

RISCO DE MORTE EM ACIDENTES OCORRIDOS NAS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS

RISK OF DEATH IN ACCIDENTS ON BRAZILIAN FEDERAL HIGHWAYS

RIESGO DE MUERTE EN ACCIDENTES EN LAS CARRETERAS FEDERALES BRASILEÑAS

Eduardo Elias da Costa Júnior¹
Luiz Carlos Santos Júnior²

Artigo recebido em setembro de 2022
Artigo aceito em novembro de 2022

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 ilesos), 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 because of 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

¹ Universidade Federal da Paraíba. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6628-5860>. E-mail: eduardocostajr@outlook.com.

² Doutor em biometria. Universidade Federal da Paraíba. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1647045326535968>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1849-7652>. E-mail: lcsj@academico.ufpb.br.

highways. For this, data provided by the Federal Highway Police (PRF) between the years 2017 and 2019 are used, in addition to the logistic regression model in R language. Brazilian federal agencies, in which 11,340 accidents resulted in 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. It was found that the factors that most aggravate the risk of death are: accidents on Sundays, in the Northeast region, caused by pedestrian error, at dawn, with clear skies, on a single lane, temporary detour route and in rural areas. These results allow the development and adoption of prevention policies by the public sphere, in order to reduce the number of deaths in accidents that occur on federal highways.

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

RESUMEN

El número de accidentes de tránsito en las carreteras federales brasileñas es un grave problema de salud pública en el país, no solo por los costos asociados a la atención y hospitalización de las víctimas, sino también por la muerte prematura de una parte de la población considerada económicamente activa. Dado el contexto, este trabajo tiene como objetivo analizar la ocurrencia de víctimas fatales en accidentes de tránsito en las carreteras federales brasileñas. Para ello, se utilizan datos proporcionados por la Policía Federal de Carreteras (PRF) entre los años 2017 y 2019, además del modelo de regresión logística en lenguaje R. Agencias federales brasileñas, en las que 11.340 accidentes resultaron en muerte (víctimas fatales) y 173.295 accidentes sin víctimas mortales (heridos e ilesos), representando un porcentaje de, respectivamente, el 6,14% y el 93,86% de los accidentes. Se constató que los factores que más agravan el riesgo de muerte son: accidentes en domingo, en la región Nordeste, causados por error peatonal, de madrugada, con cielo despejado, en un solo carril, vía de desvío temporal y en zona rural. Estos resultados permiten el desarrollo y adopción de políticas de prevención por parte de la esfera pública, con el fin de reducir el número de muertes en accidentes que ocurren en las carreteras federales.

Palabras clave: Accidentes en las carreteras federales brasileñas. Ocurrencia de muertes. Regresión logística.

1 INTRODUÇÃO

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.

De acordo com o Relatório Global da Organização Mundial da Saúde sobre Segurança Viária de 2015 (OMS, 2015), os acidentes de trânsito, no mundo e 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), as más condições das próprias vias, a falta de sinalização e de redutores de velocidade (BARROS et al., 2018).

Há uma evidente preocupação acerca do tema, pois o número de acidentes e de óbitos no trânsito tem crescido no mundo - 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 este cenário, e por se tratar de política de Estado, a presente pesquisa se propõe a analisar a ocorrência de óbitos nas rodovias federais brasileiras, a partir de dados anuais (2017 a 2019) disponibilizados pela PRF. Para tanto, especificamente, descreve-se o panorama de acidentes nas rodovias federais do país, as leis que regulamentam o trânsito brasileiro e estudos na literatura acerca do tema; descreve-se, por meio de análise exploratória, o número de óbitos e dos acidentes nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019; analisa-se, 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.

A escolha do objeto se justifica por se tratar de um grave problema de saúde pública no país, de acordo com Barros et al. (2018) e Barroso Junior, Bertho e Veiga (2019). E 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 e pelos agravos que esses acidentes podem ocasionar às vítimas e seus familiares. Além disso, este trabalho, dada a não unificação de registro e de dados referentes a acidentes de trânsito no Brasil, mune os gestores da saúde pública com informações que fundamentem a assunção de medidas estratégicas que reduzam o quadro atual de acidentes de trânsito em via terrestre.

A escolha da análise de regressão binomial se deu como uma alternativa encontrada após o insucesso referente à modelagem da variável numérica “número de morte por acidente ocorrido em rodovias federais brasileiras”. Depois de categorizada, esta variável passou a se chamar “ocorrência de morte em acidente nas rodovias federais brasileiras”. Assim, o Modelo de Regressão Binomial (Logística) foi utilizado para analisar uma variável resposta *Y* qualitativa e binária. Depois de realizadas as modelagens, o próximo passo consistiu 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 utilizada ferramenta de seleção de modelos (LUCAMBIO, 2020). Deste modo, o Modelo de Regressão que apresentou o menor AIC, foi selecionado e utilizado para explicar a variável Ocorrência de Mortes.

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

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicia-se o referencial teórico pelo panorama de acidentes nas estradas e rodovias federais brasileiras.

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.

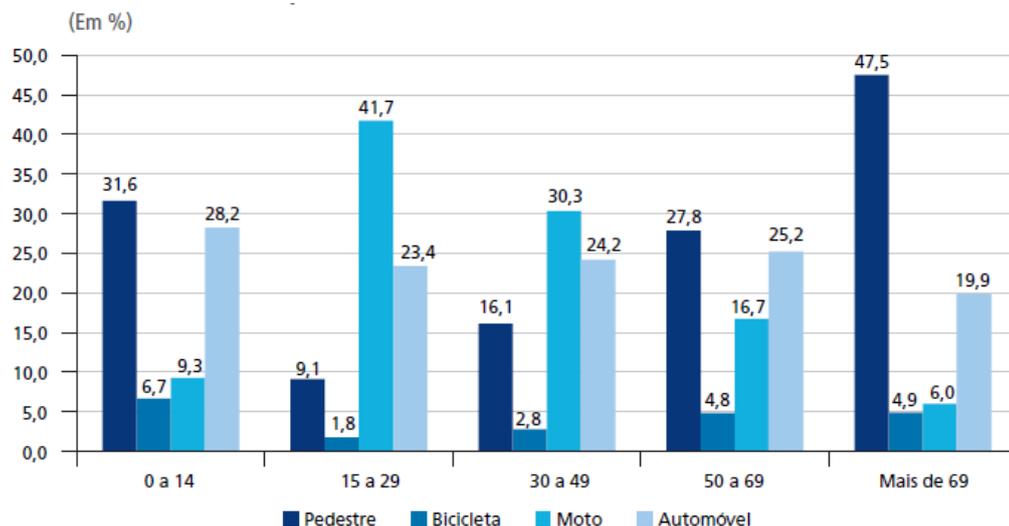
Fazendo um breve histórico, tem-se que no ano de 2000, as mortes relacionadas ao trânsito já ocupavam o segundo lugar em mortalidade no país, sendo 29.640 vítimas fatais, representando 25% do total, com coeficiente de 17,5/100 mil habitantes. O homem apresenta um risco 4,3 vezes maior do que a mulher de ser uma vítima fatal de trânsito (GAWRYSZEWSKI; KOIZUMI; MELLO-JORGE, 2004), seja com bicicleta, moto ou veículos de transporte pesado (FARIAS, 2010; SOUZA et al., 2007).

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.

Farias (2010) e Souza et al. (2007), em 2003, constataram 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).

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). É possível 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.

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

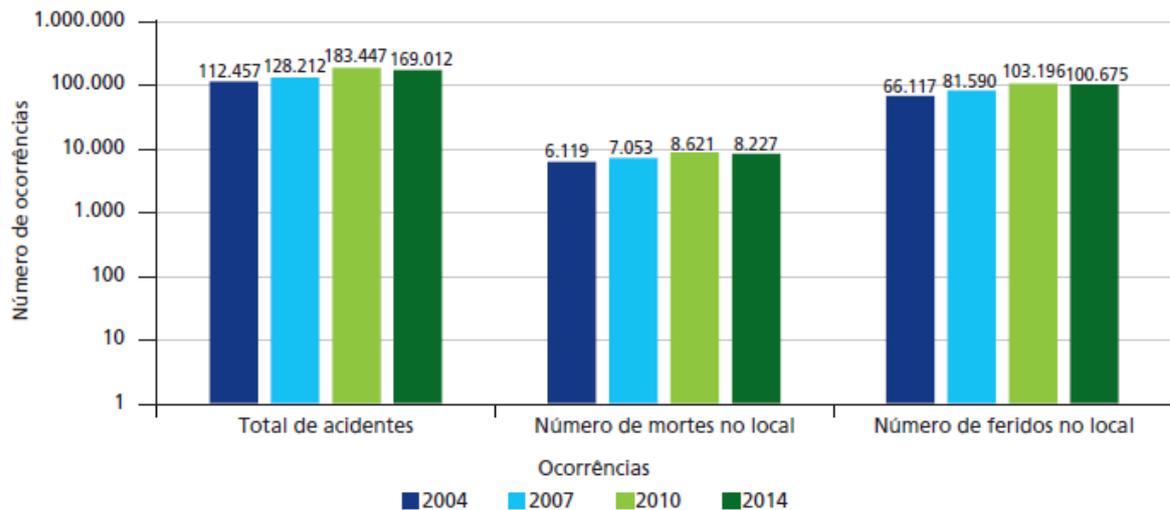


Fonte: Carvalho (2016), por meio de dados do SIM/Ministério da Saúde

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).

Figura 2 - Total de acidentes, de mortes e de feridos no local, Rodovias Federais Brasileiras (2014)



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.

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, no qual os acidentes de trânsito têm sido abordados 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).

Em seu trabalho Bacchieri e Barros (2011), destaca que desde a implementação do Código de Trânsito Brasileiro, Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, o tema “acidentes de trânsito” sempre esteve e está em pauta. Diante deste cenário diversos trabalhos na literatura evidenciam a importância do mapeamento dos acidentes de trânsito associado as suas respectivas causas, utilizando-se modelos estatísticos, assim como o trabalho proposto.

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.

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). Os autores aplicaram o modelo de regressão linear *Prais-Winsten*. Dentre os principais resultados, observou-se que no decorrer dos anos houve um grande aumento de acidentes fatais envolvendo motocicletas em todo o país, especialmente na região Nordeste.

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). 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.

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. Ainda de acordo com os autores, 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.

Outro trabalho que aplicou o 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, foi o de Andrade e Antunes (2019), que calcularam a variação percentual das vítimas fatais e não fatais e 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.

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 PRF. Assim, destacaram 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.

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.

Em um artigo publicado recentemente, 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.

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.

Pesquisas estrangeiras também evidenciam a importância acerca do tema. 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 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.

Blaizot et al. (2013), analisou o risco da estrada para ciclistas, em comparação com outros tipos de usuários no período de 2005 a 2006, no condado de Rhône na França. Foram utilizadas duas fontes de dados de acidentes: dados policiais e 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 MÉTODO

Inicia-se o método pelo tipo de pesquisa, amostra e coleta e caracterização dos dados.

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 (os dados coletados da realidade estão em formato numérico) e aplicada (com foco na aplicação das teorias); quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória (direcionada para a compreensão inicial das possibilidades de interação existente entre as variáveis que caracterizam um fenômeno) e descritiva (mede o comportamento quantitativo das variáveis); quanto aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica (revisão da literatura científica sobre uma determinada situação problema) e de uma pesquisa de levantamento (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 (analisa situações que já ocorreram).

A 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 delimitação da amostra neste corte temporal se dá pelo fato de que até o momento da coleta de dados, o *site* da PRF continha dados até 2019 (ano mais recente até então), e também pelo fato de que o software *Excel*, utilizado para a organização e análise dos dados, não suportou um período de tempo maior que três anos analisados (2017, 2018 e 2019, dado que o número de linhas inicialmente observadas superou o valor de 1 milhão.

A caracterização das variáveis coletadas e analisadas é apresentada 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: Externalidade, 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:

- a) 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 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.
- b) 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.

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 se utiliza das medidas de tendência central (média, mínimo e máximo) e de dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação), de acordo com Azevedo (2016) e Guedes et al. (2005).

Em relação à modelagem, tem-se que o Modelo de Regressão Binomial (Logístico), se utiliza de uma “distribuição de dois parâmetros, n e p ”, que pode ser representada conforme as equações (1) e (2), de acordo com Gujarati e Porter (2011, p. 818):

$$E(X) = np \quad (1)$$

$$Var(X) = np(1 - p) = npq \quad (2)$$

Sendo “ n o número de tentativas independentes e cada uma resulta em um ‘sucesso’ com probabilidade p e em 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 (Logístico) é utilizado para analisar uma variável resposta Y qualitativa e binária, em consonância com a variável ocorrência de morte (ocorre ou não ocorre morte no acidente de trânsito). Quanto à equação de regressão logística, de acordo com Gujarati e Potter (2011) e Silva (2020), é dada pela Equação (3):

$$E(Y_i = 1|X_i) = P_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n)}}, n = 1, \dots, n. \quad (3)$$

X_i representa as variáveis explicativas.

Depois de realizadas as modelagens, o próximo passo consiste em selecionar o considerado melhor dentre os modelos ajustados. O Critério de Informação Akaike (AIC), a mais amplamente conhecida e usada ferramenta de seleção de modelos (LUCAMBIO, 2020), pode ser escrito conforme (4).

$$AIC = -2 \ln f(x|\hat{\theta}) + 2k. \quad (4)$$

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

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciam-se os resultados e discussão pelas 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. Em outras

palavras, registraram-se 208.143 acidentes nas rodovias federais brasileiras entre 2017 e 2019. No entanto, com a exclusão de 23.508 mil linhas, por se tratar de informações incompletas acerca do sinistro, foram analisados 184.635 acidentes.

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 ilesos), representando um percentual de, respectivamente, 6,14% e, 93,86% dos acidentes.

Verificou-se, ainda, que o número de mortes 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.

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 ajustes 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.

Para tentar linearizar os dados, foram realizadas duas transformações: aplicou-se tanto o logaritmo à variável número de mortos, quanto a raiz quadrada. Contudo, em uma 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 os valores que o número de mortos 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 1. 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, existem parâmetros significativos no modelo.

Tabela 1 - Efeito das variáveis sobre a ocorrência de morte nas rodovias federais (2017-2019)

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 a partir dos dados da PRF (2020)

Na Tabela 1, e de acordo com a equação (3), $\hat{\beta}$ 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 1, 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 1, 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 1, 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 1, 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 1, 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 1, 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 1, omitiu propositadamente, 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 1, 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. A área sob a curva ROC (*AUC - Area Under the ROC Curve*) representa a probabilidade de que o classificador efetue predições randômicas na instância positiva melhor do que na instância negativa. Seu indicador sempre terá 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”.

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 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como principal finalidade, identificar e analisar as principais causas de ocorrência de vítimas fatais (variável de interesse nesta pesquisa), 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 ileso), 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.

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:

- a) 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;
- b) Esses registros se restringem às rodovias federais e não incluem, portanto, registros de acidentes em outros tipos de rodovias;
- c) 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 realizado uma adaptação da variável por meio de uma categorização.

Quanto a sugestões para os próximos trabalhos, recomenda-se a ampliação de recorte temporal, a realização de estudos em rodovias estaduais e 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.

6 REFERÊNCIAS

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/FqcCh6zbCmNgfZ3pntgYNK/?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.

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>. 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 pessoas transportadas ou não**. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16194.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>. Acesso em: 15 fev. 2020.

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. 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.

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>. 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>. Acesso em: 15 fev. 2020.

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

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>. Acesso em: 14 mar. 2020.

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>. 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>. Acesso em: 20 fev. 2020.

KUHN, Max. **caret**: classification and regression rrainng. 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>. 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 – Ufpr, Curitiba, 2015.

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.

PENA, Edsel A.; SLATE, Elizabeth H. gvlma: Global validation of linear models assumptions. R package version 1.0.0.3, 2019. 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/9Jlz6yPXT7119Gf#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>. 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>. 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.sbmac.org.br/sbmac/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>. 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.