

PLATAFORMA DE COLETA DE DADOS NATURALÍSTICOS DE SEGURANÇA VIÁRIA

Jackson Rossi Borguezani

Observatório Nacional de Segurança Viária
Universidade Federal do Paraná

Pedro Augusto Borges dos Santos

Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano

Fernando dos Santos Osório

Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Matemáticas e da Computação

Jorge Tiago Bastos

Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano

RESUMO

O estudo naturalístico é um dos métodos possíveis em estudos sobre segurança viária, envolvendo a investigação de fatores relacionados ao comportamento do condutor, ao veículo e às características ambientais. Nesse tipo de estudo, um veículo é instrumentado com câmeras e sensores que possibilitam o monitoramento da tarefa real de condução durante a rotina do condutor. Neste documento são descritos os procedimentos para a preparação de um protótipo de valor mínimo para a realização de um estudo naturalístico de segurança viária – uma iniciativa pioneira nesta temática em âmbito nacional. A instrumentação consiste na instalação de câmeras e de um módulo de *Global Positioning System (GPS)* em um computador a bordo de veículo de passeio, a fim de coletar informações sobre o comportamento do condutor e o ambiente em seu entorno. O processo de construção da plataforma de coleta de dados naturalísticos é descrito em termos dos materiais utilizados, dos dados capturados pelas câmeras e pelo *GPS*, da conversão desses dados e, por fim, da formatação desse material para os padrões nacionais. A plataforma de coleta de dados naturalísticos possibilitou a realização de um estudo piloto com 269 viagens, totalizando 177,29 horas de condução e 3.510,98 km de distância percorrida. A partir da coleta de dados é possível calcular indicadores do desempenho da segurança viária relacionados ao excesso de velocidade, ao uso do cinto de segurança, ao uso do telefone celular, ao engajamento em outras tarefas secundárias que geram distração e ao comportamento de usuários externos ao veículo.

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito são a oitava maior causa de mortes no mundo, atingindo o número de 1,35 milhão no ano de 2016 (WHO, 2018). De acordo com o (Ministério da Saúde, 2019a), a quantidade de mortes como consequência de acidentes de trânsito no Brasil foi de 32.655 no ano de 2018. Os estudos para enfrentar os problemas de segurança viária podem envolver investigações sobre o comportamento dos condutores, sobre o veículo e sobre fatores ambientais (Ferraz et al, 2012).

O entendimento de aspectos comportamentais no trânsito é um desafio para pesquisadores em âmbito mundial. No entanto, os registros oficiais de acidentes possibilitam uma análise limitada dos comportamentos de risco, sendo raramente possível identificar o momento exato de sua ocorrência (Oviedo-Trespalacios et al., 2019). Outras abordagens, como aquelas baseadas em observações do sistema viário estão associadas a um cenário limitado, sendo mais adequadas para estudos de elementos específicos do sistema viário.

No Brasil, as investigações acerca do comportamento dos condutores têm se limitado a estudos baseados em pesquisas e inquéritos (Ilias et al., 2012; Ministério da Saúde, 2019b; Ministry of Health, 2019), os quais estão sujeitos ao viés da memória do respondente e a uma concepção do que é socialmente aceito como comportamento adequado no trânsito (Dozza et al., 2015). No que diz respeito aos estudos com simuladores de direção, outra alternativa para estudos

comportamentais no trânsito, ainda há muitos desafios a serem superados em termos da validade para cenários externos reais (Larocca et al., 2018; Lucas et al., 2013; Santos et al., 2017).

Os estudos naturalísticos de segurança viária (ENSVs) permitem a análise da tarefa de condução em condições reais de direção mediante o acompanhamento do dia-a-dia de condução de um indivíduo, sem qualquer tipo de restrição ou estímulo na realização das viagens. O objetivo do ENSV é registrar o comportamento do condutor, assim como as condições externas ao longo de seus trajetos, por meio da coleta de dados de vídeo, coordenadas geográficas e velocidade do veículo, entre outros, utilizando um veículo instrumentado (SWOV, 2010). Programas de realização de estudos naturalísticos já vêm sendo desenvolvidos em outros países do mundo, como na Austrália (ANDS, 2017), na União Europeia (UDRIVE, 2019) e nos Estados Unidos (VTTI, 2019).

O objetivo do presente documento é descrever o processo de construção de uma plataforma de coleta de dados naturalísticos (PCDN) para análise de fatores humanos e ambientais no âmbito da segurança viária. A PCDN foi concebida com base no princípio de protótipo de valor mínimo, ou *minimum value prototype (MVP_r)*, a fim de possibilitar sua utilização em maior escala e a custos reduzidos. Os materiais e métodos utilizados na construção da plataforma são descritos nas seções a seguir, assim como são abordados os principais resultados relacionados à sua aplicação no desenvolvimento de um estudo naturalístico de segurança viária piloto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de construção da PCDN descrita neste trabalho consistiu na instrumentação dos veículos, com o detalhamento dos equipamentos utilizados; no procedimento da coleta dos dados registrados por esses equipamentos; e no tratamento dos dados para que possam ser analisados em pesquisas no âmbito da segurança viária.

2.1 Instrumentação do veículo

Os equipamentos utilizados para a instrumentação do veículo, os quais compõem a plataforma de coleta de dados naturalísticos (PCDN), foram os seguintes:

- 01 computador (*notebook*), para processar a captação da imagem das câmeras e coordenadas no GPS;
- 01 inversor de voltagem 500W 12V para 110V, para alimentar a bateria do notebook;
- 01 módulo GPS, com antena interface *USB INF-GT62*, a fim de fornecer as coordenadas geográficas;
- 03 câmeras Webcam HD, com conexão *USB (Universal Serial Bus)*, para gravação de imagens;
- 03 suportes veiculares magnéticos com ventosa em silicone SP-40, para fixar as câmeras no interior do veículo.

A Figura 1 contém uma representação esquemática dos equipamentos utilizados na plataforma de coleta de dados naturalísticos. O custo total da PCDN corresponde a cerca de R\$ 3.800,00. Adicionalmente, é importante destacar a característica não intrusiva da instalação, sem causar, portanto, nenhum dano ao veículo e podendo ser facilmente removida para a desinstalação ou transferência para outro veículo, de modo que uma PCDN pode ser reutilizada em uma série de levantamentos. A PCDN foi instalada no veículo pessoal de cada participante.



Figura 1: Esquema dos equipamentos utilizados

Devido às dimensões do computador e à localização estratégica das câmeras, o equipamento é posicionado em frente ao assento do carona, ocupando o espaço que seria destinado às pernas do passageiro, inutilizando, ainda que parcialmente, este assento. O GPS é fixado no painel no veículo, pois a sua proximidade com para-brisa favorece a comunicação com os satélites. As câmeras foram posicionadas conforme indicado na Figura 2. As Câmeras 1 e 2 foram voltadas para o ambiente frontal externo, uma para lado esquerdo e outra para o lado direito, respectivamente. A Câmera 3, voltada para o condutor, é dedicada à captura das interações do condutor com o volante, com o câmbio e painel do veículo. Independentemente da orientação, todas as câmeras foram fixadas no interior do veículo.

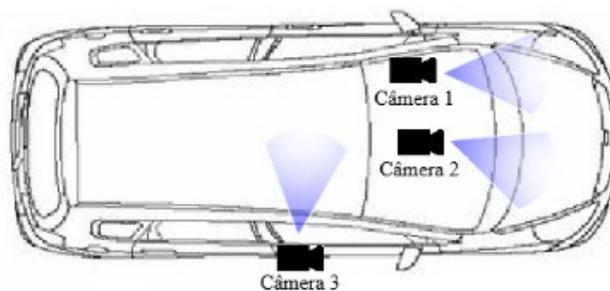


Figura 2: Orientação das câmeras no interior do veículo

2.2 Coleta de dados naturalísticos

A PCDN permitiu a obtenção de imagens das câmeras e de coordenadas geográficas. Com o intuito de proporcionar certo nível de privacidade aos ocupantes dos veículos instrumentados, não foi realizada a gravação de áudio. A obtenção das imagens das câmeras e das coordenadas geográficas é realizada por meio de dois programas elaborados em *Python 3*, *video.py* e *gps-read.py*, respectivamente. Os programas foram desenvolvidos de modo a serem executados simultaneamente ao ligar o computador. A coleta das imagens das câmeras e das coordenadas geográficas é realizada de forma sincronizada, de modo que os registros de imagens e coordenadas iniciam no mesmo instante de referência. Foi adicionado às imagens gravadas uma indicação de horário (*timestamp*), de acordo com a hora oficial de Brasília – *GMT-3* (Figura 3). A coordenadas geográficas foram registradas em intervalos de 1 segundo. Não houve a definição de rotas durante a coleta, de modo que cada condutor era totalmente livre para escolher quando realizar uma viagem e seu trejeto. A coleta dos dados ocorreu durante qualquer

horário do dia (luz do dia ou noite), conforme exemplificado na Figura 3.



Figura 3: Imagem coletada pelas câmeras (*timestamp* indicado na parte superior das imagens)

Optou-se por utilizar o Sistema Operacional *Linux* (Distribuição *Linux Mint 19.1 Tessa*) por ser *open source* e sem custo, possibilitando maior liberdade de programação do computador. Para o início da coleta dos dados naturalísticos, foi necessária a instalação do interpretador *Python* e seu gerenciador de pacote *Pip* (assim como os pacotes *pynmea2* e *pandas*), a alteração da permissão do uso das portas *USB* e a adição da inicialização automática do *script* que executa concomitantemente o programa do vídeo (*video.py*) e do *GPS* (*gps-read.py*).

Toda vez que se conecta um dispositivo *USB* no computador, o sistema operacional identifica-o e libera um tipo de autorização para uso. Isso também ocorre ao conectar o *GPS* ao computador, porém, neste caso o Sistema Operacional percebe que se trata de um dispositivo de rastreamento e então pede a autorização do administrador da máquina para conceder acesso. Para evitar esse tipo de ação do administrador, foi necessário alterar o tipo de autorização das portas *USB*. Assim, os dispositivos receberam permissão para realizar ações de leitura, escrita e execução, dispensando a autorização do administrador. Com isso, possibilitou-se o início da coleta de dados naturalísticos automaticamente com o uso dos programas *video.py* e *gps-ready.py* imediatamente após o acionamento do computador.

O programa *gps-read.py* utiliza as bibliotecas *serial*, *cv2* e *time* e suas respectivas funções para realizar a leitura do dispositivo *GPS* via porta serial (*USB*), bem como escreve essas informações em dois arquivos de saída de formato *.nmea* e *.txt*. Já o programa *video.py* é responsável por criar o objeto das três câmeras e salvar em arquivo formato *.avi*. O processo de gravação se encerra quando o computador receber um comando de encerramento da coleta, salvando os arquivos de vídeo e coordenadas geográficas da viagem.

Segue a lista dos dados originalmente coletados pelo *GPS*:

- Latitude e longitude, em graus, em formato *xx,xxxxxx*;

- Data em formato yyyy/mm/dd;
- Horário no fuso GMT+0, com formato hh:mm:ss;
- Velocidade em milhas por hora;
- Azimute em graus;
- Altitude em pés.

2.3 Conversão dos dados obtidos pelo GPS

Como a obtenção dos dados de coordenadas geográficas do GPS gerou arquivos em extensão .nmea, surgiu a necessidade de converter tais arquivos para o formato de planilha eletrônica (.csv). Inicialmente esta necessidade foi atendida por meio de um sítio eletrônico que disponibilizada este serviço online (*MyGeodata Cloud*), porém mediante pagamento mensal, tendo em vista que não foram encontrados *softwares* gratuitos para atender essa necessidade. Com o objetivo de eliminar este custo adicional, foi desenvolvido um programa em Python (*gps2csv.py*) para realizar a conversão e a formatação dos dados coletados conforme padrão desejado. No entanto, anteriormente a este processo houve a necessidade de resolver duas inconsistências identificadas no processo de coleta de dados do GPS.

A primeira inconsistência identificada no arquivo de saída do GPS estava relacionada ao fuso horário de registro. Como o GPS adquirido seguia padrões de medidas internacionais, o horário era registrado no fuso horário de referência mundial (*GMT+0*) formato mundial, ou seja, três horas a mais que horário de Brasília (*GMT-3*). Dessa forma, uma seção do programa *gps2csv.py* foi dedicada à transformação do horário para o padrão (*GMT-3*).

A segunda inconsistência observada no arquivo gerado foi a desordem nos horários das coordenadas geográficas coletadas; a qual foi resolvida por meio de um processo de filtragem em ordem crescente. Além das coordenadas geográficas, o arquivo original produzido pelo GPS contém a velocidade do veículo segundo a segundo em milhas por hora. A fim de realizar a conversão para a unidade km/h, foi adicionada uma nova coluna com esta conversão. Por meio desses ajustes, foi possível realizar o cálculo da aceleração dos veículos a partir de cada par de valores sucessivos de velocidade instantânea (diferença da velocidade no instante atual com a velocidade no instante anterior divididas pelo intervalo de tempo entre os dois registros, correspondente a 1 segundo).

Por fim, com os pacotes devidamente instalados, a execução do programa *gps2csv.py* faz a leitura do arquivo do GPS em formato .nmea e o transforma em .csv, fazendo todas as correções e cálculos previamente descritos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A metodologia apresentada se mostrou eficaz para a coleta e transformação dos dados naturalísticos. A partir do desenvolvimento da plataforma de coleta de dados naturalísticos (PCDN) possibilitou-se a realização de um estudo naturalístico piloto com oito condutores, 269 viagens, totalizando 177,29 horas de condução, 3.510,98 km de distância percorrida e detecção de 14,83 horas de uso do telefone celular, no cenário de Curitiba-PR e sua região metropolitana. Considerando a coleta completa, 93% da distância percorrida ocorreu em vias urbanas.

Desse montante de dados naturalísticos coletados, houve perdas de amostra devido a dados que foram considerados como tempo não válido de viagem. Essa classificação foi utilizada para situações em que o condutor não estava de fato conduzindo o veículo (por exemplo, veículo

estacionado com ou sem a presença do condutor) e situações em que houve falha na gravação dos arquivos de vídeo (.avi) ou do GPS (.nmea). A primeira viagem de cada um dos oito condutores também foi considerada como não válida, a fim de descartar o período de adaptação do condutor com o ambiente de monitoramento. Portanto, considerando apenas o tempo válido de viagem, tem-se a redução para 262 viagens (perda de 2,60 %), para 130,34 horas de condução (perda de 26,48 %) e 3.240,31 km de distância percorrida (perda de 7,71 %).

A análise dos vídeos possibilita a observação do comportamento dos condutores, tendo como exemplo o uso do telefone celular e do cinto de segurança. Em relação ao uso do celular, a coleta dos dados permite calcular o tempo médio de uso, a porcentagem de viagens com o uso, a porcentagem do tempo de uso, a frequência do uso e a velocidade em situações de uso do telefone celular. No tocante ao indicador relacionado ao uso do cinto de segurança, tem-se a possibilidade de obter o percentual do tempo de viagem utilizando o cinto. Adicionalmente, há a possibilidade de investigações do comportamento dos condutores, principalmente em termos de velocidade praticada, em relação a elementos do sistema viário (como, por exemplo, interseções, travessias de pedestres, semáforos e dispositivos de fiscalização eletrônica).

Ainda a partir da análise dos vídeos, por meio das câmeras voltadas para o exterior do veículo, é possível avaliar comportamentos dos usuários do sistema viário no entorno, tais como pedestres em situações de travessia, pedestres utilizando o telefone celular (situação de distração) e posição e manobras de ciclistas e motociclistas. No caso da coleta desse tipo de informações, a limitação relacionada ao tamanho (reduzido) da amostra de condutores utilizada não é determinante para a confiabilidade estatística dos resultados, tendo em vista que a quantidade de situações registradas depende da extensão percorrida ao longo do sistema viário, independentemente do condutor do veículo.

A coleta das coordenadas geográficas permitiu a criação de mapas, de modo a auxiliar na análise espacial das viagens e na verificação da velocidade praticada pelos condutores (vide Figura 4). Por meio de análises espaciais, pode-se comparar o limite de velocidade regulamentar das vias com a velocidade praticada e, conseqüentemente, identificar episódios de excesso de velocidade. A combinação dos dados de velocidade com a variação de altitude e azimute permite estudar o impacto do perfil longitudinal e do alinhamento horizontal (por exemplo, utilizando os raios de curva) na velocidade praticada. Além disso, o impacto na velocidade de deflexões verticais, como lombadas e plataformas, pode ser analisado mediante o monitoramento das velocidades instantâneas antes, durante e após tais dispositivos de redução de velocidade.



Figura 4: Velocidade praticada em uma das viagens.

Em relação ao nível de familiaridade/descontração dos condutores com a PCDN, foram identificadas evidências comportamentais que indicam que o condutor se sentia à vontade (uso do celular durante a condução do veículo, ingestão de alimentos, ações como cantar, fumar e coçar-se, etc.), realizando ações que provavelmente não realizariam em outras ocasiões que estivessem sendo gravados. Portanto, é razoável considerar que os comportamentos associados aos indicadores de desempenho possíveis de serem coletados também não foram impactados pela presença das câmeras. Considera-se também que a não gravação de áudio contribuiu para proporcionar maior sensação de privacidade aos condutores.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma descrição do processo de construção de uma plataforma de coleta de dados naturalísticos (PCDN) de instrumentação de um veículo para a realização de estudos naturalísticos de segurança viária (ENSVs) a partir de um protótipo de valor mínimo, utilizando-se de equipamentos de baixo custo e *softwares* gratuitos. Tais características contribuem para a disseminação dos ENSVs em cenários de baixa e média renda, como é o caso do Brasil e suas diferentes unidades da federação.

O projeto piloto se mostrou, portanto, viável para a execução em pesquisas futuras em maior escala, seja com um aumento da amostra de condutores ou com a realização da coleta de dados em outras cidades do Brasil. A realização de estudos de maior porte deve ser acompanhada do aumento da equipe de examinadores, pois muitos dos indicadores do desempenho da segurança viária possíveis de serem levantados exigem coleta manual por meio da análise das imagens das câmeras a bordo do veículo.

O aperfeiçoamento do equipamento também é um importante passo para a pesquisa, começando com a redução do tamanho do computador ou a relocação do equipamento, a fim de não inutilizar o banco do carona.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento obtido na Chamada MCTIC/CNPq Nº 28/2018 - Universal/Faixa A - Até R\$ 30.000,00 e ao Observatório Nacional de Segurança Viária pelo apoio financeiro complementar. Adicionalmente, os autores agradecem à estudante do curso de Ciência da Computação-UFPR, Djenifer Renata Pereira, pela contribuição no desenvolvimento do programa de conversão dos dados do *GPS*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDS. (2017). *Australian Naturalistic Driving Study - About the study*. UNSW Sydney.
- Dozza, M., Flannagan, C. A. C., & Sayer, R. (2015). Real-world effects of using a phone while driving on lateral and longitudinal control of vehicles. *Journal of Safety Research*, 55, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2015.09.005>
- Ferraz, A. C. P., Raia Junior, A. A., Bezerra, B. S., Bastos, J. T., & Silva, K. C. R. (2012). *Segurança viária*. Suprema Gráfica e Editora. <https://www.flipsnack.com/observatorio/livro-seguranca-viaria.html>
- Ilias, D., Caravatto Baras, F., Crespo, M., Pardo De Alexandre, G., Martinez, J. E., Cristina, V., Santucci, R., Regina, S., & Nascimento, D. (2012). Mobile phone using while driving among young university students. *Rev. Fac. Ciênc. Méd. Sorocaba*, 14(3), 123–125. http://www.arrivealive.vic.gov.au/c_youngGLS_1.html
- Larocca, A. P. C., Ribeiro, R. L., da Cruz Figueira, A., de Oliveira, P. T. M. e. S., Lulio, L. C., & Rangel, M. A. C. (2018). Analysis of perception of vertical signaling of highways by drivers in a simulated driving environment. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 471–487. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.034>
- Lucas, F. R., Russo, L. E. A., Kawashima, R. S., Figueira, A. D. C., Larocca, A. P. C., & Kabbach, F. I. (2013).

- Uso de simuladores de direção aplicado ao projeto de segurança viária. *Boletim de Ciências Geodesicas*, 19(2), 341–352. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702013000200010>
- Ministério da Saúde. (2019a). *Óbitos por causas externas*. Departamento de Informática Do SUS - DATASUS.
- Ministério da Saúde. (2019b). *População residente em 2017- Estimativas para o TCU*. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defctohtm.exe?ibge/cnv/poptbr.def>
- Ministry of Health. (2019). Vigitel Brasil 2018: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquerito telefônico. In *G. Estatística e Informação em Saúde*. Ministry of Health. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2011_fatores_risco_doencas_cronicas.pdf
- Oviedo-Trespalacios, O., Truelove, V., Watson, B., & Hinton, J. A. (2019). The impact of road advertising signs on driver behaviour and implications for road safety: A critical systematic review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 122(August 2018), 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.01.012>
- Santos, M. I. dos, Oliveira, P. T. M. e S. de, Ribeiro, R. L., Larocca, A. P. C., & Kabbach Junior, F. I. (2017). Conceito, configuração e aplicação de um simulador de direção no Brasil – Estudo de caso. *Transportes*, 25(2), 1. <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i2.1174>
- SWOV. (2010). Naturalistic Driving: observing everyday driving behaviour. *SWOV Fact Sheet*.
- UDRIVE. (2019). *What is UDRIVE?* European Naturalistic Driving Study.
- VTTI. (2019). *Naturalistic Driving Studies*. Virginia Tech Transportation Institute.
- WHO. (2018). Global status report on road safety. In *Global status report on road safety*. World Health Organization. https://doi.org/https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/

Jackson Rossi Borguezani (jacksonrossi@ufpr.br)

Pedro Augusto Borges dos Santos (pedroaugusto@ufpr.br)

Fernando dos Santos Osório (fosorio@icmc.usp.br)

Jorge Tiago Bastos (jtbastos@ufpr.br)

Departamento de Transportes, Setor de Tecnologia - Centro Politécnico – Universidade Federal do Paraná
Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Curitiba - PR, 81530-000