

Um Esquema Automatizado de Mapeamento de Mapas com Importação de Dados do Transporte Público para o SUMO

Eduardo R. Manika, Joilson Alves Junior, Emilio C. G. Wille, Keiko V. O. Fonseca e Ana Cristina K. Vendramin

Resumo— Pesquisas relacionadas às Redes Ad Hoc Veiculares (VANETs) estão profundamente ligadas a utilização de simuladores de mobilidade, uma vez que testes no mundo real demandam tempo e recursos financeiros. Dentre os diversos simuladores disponíveis atualmente, o Simulador de Mobilidade Urbana (SUMO - *Simulator of Urban MObility*), se destaca e apresenta a funcionalidade de importar mapas reais de cidades. A importação de tais mapas para o SUMO normalmente é realizada de forma manual (o usuário importa os mapas reais, cria os deslocamentos e paradas de cada veículo, ou seja, cria manualmente os cenários de simulação). Entretanto, criar tais cenários de forma manual pode tornar as simulações impraticáveis e pouco confiáveis. Tratando-se de cenários que envolvem o transporte público em grandes centros, gerá-los manualmente é ainda mais oneroso, pois apresentam características únicas, como: trajetórias dos veículos previamente estabelecidas, pontos de paradas específicos e horários de saída definidos. Com isso, esse artigo apresenta o EMMS (Esquema de Mapeamento de Mapas para o SUMO), um esquema automatizado de mapeamento de mapas com importação dos dados do transporte público para o SUMO. Para validação do esquema, o EMMS foi aplicado em linhas de ônibus na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil. A comparação entre os dados de simulação (com cenários obtidos com o uso do EMMS) e os dados reais mostraram um grau de compatibilidade de 90.47% a 97.61% em relação às médias dos tempos totais de trajeto dos veículos.

I. INTRODUÇÃO

O uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) vem crescendo ao longo dos anos com objetivos de reduzir impactos ambientais e melhorar a mobilidade urbana [1]. O uso eficiente de TIC em transporte público é associado à "inteligência" em cidades ao prover segurança e eficiência em soluções de mobilidade [2]. Estas soluções e aplicações compõem os Sistemas de Transporte Inteligente (ITS - *Intelligent Transportation Systems*) [3].

No contexto de cidades e ITS destacam-se as Redes Ad Hoc Veiculares (VANETs - *Vehicular networks*) [4]. Redes Veiculares são formadas por veículos com capacidade de processamento e comunicação sem fio, os quais trafegam em ruas urbanas e rodovias, enviando e recebendo informações de outros veículos e equipamentos fixados nas proximidades das rodovias [5]. O projeto e desenvolvimento de VANETs requer estudos para análise de viabilidade, implementação e operação baseados em modelos. Entre os modelos de simulação se

E. R. Manika, J. Alves Jr., E. C. G. Wille, K. V. O. Fonseca, A. C. K. Vendramin, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Av. Sete de Setembro 3165, 80230-901, Curitiba (PR), Brazil. Email: manika@utfpr.edu.br, joilson@utfpr.edu.br, ewille@utfpr.edu.br, keiko@utfpr.edu.br, cristina@dainf.ct.utfpr.edu.br.

destacam os de simulação de tráfego pelo seu baixo custo em relação às medições de tráfego real em campo.

Entre os simuladores de tráfego frequentemente citados na literatura destaca-se o Simulador de Mobilidade Urbana (SUMO - *Simulator of Urban MObility*) [6]. Simuladores de mobilidade como o SUMO disponibilizam funções que permitem a geração de tráfego veicular conforme uma distribuição de probabilidade ou entradas externas de dados (obtidos de coleta de dados de tráfego real). No entanto, o modelo que representa o comportamento de veículos de transporte público requer a caracterização de rotas (itinerários), escala de horários de saída e chegada a pontos específicos da rota pré-estabelecida, e pontos de parada desta rota. Manualmente é possível gerar os itinerários, localização dos pontos de ônibus, entre outros elementos. No entanto, esse processo é muito custoso, podendo tornar as simulações impraticáveis.

Esse artigo tem o objetivo de apresentar o EMMS (Esquema de Mapeamento de Mapas para o SUMO), um esquema desenvolvido para automatização de mapas com importação das características reais do transporte público para o SUMO. Este esquema importa de forma automática as seguintes características do ambiente real de mobilidade veicular para o ambiente simulado (SUMO): os itinerários das linhas, a localização dos pontos de parada e os horários de saída dos ônibus. O que permite gerar simulações ágeis, confiáveis e realísticas.

O artigo está organizado da seguinte forma. A Sec. II apresenta uma revisão da literatura relacionada à importação de mapas. A Sec. III descreve o funcionamento e os elementos do SUMO. A Sec. IV detalha a implementação do EMMS. A Sec. V mostra um caso de uso aplicando o EMMS. A Sec. VI e VII apresentam os resultados experimentais e a conclusão, respectivamente.

II. MAPEAMENTO DE MAPAS

O mapeamento de mapas consiste em identificar uma correspondência entre um ponto ou sequência geográfica de pontos (por exemplo, dados de GPS) em um mapa digital [7].

O trabalho realizado em [8] apresenta uma revisão da literatura em métodos de mapeamento de mapas de tempo real e de pós-processamento, categorizando a abordagem dos algoritmos em 4 grupos: geométrica, topológica, probabilística e outras técnicas avançadas. Por fim, resume as principais limitações e restrições dos algoritmos existentes, que vão desde algoritmos mais simples de pesquisa (correspondência ponto-a-ponto, correspondência ponto-a-curva) até abordagens mais

complexas, incluindo aplicações da teoria da probabilidade, lógica *fuzzy* e teoria da crença.

Em [9] também apresenta-se uma revisão da literatura sobre os métodos de mapeamento de mapas e apontam-se que as principais abordagens (com acurácia satisfatória) são as que utilizam técnicas de inteligência computacional. Porém, ressalta-se que uma comparação precisa e robusta entre os algoritmos utilizados é comprometida pela heterogeneidade das condições experimentais às quais os algoritmos são submetidos. Os trabalhos não apresentam um padrão entre os cenários de testes e métricas de desempenho utilizados. Além de que cada trabalho utiliza bases de dados, muitas vezes, próprias e não disponibilizadas por questões de privacidade, dificultando assim a comparação.

O trabalho em [10] realiza uma comparação de três algoritmos de mapeamento de mapas de tempo real baseados em inteligência artificial, aplicados em vários cenários, com objetivo de apresentar o seu desempenho em situação reais com diferentes níveis de incerteza. Os estudos mostraram que os algoritmos com métodos mais simples apresentaram melhores resultados e os métodos mais complexos são mais capazes de lidar com problemas de maior incerteza na trajetória.

III. SIMULADOR SUMO

O SUMO é uma ferramenta de código aberto utilizada na geração de mobilidade veicular. Ele tem como entrada o mapa da rede rodoviária e produz um arquivo xml, chamado de trace de mobilidade, que descreve a mobilidade veicular de um cenário com as características dos veículos em diferentes instantes de tempos. Entre os elementos necessários para criar as topologias de simulação destacam-se:

- **Nodes** (nós/vértices): representam as extremidades de uma rua;
- **Edges** (arestas que ligam dois *nodes*): representam uma rua ou um segmento de uma rua;
- **Lanes** (vias de uma *edge*): representam as pistas de uma rua;
- **Connections** (interligações entre as *lanes*): representam a possibilidade de conversão nos cruzamentos entre duas ou mais ruas;
- **Stop**: pontos de parada de ônibus.

Existem ainda outros parâmetros importantes para configuração da simulação, os quais são:

- **Route**: rota representada pela ligação das *edges*, identificando o trajeto do veículo na simulação (isto é, o itinerário dos ônibus);
- **vType**: caracterização dos tipos de veículos que existirão na simulação (automóveis, ônibus, táxi) com opção de configurar características como: aceleração, desaceleração, velocidade máxima permitida, grau de aleatoriedade;
- **Vehicle**: sinaliza o tempo de início de cada veículo na simulação (segundos), além da rota a ser utilizada.

Por fim, para executar uma simulação é necessário considerar no mínimo quatro arquivos:

- **net.xml**: arquivo com a configuração da topologia da rede a ser simulada;

- **rou.xml**: arquivo com as configurações dos veículos da simulação (tempo de início de cada veículo na simulação), juntamente com suas rotas e os pontos de ônibus;
- **add.xml**: arquivo adicional que contém a configuração da localização dos pontos de parada de ônibus.
- **sumo.cfg.xml**: arquivo que agrupa os demais arquivos de configuração da rede (*net.xml* e *rou.xml*), além de indicar os tempos inicial e final da simulação em segundos.

O EMMS facilita a geração desses elementos e arquivos, permitindo assim a automatização das simulações, principalmente em tratando-se de transporte coletivo.

IV. IMPLEMENTAÇÃO DO EMMS

O EMMS foi desenvolvido usando a linguagem de programação Python [11], a qual permite perfeita integração com o SUMO, uma vez que este fornece um conjunto de bibliotecas de programação em Python (SUMOLib) para facilitar o desenvolvimento dos mais variados tipos de cenários veiculares. O EMMS se divide em quatro camadas arquitetônicas: entrada e tratamento dos dados; mapeamento do itinerário dos ônibus; mapeamento da localização dos pontos de paradas de ônibus; geração dos arquivos de configuração para execução das simulações no SUMO.

A. Entrada e tratamentos dos dados

Nessa camada o usuário deve fornecer os seguintes dados de entrada: a topologia da rede de simulação (mapa digital), no formato já convertido para o SUMO (*net.xml*); a posição dos veículos nos itinerários dos ônibus no formato *Global Positioning System* (GPS) em latitude e longitude; horários de saída das linhas de ônibus; localização dos pontos de parada. Após a inserção dos dados, o EMMS valida os parâmetros obrigatórios e realiza a conversão dos dados de posicionamento (GPS) do itinerário e dos pontos de parada de ônibus, do plano geográfico (latitude e longitude) para o plano cartesiano (X e Y). Tal conversão é necessária, pois o SUMO trabalha somente com dados no plano cartesiano. Outro tratamento realizado pelo EMMS para aumentar a acurácia e melhorar o desempenho do mapeamento de mapas é a duplicação da quantidade de pontos de posicionamento dos veículos, que representa o itinerário dos ônibus. A duplicação aumenta a precisão do mapeamento, uma vez que as regiões urbanas apresentam uma alta densidade, e em algumas situações, os pontos de posicionamento (GPS) fornecidos apresentam uma grande dispersão. Tal duplicação é realizada por meio do cálculo do ponto médio entre duas coordenadas cartesianas. O ponto médio é representado pelo ponto que separa um segmento em duas partes com medidas iguais. Na Figura 1 é apresentado um fluxograma referente à essa primeira camada.

B. Mapeamento de mapas dos itinerários dos ônibus

O itinerário dos ônibus é a trajetória dos veículos em uma determinada linha de ônibus. Para obter essa trajetória em um ambiente virtual como no SUMO, é realizado o mapeamento de mapas, que consiste em detectar os segmentos de vias, em um ambiente digital, que correspondem aos pontos de GPS

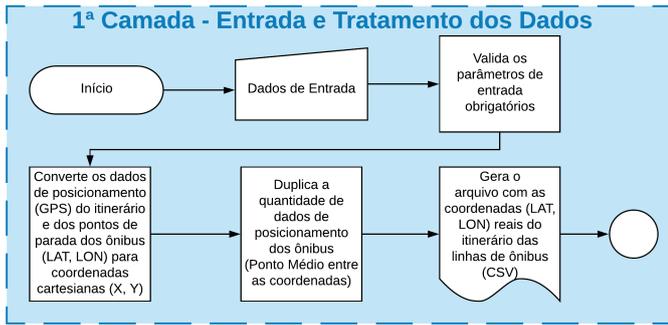


Fig. 1. Fluxograma da entrada e tratamento dos dados.

(latitude e longitude) de entrada. Na Figura 2 é apresentado o fluxograma referente ao mapeamento de mapas dos itinerários dos ônibus.

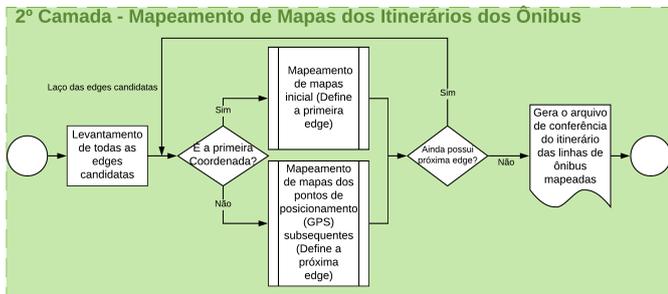


Fig. 2. Fluxograma do mapeamento de mapas dos itinerários dos ônibus.

Na Figura 3 é mostrado o mapeamento de mapas especificamente para o SUMO.

O EMMS é baseado em um método de ponderação para realizar o mapeamento de mapas do itinerário dos ônibus. Essa ponderação é realizada em três etapas:

1) *Etapa 1 - Levantamento de todas as edges candidatas:* Para cada ponto de posicionamento (GPS) de entrada, o algoritmo calcula uma região de interesse. O raio de alcance dessa região é definido em um dos parâmetros de entrada do EMMS, denominado de *delta*. As *edges* que estiverem dentro deste raio (região) são selecionadas como candidatas [9]. Para realizar essa descoberta é utilizada a distância Euclidiana entre o ponto de posicionamento e a reta traçada entre os *nodes* ("from" e "to") das *edges*.

2) *Etapa 2 - Mapeamento de mapas inicial (Define a primeira edge):* Isoladamente não é possível identificar, na maioria das vezes, o sentido inicial pelo qual o ônibus se deslocará, sem levar em consideração o próximo ponto de posicionamento. Sabe-se que o ônibus se desloca do primeiro ponto de posicionamento para o segundo ponto e que o sentido da *edge* é sempre do *node* "from" (origem) para o *node* "to" (destino). Dessa forma, é possível mapear a *edge* correta validando se o sentido da *edge* mapeada corresponde com o sentido real do veículo. Uma das formas de analisar o sentido da *edge* é analisando as distâncias Euclidianas entre os pontos de posicionamento (primeiro e segundo) com os *nodes* ("from" e "to") da *edge* selecionada. Nessa análise realizada, um dos critérios levantados é que se o segundo ponto de

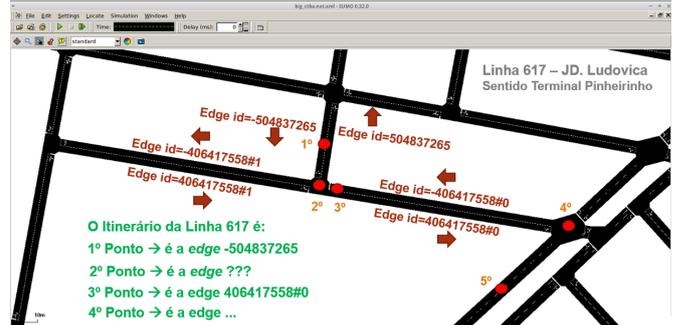


Fig. 3. Mapeamento de mapas especificamente para o SUMO. Os pontos em vermelho sequenciais representam os dados de posicionamento (GPS) dos ônibus, representando o itinerário de uma determinada linha de ônibus (Linha 617 - Jd. Ludovica [Sentido Terminal Pinheirinho]). Cada uma das *edges* no mapa possui um identificador único (*id*) e o mapeamento consiste em identificar qual é o *id* corresponde ao ponto de posicionamento. Ao fim é gerada uma lista de *edges* encadeadas, que formam a trajetória do ônibus, ou seja, o itinerário da linha de ônibus dentro do ambiente de simulação que corresponde aos dados reais, representada em verde na figura. Esse encadeamento de *edges* depende de uma interligação "física" (interligação entre as *edges*) e "lógica" (relacionadas ao sentido das *edges*).

posicionamento estiver mais próximo do *node* "to" do que o primeiro ponto de posicionamento, isso representa uma forte probabilidade do sentido da *edge* estar correspondendo com o ambiente real, devido ao *node* "to" ser sempre o destino final da *edge*. Na Figura 4 é ilustrada essa situação.



Fig. 4. Exemplo de análise para o mapeamento de mapas inicial, no qual ambos os pontos de posicionamento se encontram mais próximos do *node* "to", indicando que a *edge* representa o sentido correto do mapeamento.

Uma outra situação analisada é quando o primeiro ponto de posicionamento está mais próximo do *node* "to" e o segundo ponto de posicionamento está se afastando do *node* "to", inclusive em outra *edge*, conforme demonstrado na Figura 5. Neste caso, o EMMS realiza a ponderação do mapeamento de mapas inicial, primeiramente selecionando a *edge* com menor distância dentre as *edges* candidatas. Posteriormente, o EMMS compara se os pontos de posicionamento estão se aproximando ou se afastando dos *nodes* da *edge* candidata. Caso a *edge* selecionada não satisfaça nenhuma dessas situações citadas, a *edge* selecionada é descartada e reinicia-se o processo com a próxima *edge* candidata.



Fig. 5. Exemplo de análise para o mapeamento de mapas inicial, no qual o primeiro ponto de posicionamento se encontra mais próximo do node "to" e o segundo ponto se encontra afastando-se da reta traçada entre os nodes da edge candidata.

Como resultado dessa etapa, o EMMS retorna a primeira edge mapeada, que será utilizada para definição dos próximos mapeamentos (etapa 3).

3) *Etapa 3 - Mapeamento de mapa dos pontos de posicionamento subsequentes (Define a próxima edge):* Essa etapa consiste em realizar o mapeamento de mapas de todos os demais pontos de posicionamento levando em consideração a edge selecionada no processo de mapeamento do ponto de posicionamento imediatamente anterior. Nessa etapa, a ponderação se divide em duas fases: primeiro é recuperada a edge candidata com menor distância do ponto de posicionamento e, posteriormente, são analisadas as interligações físicas e lógicas entre as edges. Dessa forma, a validação da interligação física é feita através da comparação entre os ids do node "to" da edge mapeada do ponto de posicionamento anterior e o node "from" da edge candidata selecionada. A interligação lógica é realizada validando se existe o registro de Connection no mapa digital (*net.xml*). Caso não exista, significa que embora exista uma ligação física entre as edges, não é permitida a continuidade do sentido na edge candidata, ou a conversão não é permitida, sendo assim a edge candidata selecionada é descartada e o processo é reiniciado, buscando a próxima edge candidata. Já se a interligação lógica existir (possui o registro), a edge é adicionada na lista encadeada de edges e será utilizada no mapeamento do próximo ponto de posicionamento.

Ao fim do processo de mapeamento de mapas tem-se a sequência das edges, que representam o itinerário da linha de ônibus, conforme descrito no ambiente real e replicado para o ambiente virtual no SUMO.

C. Mapeamento de mapas da localização dos pontos de parada

Esse mapeamento de mapas consiste em mapear a edge correspondente ao ponto de parada de ônibus dentro do mapa digital e sua localização no decorrer da edge. No SUMO essa configuração é realizada através do elemento denominado *stop*, indicado no arquivo de configuração *add.xml*. Nesse arquivo deve-se informar o *id* da edge correspondente e sua localização

dentro da edge selecionada. Na Figura 6 é apresentado o fluxograma realizado pelo EMMS para realização do mapeamento de mapas da localização dos pontos de parada de ônibus.

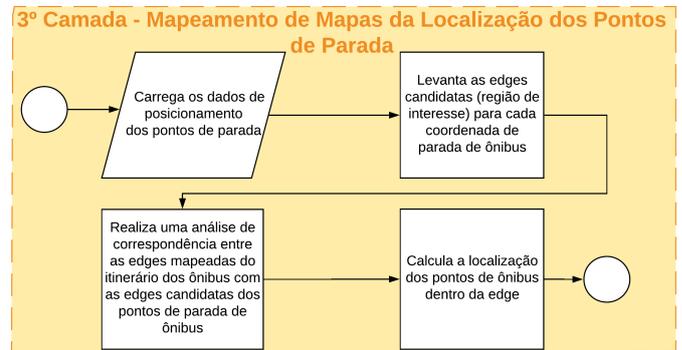


Fig. 6. Fluxograma do mapeamento de mapas da localização dos pontos de parada.

Dessa forma, o EMMS realiza o levantamento das edges candidatas dentro da região de interesse, próximas a cada ponto de parada de ônibus, levando em consideração o mesmo *delta* (raio) indicado na entrada dos dados (Seção IV-A). Após o levantamento das edges candidatas é realizada uma análise de correspondência entre as edges candidatas e as edges mapeadas no processo de mapeamento de mapas do itinerário da linha de ônibus (Seção IV-B). Havendo uma correspondência entre elas, o ponto de ônibus é mapeado. Já a configuração da localização do ponto de ônibus dentro da edge é realizada através do cálculo da distância (Euclidiana) entre o ponto de parada de ônibus com o node "from" da edge correspondente. Dessa forma é possível identificar qual o início do ponto de parada dentro do ambiente virtual.

D. Criação dos arquivos de configuração para execução da simulação no SUMO

A quarta camada é responsável por automatizar a geração dos arquivos de configuração necessários para execução da simulação no SUMO: *rou.xml*, responsável pela configuração dos ônibus na simulação e *add.xml*, responsável pela configuração dos pontos de parada de ônibus de todo o ambiente de simulação, além da configuração da localização específica do ponto de parada dentro do edge. Na Figura 7 é apresentado o fluxograma referente à quarta camada.

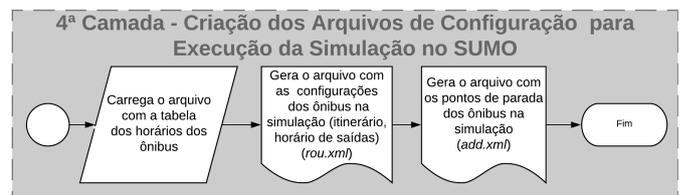


Fig. 7. Fluxograma da criação dos arquivos de configuração para execução da simulação no SUMO.

V. APLICAÇÃO DO EMMS

Para validação do EMMS, foi utilizado o mapeamento de mapas com importação das características reais do transporte

TABELA I

RESULTADO DA COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DOS TRAJETOS DAS LINHAS DE ÔNIBUS NO AMBIENTE REAL VERSUS OS DADOS SIMULADOS.

Linha	Média Tempo	Média Tempo	Compatibilidade
	Trajetos Real	Trajetos SUMO	
617 - JD. LUDOVICA	00:33:59	00:30:54	90.93%
638 - PINHEIRINHO	00:29:13	00:26:26	90.47%
646 - POMPELA/JANAINA	00:37:4	00:36:50	97.61%

público da cidade de Curitiba, Paraná, Brasil. Os dados referentes à mobilidade real dos ônibus foi disponibilizado pela companhia de transporte público da cidade de Curitiba - Urbanização de Curitiba S.A. (URBS) [12], a qual forneceu acesso às informações de posicionamento dos ônibus, localização dos pontos de parada e a tabela com horários das linhas de ônibus.

Para realizar a simulação foram selecionadas linhas de ônibus que passam pelo região do Terminal de ônibus do Bairro Pinheirinho, considerando a faixa horária de operação das 16:31h até 19:30h. Uma comparação entre os tempos reais de trajeto das linhas de ônibus e os tempos obtidos no ambiente de simulação (SUMO) foi realizada para avaliar a qualidade do mapeamento produzido pelo EMMS.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 8 apresenta um mapa comparativo referente ao itinerário de uma determinada linha de ônibus (617 - Jd. Ludovica). Em (a) é apresentado o itinerário real (fornecido pela URBS) e em (b) o itinerário mapeado pelo EMMS. Nota-se que o EMMS construiu o itinerário perfeitamente. Além disso, foram analisados os tempos médios dos trajetos mediante simulação no SUMO. Na Tabela I é apresentado um comparativo entre os tempos do trajeto real e do simulado para três linhas de ônibus. Observa-se que o EMMS apresentou um percentual de correlação de 90.93% para a linha 617, 90.47% para a linha 638 e 97.61% para a linha 646.



Fig. 8. Comparação geral do itinerário da linha de ônibus (617 - JD. LUDOVICA) entre os dados fornecidos pela URBS (a) e o mapeamento para o SUMO realizado pelo EMMS (b).

VII. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Esse artigo apresentou o EMMS, um esquema automatizado de mapeamento de mapas com importação das características reais do transporte público para o SUMO. O EMMS tem como objetivo criar de forma automática os cenários de simulação do transporte público no SUMO e para isso divide-se em quatro camadas arquitetônicas (entrada e tratamento dos dados reais, mapeamento de mapas dos itinerário dos ônibus, mapeamento de mapas da localização dos pontos de paradas de ônibus e geração dos arquivos de configuração para execução das simulações no SUMO). Para validação, o EMMS foi aplicado em linhas de ônibus na cidade de Curitiba (PR), Brasil. Comparações entre dados de simulação e dados reais mostraram que o EMMS foi eficiente no processo de mapeamento de mapas. Simulações no SUMO mostraram um grau de compatibilidade de 90.47% a 97.61% em relação as médias dos tempos totais de trajeto dos veículos no ambiente real e simulado de três linhas de ônibus. Como trabalho futuro pretende-se explorar o EMMS no sentido de obter um conjunto de métricas importantes no que diz respeito ao comportamento dos ônibus em uma região de interesse (por exemplo, densidade veicular, tempo de contato entre veículos, etc.) úteis ao pesquisador que trabalha com questões envolvendo sistemas e protocolos de comunicação.

REFERÊNCIAS

- [1] P. C. Diniz Junior, "Serviços telemáticos em uma rede de transporte público baseados em veículos conectados e dados abertos," *Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná*, 2017.
- [2] N. Kozievitch, T. Gadda, K. Fonseca, M. Rosa, L. Gomes, and M. Akbar, "Exploratory analysis of public transportation data in Curitiba," *43o Seminário Integrado de Software e Hardware, Porto Alegre, páginas 1656-1666*, 07 2016.
- [3] J. Zhang, F. Wang, K. Wang, W. Lin, X. Xu, and C. Chen, "Data-driven intelligent transportation systems: A survey," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 12, no. 4, pp. 1624–1639, Dec 2011.
- [4] J. Alves Junior and E. C. G. Wille, "Increasing connectivity in vanets using public transport backbones," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 10, pp. 3421–3431, Oct 2015.
- [5] —, "Routing in vehicular ad hoc networks: Main characteristics and tendencies," *Journal of Computer Networks and Communications, Hindawi*, 2018.
- [6] *Simulation of Urban MOBility - SUMO*, Apr. 2019. [Online]. Available: <http://sumo.sourceforge.net/>
- [7] F. C. Pereira, H. Costa, and N. M. Pereira, "An off-line map-matching algorithm for incomplete map databases," *European Conference of Transport Research Institutes (ECTRI)*, 2009.
- [8] M. Qudus, W. Ochieng, and R. Noland, "Current map-matching algorithms for transport applications: state-of-the art and future research directions," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 15 (5), pp. 312-328., 2007.
- [9] M. Hashemi and H. A. Karimi, "A critical review of real-time map-matching algorithms: current issues and future directions," *Computers, Environment and Urban Systems* 48: 153-165, 2014.
- [10] J. Maia Neto, J. C. Fonseca-Galindo, C. L. d. Castro, and A. P. Lemos, "Algoritmos de map-matching online para processamento de trajetórias de veículos: um estudo comparativo," *XIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*, 2017.
- [11] *Python*, Oct. 2018. [Online]. Available: <https://www.python.org/>
- [12] *URBS Dados Públicos Da Rede Integrada. O Transporte Coletivo De Curitiba*, Oct. 2018. [Online]. Available: http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/dadosabertos/TransporteColetivo/2015-11-24_Documentação_WEB-SERVICE_-_TRANSPORTE_COLETIVO_DE_CURITIBA.pdf