

Generation of Real Datasets for Network Simulations

Matheus S. Quessada, Douglas D. Lieira, Rickson S. Pereira, Euclides N. Gottsfritz and Rodolfo I. Meneguette

Abstract—The high growth of urban centers brings several problems for the population, such as socioeconomic and health problems due to toxins, polluting gases, delay in emergency care, and the stress to which citizens are exposed to traffic. Generally, for predicting the impact of a given action in the city, simulations are used to take into account the mobility of its inhabitants. These simulations must correspond with the environment that you want to be represented. Therefore, datasets with real data, make the simulations more reliable so that the results obtained are more satisfactory. The project aims to build a dataset with real data of user locations and traffic interventions for network simulations, optimize services for intelligent transport systems, and improve urban mobility in the city of Catanduva - SP. The results were performed on the mobile application (TIMELESS) and show that it consumes few smartphone resources (data, memory, and battery) to collect and generate the data set, compared to the use of other applications in the same segment (traffic monitoring and route suggestion).

Index Terms—Dataset, simulation, real data, traffic interventions, urban mobility, mobile application.

I. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, há um grande crescimento no fluxo de veículos automotores e consequentemente das pessoas que os utilizam. Dessa forma, aplicações relacionadas a Sistemas de Transportes Inteligentes (STI) tem papel importante na segurança dos motoristas, o que garante espaço nesse cenário para auxiliar com possíveis acidentes, congestionamentos e também no balanceamento do tráfego [1], [2], [3].

Parte dos problemas associados aos sistemas de transportes são diretamente relacionados com o aumento do número de veículos que circulam em uma cidade. Como no Brasil por exemplo, do início de 2019 até setembro mais de 2.000.000 (dois milhões) de veículos foram emplacados dentre automóveis, caminhões, ônibus, motocicletas, etc, o que demonstra um crescimento de 11,4% no número de vendas em relação ao mesmo período em 2018 [4]. O Departamento de Trânsito dos Estados Unidos relata que entre 2010 e 2014 houve um crescimento de 10.000.000 (dez milhões) de veículos no país, o que gerou um crescimento na distância percorrida por esses veículos em mais de 100 milhões de quilômetros [5].

Matheus S. Quessada, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil (e-mail: matheus.quessada@unesp.br)

Douglas D. Lieira, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil (e-mail: douglas.lieira@unesp.br)

Rickson S. Pereira, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil (e-mail: rickson.simioni@unesp.br)

Euclides N. Gottsfritz, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil (e-mail: euclides.gottsfritz@unesp.br)

Rodolfo I. Meneguette, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil (e-mail: meneguette@icmc.usp.br)

O conceito de cidades inteligentes utiliza tecnologias para auxiliar pesquisadores a encontrar soluções de otimização dos serviços e surge como um novo paradigma, que propõe lidar com problemas existentes e contornar possíveis problemas nas cidades como de computação social, congestionamentos, consumo de energia e meio ambiente [6], [7]. Um grande problema que interfere diretamente na vida das pessoas é o congestionamento. Para auxiliar neste problema os pesquisadores utilizam os STIs, que tem por objetivo otimizar e gerenciar o tráfego de veículos, auxiliar os motoristas com segurança e outras informações, além de fornecer aplicativos para os passageiros com soluções que auxiliam na mobilidade urbana [8].

Embora existam aplicações que auxiliem na mobilidade e disponibilizam um conjunto de dados limitados, ainda há restrições de acesso a dados de circulação de veículos, eventos e interdições nas vias. Tais informações poderiam auxiliar na busca por soluções de STI. Uma forma de obtenção dessas informações é através das redes veiculares, na qual possuem características próprias como uma rede dinâmica e sem estrutura definida, onde os nós (veículos) se conectam através de emissores/receptores sem fio e compartilham informações entre si, sem um controle centralizado enviando de tempo em tempo sua localização [9], [10], [11]. Devido as particularidades encontradas nessas redes, como a grande topologia escalável e a alta dinamicidade, torna-se difícil realizar uma avaliação de desempenho nesse tipo de rede. Adicionalmente, a avaliação considerando experimentos reais ou de larga escala é muito cara e demorada para a utilização através de veículos comuns [12], [13]. Sendo assim, faz-se necessário a utilização de outros meios para baratear o custo de desenvolvimento de um sistema. Para isso, utiliza-se da simulações para verificar a performance de uma solução ou serviço antes de ir para o mercado [3].

A técnica de simulação é a abordagem mais utilizada entre os pesquisadores para realizar esse tipo de avaliação. Entretanto, a confiabilidade dos resultados obtidos pela simulação depende dos modelos de mobilidade utilizados pelos pesquisadores sendo que eles devem ser adequados e precisos para representarem uma alta fidelidade da rede [14], [15], [16], ou seja, do conjunto de dados coletados.

A coleta das informações geralmente se dá pela trajetórias dos veículos que podem ser consideradas como reais, as quais são provenientes de aparelhos GPSs embarcados nos veículos. Na sua maioria, essas trajetórias reais são baseadas em dados coletados de táxis visto que é mais fácil a implementação do que quando comparado a veículos comuns de uso pessoal [17], [18], [19]. Entretanto não somente a coleta, mas também a

organização e armazenamento dos dados são de fundamental importância para conseguir montar um *dataset* relevante [20].

Podemos considerar um *dataset* relevante aquele que representam uma grande variável de dados em uma gama alternativa de aplicativos utilizados em redes veiculares, como sistemas de transporte, serviços baseados em localização e mapeamento da web[21]. Nesse cenário, a criação e manutenção desses conjuntos de dados apresentam desafios interessantes de pesquisa [22]. Além disso, a geração de *datasets* de mobilidade podem utilizar outras fontes de dados como sensores de tráfego e registros de transportes públicos [3].

O sistema proposto tem como objetivo montar um *dataset* com dados reais tanto de intervenções (ocorrências) de trânsito quanto dos traces gerados pelos motoristas da cidade de Catanduva - SP. A finalidade desses registros é utilizá-los em um simulador de rede como por exemplo o Simulation of Urban Mobility (SUMO) [23] para trazer um ambiente de simulação mais próximo do mundo real, monitorando o tráfego da cidade e auxiliando os motoristas, órgãos públicos e serviços de emergência. Essa base de dados será gerada da seguinte forma: os dados gerados pelos motoristas (traces) serão coletados através de um aplicativo móvel que realiza esse monitoramento, e os dados das intervenções de trânsito através do cadastro realizado pelas entidades responsáveis em uma aplicação web. Dessa forma, as contribuições apresentadas por esse trabalho são as seguintes:

- Gerar um *dataset* de intervenções de trânsito para auxiliar na mobilidade urbana;
- Desenvolver uma aplicação web para registro e visualização de intervenções de trânsito;
- Desenvolver e avaliar uma aplicação móvel que coleta dados de geolocalização e sugere rotas alternativas para desvio das intervenções de trânsito;
- Fornecer uma ferramenta para a criação, gerenciamento e controle dos datasets;
- Gerar um *dataset* com posições reais de rotas e intervenções de trânsito.

O restante do artigo está estruturado da seguinte forma: na Seção II é apresentada uma revisão da literatura onde o tema é abordado. Na Seção III são descritos os métodos utilizados para solução do problema. Na Seção IV é definido o problema abordado por esse trabalho e o caso de uso. A Seção V são mostrados os resultados obtidos através das análises da aplicação móvel. Por fim, na Seção VI, são descritas as conclusões e diretrizes para trabalhos futuros.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Essa seção apresenta os trabalhos relacionados que tratam da coleta de dados para geração de *dataset*, gerenciamento de rotas e análises de tráfego em diferentes centros urbanos. Contudo, até agora, não há práticas em tempo real que fornece informações efetivas sobre os veículos e o que está acontecendo nas ruas, bem como informações capturadas pelos dispositivos móveis dos motoristas para realizar um monitoramento eficiente.

Em [24] os modelos de mobilidade são definidos e classificados como traces baseados em aplicações reais, de mobilidade urbana ou através de simuladores de tráfego. O

rastreamento de veículos e da mobilidade urbana, descrevem a posição desses veículos (localização no espaço) ao longo do tempo e comumente são utilizados para trazer mais realismo a uma simulação.

Para a cidade de Xangai, a maior da China e considerada um polo econômico mundial, foi realizado um trabalho [17] que aponta a posição de 4.316 (quatro mil e trezentos e dezesseis) táxis entre fevereiro e abril de 2007, porém as entradas disponíveis publicamente são as posições de somente um dia de fevereiro, sendo elas um total de 6.075.587 (seis milhões setenta e cinco mil quinhentos e oitenta e sete) entradas. Todos os táxis possuíam um sistema de GPS habilitado, os quais realizavam o envio das informações necessárias ao servidor. Contabilizando todas as entradas há uma média de que cada veículo realizou a coleta de 1.408 (mil quatrocentos e oito) registros para tal dia disponível publicamente. Houve destoantes em relação aos veículos, alguns contribuindo com valores menores e outros com valores bem maiores, como de até 7.011 (sete mil e onze) inscrições.

Na cidade de São Francisco nos Estados Unidos, foi proposto pelos autores [18] um trabalho que considera um número de 536 (quinhentos e trinta e seis) táxis, os quais trabalharam em todo o mês de maio de 2008, tendo registrado as posições de todos eles através de receptores GPS instalados nos veículos, que enviaram as informações de localização para um servidor central. Houve uma média de 20.930 (vinte mil novecentos e trinta) entradas para cada veículo, totalizando 11.219.955 (onze milhões duzentos e dezenove mil e novecentas e cinquenta e cinco) entradas para o mês inteiro. Como no caso de Xangai, também houve diferenças em relação as contribuições, como casos de até 49.370 (quarenta e nove mil trezentos e setenta) entradas por parte de alguns táxis.

Para a cidade de Roma no continente europeu, os autores consideraram em [19], a quantia de 316 táxis trabalhando no mês de fevereiro em 2014 equipados com um receptor GPS que também enviava as informações de geolocalização dos veículos a um servidor central, como nos casos citados acima. Nesse caso, foram desconsideradas as posições com imprecisão acima de vinte metros. Ao final do mês a média para cada veículo era de 69.040 (sessenta e nove mil e quarenta) entradas. Totalizando 21.817.851 (vinte e um milhões oitocentos e dezessete mil oitocentos e cinquenta e um) posições. Alguns veículos contribuíram com valores significativamente maiores, chegando até 118.500 (cento e dezoito mil e quinhentas) posições.

Os autores em [6] propuseram uma análise do tráfego de Xangai, na China, combinando duas bases de dados reais: transações com cartões inteligentes de metrô e trajetória GPS dos táxis. Essa análise é feita tanto em dias de semana como finais de semana utilizando-se de três métricas: deslocamento, duração e intervalo de viagem. Porém, mesmo que combinadas, essas bases têm dados muito restritivos em relação a mobilidade urbana, já que as 14 linhas de metrô exploradas são fixas, parando sempre nas mesmas estações em um intervalo definido de tempo; e os táxis por serem apenas uma fração de um todo, onde em sua maioria realizam corridas de curta duração, média de oito minutos segundo essa mesma pesquisa, ou seja, é uma amostragem pequena em relação à extensão da

cidade e quantidade de habitantes.

Em [25] é proposto pelos autores um sistema visual para análise de tráfego urbano utilizando os dados coletados de linhas regulares de ônibus. Para realizar isso são considerados três fatores: as rotas dos ônibus, a transferência deles e suas estações propriamente ditas. Também é utilizado um algoritmo para exprimir a importância das estações de ônibus ao longo da cidade, esse algoritmo considera a dinamicidade da estação, o seu volume de tráfego e o tempo que cada ônibus fica ali estacionado. Assim como o trabalho supracitado, a análise unilateral da mobilidade urbana, nesse caso utilizando apenas os dados de ônibus urbanos, expressa uma informação incompleta, já que exclui todas as outras formas de locomoção, ou seja, consegue-se aferir apenas a mobilidade de quem utiliza aquele meio de transporte.

Em [26], os autores exploram através de uma análise visual dos dados, as bases de dados do sistema público de bicicletas, sistema em que os usuários podem aloca-las e devolve-las em seus encaixes fixos com cartão inteligente que se localizam em lugares públicos por toda a cidade. O intuito do trabalho é revelar padrões de fluxo para cada estação de locação encontrando regras regulares e anomalias de trajeto. Além disso, os autores propõem a sua utilização para melhorar a oferta dessas estações assim como sua disposição. Esse estudo consegue explorar muito bem a mobilidade urbana com a utilização de bicicletas, porém não relacionam outras bases de veículos, sendo que os autores deixam para trabalhos futuros a integração com dados de ônibus da cidade e seu impacto. Ao conseguir agregar várias bases de dados com diferentes tipos de veículos, é possível criar um modelo de mobilidade urbana em todo seu potencial, já que teríamos todas as formas de locomoção inseridas ali, sendo possível determinar com maior precisão tempos de locomoção e rotas para diferentes origens e destinos selecionando diferentes meios de transporte.

O diferencial deste trabalho em relação aos citados acima é a tipificação do veículo, já que os descritos analisam poucas formas de locomoção, como táxis [17], [18], [19], [6], ônibus [25] ou ainda bicicletas [26], mas nenhum deles monta um escopo com todos os tipos de veículos disponíveis. Isso minimiza a quantidade de veículos disponíveis para a coleta de informações e restringe a análise. Nesse trabalho podem ser utilizados vários tipos de veículos, já que a escolha é feita pelo condutor, sendo desde bicicleta até um ônibus, entre outros. Isso será capaz de gerar um rastreamento mais confiável, a fim de possibilitar um melhor cenário para simulações dentro do município de Catanduva, por conta da captura em tempo real, que acontece pela infraestrutura proposta no trabalho.

III. CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DO DATASET

Esta seção descreve as ferramentas utilizadas para realizar a coleta dos dados para formação do *dataset*, o qual poderá ser utilizado futuramente para simulações de rede. A ferramenta desenvolvida é dividida em três partes:

- 1) **Cloud:** contém processamento dos dados assim como seu armazenamento, sendo essas funcionalidades providas através do *Firebase Realtime Database* [27];
- 2) **Aplicação móvel:** o aplicativo coleta os dados de localização do percurso do usuário e envia para o

banco de dados. Como a avaliação será realizada nessa aplicação, ele foi chamado de TIMELESS: *aplicaTIvo MóvEl de coLeta dE poSições geográficas*;

- 3) **Aplicação Web:** consiste em um site onde as intervenções de trânsito são cadastradas e armazenadas no banco de dados. As intervenções de trânsito podem ser um reparo na rua, um bloqueio devido a uma obra de saneamento, não abrangendo acidentes e outras situações pontuais do trânsito. Isso se deve ao fato de que as intervenções devem ser cadastradas previamente e aprovadas pelo administrador do sistema.

Uma visão geral do aplicativo é exemplificada através da Fig. 1. Nela é possível observar o *smartphone* que executa a aplicação móvel a bordo de um veículo, um carro no caso, se comunicando diretamente com o *dataset* na *cloud*, essa comunicação é bilateral, ou seja, a aplicação móvel envia as coordenadas GPS para a *cloud* que por sua vez irá realizar o armazenamento da mesma e também recebe as informações da *cloud* para mostrar ao usuário as intervenções ativas.

Ainda na Fig. 1 tem-se o outro lado da *cloud*, a aplicação *web* que é acessada e alimentada diretamente pelos seus usuários que cadastram as intervenções programadas para a cidade. Ao realizar esse cadastro, a aplicação *web* armazenará essas informações no *dataset* que está na *cloud*, possuindo também a comunicação de forma bilateral já que, além de gravar informações no *dataset*, é possível realizar consultas à ele através da mesma aplicação *web* para verificar as interdições e também para gerenciar o ambiente de usuários.

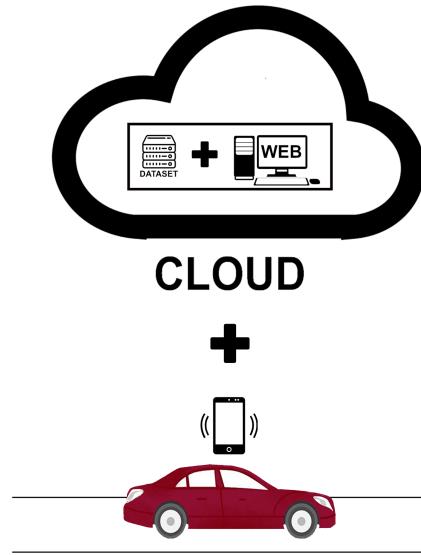


Fig. 1. Visão geral do sistema, representa todo o ambiente que as aplicações englobam (aplicação móvel, *cloud* e aplicação web).

Para realizar o gerenciamento dos serviços de *cloud*, foi escolhido o banco de dados *Firebase Realtime Database* que oferece integração com as plataformas *mobile* e *web*, provendo diversas funcionalidades e infraestrutura necessária para comunicação e armazenamento.

O *Firebase* é um *Backend as a Service (BaaS)*, ou seja, oferece um *backend* como serviço, possibilitando aos de-

envolvedores configurar e operar em *cloud* para aplicações *mobile* e *web*. A escolha dessa ferramenta se dá ao fato que de ser altamente escalável e comporta a heterogeneidade dos dados armazenados. O *Realtime Database*, é um serviço de banco de dados não relacional em tempo real que é hospedado na nuvem.

A forma utilizada para armazenamento dos dados do *dataset* é o *JSON* (*Javascript Object Notation*), uma estrutura de fácil manipulação e que pode ser utilizada por qualquer linguagem de programação, dessa forma o *dataset* se torna acessível a qualquer modelo de simulação utilizado. A estrutura geral do *dataset* é dividida em duas partes, uma nomeada “intervenções” onde ficará todas as informações cadastradas e utilizadas pelo aplicativo *web*, e outra nomeada de “localizações” que receberá as informações enviadas pelos *smartphones* através da aplicação móvel.

A aplicação móvel foi desenvolvida através da linguagem Java utilizando a IDE Android Studio 3.0, ela conta com 3 (três) telas principais. A tela inicial da aplicação é onde o usuário irá selecionar o tipo de veículo que está dirigindo, essa informação será destinada ao campo “meioDeTransporte” do banco de dados. Nela estão disponíveis os seguintes meios de transporte para seleção:

- Carro;
- Motocicleta;
- Bicicleta;
- Ônibus;
- Caminhão;
- Veículos Públicos.

A aplicação móvel é responsável pela coleta de dados referente a localização dos usuários. O usuário pode instalar a aplicação em seu *smartphone*, *tablet* ou no computador de bordo de um veículo. A coleta de dados para o *dataset* é feita em três etapas:

- **Ao executar a aplicação:** o usuário deve apenas informar o meio de transporte que está utilizando, se é carro, ônibus, motocicleta, bicicleta ou até uma ambulância. Então a aplicação cria um ID para o veículo, armazena a data de início da movimentação e o meio de transporte selecionado;
- **Durante o percurso do usuário:** nesta etapa, a aplicação em execução permite a comunicação com o *Global Positioning System (GPS)* do dispositivo móvel utilizado, e assim coleta a localização do usuário (latitude e longitude), além da data e hora. Essa coleta é feita a cada 3 segundos (para que no final a formação do percurso, ou seja, os *traces*, fiquem melhor estruturados) desde que seja identificado pela aplicação que o veículo esteja em movimento. Os dados são armazenados conforme Fig. 2, onde são guardadas a média da velocidade do veículo em Km/h, as datas de início e fim do rastreamento, além disso ainda são armazenadas as latitudes, longitudes e a data da sua coleta. Tais dados apresentados na Fig. 2, correspondem a uma pequena parcela dos dados coletados através dos testes realizados para a avaliação do aplicativo;
- **Ao finalizar a aplicação ou parar a movimentação:** os

dados coletados podem ser enviados a *dataset* em dois momentos:

- Ao finalizar a aplicação (ação do usuário);
- Quando a posição do usuário ficar estagnada por mais de 2 minutos (de forma automática).

```
"Dataset Storage" : 
{
  "localizacoes" : {
    "localizacao_1" : {
      "listaDeLocalizacoes" : [ {
        "dataAgora" : "14/01/2020 11:47:29",
        "latitude" : -21.182364774527855,
        "longitude" : -48.9589862558951
      },
      {
        "dataAgora" : "03/10/2020 11:47:31",
        "latitude" : -21.18070322094617,
        "longitude" : -48.96069250376372
      },
      {
        "dataAgora" : "03/10/2020 11:47:34",
        "latitude" : -21.1792164831124,
        "longitude" : -48.96211841465438
      }
    ],
    "meioDeTransporte" : "Carro",
    "dataInicio" : "14/01/2020 11:47:29",
    "dataFinal" : "14/01/2020 11:47:34",
    "mediaDeVelocidade" : 56.696
  }
}
```

Fig. 2. Exemplo da estrutura das localizações.

Após iniciar o aplicativo (seleção do veículo), o usuário é direcionado para a tela onde há o mapa com as interdições ativas. Um espaço para inserção de origem e destino também está disponível para o motorista onde após o preenchimento dos campos, o aplicativo irá gerar uma rota alternativa para o usuário, a qual poderá ou não passar pela intervenção. Sendo assim, cabe ao motorista decidir se seguirá ou não a rota sugerida pelo aplicativo. Há também uma outra tela onde podem ser observadas as características das interdições ativas em forma de lista, como origem, destino e o órgão responsável pela mesma.

A Aplicação *Web* é responsável pela coleta, processamento, envio e consulta de dados relacionados às intervenções de trânsito que serão inseridas na base de dados. Na aplicação é possível visualizar um mapa, inserido através da *API do Google Maps* [28], onde pode-se visualizar as interdições ativas na cidade, como também a mobilidade dos usuários que estão utilizando o aplicativo *mobile*.

- **Ponto de partida:** expõe o ponto inicial da interdição, no sentido da via, e é preenchido pelo próprio sistema ao clicar nesse ponto do mapa;
- **Ponto de destino:** esse é o ponto final da interdição, e assim como no ponto de partida também é no sentido da via e preenchido automaticamente pelo sistema clicando no mapa. O primeiro ponto selecionado será o de partida e o segundo ponto o de chegada;
- **Descrição:** campo utilizado para identificar a interdição ou o motivo dela;
- **Data início e fim:** aqui são selecionadas as datas e horas de início e fim programadas para a interdição;
- **Usuário:** esse campo é preenchido automaticamente com

a identificação do usuário que está inserindo a interdição no sistema.

Ao selecionar as posições, a latitude e longitude de cada uma delas são coletadas assim como o nome da rua, para serem enviadas ao *dataset*. A estrutura dos dados de intervenções pode ser observada na Fig. 3. Esses dados são casos reais de intervenções cadastradas no sistema de intervenções, onde pode-se notar que são armazenados os endereços completos fornecido pela *API do Google Maps* através da coordenada de latitude e longitude que também estão ali presentes, isso ocorre tanto para a origem como para o destino. Também é armazenado a descrição da interdição assim como as datas de início e fim.

```
"Dataset Storage" : {
    "intervencoes" : [
        "intervencao_1" : {
            "dataInicio" : "02/04/2020 09:00 AM",
            "dataFim" : "02/04/2020 10:30 AM",
            "descricao" : "Reparo da via",
            "origem" : {
                "latitude" : -21.128037816283783,
                "longitude" : -48.97267223676967,
                "rua" : "R. Rio Grande do Norte, 219
                       – Higienópolis, Catanduva – SP,
                       15804–050, Brasil",
            },
            "destino" : {
                "latitude" : -21.127952751537997,
                "longitude" : -48.97328914484309,
                "rua" : "R. Mato Grosso, 855 –
                       Higienópolis, Catanduva – SP,
                       15805–010, Brasil",
            }
        }
    ]
}
```

Fig. 3. Exemplo da estrutura das intervenções.

As interdições consideradas ativas são as cadastradas e que se encontram no intervalo de tempo atual correspondendo a condição da via, ou seja, do dia e horário estipulado para início até o dia e horário estipulado para o fim da manutenção ou atividade que está sendo executada naquele período.

Essas intervenções são mostradas no mapa para visualização da população e controle/auxílio das entidades de emergência, como o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) e o Corpo de Bombeiros.

A aplicação possui três níveis de usuários, que são os seguintes:

- **Administrador** é o responsável por gerenciar as requisições de intervenções que são solicitadas pelas empresas através da aprovação ou rejeição dessas solicitações. Também é responsável por cadastrar as empresas que podem realizar cadastros/solicitações de intervenções além de gerenciar a permissão dos usuários;
- **Empresas** as empresas cadastradas são responsáveis por inserir as intervenções na aplicação *web* que será posteriormente aceita ou recusada por um administrador;
- **Usuários** o usuário terá permissão de visualização do mapa, podendo visualizar tanto a mobilidade dos veículos trafegando pela cidade, como também os pontos de interdições que estiverem ativos durante o acesso ao site.

O usuário também pode utilizar a aplicação móvel para visualizar as interdições, além de colaborar para o armazenamento de dados no *dataset*, enviando informações de sua posição de forma automática, coletadas pela aplicação, durante seu trajeto.

Na Fig. 4 é possível observar duas telas das aplicações. Do lado esquerdo o aplicativo móvel com a tela mostrando as interdições ativas e a sugestão de rota, e do lado direito a tela de cadastro e monitoramento das interdições no sistema *web*.

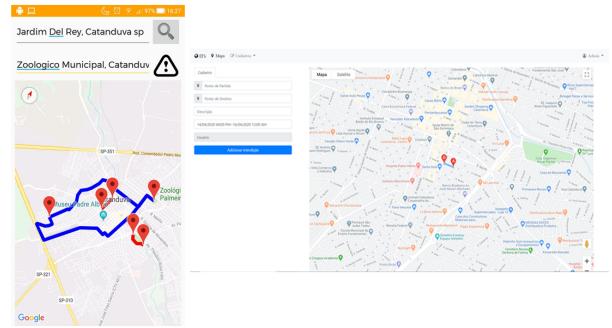


Fig. 4. Visão de duas telas da aplicação, (à esquerda) aplicação móvel e (à direita) sistema *web*.

IV. CASO DE USO

Essa seção descreve algumas características da cidade em que o trabalho foi aplicado (Catanduva-SP) e demonstra algumas das motivações do problema tratado.

Catanduva é uma cidade localizada no interior do estado de São Paulo. Sua área territorial abrange um total de 290,596km². Sua população é estimada em 121.862 habitantes em 2019. A cidade possui como vias de acesso duas principais rodovias estaduais, que são a Rodovia Comendador Pedro Monteleone (SP-351) e a Rodovia Washington Luís (SP-310). A cidade tem grande destaque na área de agricultura, mas também possui uma grande diversificação na área industrial, composto por 105 indústrias, sendo os ramos de maior destaque o metalúrgico, o de construção e o de usinagem [29]. Foi utilizado o mapa da cidade de Catanduva para a simulação de mobilidade dos usuários, utilizando o SUMO. Pode ser observado através da Fig. 5 a conversão do mapa da cidade de Catanduva para o modelo do SUMO, o mapa foi obtido através do *OpenStreetMap*, nesse modelo as ruas são transformadas em arestas e as esquinas em vértices. Após essa conversão é possível utilizá-lo para realizar as simulações de mobilidade urbana, o que torna o modelo o mais fidedigno à realidade.

Além disso, Catanduva possui cinco grandes hospitais e se destaca por ser uma cidade de referência na área de saúde para suas cidades vizinhas. Isso demonstra a necessidade da mobilidade urbana ser eficiente para auxiliar os serviços de resgate e emergência por exemplo, visto que durante uma ocorrência pode-se encontrar alguma dificuldade causada por bloqueios, obras em vias públicas, acidentes de trânsito, eventos, entre outros.

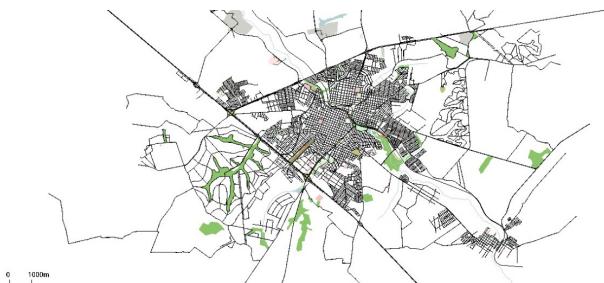


Fig. 5. Simulação do mapa de Catanduva - SP (Ferramenta SUMO)

Neste estudo, investigamos a mobilidade urbana da cidade de Catanduva utilizando dois conjuntos de *datasets*: as intervenções cadastradas no sistema web e a mobilidade dos usuários que utilizam o aplicativo mobile. O conjunto de dados das intervenções foram fornecidas pela Secretaria De Trânsito da cidade de Catanduva, que foram os responsáveis por aprovarem as informações inseridas de bloqueios de ruas, manutenções, acidentes e eventos que ocorreram na cidade nos meses de janeiro a março de 2020. Os dados de intervenções são essenciais para identificar pontos de bloqueios na cidade e apresenta-los no mapa da aplicação web. Com isso, serviços emergenciais da cidade podem consultar o mapa para definir o melhor trajeto de um resgate, melhorando seu tempo de atendimento nos chamados.

O outro conjunto de dados, referente a mobilidade dos usuários, é fornecido pela aplicação móvel que coleta os dados durante o trajeto do usuário, para isso ele deve apenas ativar a aplicação. Com estes dados é possível analisar a média de velocidade dos usuários durante seu trajeto, identificar pontos de congestionamento e auxiliar o usuário na identificação de novas rotas que melhoraram sua mobilidade.

V. AVALIAÇÃO E RESULTADOS

Esta seção descreve a avaliação do aplicativo que realiza a coleta dos dados dos usuários. Segundo um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) [30], o tempo médio de que o brasileiro leva para realizar o percurso de casa ao trabalho é de 30 (trinta) minutos. Dessa forma, foi escolhido utilizar esse período para a realização dos testes no TIMELESS, a aplicação móvel proposta. Portanto, todos os *smartphones* e aplicações testadas foram submetidos a 30 (trinta) minutos de teste em todas as categorias avaliadas e apenas com a aplicação testada aberta, sem outros aplicativos em segundo plano. Cada teste foi realizados 5 vezes em cada categoria e os valores utilizados para análise foram as médias obtidas entre esses 5 testes.

O TIMELESS foi testado e avaliado em 5 (cinco) *smartphones* nos seguintes quesitos: uso de dados móveis (rede 4G), uso de memória e consumo de bateria. Para isso, comparamos nossa aplicação com outras duas aplicações de monitoramento de tráfego e sugestão de rotas, o *Google Maps* [31] e o *Waze* [32]. Dessa forma, o teste foi realizado entre o aplicativo proposto com outros aplicativos de uso recorrente dos cidadãos.

Os *smartphones* usados nos testes foram variados (5 modelos diferentes). Dessa forma, na Tabela I é possível observar

as principais características desses *smartphones*: processador, chipset, quantidade de memória e quantidade de bateria. Por se tratarem de hardwares diferentes, os dados gerados variam de *smartphone* para *smartphone*, sendo assim, uma maior diversidade é adquirida durante os testes, além de representar melhor o cenário onde a aplicação móvel é executada.

Os valores utilizados para elaboração desses testes foram retirados diretamente do relatório de consumo dos próprios aplicativos, sendo gerado pelo próprio sistema operacional do celular. Dessa forma os valores de uso memória, uso dados e consumo de bateria são exclusivos dos aplicativos utilizados, não sendo influenciados por outras aplicações.

Na Fig. 6 é possível observar o uso de dados móveis em MB na rede 4G. Quando relacionado ao uso de dados móveis no TIMELESS, o *Smartphone* 3 foi o que utilizou mais com 34,96MB. Em todos os *smartphones*, os aplicativos Waze e Maps utilizaram uma maior quantidade de dados do que da aplicação móvel proposta.

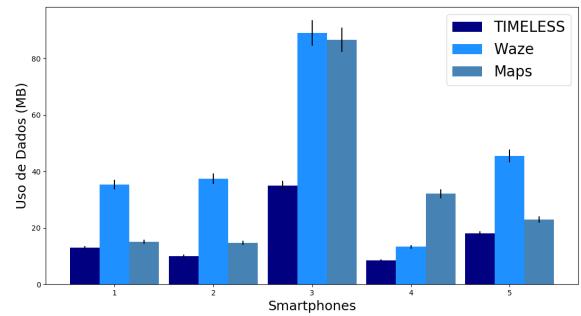


Fig. 6. Gráfico uso de dados móveis (MB).

Quando avaliado o uso de memória dos aplicativos, o Maps se sobressaiu em todos os *smartphones* testados, seguido pelo Waze e o TIMELESS. Dessa forma, o aplicativo proposto utilizou menos memória dos *smartphones* durante o período de testes. O *Smartphone 5* obteve os maiores gastos, com 97,9MB no Maps, 61MB no Waze e 24,2MB no TIMELESS, seguido pelo *Smartphone 1* com 87MB no Maps, 56MB no Waze e 22MB no TIMELESS.

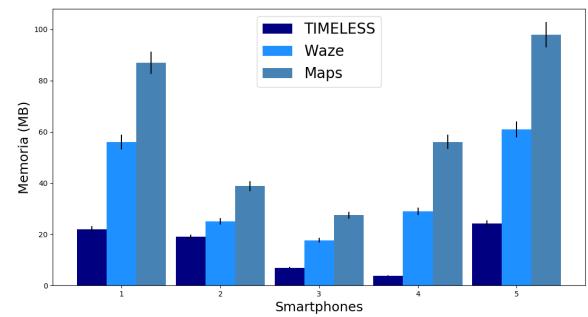


Fig. 7. Gráfico uso de memória (MB).

O último teste foi o de consumo de bateria. Na Fig. 8 é possível observar que o *Smartphone* 5 e o *Smartphone* 2

TABELA I
FICHA TÉCNICA DOS SMARTPHONES UTILIZADOS NOS TESTES

Smartphone	Processador	Chipset	Memória ram (GB)	Bateria (mAh)
1	Octa Core de 2,2 GHz	Snapdragon 630	4	3300
2	Octa Core de 1,4 GHz	Snapdragon 430	3	4000
3	Octa Core de 1,5 GHz	Snapdragon 410	1,5	2600
4	Octa Core de 1,5 GHz	Exynos 7580	1,5	3000
5	Octa Core de 2,2 GHz	Snapdragon 625	3	4000

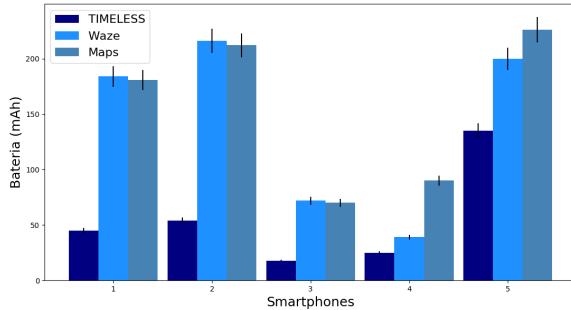


Fig. 8. Gráfico consumo de bateria (mAh).

apresentaram os maiores consumos de bateria. No *Smartphone* 5, temos os respectivos gastos do Maps (226mAh) depois do Waze (200mAh) e por último TIMELESS (135mAh). No *Smartphone* 2, temos o Waze (214mAh), Maps (212mAh) e TIMELESS (54mAh).

Dessa forma pode-se observar que os outros aplicativos de monitoramento e sugestão de rotas apresentam gastos maiores de uso de dados, memória e consumo de bateria do que o TIMELESS, que é mais econômico em termos de recursos.

VI. CONCLUSÃO

Esse trabalho apresenta o desenvolvimento de duas ferramentas para geração de *datasets* de mobilidade do usuário e intervenções de trânsito respectivamente para a cidade de Catanduva - SP.

A ferramenta conta com uma aplicação móvel (TIMELESS), responsável por coletar as coordenadas geográficas do usuário e armazená-las no banco de dados na cloud. Essas coordenadas podem ser utilizadas para gerar um modelo de mobilidade urbana real em simuladores de rede. A outra parte da ferramenta é a aplicação web, onde as intervenções de trânsito são cadastradas, mostradas aos usuários e armazenadas no banco de dados através da cloud.

Pode-se concluir que a avaliação realizada da aplicação móvel foi simples, mas demonstra que o aplicativo possui um baixo uso de dados móveis e memória, assim como um baixo consumo de bateria.

Como trabalhos futuros pode-se utilizar o *dataset* com as informações de intervenções e mobilidade dos usuários para que ao ativar a aplicação, ela identifique automaticamente se há intervenções no trajeto cotidiano do usuário e indique rotas alternativas que desviam dessas intervenções encontradas no seu percurso. Também, pretende-se utilizar técnicas de

data-imputation como forma de suprir falhas do *dataset* e enriquecer a base de dados.

REFERÊNCIAS

- [1] R. S. Pereira, D. D. Lieira, M. A. C. da Silva, A. H. M. Pimenta, J. B. D. da Costa, D. Rosário, and R. I. Meneguette, "A novel fog-based resource allocation policy for vehicular clouds in the highway environment," in *2019 IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)*, 2019, pp. 1–6.
- [2] R. Zhong, A. Sumalee, T. Pan, and W. Lam, "Stochastic cell transmission model for traffic network with demand and supply uncertainties," *Transportmetrica A: Transport Science*, vol. 9, no. 7, pp. 567–602, 2013.
- [3] R. I. Meneguette, R. De Grande, and A. A. Loureiro, *Intelligent Transport System in Smart Cities*. Springer, 2018.
- [4] L. Souza, "Vendas de veículos crescem 11,4% no acumulado até setembro," 2019, disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-10/vendas-de-veiculos-crescem-114-no-acumulado-ate-setembro>.
- [5] R. I. Meneguette and A. Boukerche, "Vehicular clouds leveraging mobile urban computing through resource discovery," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pp. 1–8, 2019.
- [6] F. Xia, J. Wang, X. Kong, Z. Wang, J. Li, and C. Liu, "Exploring human mobility patterns in urban scenarios: A trajectory data perspective," *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 3, pp. 142–149, 2018.
- [7] M. Lourenço, T. S. Gomides, F. S. H. de Souza, R. I. Meneguette, and D. L. Guidoni, "A traffic management service based on v2i communication for vehicular ad-hoc networks," in *Proceedings of the 10th Latin America Networking Conference*, ser. LANC '18. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018, p. 25–31. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3277103.3277132>
- [8] R. I. Meneguette, A. Boukerche, A. H. M. Pimenta, and M. Meneguette, "A resource allocation scheme based on semi-markov decision process for dynamic vehicular clouds," in *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2017, pp. 1–6.
- [9] S. Al-Sultan, M. M. Al-Doori, A. H. Al-Bayatti, and H. Zedan, "A comprehensive survey on vehicular ad hoc network," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 37, pp. 380 – 392, 2014. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S108480451300074X>
- [10] R. I. Meneguette, G. P. R. Filho, L. F. Bittencourt, J. Ueyama, B. Krishnamachari, and L. A. Villas, "Enhancing intelligence in inter-vehicle communications to detect and reduce congestion in urban centers," in *2015 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC)*, 2015, pp. 1–6.
- [11] G. Ho, Y. P. Tsang, C.-H. Wu, W. Wong, and K. Choy, "A computer vision-based roadside occupation surveillance system for intelligent transport in smart cities," *Sensors*, vol. 19, p. 1796, 04 2019.
- [12] R. I. Meneguette and A. Boukerche, "Peer-to-peer protocol for allocated resources in vehicular cloud based on v2v communication," in *2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, 2017, pp. 1–6.
- [13] R. I. Meneguette, E. R. M. Madeira, and L. F. Bittencourt, "Multi-network packet scheduling based on vehicular ad hoc network applications," in *2012 8th international conference on network and service management (cnsm) and 2012 workshop on systems virtualization management (svm)*, 2012, pp. 214–218.
- [14] A. Boukerche and R. I. Meneguette, "Vehicular cloud network: A new challenge for resource management based systems," in *2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, June 2017, pp. 159–164.

- [15] F. A. Silva, C. Celes, A. Boukerche, L. B. Ruiz, and A. A. Loureiro, "Filling the gaps of vehicular mobility traces," in *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems*, ser. MSWiM '15. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2015, p. 47–54. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2811587.2811612>
- [16] D. Djennouri, E. Nekka, and W. Soualhi, "Simulation of mobility models in vehicular ad hoc networks," in *Proceedings of the 2008 Ambi-Sys Workshop on Software Organisation and MonIToring of Ambient Systems*, ser. SOMITAS '08. Brussels, BEL: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), 2008.
- [17] H. Huang, D. Zhang, Y. Zhu, M. Li, and M.-Y. Wu, "A metropolitan taxi mobility model from real gps traces." *J. UCS*, vol. 18, no. 9, pp. 1072–1092, 2012.
- [18] M. Piorkowski, N. Sarafijanovic-Djukic, and M. Grossglauser, "Crawdad data set epfl/mobility (v. 2009-02-24)," 2009.
- [19] L. Bracciale, M. Bonola, P. Loret, G. Bianchi, R. Amici, and A. Rabuffi, "Crawdad dataset roma/taxi (v. 2014-07-17)," See <http://crawdad.org/roma/taxi/20140717>, 2014.
- [20] A. Ghosh, M. Nishaat, J. Miller, S. Quader, and C. Marston, "A comprehensive review of tools for exploratory analysis of tabular industrial datasets," *Visual Informatics*, vol. 2, no. 4, pp. 235 – 253, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468502X18300561>
- [21] R. W. van der Heijden, T. Lukaseder, and F. Kargl, "Veremi: A dataset for comparable evaluation of misbehavior detection in vanets," in *Security and Privacy in Communication Networks*, R. Beyah, B. Chang, Y. Li, and S. Zhu, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 318–337.
- [22] S. Karagiorgou and D. Pfoser, "On vehicle tracking data-based road network generation," 11 2012, pp. 89–98.
- [23] SUMO, "Sumo user documentation," acessado em: 19 de abril de 2021. [Online]. Available: <https://sumo.dlr.de/docs/>
- [24] J. Harri, F. Filali, and C. Bonnet, "Mobility models for vehicular ad hoc networks: a survey and taxonomy," *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 11, no. 4, pp. 19–41, Fourth 2009.
- [25] W. Pei, Y. Wu, S. Wang, L. Xiao, H. Jiang, and A. Qayoom, "Bvis: urban traffic visual analysis based on bus sparse trajectories," *Journal of Visualization*, vol. 21, no. 5, pp. 873–883, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s12650-018-0489-z>
- [26] X. Shi, Z. Yu, J. Chen, H. Xu, and F. Lin, "The visual analysis of flow pattern for public bicycle system," *Journal of Visual Languages & Computing*, vol. 45, pp. 51 – 60, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1045926X1630146X>
- [27] Google, "Firebase realtime database," acessado em: 12 de Abril de 2021. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/database>
- [28] ——, "Plataforma do google maps: Documentação," acessado em: 12 de Abril de 2021. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation?hl=pt-br>
- [29] C. M. de Catanduva, "Dados gerais da cidade de catanduva/sp," 2019, disponível em: <http://www.catanduva.sp.leg.br/o-municipio/dados-gerais>.
- [30] I. de Pesquisa Econômica Aplicada, "Indicadores de mobilidade urbana da pnad 2012," Fevereiro 2013, acessado em: 16 de Julho de 2020. [Online]. Available: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/131024_comunicadoipae161.pdf
- [31] Google, "Google maps," acessado em: 12 de Abril de 2021. [Online]. Available: <https://www.google.com.br/maps/preview>
- [32] Waze, "Sobre o waze: conectando motoristas com mapas ao vivo," acessado em: 12 de Abril de 2021. [Online]. Available: <https://www.waze.com/pt-BR/about>



Matheus Sanches Quessada Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) em 2019. Atualmente é aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Possui experiência em desenvolvimento de software, aplicações móveis, aplicações web. Sua linha de pesquisa é em redes veiculares, gerenciamento de recursos e sistemas de transporte inteligentes.



Douglas Dias Lieira Tecnólogo em Informática Para Negócios (FATEC) em 2011, Especialização em Desenvolvimento Web (Centro Universitário Claretiano) em 2013 e realizou o Programa Especial de Formação Pedagógica - equivalente a Licenciatura Plena em Informática (Instituto Paulista São José de Ensino Superior) em 2015. Atualmente é professor no Instituto Federal de São Paulo (IFSP) e cursa mestrado em Ciência da Computação no Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho (UNESP), com pesquisas nas áreas de redes veiculares e gerenciamento de recursos em redes.



Rickson Simioni Pereira Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) em 2018. Atualmente é aluno regular Mestrado em Ciência da Computação no Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), com ênfase nas áreas de transporte inteligente e gerenciamento de recursos em redes veiculares.



Euclides Nasorri Gottsfritz Tecnólogo em Processamento de Dados pela Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC-TQ) em 2011 e especialização em Redes de Computadores pela Escola Superior Aberta do Brasil (ESAB) em 2016. Atualmente é técnico de laboratório - área de informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP - Campus Catanduva) e aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Possui interesse e experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Hardware e Rede.



Rodolfo Ipolito Meneguette Bacharel em Ciência da Computação pelo Universidade Paulista (UNIP) em 2006. Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em 2009. Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em 2013. Pós-Doutorado pela Universidade de Ottawa (UOttawa) em 2017. Atualmente é professor do Instituto De Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo (USP). Líder do Grupo de pesquisa internet das coisas com foco em computação urbana. Sua linha de pesquisa é em sistema de transporte inteligente, redes veiculares, nuvens, gerenciamento de mobilidade.