Figura 4, pode-se observar quanto a variável Tipo de Vítima, uma maior quantidade de acidentes nas Rodovias Federais do país com vítimas feridas, com um total de 125.191 acidentes (67,80% dos casos). Acidentes com vítimas fatais apresentou um total de 11.340 (6,14% dos casos) e acidentes sem vítimas fatais e sem feridas, ou seja, ilesas, um total de 48.104 (26,06% dos casos). Não foram encontrados trabalhos que quantificassem essa informação.

A Tabela 1 demonstra a ocorrência de morte por unidade da federação. Pode-se observar uma maior quantidade absoluta de acidentes nas regiões sudeste e sul do país, com destaque para o estado de Minas Gerais (23.987 acidentes), Santa Catarina (22894 acidentes), Paraná (20667 acidentes), Rio de Janeiro (12915 acidentes) e São Paulo (12327 acidentes). Por outro lado, os estados que apresentam os menores números de acidentes estão situados no norte e nordeste do país: Amazonas (266 acidentes), Amapá (402 acidentes), Acre (612 acidentes), Roraima (638 acidentes) e Sergipe (1413 acidentes).

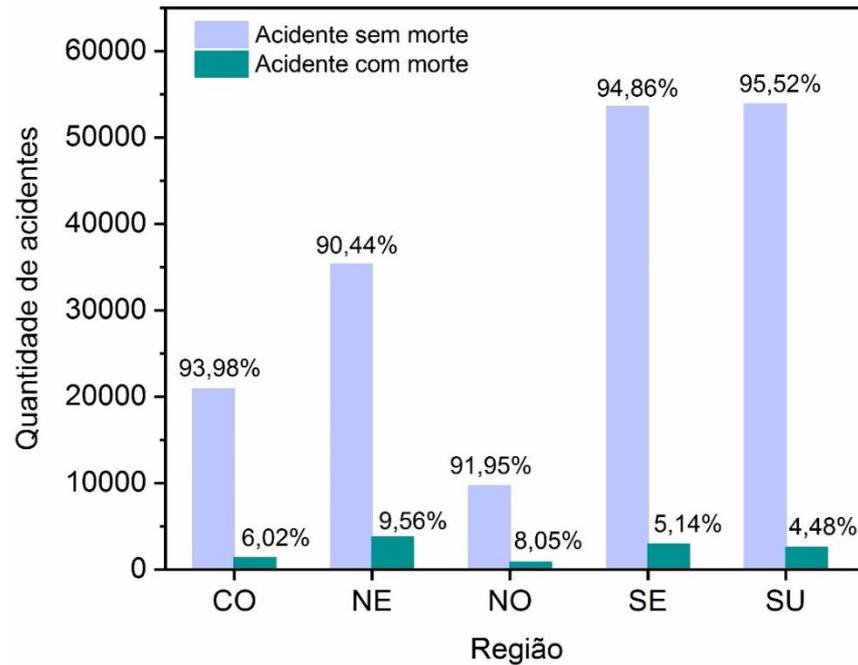
**Tabela 1** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por unidade da federação

Ocorrência de morte	UF						
	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF
Acidente sem morte	571 (93,30%)	1664 (94,27%)	227 (85,34%)	377 (93,78%)	8599 (89,49%)	3951 (91,10%)	2312 (95,93%)
Acidente com morte	41 (6,70%)	199 (5,73%)	39 (14,66%)	25 (6,22%)	1010 (10,51%)	386 (8,90%)	98 (4,07%)
Soma	612 (100,00%)	1863 (100,00%)	266 (100,00%)	402 (100,00%)	9609 (100,00%)	4337 (100,00%)	2410 (100,00%)
Ocorrência de morte	UF						
	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA
Acidente sem morte	6934 (95,69%)	8353 (93,77%)	2775 (85,34%)	22617 (94,29%)	3730 (93,46%)	6475 (93,88%)	2738 (89,54%)
Acidente com morte	312 (4,31%)	555 (6,23%)	439 (14,66%)	1370 (5,71%)	261 (6,54%)	422 (6,12%)	320 (10,46%)
Soma	7246 (100,00%)	8908 (100,00%)	3214 (100,00%)	23987 (100,00%)	3991 (100,00%)	6897 (100,00%)	3058 (100,00%)
Ocorrência de morte	UF						
	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO
Acidente sem morte	3674 (92,82%)	6644 (90,46%)	3333 (90,30%)	19598 (94,83%)	12204 (94,49%)	3356 (92,78%)	3888 (95,34%)
Acidente com morte	284 (7,18%)	701 (9,54%)	358 (9,70%)	1069 (5,17%)	711 (5,51%)	261 (7,22%)	190 (4,66%)
Soma	3958 (100,00%)	7345 (100,00%)	3691 (100,00%)	20667 (100,00%)	12915 (100,00%)	3617 (100,00%)	4078 (100,00%)
Ocorrência de morte	UF						
	RR	RS	SC	SE	SP	TO	
Acidente sem morte	570 (89,34%)	12161 (94,74%)	22112 (96,58%)	1320 (93,42%)	11819 (95,88%)	1293 (88,80%)	
Acidente com morte	68 (10,66%)	675 (5,26%)	782 (3,42%)	93 (6,58%)	508 (4,12%)	163 (11,20%)	
Soma	638 (100,00%)	12836 (100,00%)	22894 (100,00%)	1413 (100,00%)	12327 (100,00%)	1456 (100,00%)	

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Em contrapartida, o Amazonas, juntamente com o Maranhão, obteve o maior percentual de acidentes com vítimas fatais/ocorrência de morte com um valor de 14,66%, enquanto o Estado com menor percentual de acidentes com vítimas fatais o Distrito Federal (DF), com 4,07%. Destaca-se, ainda o Estado da Paraíba (PB), com um percentual 7,18% em acidentes com vítimas fatais e um total de 3.958 acidentes registrados durante o período analisado. Não foram encontrados trabalhos que quantificassem a informação comparando exclusivamente as unidades federativas.

Em seguida, a Figura 5 demonstra a ocorrência de acidentes com morte por região do país.

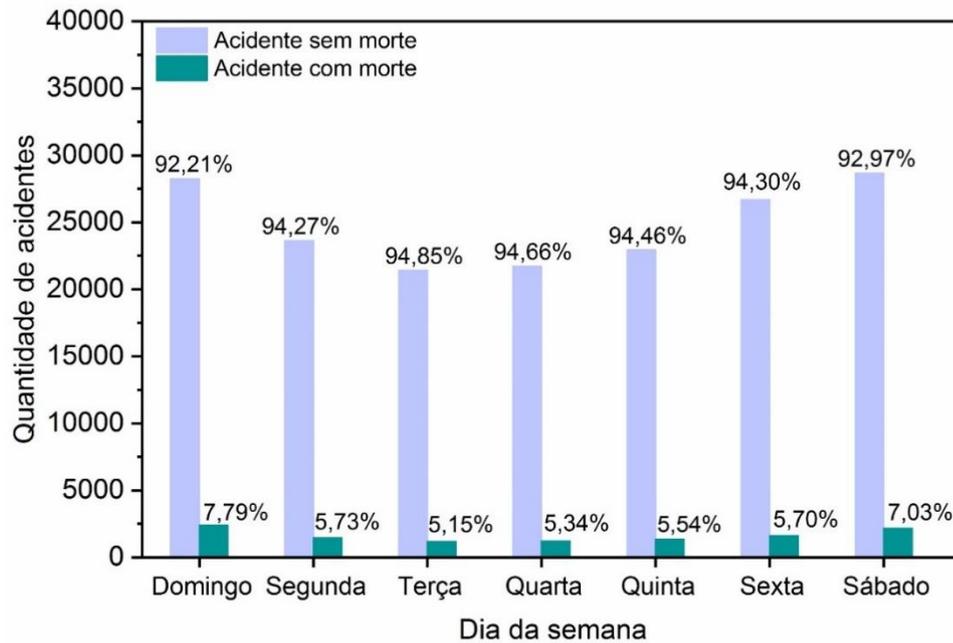
**Figura 5** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por região

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

De acordo com a Figura 5, pode-se observar, em termos absolutos, uma maior quantidade de acidentes nas rodovias federais, ocorrem nas regiões Sudeste (SE) e Sul (SU), com 56.475 e 56.397 registros respectivamente. No entanto, em termos relativos, a região Nordeste (NE) apresenta um maior percentual de acidentes com óbitos nas rodovias federais nos anos analisados, com 9,56% dos casos, seguido da região Norte (NO), com 8,05%, e a região Centro-Oeste (CO), com 6,02%. Curiosamente, as regiões SE e SU apresentaram os menores percentuais de ocorrência de morte em acidentes nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019, com um percentual de 5,14% e 4,48%, respectivamente. Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019) constaram em sua pesquisa que a região sudeste apresenta menor chance de acidentes de trânsito em rodovias federais envolvendo vítimas fatais, enquanto a região nordeste apresenta maior índice de letalidade em 78% maior que a região Sudeste, no ano de 2016.

A Figura 6, apresenta a ocorrência de morte no decorrer dos dias da semana.

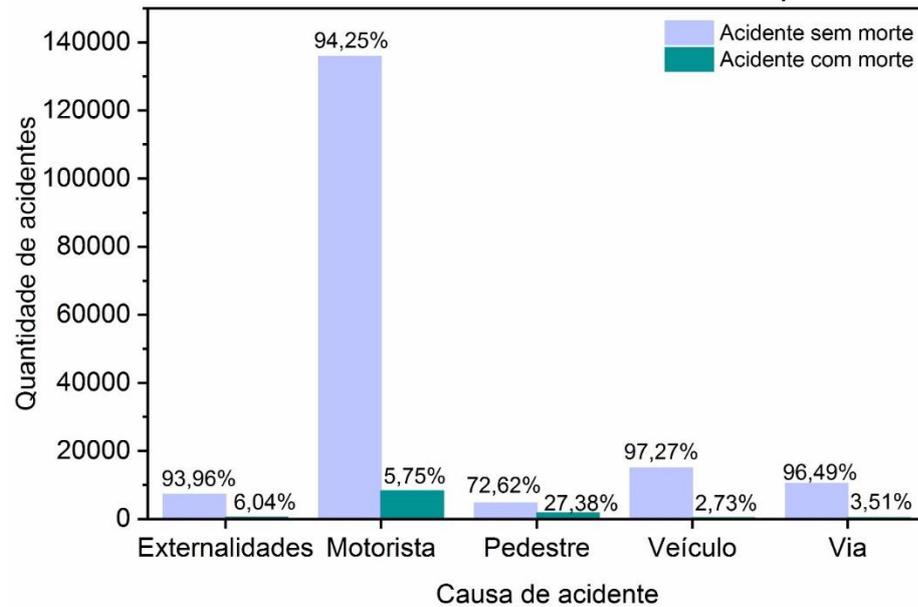
**Figura 6** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por dia da semana



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

De acordo com a Figura 6, pode-se observar, tanto em termos absolutos quanto em termos relativos, uma maior quantidade de acidentes e de acidentes com óbitos durante os fins de semana (sexta-feira, sábado e domingo). Os dias com menores valores são a terça e a quarta-feira. Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), ao analisarem dados de 2016, apontaram para uma maior incidência de acidentes com letalidade também nos finais de semana, na qual a maior ocorrência se concentra no domingo (18,1%), contra os 13,1% da segunda-feira, dia com menor incidência. Os autores citam a ingestão de bebidas alcólicas e ao lazer nos fins de semana como principais causas de maior incidência aos domingos. Ainda segundo os autores, não foi observada diferença significativa entre a letalidade dos acidentes nos demais dias da semana quando comparados à segunda-feira.

A Figura 7 apresenta a ocorrência de morte por causa de acidente.

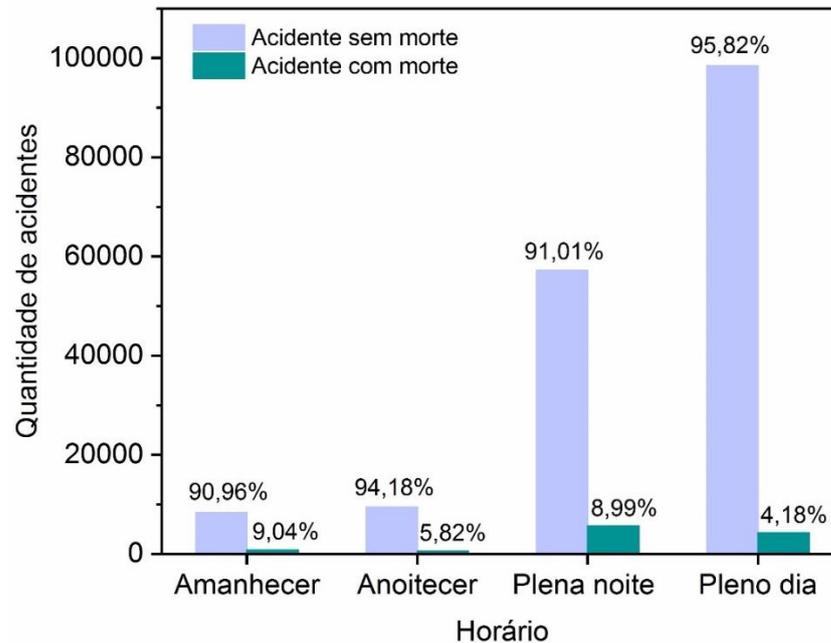
**Figura 7** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por causa de acidente

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Em relação à Figura 7, pode-se observar, quanto à causa do acidente, uma maior quantidade de acidentes ocasionada por falha do motorista, com um total de 144.152 acidentes, sendo associada à ingestão de álcool ou de substâncias psicoativas, desobediência das normas de trânsito, falta de atenção do condutor, mal súbito, não manutenção de distância de segurança, ultrapassagem indevida e velocidade incompatível. Em contrapartida, o maior percentual de acidentes com ocorrência de morte envolve a falha do pedestre (27,38%), que se refere à desobediência das normas de trânsito, falta de atenção e ingestão álcool ou substâncias psicoativas. Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019) também constataram que os pedestres têm o maior risco de morte nas rodovias federais brasileiras (no ano de 2016), com 849% mais chance de letalidade em comparação aos ocupantes de automóveis, visto que em caso de colisão, o pedestre estará com o corpo mais exposto, enquanto os ocupantes de automóveis tendem a ter maior proteção por causa da estrutura do veículo. Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021) analisaram as causas que são determinantes em lesões sofridas por pedestres, nas rodovias federais do Brasil entre os anos de 2017 e 2019, e adicionam que veículos de grande porte tem maior probabilidade de ocasionar lesões com maior severidade e até com maior chance de letalidade em pedestres.

A Figura 8 apresenta a ocorrência de morte por horário de acidente.

**Figura 8** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por horário do acidente



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

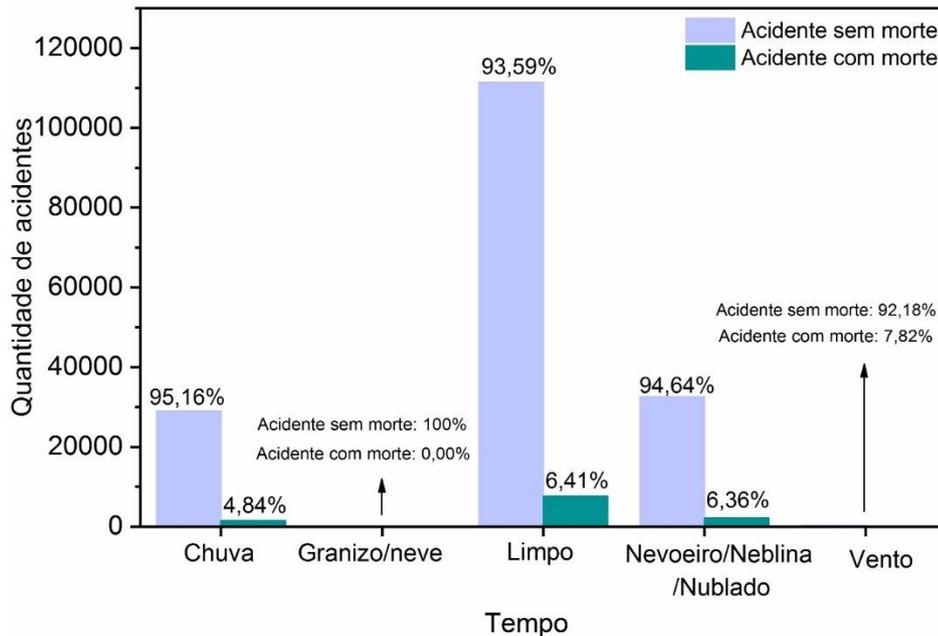
De acordo com a Figura 8, é possível observar uma maior quantidade de acidentes nas rodovias federais do país no horário de Pleno Dia, com um total de 102.686 casos, podendo-se explicar esse resultado em função do maior fluxo de veículos observado no horário em questão. Em contrapartida, o mesmo horário Pleno Dia obteve o menor percentual de acidentes com vítimas fatais, 4,18%, provavelmente explicado pela maior visibilidade da pista, além de menor chance de dormir ao volante por causa do horário. Já em relação ao maior percentual de mortes em acidentes estão o horário de Plena Noite, com aproximadamente 9%, e o horário Amanhecer, com um pouco mais de 9%, podendo-se explicar esse resultado em função da pouca visibilidade, por fases do dia com menos luz natural e também, como uma possível causa, o sono na condução do veículo, devido ao horário apresentado.

Em um estudo recente, Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021), que também analisaram acidentes nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019, constataram que fases do dia com menos luz natural, ou seja, com menos visibilidade, tem maior chance de ocasionar acidentes graves, em especial quando se envolvem pedestres. Além disso, Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), a partir de dados de 2016, também apontam que a chance de acidentes em rodovias federais com maior risco de letalidade é maior em plena noite e durante a madrugada - em média, acidentes durante a madrugada tem 1,23 vezes maiores chances de serem letais. De acordo com Almeida et al. (2013), a partir de dados da cidade de Fortaleza, entre 2004 e 2008, o horário com maior risco de ocorrência de mortes em acidentes também se refere à madrugada,

no qual o autor aponta como possíveis motivos a ingestão de álcool e menor visibilidade nas estradas.

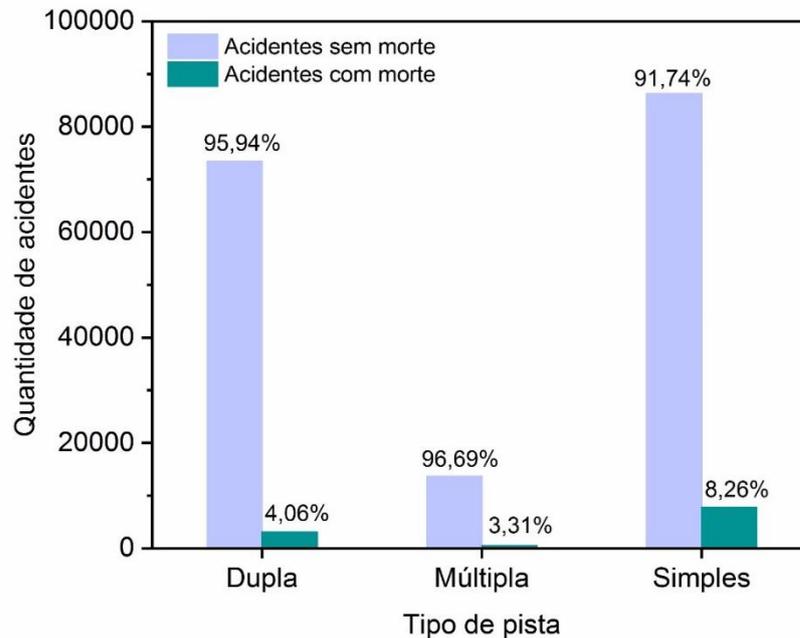
A Figura 9 apresenta a ocorrência de morte por condição meteorológica.

**Figura 9** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por condição meteorológica



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

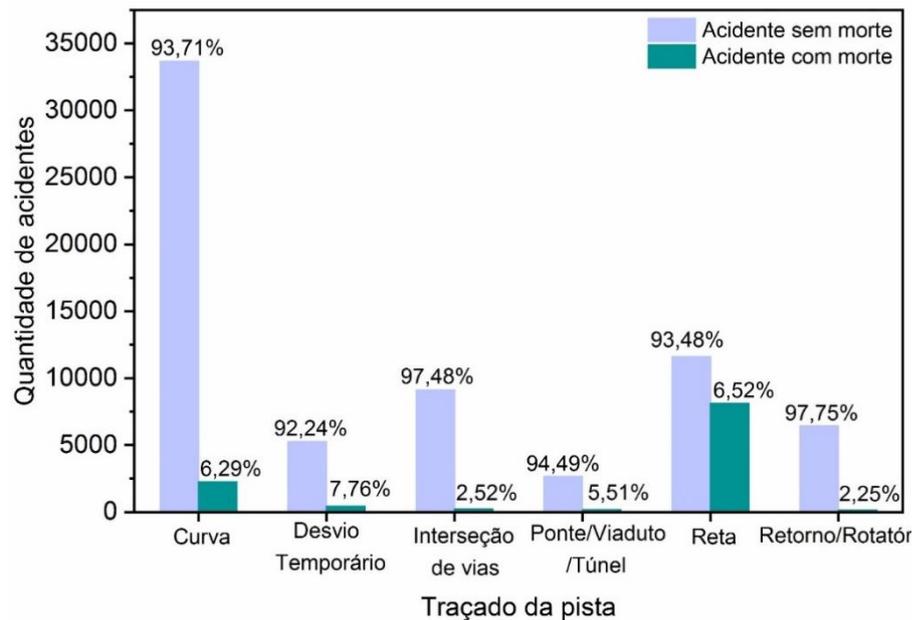
De acordo com a Figura 9, é possível observar uma maior quantidade de acidentes nas Rodovias Federais do país quando a condição do tempo está “limpo”, com um total de 119.307 casos, fato explicado tanto pela prevalência dessa condição meteorológica, quanto pela sensação de segurança e de confiança que isso pode proporcionar ao motorista, que passa a arriscar mais. Uma condição meteorológica menos favorável, isto é, menos segura, naturalmente deixa o motorista e demais envolvidos mais cautelosos. Em relação a condição de tempo Vento, houve um maior percentual de acidentes com vítimas fatais, com 7,82%. Em contrapartida, quando a condição de tempo é de chuva, houve um percentual de acidentes com ocorrência de morte menor que a condição climática quando o tempo está limpo, com vento, com nevoeiro, neblina ou nublado, com um percentual de 4,84%. Franceschi et al. (2022) analisaram os fatores que ocasionam severidade de acidentes em rodovias federais do país entre 2017 e 2019. Encontraram que as condições climáticas de céu limpo aumentam a chance de severidade nos acidentes. Moraes et al. (2014), a partir de dados de Palmas/TO em 2006, apontaram que o tempo em condição de chuva tem maior incidência de acidentes com e sem vítimas fatais, devido a menor visibilidade do condutor do veículo.

**Figura 10** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por tipo de pista

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

A Figura 10 demonstra a ocorrência de morte por tipo de pista. É possível observar uma maior quantidade de acidentes nas rodovias federais do país, quanto ao tipo da pista, na utilização de Pista Simples, que computou 94.005 casos. A pista simples também apresenta o maior percentual de ocorrência de morte em acidentes nas rodovias, com 8,26% dos casos. Isso provavelmente ocorre por se tratar do tipo de pista prevalente no país, no qual esse tipo de pista pode ocasionar maiores chances de colisão frontal, devido ultrapassagens em trechos inapropriados, por exemplo. Por outro lado, o tipo de pista múltipla demonstrou o menor percentual de acidentes com vítimas fatais nas Rodovias Federais brasileiras, 3,31% dos casos. Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019) também constataram que as maiores médias de acidentes ocorrem em um tipo de pista simples, com exceção a atropelamentos de pedestres, que ocorre com mais frequência em pista dupla.

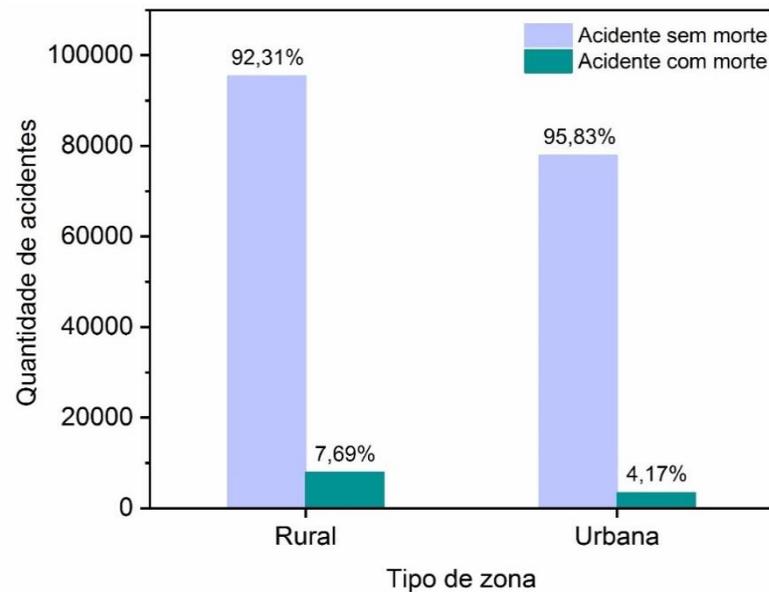
A Figura 11 demonstra a ocorrência de morte por traçado da pista.

**Figura 11** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por traçado da pista

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Em relação à Figura 11, pode-se notar uma maior quantidade de acidentes nas Rodovias Federais do Brasil quanto ao tipo de traçado, nos anos de 2017 a 2019, encontra-se no Traçado Reta com 124.263 casos, podendo-se explicar esse resultado pela prevalência deste tipo de traçado. Em contrapartida, o maior percentual de morte em acidentes nas Rodovias Federais se encontra no tipo de traçado de Desvio Temporário, como por exemplo ultrapassagem indevida, com 7,76%. Ou seja, este tipo de traçado é mais letal, apresenta um maior risco de morte quanto aos demais, comparando as variáveis do tipo de traçado. E o menor risco de morte, pertence ao traçado de Retorno/Rotatória e Interseção de vias, como, por exemplo, cruzamentos, com um percentual um pouco acima de 2%, podendo-se explicar este resultado como uma possível menor existência deste tipo de traçado nas Rodovias federais do país. Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), obtiveram nos resultados de sua pesquisa que o índice de acidentes com letalidade é 1,29 vezes maior em um traçado de curva e 1,22 vezes maior em um traçado de reta do que em cruzamentos nas rodovias federais do Brasil em 2016.

A Figura 12 demonstra a ocorrência de morte por zona.

**Figura 12** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por zona

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Por fim, com relação ao Figura 12, é possível observar uma maior quantidade de acidentes e um maior percentual de acidentes com ocorrência de morte nas Rodovias Federais do Brasil na zona rural, com um total de 103.363 acidentes (7,69% dos casos). De acordo com Almeida et al. (2013) e Barros et al. (2018), a ocorrência dos acidentes de trânsito terrestres atinge uma maior proporção em vias urbanas, no entanto, as vias consideradas de rápido acesso, tais como as rodovias federais, apresentam uma maior mortalidade, o qual, o último analisou as características dos acidentes nas rodovias de Pernambuco no período de janeiro de 2010 a junho de 2015 e, o primeiro analisou acidentes na cidade de Fortaleza, capital do Ceará, entre 2004 e 2008. Enquanto Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019) obtiveram um percentual de 54% de acidentes ocorrem nas rodovias federais na zona rural e 46% em zona urbana no ano de 2016, com uma letalidade maior em 141% na zona rural do que na urbana, ou seja, indicam a mesma direção que o presente trabalho.

A seguir, apresenta-se a análise de Regressão referente ao número de mortos e à ocorrência de mortes.

## 4.2 Análise de regressão

O presente trabalho propõe a realização de duas modelagens relativas ao alcance do objetivo geral: numa primeira, utiliza-se o modelo de regressão em que a variável dependente é o número de óbitos ocorridos nas rodovias federais brasileiras; numa segunda, utiliza-se o

modelo de regressão em que a variável dependente é a ocorrência de acidente com óbito nas rodovias federais brasileiras. Observa-se que o conjunto de variáveis independentes é apresentado no Quadro 1.

Com base no princípio da parcimônia, buscou-se estimar a variabilidade do número de mortos por meio da regressão normal. Para tanto, o primeiro passo consistiu em realizar uma seleção automática das variáveis independentes, viabilizada pela regressão *stepwise* em ambiente R (R CORE TEAM, 2021) – pacote *lmtest* (ZEILEIS; HOTHORN, 2002). Em seguida, realizaram-se ajuste manuais, em que este pesquisador retirou e adicionou variáveis ao modelo. No entanto, nem os ajustes automáticos nem os manuais geraram modelos que obedecessem aos pressupostos de uma regressão normal, quais sejam, normalidade, homoscedasticidade, assimetria e curtose, concluindo-se que o modelo não é apropriado, dado que existem indícios de que os dados não são lineares.

Para tentar linearizar os dados, foram realizadas duas transformações: aplicou-se tanto o logaritmo à variável número de mortos, quanto a raiz quadrada. Contudo, numa nova tentativa de modelagem, mais uma vez os pressupostos do modelo não foram atendidos.

Em decorrência disso, o próximo passo consistiu em tentar realizar o ajuste do número de mortos por meio dos Modelos Lineares Generalizados, pois são adequados quando os pressupostos dos modelos lineares não são válidos e permitem alterar a distribuição do erro e a função de ligação dos dados.

De acordo com o suporte do número de mortos, isto é, com os valores que essa variável pode assumir – valores inteiros maiores ou iguais a zero, por se tratar de contagem - optou-se pelos Modelos de Regressão de Poisson e Quasi-Poisson, modelos de distribuição discreta. Entretanto, tais modelos, de acordo com a análise gráfica, não realizaram bons ajustes.

Por fim, optou-se pela categorização da variável número de mortos, que passou a se chamar ocorrência de morte. Em decorrência dessa categorização, utilizou-se o Modelo de Regressão Binomial. Como o modelo realizou um bom ajuste, optou-se pela apresentação de suas estimativas, ou seja, dos efeitos das variáveis independentes sobre a ocorrência de mortes em acidentes nas rodovias federais do Brasil entre 2017 e 2019, conforme a Tabela 2. Destaca-se, ainda, que o valor  $p$  obtido por meio do teste de Wald foi inferior ao nível de significância de 5%, rejeitando-se a hipótese de nulidade geral dos parâmetros. Ou seja, que existem parâmetros significativos no modelo.

A Tabela 2, apresenta a relação de efeito entre as variáveis independentes sobre a ocorrência de morte, variável dependente da presente pesquisa, nas rodovias federais brasileiras entre os anos de 2017 a 2019.

**Tabela 2** - Relação de Efeito ente as variáveis e a ocorrência de morte nas Rodovias Federais Brasileiras entre os anos de 2017 a 2019

Variável – Nível	$\hat{\beta}$	$E(\hat{\beta})$	$E(\hat{\beta}) - 1$	Significância
Intercept	-3,13456	0,0435189	-95,65%	***
Dia – Quarta	-0,37092	0,6900991	-30,99%	***
Dia – Quinta	-0,32292	0,7240318	-27,60%	***
Dia – Sábado	-0,10075	0,904159	-9,58%	**
Dia – Segunda	-0,24016	0,786502	-21,35%	***
Dia – Sexta	-0,29804	0,7422716	-25,77%	***
Dia – Terça	-0,38538	0,6801921	-31,98%	***
Causa – Motorista	0,11719	1,124333	12,43%	*
Causa – Pedestre	2,57428	13,121866	1212,19%	***
Causa – Veículo	-0,54761	0,5783304	-42,17%	***
Causa – Via	-0,20151	0,8174954	-18,25%	**
Horário – Anoitecer	-0,53744	0,584242	-41,58%	***
Horário - Plena Noite	-0,11694	0,8896386	-11,04%	**
Horário - Pleno Dia	-0,77883	0,4589427	-54,11%	***
Tempo - Granizo / Neve	-8,82326	0,0001473	-99,99%	
Tempo – Limpo	0,17531	1,1916156	19,16%	***
Tempo - Nevoeiro / Neblina / Nublado	0,07923	1,0824533	8,25%	*
Tempo – Vento	0,04324	1,0441885	4,42%	
Pista – Múltipla	-0,18248	0,8332013	-16,68%	***
Pista – Simples	0,70253	2,018854	101,89%	***
Traçado - Desvio Temporário	0,17014	1,1854708	18,55%	**
Traçado - Interseção de Vias	-0,88801	0,4114738	-58,85%	***
Traçado - Ponte / Viaduto / Túnel	-0,13274	0,8756927	-12,43%	
Traçado – Reta	-0,06729	0,934924	-6,51%	*
Traçado - Retorno / Rotatória	-0,89582	0,4082727	-59,17%	***
Zona – Urbano	-0,74482	0,4748198	-52,52%	***
Veículos	1,09875	3,0004132	200,04%	***

Fonte: elaborado pelo autor por meio do Software R a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Na Tabela 2, e de acordo com a equação (9),  $\hat{\beta}$  representa o parâmetro estimado e associado ao intercepto e cada uma das variáveis independentes / categorias;  $E(\hat{\beta})$ , em decorrência da função de ligação aqui utilizada, representa o efeito de cada variável independente / categoria sobre a ocorrência de morte;  $E(\hat{\beta}) - 1$  representa o percentual de agravamento ou suavização do risco de morte variável independente; na coluna de significância, a presença de ao menos um asterisco “\*”, representa que a variável/categoria tem efeito significativo sobre a variável dependente do estudo em questão; assim, a ausência do mesmo significa que a variável/categoria em questão, não exerce efeito significativo sobre a variável dependente. Na sequência, para todas as variáveis / categorias, comentam-se as colunas  $E(\hat{\beta}) - 1$  e a significância.

A Tabela 2, propositadamente, omitiu a linha referente ao dia de domingo, o que significa que o domingo representa a categoria de referência para a variável Dia da Semana. Isso quer dizer que as estimativas dos demais dias são comparadas a ela. Como os sinais de todas as categorias, isto é, de todos os outros dias, são negativos, significa que a chance de ocorrência de óbito para todos os dias, em relação ao domingo, é menor. Em outros termos, o domingo é o dia com maior risco de morte. Além disso, o efeito de todos os dias é significativo, dado que todos possuem asterisco. Curiosamente, a terça-feira, por exemplo, apresenta um risco de morte menor que o domingo em 31,98%, enquanto no outro extremo, tem-se que o sábado apresenta um risco de morte menor em 9,58%.

Em comparação com os demais estudos, citam-se dois deles. Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019) também constataram uma maior incidência de acidentes, também nas rodovias federais do Brasil, com letalidade nos finais de semana, especialmente no domingo, representando um risco de letalidade de 35% maior quando comparado à segunda-feira (dia com menor índice de mortes). Numa tentativa de explicar tal achado, citam uma maior exposição à ingestão de bebidas alcólicas e ao lazer. Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021), analisaram as causas que são determinantes em lesões sofridas por pedestres, também nas rodovias federais do Brasil e, assim como o presente trabalho, verificaram que o final de semana tem maior probabilidade de ocasionar lesões com maior severidade em pedestre: uma razão de chance de 1,51 vezes maior nos finais de semanas.

A Tabela 2, de forma proposital, omitiu a linha referente à externalidades, o que significa que externalidade representa a categoria de referência para a variável Causa do Acidente. Isso quer dizer que as estimativas das demais causas são comparadas a ela. Como aparecem sinais positivos e negativos nas outras causas, significa que a chance de ocorrência de óbito por causa de externalidades pode ser maior ou menor que por outras causas. Além disso, o efeito de todas as causas é significativo, dado que todas possuem asterisco. Assim, tem-se que o risco de morte por acidente causado pelo pedestre é maior que o causado por externalidade em 1212,19%; no outro extremo, tem-se que o acidentes provocados pelo motorista reduz o risco de morte, quando comparado à categoria externalidades, em 42,17%.

Em comparação com os demais estudos, citam-se dois deles. Assim como no presente estudo Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), destacam que, em média, os acidentes de trânsito são mais letais para os pedestres, com maior chance de morte para este tipo de causa em 849%. Além disso, houve, nos anos seguintes, um aumento neste índice para pedestres, e de acordo com os autores, os ocupantes de ônibus apresentam o menor risco de letalidade: menor, em 46%, que ocupantes de carros. Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021), obtiveram como

principais resultados em sua pesquisa que veículos de grande porte, como caminhão e ônibus, tem maior probabilidade de ocasionar lesões com maior severidade e até com maior chance de letalidade também em pedestres, com índices de 1,72 e 0,93 respectivamente, maiores do que automóveis.

A Tabela 2, propositadamente, omitiu a linha referente ao amanhecer, o que significa que o amanhecer representa a categoria de referência para a variável Horário do Acidente. Isso quer dizer que as estimativas dos demais horários são comparadas a ela. Como os sinais de todas as categorias, isto é, de todos os outros horários, são negativos, significa que a chance de ocorrência de óbito para todos os horários, em relação ao amanhecer, é menor. Noutros termos, o amanhecer é o horário com maior risco de morte, podendo-se explicar esse resultado em função da pouca visibilidade, por fases do dia com menos luz natural e também, como uma possível causa, o sono na condução do veículo, devido ao horário apresentado. Além disso, o efeito de todos os horários é significativo, dado que todos possuem asterisco. Além disso, destaca-se que: pleno dia, por exemplo, apresenta um risco de morte menor que o amanhecer em 54,11%.

Em comparação com os demais estudos, seguem os comentários. Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021), afirmam que as fases do dia com menos luz natural, ou seja, com menos visibilidade, tem maior chance de ocasionar acidentes graves atribuídos a pedestres, como ao anoitecer com um índice de 1,38 vezes maior que em pleno dia e, em plena noite, com índice de 1,29 vezes maior o risco de acidentes fatais do que em pleno dia. Além disto, Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), também destacam que a chance de acidentes com maior risco de letalidade aumenta em plena noite, como o presente trabalho, e durante a madrugada - acidentes durante a madrugada tem 23% e a noite, 40%, mais chances de ser letais.

A Tabela 2, omitiu propositadamente, a linha referente à chuva, o que significa que a chuva representa a categoria de referência para a variável Condição Meteorológica. Isso quer dizer que as estimativas das demais condições são comparadas a ela. Como os sinais de todas as categorias, isto é, de todas as outras condições, são positivos, significa que a chance de ocorrência de óbito para todas as condições, em relação aos dias de chuva, é maior. Em outros termos, o dia de chuva apresenta o clima com menor risco de morte. Além disso, o efeito de duas categorias não é significativo, ou seja, não parece diferir dos dias de chuva: os dias de vento e os dias de granizo / neve. Por outro lado, duas categorias possuem efeitos significativos sobre o risco de morte: os dias limpos e os dias de nevoeiro / neblina / nublado. Destaca-se que os dias limpos apresentam maior risco de morte que os dias de chuva em 19,16%. Franceschi et al. (2022), com o objetivo analisar fatores que ocasionam severidade de acidentes em

rodovias federais do país, encontraram que as condições climáticas de céu limpo contribuem para o aumento de chance de severidade nos acidentes.

A Tabela 2, omitiu de forma proposital, a linha referente à pista dupla, o que significa que a mesma representa a categoria de referência para a variável Tipo de Pista. Isso quer dizer que as estimativas dos demais tipos de pista são comparadas a ela. Como os sinais das outras categorias, isto é, de outros tipos de pista, são negativos e positivos, a chance de ocorrência de óbito em uma pista dupla pode ser maior ou menor que em outros tipos de pista. Além disso, o efeito de todos os tipos de pista é significativo, dado que todos possuem asterisco. Destaca-se que o risco de morte em acidentes ocorridos em pista simples é maior que aqueles ocorridos em pista dupla em 101,89%, enquanto que o risco de morte em pista múltipla é menor em 16,68%.

Em relação a este item, Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019) afirmam que as maiores médias de acidentes ocorrem em um tipo de pista simples, com exceção a atropelamentos de pedestres, no qual este índice é maior em pista dupla e que, por fim, o tipo de pista múltipla tem menor ocorrência de morte nas rodovias federais do país. Em relação aos resultados obtidos na pesquisa de Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021), ao analisar o risco de acidentes atribuídos aos pedestres, afirmam que o risco de severidade em acidentes nas rodovias federais entre 2017 e 2019 é 1,185 vezes maior em pista múltipla (do que em pista dupla) e 1,006 vezes maior em pista simples (do que em pista dupla).

A Tabela 2, propositadamente, omitiu a linha referente à curva, o que significa que a mesma representa a categoria de referência para a variável Tipo de Traçado da Via. Isso quer dizer que as estimativas dos demais traçados são comparadas a ela. Como aparecem sinais negativos e positivos em outras categorias, isto é, em outros traçados, a chance de ocorrência de óbito em curvas pode ser maior ou menor que a chance de se acidentar em outros tipos de traçado. Além disso, o efeito de uma categoria não é significativo, ou seja, não parece diferir das vias curvas: ponte / viaduto / túnel. Por outro lado, quatro categorias possuem efeitos significativos sobre o risco de morte: vias retas, interseção de vias, desvio temporário e retorno / rotatória. Destaca-se que a retorno / rotatória apresenta menor risco de morte que as curvas em 59,17%, enquanto que o desvio temporário apresenta maior risco de morte em 18,55%.

Em relação ao tipo de traçado, de acordo com Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019) observaram que o índice de acidentes com letalidade é 1,29 vezes maior em um traçado de curva e 1,22 vezes maior em um traçado de reta do que em cruzamentos nas rodovias federais do Brasil em 2016. Em comparação com a presente pesquisa, a lógica dos índices foi mantida - o risco de ocorrência de vítimas fatais em acidentes nas rodovias federais do país é maior em curva, seguido do traçado reta, com um diferencial no presente estudo, no qual o traçado desvio

temporário tem o maior risco de ocorrência de mortes nas rodovias federais do que os demais tipos de traçados mencionados.

A Tabela 2, omitiu propositalmente, a linha referente à zona rural, o que significa que a mesma representa a categoria de referência para a variável Zona. Isso quer dizer que a estimativa da categoria zona urbana é comparada a ela. Como o sinal da estimativa da zona urbana é negativo, significa que a chance de óbito em acidente ocorrido na zona rural é maior, neste caso, em 52,52%

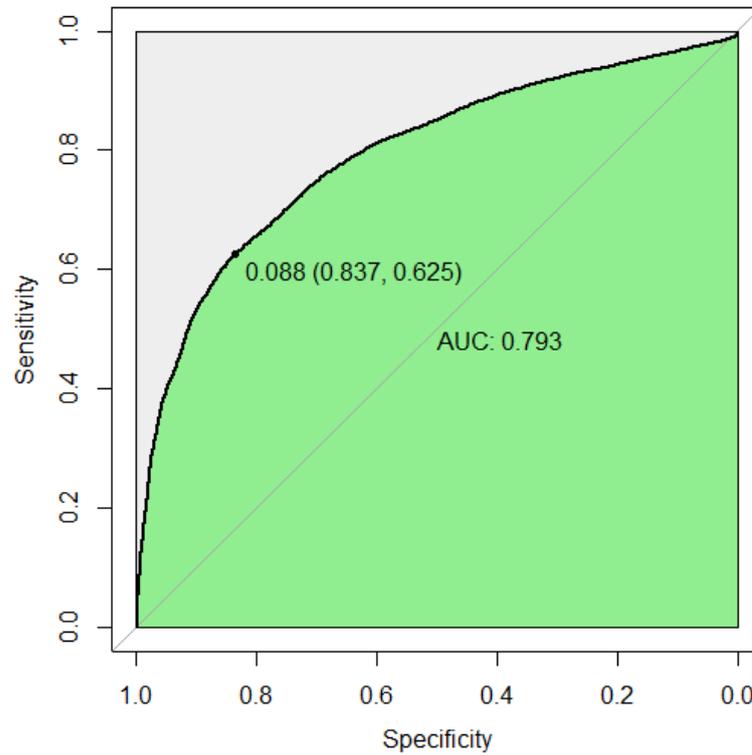
Quanto ao tipo de zona, de acordo com Almeida et al. (2013) e Barros et al. (2018), que se utilizaram de dados de Fortaleza e Pernambuco, respectivamente, a ocorrência dos acidentes de trânsito terrestres atinge uma maior proporção em vias urbanas, no entanto, em vias consideradas de rápido acesso que, tais como as rodovias federais, apresentam uma maior mortalidade. Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019), constataram um percentual de 54% de acidentes ocorridos na zona rural e 46% em zona urbana, com uma letalidade maior em 141% na zona rural do que na urbana, assim como no presente trabalho. Miranda, Da Silva e Dutt-Ross (2021), observaram em seus resultados uma chance de 53,4% menor de severidade em acidentes na zona urbana do que na zona rural, mais especificamente para pedestres.

A Tabela 2, apresenta, ainda a estimativa para a variável numérica Número de Veículos envolvido no acidente: 200,04%. Isso significa que a chance de óbito aumenta em 200,04% se o número de veículos no acidente aumentar em uma unidade.

Em relação à adequabilidade do modelo, utilizou-se da Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) para mensurar a sua capacidade de predição. Segundo Fawcett (2006), esta técnica visualiza, organiza e classifica o modelo com base na performance preditiva.

A Figura 13 apresenta a área sobre a Curva ROC (*AUC - Area Under the ROC Curve*). Este indicador representa a probabilidade de que o classificador efetue predições randômicas na instância positiva melhor do que na instância negativa. O indicador AUC sempre terá seu valor entre 0 e 1, sendo que quanto maior, melhor e nunca um classificador realístico deve estar abaixo de 0,5. Hosmer e Lemeshow (2000) sugere a utilização de AUC acima de 0,7 como aceitável. No nosso caso, o indicador foi igual a 79,3%.

A matriz de confusão decorrente do modelo retoma uma excelente acurácia total do modelo em 93,97%, sendo que o modelo consegue acertos de 60,96% na predição de valores positivos ou dos “eventos” e 94,14% na predição de valores negativos ou os “não eventos”.

**Figura 13** - Curva ROC do modelo selecionado

Fonte: elaborado pelo autor por meio do Software R a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Deste modo, ajustado, selecionado e verificada a adequabilidade do modelo, além de interpretados os seus parâmetros (efeitos das variáveis independentes sobre a ocorrência de óbito), bem como discutidos os resultados, finaliza-se o presente capítulo e se apresenta, a seguir, as conclusões deste trabalho.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como principal finalidade, identificar e analisar as principais causas de ocorrência de vítimas fatais decorrentes de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras, a partir de dados anuais entre 2017 a 2019 disponibilizados pela PRF. Para isso, descreveu-se o comportamento do número de acidentes e de acidentes com óbitos, e a partir de variáveis independentes, regrediu-se a ocorrência de óbitos.

Foram registrados 184.635 acidentes durante o período analisado, no qual 11.340 acidentes apresentaram ocorrência de morte (vítimas fatais) e 173.295 de acidentes sem vítimas fatais (feridos e ilesos), representando um percentual de, respectivamente, 6,14% e, 93,86% dos acidentes. Além disso, a média de mortes por acidente foi igual a 0,07206, ou seja, quase uma morte a cada 14 acidentes, o desvio padrão foi igual a 0,3201, e o coeficiente de variação foi igual a 4,4432, o que pode indicar uma superdispersão dos dados, dado que seu valor supera 0,2.

Verificou-se que o número de morte e a proporção de óbitos diminuiu ao longo dos anos observados, que as regiões Sul, Sudeste e Nordeste do país apresentam os maiores números de mortos e que os estados do Amazonas e do Maranhão apresentam as maiores proporções de óbitos.

Em relação à análise de regressão, observam-se os fatores que mais suavizam o risco de morte: acidentes ocorridos na terça-feira, na região Sul, provocado por falha do veículo, em pleno dia, com chuva, pista múltipla, interseção de vias e em zona urbana. Por outro lado, os fatores que mais agravam o risco de morte são: acidentes ocorridos no domingo, na região Nordeste, provocado por erro do pedestre, ao amanhecer, com céu limpo, em pista simples, traçado de desvio temporário e em zona rural. Destaca-se, ainda, que o número de veículos envolvidos no acidente é diretamente proporcional à ocorrência de morte, isto é, o aumento em uma unidade do número de veículos envolvido, aumenta a chance de óbito em 200,04%.

No tocante às limitações do presente trabalho, listam-se:

- Em relação aos dados coletados no *site* da PRF, na categoria de acidentes agrupados por ocorrência e por pessoa, a PRF contabiliza os óbitos e a gravidade das lesões no local de ocorrência do acidente, ou seja, por não ser de sua competência, a PRF não acompanha e, portanto, não contabiliza se as pessoas envolvidas no acidente chegaram a falecer posteriormente nos hospitais. Isso significa que as estimativas são subvalorizadas.

- Esses registros se restringem às rodovias federais e não incluem, portanto, registros de acidentes em outros tipos de rodovias.
- Inicialmente, esse trabalho se propôs a investigar a variável número de mortos decorrentes de acidentes em rodovias federais. No entanto, nenhum dos modelos utilizados para tal finalidade (modelo de regressão Normal, Quase Poisson e Poisson), realizaram um ajuste adequado. Nesse sentido, foi realizada uma adaptação da variável por meio de uma categorização.

Quanto a sugestões para os próximos trabalhos, tem-se que:

- A ampliação do recorte temporal;
- A realização de estudos em rodovias estaduais;
- A utilização de outros modelos estatísticos.

Desta forma, o expressivo número de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras se configura como um problema de saúde pública no país. Isto se deve aos custos associados ao atendimento e internação das vítimas que tais acidentes podem proporcionar, pela morte precoce de inúmeras pessoas, que impactam as vidas das famílias, bem como a composição da população economicamente ativa do país.

A fim de contribuir com a redução de óbitos nas rodovias federais do país, sugere-se, a elaboração de um plano de ações a partir dos achados deste e de outros trabalhos. Por exemplo, identificados os fatores que agravam o risco de morte, o poder público possui informações norteadoras para intervir com ações educativas e de precaução aos domingos e com foco nos pedestres.

Sugere-se, ainda, a padronização dos registros de acidentes em todo o país, seja em rodovias estaduais ou federais, além da unificação dos dados no Brasil. Decerto, contribuiria para o desenvolvimento de pesquisas, aprimoramento de diagnósticos, elaboração de planos de ação e a redução de acidentes e do número de óbitos ocorridos no país.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Débora Regina de Oliveira Moura; SOUZA, Eniuce Menezes de; MATHIAS, Thais Aidar de Freitas. Impacto do Código de Trânsito Brasileiro e da Lei Seca na mortalidade por acidentes de trânsito. **Caderno de Saúde Pública**, [s.l.], v. 34, n. 8: Ed. 00122117, p.1-13, ago. 2018. Cad Saúde Pública (SciELO). <https://doi.org/10.1590/0102-311X00122117>. Disponível em: <<https://www.scielosp.org/pdf/csp/2018.v34n8/e00122117/pt>>. Acesso em: 19 maio 2022.

ACTION, Portal. **Análise de regressão**. S.d. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/analise-de-regressao/32-diagnostico-de-homocedasticidade>. Acesso em: 15 mar. 2020.

ALMEIDA, Rosa Livia Freitas de, et al. Via, homem e veículo: fatores de risco associados a gravidade dos acidentes de trânsito. **Revista de Saúde Pública**, [s.l.], v. 47, n. 4, p.718-731, ago. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-8910.2013047003657>. Disponível em: <<https://scielosp.org/pdf/rsp/2013.v47n4/718-731/pt>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

ANDRADE, Flávia Reis de; ANTUNES, José Leopoldo Ferreira. Falta de atenção ao conduzir veículo automotor como causa de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s.l.], v. 23, [s.n.], p.1-11, 2020. FCE/UnB (SciELO). <https://doi.org/10.1590/1980-549720200085>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbepid/a/FqcCh6zbCmNgfZf3pngtYnk/?lang=pt>>. Acesso em: 12 maio 2022.

ANDRADE, Flávia Reis de; ANTUNES, José Leopoldo Ferreira. Tendência do número de vítimas em acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras antes e depois da Década de Ação pela Segurança no Trânsito. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 35, n. 8, p.1-11, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00250218>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v35n8/1678-4464-csp-35-08-e00250218.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

ANDRADE, Selma Maffei de; JORGE, Maria Helena P de Mello. Características das vítimas por acidentes de transporte terrestre em município da Região Sul do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, [s.l.], v. 34, n. 2, p.149-156, abr. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89102000000200008>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v34n2/1950.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

AZEVEDO, Gustavo Henrique Wanderley de. **Seguros, matemática atuarial e financeira: uma abordagem introdutória**. 2 ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

AZEVEDO, Paulo Roberto Medeiros de. **Introdução à estatística** [recurso eletrônico] / Paulo Roberto Medeiros de Azevedo. - 3. ed. - Natal, RN: EDUFRN, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/21298/2/Introduc%cc%a7a%cc%83o%20a%cc%80%20Estati%cc%81stica%20%28digital%29.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2020.

BACCHIERI, Giancarlo; BARROS, Aluísio J D. Acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados. **Revista de Saúde Pública**, Pelotas, Rio Grande do Sul, v. 5, n. 45, p.949-963, 04 ago. 2011. Programa de Pós-graduação em Epidemiologia. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v45n5/2981.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

BARROS, Anna Carolina. et al. **Análise de séries temporais em R: curso introdutório**. Org.: Pedro Guilherme Costa Ferreira. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: FGV IBRE, 2018.

BARROS, Caroliny de Souza. et al. Caracterização dos acidentes de transporte terrestre ocorridos em rodovias federais. **Arquivos de Ciências da Saúde**, [s.l.], v. 25, n. 1, p.35-40, 20 abr. 2018. Faculdade de Medicina de Sao Jose do Rio Preto - FAMERP. <http://dx.doi.org/10.17696/2318-3691.25.1.2018.864>. Disponível em: <<http://www.cienciasdasaude.famerp.br/index.php/racs/article/view/864/745>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

BARROSO JUNIOR, Gilvan Teles; BERTHO, Ana Carolina Soares; VEIGA, Alinne de Carvalho. A letalidade dos acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 36, p.1-22, 16 jul. 2019. Associação Brasileira de Estudos Populacionais. <http://dx.doi.org/10.20947/s0102-3098a0074>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-30982019000100150&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982019000100150&lang=pt)>. Acesso em: 30 set. 2019.

BECK, L. F.; DELLINGER, A. M.; O'NEIL, M. E.. Motor vehicle crash injury rates by mode of travel, United States: using exposure-based methods to quantify differences. **American Journal Of Epidemiology**, [s.l.], v. 166, n. 2, p.212-218, 7 jun. 2007. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/aje/kwm064>. Disponível em: <<https://academic.oup.com/aje/article/166/2/212/98784>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

BLAIZOT, Stéphanie, et al. Injury incidence rates of cyclists compared to pedestrians, car occupants and powered two-wheeler riders, using a medical registry and mobility data, Rhône County, France. **Accident Analysis & Prevention**, [s.l.], v. 58, p.35-45, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.04.018>. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.aap.2013.04.018>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

BRASIL. Lei nº 6.194, de 19 de dezembro de 1974. **Dispõe sobre seguro obrigatório de danos pessoais causados por veículos automotores de via terrestre, ou por sua carga, a**

**peças transportadas ou não.** Brasília, DF, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6194.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6194.htm)>. Acesso em: 04 fev. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. **Institui o código de trânsito brasileiro.** Brasília, DF, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9503.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm)>. Acesso em: 04 fev. 2020.

BRASIL. Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008. **Conversão da Medida Provisória Nº 415, de 2008 Altera A Lei no 9.503, de 23 de Setembro de 1997, Que ‘institui O Código de Trânsito Brasileiro’, e A Lei no 9.294, de 15 de Julho de 1996.** Brasília, DF, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/111705.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111705.htm)>. Acesso em: 04 fev. 2020.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Conselho Nacional de Seguros Privados. **Resolução CNSP nº 332**, dezembro de 2015. Disponível em: <<http://www2.susep.gov.br/bibliotecaweb/docOriginal.aspx?tipo=2&codigo=36999>>. Acesso em: 04 fev. 2020.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Mortes por acidentes de transporte terrestre no Brasil: Análise dos Sistemas de Informação do Ministério da Saúde.** Ipea, Rio de Janeiro, p.1-50, 2016. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_a2212.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_a2212.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2020.

DPVAT, Seguradora Líder. **Taxa de mortalidade no trânsito: Relatório Especial – 10 anos.** S.l., 2019. 52 p. Disponível em: <<https://www.seguradoralider.com.br/Documents/boletim-estatistico/Relatorio%20Especial%20SNT-20-09.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

DUARTE, Filipe Coelho de Lima. **Análise estatística e atuarial do mercado de seguro DPVAT.** 2014. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Atuariais, Departamento de Finanças e Contabilidade, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

FARIAS, Tereza Ignês da Silva. **Acidentes de transporte terrestre: perfil e tendências dos óbitos no estado de pernambuco, no período de 1998 a 2007.** 2010. perfil e tendências dos óbitos no Estado de Pernambuco, no período de 1998 a 2007. 2010. 75 f. Monografia (Graduação) - Curso de (programa de Residência Multiprofissional em Saúde Coletiva, Departamento de Saúde Coletiva, Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2010.

FAWCETT, Tom. An introduction to ROC analysis. **Pattern Recognition Letters**, v. 27, p. 861–74, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.irbm.2014.09.001>. Acesso em: 30 abr. 2022.

FRANCESCHI, Lucas. et al. Factors related to highway crash severity in Brazil through a multinomial logistic regression model. **Transportes: Revista Transportes da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes-ANPET**, [s.l.], v. 30, n. 1, p.1-16, abr. 2022. Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR (Revista Transportes). DOI:10.14295/transportes.v30i1.2566. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/359805766\\_Factors\\_related\\_to\\_highway\\_crash\\_severity\\_in\\_Brazil\\_through\\_a\\_multinomial\\_logistic\\_regression\\_model](https://www.researchgate.net/publication/359805766_Factors_related_to_highway_crash_severity_in_Brazil_through_a_multinomial_logistic_regression_model)>. Acesso em: 14 maio 2022.

GAWRYSZEWSKI, Vilma Pinheiro; KOIZUMI, Maria Sumie; MELLO-JORGE, Maria Helena Prado de. As causas externas no Brasil no ano 2000: comparando a mortalidade e a morbidade. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 20, n. 4, p.995-1003, ago. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2004000400014>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2004000400014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2004000400014)>. Acesso em: 15 fev. 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLIAS, Andrey Rogério Campos; CAETANO, Rosangela; VIANNA, Cid Manso de Mello. Caracterização e custos de acidentes de motocicleta com vítimas atendidas em regime de hospitalização no município de Paranavaí-PR no ano de 2007. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 23, n. 4, p.1123-1146, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-73312013000400006>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-73312013000400006&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-73312013000400006&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 15 fev. 2020.

GUEDES, T. A. et al. **Estatística descritiva**. Projeto de ensino – aprender fazendo estatística. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. p.1-49, 2005. Disponível em: <[http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes\\_et\\_al\\_Estatistica\\_Descritiva.pdf](http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_et_al_Estatistica_Descritiva.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2020.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3 ed. São Paulo: Makron Books. 2000.

GUJARATI, Damodar; PORTER, Dawn. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda, 2011. 903 p.

HOSMER, David W.; LEMESHOW, Stanley. **Applied logistic regression**. 2 ed. John Wiley & Sons, Inc., 2000.

IPEA. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: caracterização, tendências e custos para sociedade**. Brasília, 2015. 42 p. Disponível em:

<[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922\\_relatorio\\_acidentes\\_transito.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922_relatorio_acidentes_transito.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2020.

IPEA. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras**: relatório executivo. Brasília, DF, 2003. Disponível em: <<https://criancasegura.org.br/wp-content/uploads/2016/08/11.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

IPEA. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <[http://pfdc.pgr.mpf.mp.br/pfdc/informacao-e-comunicacao/informativos-pfdc/edicoes-2007/docs\\_jan\\_2007/anexo\\_inf\\_02\\_relatorio\\_ipea.pdf](http://pfdc.pgr.mpf.mp.br/pfdc/informacao-e-comunicacao/informativos-pfdc/edicoes-2007/docs_jan_2007/anexo_inf_02_relatorio_ipea.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2020.

KUHN, Max. **caret**: classification and regression rrainig. R package version 6.0-92, 2022. Disponível: <<https://CRAN.R-project.org/package=caret>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

LESNOFF, M.; LANCELOT, R. **aod**: analysis of overdispersed data. R package version 1.3.2, 2012. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=aod>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

LIMA, Ieda Maria de Oliveira et al. **Fatores condicionantes da gravidade dos acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2008. 27 p. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_1344.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1344.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2019.

LIMA, Luciana Conceição de; CRUZ JUNIOR, Valdeniz da Silva. Estudo dos acidentes de trânsito no Brasil à luz da Pesquisa Nacional de Saúde 2013. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE POBLACIÓN, 7., 2016, Foz do Iguaçu, Paraná. **Anais do XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais**. Foz do Iguaçu, Paraná: Revista Brasileira de Estudos de População, 2016. v. 33, p. 1 - 7. Disponível em: <<http://abep.org.br/xxencontro/files/paper/253-400.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

LUCAMBIO, Fernando. **Seleção de modelos**: Critério de Informação de Akaike. 2020. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~lucambio/CE017/20202S/AIC.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

MARTINS, Evandro Tostes; BOING, Antonio Fernando; PERES, Marco Aurélio. Mortalidade por acidentes de motocicleta no Brasil: análise de tendência temporal, 1996-2009. **Revista de Saúde Pública**, [s.l.], v. 47, n. 5, p.931-941, out. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-8910.2013047004227>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v47n5/0034-8910-rsp-47-05-0931.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2019.

MAZZETTO, Luiz Fernando. **Avaliação das condições de segurança em rodovias federais da região metropolitana de Curitiba**. 2015. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Utfpr, Curitiba, 2015.

MESQUITA FILHO, Marcos; SILVA, Fernanda Marcelino da; VEIGA, Vinícius Tavares. Acidentes de trânsito ocorridos antes e depois da legislação restritiva ao consumo de bebidas alcoólicas. **Revista Médica de Minas Gerais**, Pouso Alegre, Minas Gerais, v. 3, n. 22, p.259-264, 03 ago. 2012. Universidade do Vale do Sapucaí - UNIVAS. Disponível em: <<http://www.rmmg.org/artigo/detalhes/75>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

MIRANDA, R.; DA SILVA, W. P.; DUTT-ROSS, S. Identificação de fatores determinantes da severidade das lesões sofridas por pedestres nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019: Análise via regressão logística multinomial. **Scientia Plena: Revista da Associação Sergipana de Ciência, Sergipe**, v. 17, n. 4, p.1-16, abr. 2021. Universidade Federal Fluminense-UFF, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro-UNIRIO (Scientia Plena). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.049901>. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/5897/2382>>. Acesso em: 14 maio 2022.

MORAIS, Marcleiton Ribeiro, et al. **Letalidade do acidente de trânsito na modernista Palmas/TO: uma abordagem econométrica**. Informe Gepec: Projeto SABER - Unioeste, Toledo, Paraná, v. 18, n. 1, p.156-176, jun. 2014. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/7784/7455>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

NUNES, Hélio Rubens de Carvalho; MURTA-NASCIMENTO, Cristiane; LIMA, Maria Cristina Pereira. Impacto da Lei Seca sobre a mortalidade no trânsito nas unidades federais do Brasil: uma análise de série temporal interrompida. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s.l.], v. 24, [s.n.], Ed. 210045, p.1-13, ago. 2021. Rev. bras. epidemiol. (SciELO). <https://doi.org/10.1590/1980-549720210045>. Disponível em: <<https://scielosp.org/pdf/rbepid/2021.v24/e210045/pt>>. Acesso em: 19 maio 2022.

PENA, Edsel A.; SLATE, Elizabeth H. gvlma: Global validation of linear models assumptions. R package version 1.0.0.3. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=gvlma>. Acesso em: 13 mar. 2022.

PRF, Polícia Rodoviária Federal. Dados Abertos – Acidentes. In: Polícia Rodoviária Federal PRF. **Dados Abertos - Acidentes**. Brasília: S.n., 2020. Disponível em: <<https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/>>. Acesso em: fev. 2020.

PRF, Polícia Rodoviária Federal. Dicionário de Variáveis - Acidentes: Dados desagregados por ocorrência. In: Polícia Rodoviária Federal PRF. **Dicionário de Variáveis - Acidentes: Dados desagregados por ocorrência**. Brasília: S.n., 2017. p. 1-4. Disponível em:

<<https://arquivos.prf.gov.br/arquivos/index.php/s/9JIz6yPXT7119Gf#pdfviewer>>. Acesso em: 20 out. 2019.

PRF, Polícia Rodoviária Federal. Dicionário de Variáveis - Acidentes: Dados desagregados por pessoa. In: Polícia Rodoviária Federal PRF. **Dicionário de Variáveis - Acidentes: Dados desagregados por pessoa**. Brasília: S.n., 2017. p. 1-4. Disponível em: <<https://arquivos.prf.gov.br/arquivos/index.php/s/mheQDcXUx2veHnU#pdfviewer>>. Acesso em: 20 out. 2019.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Relatório global sobre o estado de segurança viária 2015**. Genebra, Suíça, 2015. 16 p. Disponível em: <[https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/Summary\\_GSRRS2015\\_POR.pdf?ua=1](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_POR.pdf?ua=1)>. Acesso em: 15 nov. 2019.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 02 fev. 2022.

ROBIN, Xavier; TURCK, Natacha; HAINARD, Alexandre; TIBERTI, Natalia; LISACEK, Frédérique; SANCHEZ, Jean-Charles; MÜLLER, Markus. pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves. **BMC Bioinformatics**, v. 12, p. 77, 2011. DOI: 10.1186/1471-2105-12-77. Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/1471-2105/12/77/>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

SILVA, Ionnara Salvador. **Análise do ressarcimento das operadoras de saúde junto ao Sistema Único de Saúde**. 2020. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Atuariais, Departamento de Finanças e Contabilidade do Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. Disponível em: <[https://www.ufpb.br/atuariais/contents/documentos/tcc\\_ionnara-tcc.pdf](https://www.ufpb.br/atuariais/contents/documentos/tcc_ionnara-tcc.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2022.

SOBRAL, Thales Esteves Lima; BARRETO, Gilmar. Utilização dos critérios de informação na seleção de modelos de regressão linear. **Proceeding Series Of The Brazilian Society Of Applied And Computational Mathematics**, São Carlos, v. 4, n. 1, p.1-7, jan. 2016. Disponível em: <<https://proceedings.sbmacc.org.br/sbmacc/article/view/1144/1157>>. Acesso em: 17 mar. 2022.

SOUZA, M. F. M. et al. Análise descritiva e de tendência de acidentes de transporte terrestre para políticas sociais no Brasil. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, DF, v.16, n.1, p.33-44, 2007. Disponível em: <<http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v16n1/v16n1a04.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2020.

SOUZA, Silney de. **Seguros: contabilidade, atuária e auditoria**, São Paulo: Saraiva, 2002.

WASELFISZ, J. J. (2013). Mapa da Violência 2013 - Acidentes de Trânsito e Motocicletas. Rio de Janeiro: Flacso Brasil, 2013. Disponível em: <[https://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2013/mapa2013\\_transito.pdf](https://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2013/mapa2013_transito.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2020.

ZEILEIS, Achim; HOTHORN, Torsten. Diagnostic Checking in Regression Relationships. **R News**, v. 2, n. 3, p. 7-10, 2002. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>>. Acesso em: 09 mar. 2022.

ZWERLING, C. et al. Fatal motor vehicle crashes in rural and urban areas: decomposing rates into contributing factors. **Injury Prevention**, [s.l.], v. 11, n. 1, p.24-28, 1 fev. 2005. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/ip.2004.005959>. Disponível em: <<https://injuryprevention.bmj.com/content/injuryprev/11/1/24.full.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

**APÊNDICES**

## Apêndice A – Script da análise em linguagem R

```
#####
###LEITURA E ORGANIZAÇÃO
#####

dados=read.table("dados.txt",h=T)
dados1=na.omit(dados)

#Renomear as variáveis
y=dados1$mortos
ycat=factor(dados1$y)
ano=dados1$ano
dia=dados1$diasemana
uf=dados1$uf
br=dados1$br
municipio=dados1$municipio
causa=dados1$causaacidente
vitima=dados1$classificacaoacidente
horario=dados1$fasedia
tempo=dados1$condicaoemetereologica
pista=dados1$tipopista
tracado=dados1$tracadovia
zona=dados1$usosolo
pessoas=dados1$pessoas
feridosleves=dados1$feridosleves
feridosgraves=dados1$feridosgraves
ilesos=dados1$ilesos
feridos=dados1$feridos
veiculos=dados1$veiculos

dados2=data.frame(y,ycat,ano,dia,uf,br,municipio,causa,vitima,horario,tempo,pista,tracado,zo
na)
str(dados2)
summary(dados2)

#####
###DESCRITIVA
#####

summary(y)
sd(y)
sd(y)/mean(y)

summary(ycat)
tab.ycat=table(ycat); tab.ycat
tab.ano=table(ycat,ano);tab.ano
tab.dia=table(ycat,dia); tab.dia
tab.br=table(ycat,br);tab.br
```

```

tab.uf=table(ycat,uf); tab.uf
tab.causa=table(ycat,causa); tab.causa
tab.vit=table(ycat,vitima); tab.vit
tab.hor=table(ycat,horario);tab.hor
tab.tempo=table(ycat,tempo);tab.tempo
tab.pista=table(ycat,pista);tab.pista
tab.trac=table(ycat,tracado);tab.trac
tab.zona=table(ycat,zona);tab.zona

```

```

#####
###MODELOS LINEARES
#####

```

```

#Estimar modelo linear (regressão normal)
b=y~dia+causa+horario+tempo+pista+tracado+zona+ileos+feridos+veiculos
my.lm=lm(b,data=dados2)
step(my.lm,data=dados2,direction="both",trace=T) #Ambos
step(my.lm,data=dados2,direction="backward",trace=T) #Pra trás
nulo=lm(y~1,data=dados2)
step(nulo,scope=list(lower=nulo,upper=my.lm),data=dados2,direction="forward",trace=T)
#Pra frente
require(gvlma)
gvmodel=gvlma(my.lm);gvmodel

```

```

#Estimar modelo linear (regressão normal) após a transformação de y (raiz quadrada de
mortes)
c=sqrt(y)~dia+causa+horario+tempo+pista+tracado+zona+ileos+feridos+veiculos
my.lm1=lm(c,data=dados2)
step(my.lm1,data=dados2,direction="both",trace=T) #Ambos
step(my.lm1,data=dados2,direction="backward",trace=T) #Pra trás
nulo=lm(y~1,data=dados2)
step(nulo,scope=list(lower=nulo,upper=my.lm1),data=dados2,direction="forward",trace=T)
#Pra frente
gvmodel1=gvlma(my.lm1);gvmodel1

```

```

#####
###MODELOS LINEARES GENERALIZADOS
#####

```

```

#Regressão poisson
my.glm=glm(b,family=poisson(link="log"),data=explicativas)

```

```

#Regressão quasi-poisson
my.glm1=glm(b,family=quasipoisson(link="log"),data=explicativas)

```

```

#Regressão logística (binomial)
d=yca~dia+causa+horario+tempo+pista+tracado+zona+ileos+feridos+veiculos
e=yca~dia+causa+horario+pista+tracado+zona+ileos+feridos+veiculos
f=yca~dia+causa+horario+pista+zona+ileos+feridos+veiculos
g=yca~dia+horario+pista+zona+ileos+feridos+veiculos

```

```

h=ycat~dia+pista+zona+ilesos+feridos+veiculos
my.log1=glm(d,family=binomial(link="logit"),data=dados2)
my.log2=glm(e,family=binomial(link="logit"),data=dados2)
my.log3=glm(f,family=binomial(link="logit"),data=dados2)
my.log4=glm(g,family=binomial(link="logit"),data=dados2)
my.log5=glm(h,family=binomial(link="logit"),data=dados2)

#Critério de informação de akaike
AIC(my.log1,my.log2,my.log3,my.log4,my.log5)

#Teste de significância conjunta dos parâmetros estimados
require(aod)
wald.test(b = coef(my.log1), Sigma = vcov(my.log1), Terms = 4:6)

#Resumo do modelo selecionado
summary(my.log1)

#Matriz de confusão
require(caret)
dados2$pdata <- as.factor(
  ifelse(
    predict(my.log1,
            newdata = dados2,
            type = "response")
    >0.5,"1","0"))
confusionMatrix(dados2$pdata, dados2$ycat, positive="1")

#Curva ROC
require(pROC)
roc1=plot.roc(dados2$ycat,fitted(my.log1))
plot(roc1,
     print.auc=TRUE,
     auc.polygon=TRUE,
     grid=c(0.1,0.2),
     grid.col=c("green","red"),
     max.auc.polygon=TRUE,
     auc.polygon.col="lightgreen",
     print.thres=TRUE)

```

## Apêndice B – Tabelas de resultados da análise descritiva

**Tabela 3 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por ano**

Ocorrência de morte	Ano		
	2017	2018	2019
Acidente sem morte	75312 (94,29%)	57370 (93,64%)	40613 (93,38%)
Acidente com morte	4563 (5,71%)	3897 (6,36%)	2880 (6,62%)
Soma	79875 (100,00%)	61267 (100,00%)	43493 (100,00%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 4 - Termos absolutos e relativos de acidentes nas rodovias federais brasileiras por tipo de vítima**

Tipo de vítima		
Com Vítimas Fatais	Com Vítimas Feridas	Sem Vítimas
11340 (6,14%)	125191 (67,80%)	48104 (26,06%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 5 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por região**

Ocorrência de morte	Região				
	CO	NE	NO	SE	SU
Acidente sem morte	20870 (93,98%)	35316 (90,44%)	9664 (91,95%)	53574 (94,86%)	53871 (95,52%)
Acidente com morte	1336 (6,02%)	3731 (9,56%)	846 (8,05%)	2901 (5,14%)	2526 (4,48%)
Soma	22206 (100,00%)	39047 (100,00%)	10510 (100,00%)	56475 (100,00%)	56397 (100,00%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 6 - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por dia da semana**

Ocorrência de morte	Dia da semana						
	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Acidente sem morte	28238 (92,21%)	23626 (94,27%)	21429 (94,85%)	21723 (94,66%)	22931 (94,46%)	26698 (94,30%)	28650 (92,97%)
Acidente com morte	2386 (7,79%)	1437 (5,73%)	1164 (5,15%)	1226 (5,34%)	1346 (5,54%)	1615 (5,70%)	2166 (7,03%)
Soma	30624 (100,00%)	25063 (100,00%)	22593 (100,00%)	22949 (100,00%)	24277 (100,00%)	28313 (100,00%)	30816 (100,00%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 7** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por causa de acidente

Ocorrência de morte	Causa de acidente				
	Externalidades	Motorista	Pedestre	Veículo	Via
Acidente sem morte	7291 (93,96%)	135860 (94,25%)	4718 (72,62%)	15016 (97,27%)	10410 (96,49%)
Acidente com morte	469 (6,04%)	8292 (5,75%)	1779 (27,38%)	421 (2,73%)	379 (3,51%)
Soma	7760 (100,00%)	144152 (100,00%)	6497 (100,00%)	15437 (100,00%)	10789 (100,00%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 8** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por horário do acidente

Ocorrência de morte	Horário			
	Amanhecer	Anoitecer	Plena Noite	Pleno Dia
Acidente sem morte	8291 (90,96%)	9441 (94,18%)	57166 (91,01%)	98397 (95,82%)
Acidente com morte	824 (9,04%)	583 (5,82%)	5644 (8,99%)	4289 (4,18%)
Soma	9115 (100,00%)	10024 (100,00%)	62810 (100,00%)	102686 (100,00%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 9** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por condição meteorológica

Ocorrência de morte	Tempo				
	Chuva	Granizo/Neve	Limpo	Nevoeiro/Neblina/Nublado	Vento
Acidente sem morte	28972 (95,16%)	8 (100,00%)	111412 (93,59%)	32526 (94,64%)	377 (92,18%)
Acidente com morte	1472 (4,84%)	0 (0,00%)	7625 (6,41%)	2211 (6,36%)	32 (7,82%)
Soma	30444 (100,00%)	8 (100,00%)	119037 (100,00%)	34737 (100,00%)	409 (100,00%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 10** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por tipo de pista

Ocorrência de morte	Pista		
	Dupla	Múltipla	Simple
Acidente sem morte	73387 (95,94%)	13671 (96,69%)	86237 (91,74%)
Acidente com morte	3104 (4,06%)	468 (3,31%)	7768 (8,26%)
Soma	76491 (100,00%)	14139 (100,00%)	94005 (100,00%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 11** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por traçado da pista

Ocorrência de morte	Traçado da pista					
	Curva	Desvio Temporário	Interseção de vias	Ponte / viaduto / Túnel	Reta	Retorno / Rotatória
Acidente sem morte	33681 (93,71%)	5245 (92,24%)	9113 (97,48%)	2673 (94,49%)	11616 4 (93,48%)	6419 (97,75%)
Acidente com morte	2260 (6,29%)	441 (7,76%)	236 (2,52%)	156 (5,51%)	8099 (6,52%)	148 (2,25%)
Soma	35941 (100%)	5686 (100%)	9349 (100%)	2829 (100%)	12426 3 (100%)	6567 (100%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.

**Tabela 12** - Ocorrência de acidentes com morte nas rodovias federais brasileiras por zona

Ocorrência de morte	Zona	
	Rural	Urbana
Acidente sem morte	95412 (92,31%)	77883 (95,83%)
Acidente com morte	7951 (7,69%)	3389 (4,17%)
Soma	103363 (100,00%)	81272 (100,00%)

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF sobre acidentes nas Rodovias Federais Brasileiras nos anos de 2017, 2018 e 2019.