



FATORES DETERMINANTES PARA O EXCESSO DE VELOCIDADE EM VIAS ARTERIAIS URBANAS

Maria Clara Suginoshita¹; Gabriela Rolim Ribeiro Valeixo²; Pedro Augusto Borges dos Santos³; Jorge Tiago Bastos⁴

^{1,2,3,4}Universidade Federal do Paraná, maria.sugui@ufpr.br, gabrielavaleixo@ufpr.br, pedroaugusto@ufpr.br, jtbastos@ufpr.br

RESUMO

Entre os principais fatores de risco para a ocorrência e severidade dos acidentes de trânsito está o excesso de velocidade, cujo entendimento de suas motivações é fundamental para o planejamento de ações preventivas e de intervenções no sistema viário. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência de características físicas e operacionais de vias arteriais urbanas na prática do excesso de velocidade, visto que esses elementos influenciam diretamente nessa prática de risco. A metodologia utilizada foi baseada em um estudo de condução naturalística, em que condutores de Curitiba (PR) foram selecionados e seus veículos foram instrumentados e monitorados quanto à posição e à velocidade praticada a cada segundo. De modo a entender como um conjunto de variáveis preditoras relacionadas à via (permissão de estacionamento, existência de radar, existência de semáforo e número de faixas trafegáveis) influenciam no excesso de velocidade, foi utilizado o método da regressão logística binária. Os resultados mais consistentes indicam a proibição de estacionamento e a presença de dispositivo de fiscalização eletrônica (radar) como fatores favoráveis ao não excesso do limite de velocidade. A oportunidade de exceder o limite de velocidade é menor quando a densidade do tráfego é maior, o que ocorre nos horários em que há proibição de estacionamento.

PALAVRAS-CHAVE: segurança viária, condução naturalística, excesso de velocidade.

ABSTRACT

Among the main risk factors for the occurrence and severity of traffic accidents is speeding, whose understanding of its motivations is essential for planning preventive actions and interventions in the road system. The objective of the present research was to evaluate the influence of physical and operational characteristics of urban arterial roads in the practice of speeding, since these elements directly influence this risky behavior. The methodology used was based on a collection of naturalistic driving data, in which drivers from Curitiba (PR) were selected and their vehicles were instrumented and monitored as to the position and speed practiced every second. In order to understand how a set of road factors (parking permission, existence of radar, existence of traffic lights and number of trafficable lanes) influence speeding, the binary logistic regression method was used. The most consistent results indicate the parking ban and the presence of an electronic surveillance device (radar) as factors favorable to not exceeding the speed limit. Speeding opportunity is smaller when traffic density is higher, which occurs during parking ban hours.

KEYWORDS: road safety, naturalistic driving, speeding.

1. INTRODUÇÃO

Os dados da Organização Mundial da Saúde mostram que o número de mortes no trânsito atingiu o valor de 1,35 milhões, representando a oitava maior causa de morte entre

as pessoas de todas as faixas etárias e a maior causa de morte entre crianças e jovens adultos (5 a 29 anos) (WHO, 2018). No Brasil, dados oficiais de 2018 apontam 32.655 óbitos ocorridos em acidentes de trânsito. Esse número representa uma redução ao comparar com os óbitos do início da década, que atingiu 42.844 mortes em 2010 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

Além das irreparáveis vidas perdidas, os acidentes de trânsito trazem também graves impactos sociais e econômicos ao país. Em 2014, o custo total estimado de acidentes de trânsito no Brasil foi de mais de R\$ 56 bilhões, incluindo custos médicos e hospitalares, danos materiais e perda de produtividade devido ao acidente (IPEA, 2015).

Um dos principais fatores de risco para a ocorrência e severidade dos acidentes de trânsito é a prática do excesso de velocidade, ou seja, a condução acima do limite regulamentar da velocidade (WHO, 2018). O entendimento das motivações para o excesso de velocidade é fundamental para o planejamento de ações preventivas e de intervenções no sistema viário, incluindo medidas como campanhas de conscientização, aumento da fiscalização e alterações na infraestrutura. Apesar da escolha da velocidade de condução ser uma decisão essencialmente comportamental, a infraestrutura viária também é capaz de influenciar na incidência do fator de risco “excesso de velocidade”.

Nesse contexto, o objetivo desse artigo é avaliar a influência de características físicas e operacionais em vias arteriais urbanas de Curitiba/PR na prática do excesso de velocidade. A coleta de dados de velocidade se deu pelo Estudo Naturalístico e se fez a análise desses dados através de um modelo de regressão logística binária. Especificamente, avaliou-se a influência da presença de estacionamento, de radares, de semáforos e a influência do número de faixas trafegáveis.

O enfoque sobre o ambiente urbano se justifica pela importância do fator de risco do “excesso de velocidade” em áreas urbanizadas dada a interação entre usuários motorizados e não-motorizados. Já o recorte sobre as arteriais urbanas se fez necessário por serem, segundo a lógica da hierarquização viária, vias de trânsito rápido em que há a intenção de deslocar-se a velocidades mais elevadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é abordada a situação do cenário mundial e brasileiro no tocante ao excesso de velocidade, assim como sua contribuição na ocorrência e severidade dos



acidentes de trânsito. São discutidos também os fatores que contribuem para a escolha da velocidade por parte do condutor. Por fim, são apresentados os fundamentos do estudo naturalístico de condução e como ele vem sendo usado para a coleta de dados comportamentais e ambientais.

2.1. O excesso de velocidade

Pode-se definir o excesso de velocidade como um termo que engloba a velocidade excessiva ou velocidade inadequada. Por velocidade inadequada entende-se aquela que, apesar de não exceder o limite regulamentar, não é compatível com as condições locais, comprometendo a segurança (OMS, 2012). Já a velocidade excessiva pode ser traduzida como dirigir acima do limite legal estabelecido, a qual é objeto deste trabalho. A velocidade com que os veículos motorizados se movem no trânsito é a base do problema dos acidentes de trânsito (TIWARI E MOHAN, 2016).

O Conselho Europeu de Segurança Viária recomenda um limite máximo de 50km/h em vias urbanas com limite de 30km/h em vias locais. Em rodovias, são recomendadas velocidades de 120km/h ou menos. (TIWARI E MOHAN, 2016). Em áreas com grande movimentação de pedestres e ciclistas, como áreas residenciais e próximas a escolas e hospitais, muitos países adotam limites de velocidade ainda mais baixos.

No Brasil, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) recomenda um limite de velocidade para cada tipo de via urbana, de acordo com suas características de projeto e utilização. Atualmente, o limite de velocidade máximo em áreas urbanas é de 80 km/h em vias de trânsito rápido. O CTB recomenda limites de 60 km/h para vias arteriais, 40 km/h para vias coletoras e 30 km/h para vias locais (BRASIL, 1997). Contudo, cabe ao poder público municipal definir os limites de velocidade que serão adotados.

Um dos principais fatores responsáveis pelo número de mortes nas vias públicas em todo o mundo é a escolha inadequada da velocidade (OMS, 2012). Ferraz *et al.* (2012) cita que a velocidade alta é o principal fator associado aos acidentes com vítimas graves e/ou fatais.

Quando analisados os fatores que contribuem para o excesso de velocidade, percebe-se que as circunstâncias individuais de cada viagem influenciam na escolha do condutor. Quando o condutor está sob pressão, com pressa, ou até mesmo por prazer, ele tende a exceder a velocidade (OMS, 2012). Outros condutores ainda afirmam desconhecimento do

limite de velocidade, o que implica a necessidade de sinalizações adequadas. Por outro lado, pesquisadores afirmam que as pessoas tendem a conduzir mais rápido em vias consideradas “mais seguras” (TIWARI E MOHAN, 2016).

Para a busca de alternativas sobre como influenciar a velocidade, é importante estar ciente dos diversos fatores que afetam a escolha da velocidade pelos condutores. De acordo com a OMS (2012), vários fatores influenciam a escolha da velocidade do condutor, incluindo os fatores ligados à via, que correspondem a aspectos relacionados ao tipo de via e suas características. Em relação ao fator comportamental do condutor, a NHTSA (2012) define quatro tipos de comportamento em relação à velocidade praticada: (Zona A) quando ele está intencionalmente tentando estar abaixo da velocidade praticada, (Zona B) quando ele não está preocupado ou limitado pela velocidade regulamentada, porém tenta evitar multa por excesso de velocidade, (Zona C) quando ele está desocupado e conscientemente disposto a aceitar algum risco (de segurança e multa) ao exceder a velocidade e (Zona D) quando ele está dirigindo em uma velocidade que a maioria dos outros condutores claramente identificaram como imprudente.

Ao analisar e quantificar o excesso de velocidade de um condutor, é importante verificar os momentos em que a condição de tráfego está em fluxo livre, ou seja, momentos em que há a possibilidade de o condutor exceder o limite de velocidade.

2.2. O Estudo Naturalístico

O estudo naturalístico é uma abordagem relativamente recente entre os métodos de pesquisa de comportamento dos condutores. Pode ser definido como um estudo designado para entendimento do comportamento do condutor em suas viagens diárias, através da coleta de dados associados ao próprio condutor, ao veículo, ao ambiente viário e às interferências exteriores, sem controle experimental. Isso significa que os condutores seguem suas rotinas habituais de condução, sem serem induzidos a realizar viagens ou percorrer determinado trajeto (VTTI, 2019).

O método envolve a instrumentação não intrusiva dos veículos de participantes voluntários com câmeras, equipamento de GPS e instrumentação para gravação do comportamento e performance do condutor em tempo real. Em comparação com simuladores convencionais, o estudo de condução naturalística traz resultados mais verídicos e próximos ao cenário real (WANG E XU, 2019). De acordo com Wijayaratra *et al.* (2019),

a vantagem do estudo naturalístico em relação ao estudo com o uso de simulador é a coleta de comportamentos que ocorrem em um cenário real de condução, algo que não aconteceria em um ambiente de simulação.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho está dividida em quatro seções. A primeira apresenta como foi o experimento da coleta dos dados, a segunda apresenta o processo de definição da área de estudo, a terceira mostra como se identificou o excesso de velocidade e a quarta discorre sobre o processo de construção do modelo de regressão logística binária.

3.1. O primeiro estudo naturalístico do Brasil

O estudo naturalístico utilizado nesta análise foi desenvolvido seguindo o princípio do “protótipo do mínimo valor”. A instrumentação dos veículos dos participantes contou com a instalação de três câmeras, sendo duas delas apontadas para o exterior e uma delas apontada para o interior do veículo. Também foi utilizado um notebook, um inversor de voltagem e um dispositivo de *GPS* (*Global Positioning System*).

As câmeras direcionadas para fora do veículo tiveram por objetivo capturar imagens do exterior – lado direito (a) e lado esquerdo (b) –, enquanto a câmera interna (c), posicionada ao lado direito do banco do passageiro, permitiu a gravação de imagens do condutor, e de suas ações enquanto dirigia (Figura 1). Ressalta-se que não foi realizada a gravação de áudio, a fim de preservar certo nível de privacidade aos participantes, além de não inibir possíveis comportamentos habituais. O notebook foi programado para ativar a captura de imagens e de coordenadas geográficas assim que o veículo fosse ligado. Essa coleta de informações foi sincronizada e gravada em intervalos de 1 segundo.



Figura 1 - Imagens coletadas pelas câmeras (a, b e c)
Fonte: Os autores (2020)

A seleção dos condutores participantes foi feita através de uma divulgação nas redes sociais. As pessoas que demonstraram interesse foram selecionadas para participar de uma sessão de grupo focal, na qual foram discutidos aspectos comportamentais no trânsito a fim de identificar padrões extremos entre os participantes, que poderiam influenciar nos resultados do estudo. O processo resultou na seleção de oito participantes, sendo quatro deles condutores habituais praticantes de *carpooling* (oferta de caronas pagas através de aplicativo de celular), dois deles motoristas de aplicativo como atividade profissional e os dois restantes sendo condutores habituais.

A Tabela 1 apresenta as características de cada condutor e seus automóveis. As idades variaram de 19 a 39 anos, sendo igualmente divididos entre homens e mulheres, com experiência de direção variando de 1 a 21 anos. Os veículos utilizados no experimento eram dos próprios condutores. O período de coleta de dados com cada condutor se estendeu por duas semanas, com a realização entre os meses de agosto e novembro de 2019 em Curitiba e região metropolitana. Um total de 269 viagens foram realizadas, com duração de 177,29 horas e cerca de 3.500 km percorridos. Porém, alguns cuidados foram tomados com os dados coletados, desconsiderando as situações em que o condutor não estivesse de fato dirigindo e momentos de manobra. Foram desconsideradas também a primeira viagem de cada participante, em razão da pouca familiarização do condutor com os equipamentos instalados, e viagens em que houve falha no registro das imagens ou das coordenadas geográficas. Assim, após considerar apenas os tempos válidos para análise, os números originais reduziram para 262 viagens com 130,34 horas e distância de 3.400 km percorridos.



Tabela 1 - Características gerais dos condutores selecionados e de seus veículos

Tipo	Condutor	Sexo	Idade	Veículo
Condutores habituais praticantes de <i>carpooling</i>	A	Feminino	31 anos	Chevrolet Prisma 1.4L LT (2012)
	B	Masculino	38 anos	Renault Scenic PRI 1616V (2010)
	C	Masculino	20 anos	VW Fox 1.6 PRIME GII (2010)
	D	Masculino	23 anos	GM Zafira CD (2002)
Condutores de aplicativos como atividade profissional	W	Feminino	32 anos	Nissan Grand Livina 18SL (2013)
	X	Masculino	47 anos	Ford Ka SE 1.0 SD B (2017)
Condutores habituais	J	Feminino	39 anos	VW Fox 1.0 GII (2013)
	K	Masculino	26 anos	Citroen DS3 Turbo165M6 (2012)

Fonte: Os autores (2020)

3.2. Definição da área de estudo

Para a definição da área de estudo, foram estabelecidos alguns requisitos. Como ponto de partida, as vias a serem analisadas deveriam ter volume considerável de viagens e de preferência por diversos condutores, fazendo com que os resultados da amostra oferecessem números representativos para a posterior modelagem estatística. Na sequência, buscou-se restringir a escolha a uma área com poucas divergências quanto às características principais da via e nível hierárquico, em uma tentativa de isolar a análise da influência da escolha da velocidade do maior número possível de fatores.

Como recorte do estudo, foram então escolhidas as vias arteriais do eixo sul do sistema de Eixos Estruturantes de Curitiba, delimitadas na Figura 2. As vias arteriais selecionadas são aquelas externas ao Eixo Estrutural Sul, presentes no lado oeste (1) e leste (2). Esses eixos caracterizam eixos de crescimento da cidade uma vez que funcionam como áreas de expansão do centro tradicional e como corredores de uso misto, de serviços e de transporte, tendo como suporte um sistema trinário de circulação (CURITIBA, 2019). A via central é aquela que contém a via exclusiva para o transporte coletivo e as pistas lentas para o atendimento às atividades lindeiras. Já as vias externas (arteriais) têm sentido único de tráfego e são destinadas ao fluxo contínuo de veículos.

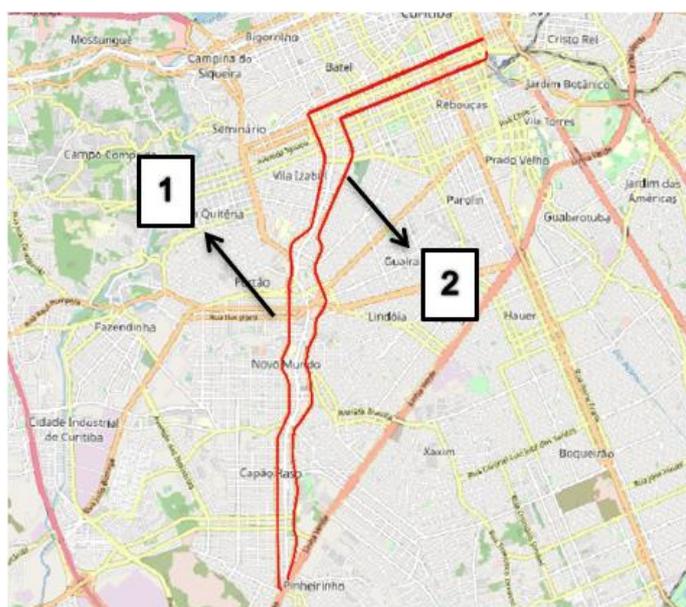


Figura 2 - Área de estudo: vias do lado oeste (1) e leste (2)

Fonte: Os autores (2020)

Em seguida, fez-se necessária a caracterização dos trechos, e cada quadra foi analisada individualmente conforme: número de faixas trafegáveis, presença de dispositivo de controle eletrônico de velocidade (radar), presença de semáforo e permissão de estacionamento. Quanto ao último, considerou-se estacionamento proibido das 7h às 20h em dias úteis e 7h às 14h aos sábados onde havia essa possibilidade.

3.3. Identificação do excesso de velocidade

O excesso de limite da via foi definido como o tempo em que a velocidade instantânea fosse maior que o limite de velocidade regulamentar da via. Porém, o excesso só pode ser



identificado em situações em que há a oportunidade de o veículo alcançar maiores velocidades, como em casos de luxo livre. Por sua vez, a oportunidade de exceder o limite de velocidade foi definida como a velocidade limite da via subtraída de 10 km/h, assim, as velocidades praticadas que se encaixaram acima desse critério foram consideradas como velocidades de fluxo livre.

3.4. Criação do modelo de regressão logística binária

A segunda fase da análise foi destinada à caracterização das vias. Por meio do *Google Street View*®, foi criado um banco de dados com os nomes das ruas, sendo cada uma delas separada em suas quadras.

Com relação à variável número de faixas trafegáveis, foram atribuídas respostas numéricas (2, 3 e 4). Já quanto à presença de estacionamento, permitido ou proibido, diferenciando lado esquerdo e lado direito. Por fim, para as variáveis presença de radar e presença de semáforo, foram adotadas como respostas “sim” e “não”. A única uniformização realizada neste estudo se deu com a Avenida Visconde de Guarapuava e Avenida Silva Jardim, com relação exclusivamente às faixas trafegáveis, visto que a imprecisão apresentada pelo *GPS* impossibilitou a separação das viagens à direita e à esquerda do canteiro central destas ruas.

Anteriormente à importação dos dados para o software *Minitab*®, foi avaliado como as variáveis explicativas associavam-se com o excesso de velocidade para que o modelo pudesse ser executado tendo como referência a resposta “sim” para a variável dependente e para as variáveis independentes. Portanto, a resposta “sim” para a variável dependente corresponde à situação de “não excesso de velocidade” (Figura 3). Assim, a hipótese de referência é que a presença de semáforos, radares e estacionamento na via contribuem para que a velocidade regulamentar não seja excedida. Foram simulados dois cenários diferentes com relação à base de dados consolidada: Cenário A – em que foi considerada a base de dados completa e Cenário B – em que foi feito um recorte na base de dados de modo que quadras que apresentaram permissão de estacionamento desigual entre os lados da via foram excluídas da análise a fim de manter certa uniformidade entre os segmentos.

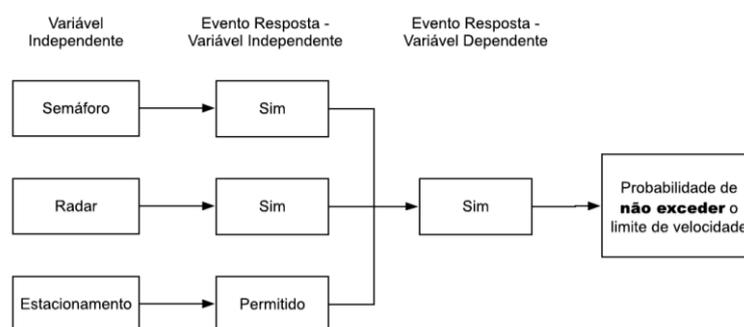


Figura 3 - Correlação das respostas das variáveis independentes com o evento resposta
 Fonte: Os autores (2020)

4. RESULTADOS

A distância total percorrida dentro da área de estudo resultou em 247 km, que se traduz em um tempo total de viagem de cerca de 10h44min. Ao desconsiderar o ajuste em relação à oportunidade de exceder a velocidade regulamentar, chegou-se a 2,93% do tempo total sob excesso de velocidade. Porém, ao se considerar a oportunidade de exceder o limite de velocidade, este valor passou a ser 12,50% do tempo total.

A partir da aplicação dos conceitos de níveis de excesso de velocidade apresentados pelo *NHTSA* (2012) para as viagens do presente estudo brasileiro, pode-se considerar que o recorte de viagens sobre as ruas do eixo estrutural norte-sul apresenta-se, em sua maioria, como Zona A, em que há o excesso de velocidade em um pequeno número de viagens. Neste contexto, a infração da velocidade regulamentar pode apresentar cunho não intencional ou acidental por parte do condutor.

A fim de entender os fatores determinantes para o excesso de velocidade, foram calculados coeficientes para o modelo a partir do método de regressão logística binária, em que diversas possibilidades de combinações foram geradas. Resultados com nível de confiança de pelo menos 95% mostraram que a resposta “sim” para as variáveis explicativas *Semáforo* e *Radare* ou então a resposta “proibido” para a variável *Estacionamento* aumentam a probabilidade da resposta “sim” na variável resposta (situação que corresponde ao não excesso do limite de velocidade regulamentar). Além disso, percebeu-se que vias com 4 *Faixas Trafegáveis* contribuem para o “não excesso do limite de velocidade”. No Cenário B, para as combinações *Estacionamento* e *Radare* e *Estacionamento* e *Semáforo*, os resultados mostraram que o estacionamento proibido em ambos os lados da via favorece o



“não excesso do limite de velocidade”. Uma possível explicação para a relação entre a presença de estacionamento e o excesso de velocidade é que a densidade da corrente de tráfego aumenta substancialmente quando não há uma faixa ocupada para o estacionamento (horário comercial), de modo que os veículos acabam circulando mais devagar, apesar do maior número de faixas trafegáveis. Analogamente, horários em que o estacionamento é permitido correspondem a horários não comerciais e, portanto, de menor demanda e fluxo mais livre.

A variável *Radár* alcançou apenas um nível de confiança de no mínimo 92%, isoladamente ou combinada com a permissão de estacionamento do lado esquerdo, se mostrando favorável ao não excesso de velocidade no cenário A. Ainda no mesmo cenário, a presença de estacionamento no lado direito contribui para o não excesso de velocidade em 20% e 30% acima do limite de velocidade regulamentar.

5. CONCLUSÕES

Os modelos mais consistentes mostram que a ausência de estacionamento e a presença de radares favoreceram o não excesso de velocidade. A ausência de estacionamento como fator que influencia o não excesso de velocidade pode ser explicada pelo fato do aumento da densidade de veículos na via, que ocorre quando há mais faixas trafegáveis. Das 68 tentativas de combinações, foram apenas 16 aquelas com nível de confiança maior ou igual a 95%, o que equivale a 23,5% do total. Dessa forma, pode-se concluir que a modelagem utilizada foi capaz apenas de retratar parcialmente as relações entre as variáveis com potencial impacto sobre a velocidade e a escolha em si da velocidade praticada por parte da amostra de condutores utilizada. Nesse sentido, considera-se que o aumento da amostra de viagens e condutores, ampliando o estudo naturalístico de condução realizado é fundamental para a busca de resultados mais robustos quanto às motivações para o excesso de velocidade no cenário urbano brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Ao Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCTIC / CNPq N°. 28/2018 – Universal / Faixa A).

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.** [s. l.], 1997.

CURITIBA. Lei nº 15.511, de 10 de outubro de 2019. **Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba e dá outras providências**, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-curitiba-pr>

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto “Coca” *et al.* **Segurança viária**. São Carlos: [s. n.], 2012. *E-book*.

IPEA. **Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea** **Relatório de Pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/160516_relatorio_estimativas.pdf.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Óbitos Por Causas Externas**. [S. l.: s. n.] Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/>

NHTSA. **Motivations for speeding. Volume I: Summary Report**. [S. l.: s. n.].

OMS. **Gestão da velocidade: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área**. Brasília: [s. n.], 2012.

TIWARI, Geetam; MOHAN, Dinesh. **Transport Planning and Traffic Saffety**. [S. l.]: CRC Press, 2016. *E-book*.

VTTI. **Naturalistic Driving Studies**. [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.vtti.vt.edu/impact/index.html>.

WANG, Xuesong; XU, Xiaoyan. Assessing the relationship between self-reported driving behaviors and driver risk using a naturalistic driving study. **Accident Analysis & Prevention**, [S. l.], v. 128, p. 8–16, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.03.009>

WHO. **Global status report on road safety** **Global status report on road safety**. [S. l.]: World Health Organization, 2018. Disponível em: https://doi.org/https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/.

WIJAYARATNA, Kasun P. *et al.* Mobile phone conversation distraction: Understanding differences in impact between simulator and naturalistic driving studies. **Accident Analysis & Prevention**, [S. l.], v. 129, p. 108–118, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.04.017>