



Modelagem de Zonas de Ancoragem para disseminação de Conteúdo Flutuante em redes veiculares utilizando métricas de centralidade temporais

Marcelo de Oliveira Souza

Orientador:

Prof. Dr. André L.L. Áquino

Coorientador:

Prof^ª. Dr^ª. Raquel da Silva Cabral

Maceió, Março de 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
Instituto de Computação

**MODELAGEM DE ZONAS DE ANCORAGEM PARA DISSEMINAÇÃO
DE CONTEÚDO FLUTUANTE EM REDES VEICULARES UTILIZANDO
MÉTRICAS DE CENTRALIDADE TEMPORAIS**

Dissertação de Mestrado submetida ao Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Modelagem Computacional do Conhecimento.

Marcelo de Oliveira Souza

Orientador: Prof. Dr. André L L Aquino
Coorientador: Prof^a. Dr^a. Raquel da Silva Cabral

Banca Avaliadora:

Mauricio José da Silva	Prof. Dr., UFOP
Raquel da Silva Cabral	Prof. Dr., UFAL
Rian Gabriel Santos Pinheiro	Prof. Dr., UFAL

Maceió, Alagoas
29 de Janeiro de 2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

S729m Souza, Marcelo de Oliveira.
Modelagem de zonas de ancoragem para disseminação de conteúdo flutuante em redes veiculares utilizando métricas de centralidade temporais / Marcelo de Oliveira Souza. – 2021.
47 f. : il., figs. e tabs. color.

Orientador: André L. L. Aquino.
Coorientadora: Raquel da Silva Cabral.
Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional do Conhecimento) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Maceió, 2021.

Bibliografia: f. 43-47.

1. Redes veiculares. 2. Sistemas de comunicação móvel. 3. Zonas de ancoragem. 4. Conteúdo flutuante. 5. Métricas temporais. I. Título.

CDU: 004.7

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, por todo o apoio.

Marcelo de Oliveira Souza

Agradecimentos

Agradeço por todo o incondicional apoio de meu orientador Prof. Dr. André L.L. Aquino e de minha co-orientadora Prof^a. Dr^a. Raquel da Silva Cabral.

29/01/2021, Maceió - Al

Souza, Marcelo de Oliveira

Resumo

Redes veiculares são grandes redes compostas por veículos com tecnologias que possibilitam a troca de informações. Estas redes possuem grande capacidade para produção e disseminação de conteúdo, porém, as mudanças topológicas constantes dificultam a troca de informações entre os nós e podem invalidar as informações, gerando perdas de informações, atrasos de pacotes, desconexões indevidas, entre outros problemas. Nas redes veiculares há locais onde os conteúdos gerados pelos nós sensores alcançam um público maior, estes locais, aos quais chamamos de Zonas de Ancoragem, são utilizados para troca de informações relevantes com uma maior conectividade. As informações disseminadas em uma Zona Âncora são conhecidas como Conteúdo Flutuante pois possuem validade local, temporal e espacial. Desenvolvemos um estudo utilizando métricas de redes complexas como, Betweenness e Degree em conjunto com medidas de fluxo, e, incorporamos à estas métricas o aspecto temporal da rede para determinar as melhores zonas para troca de informações em uma rede veicular. Em nossas avaliações utilizamos bases de dados reais para avaliar estaticamente o desempenho de nossa abordagem, e simulamos o comportamento de uma rede veicular ao considerar nossa abordagem. Os resultados mostram que métricas de centralidade temporais são eficazes para caracterização de Zonas Âncoras em redes veiculares, pois, a informação extraída com o tempo discretizado é melhor aproximada da realidade, eliminando arestas que deixaram de existir entre os nós da rede, diferente do tempo agregado que guarda informações de arestas não mais existentes.

Palavras-chave: *Vanet*₁; *Zona Âncora*₂; *Métricas Temporais*₃; *Centralidades Temporais*₄; *Conteúdo Flutuante*₅.

Abstract

Vehicle networks are large networks composed of vehicles with technologies that enable the exchange of information. These networks have great capacity for the production and dissemination of content, however, the constant topological changes make it difficult to exchange information between nodes and can invalidate the information, generating information losses, packet delays, improper disconnections, among other problems. In vehicular networks there are places where the content generated by the sensor nodes reaches a larger audience, these places which we call Anchorage Zones are used for exchanging relevant information with greater connectivity. The information disseminated in an anchor zone is known as Floating Content because it has local, temporal and spatial validity. We developed a study using complex network metrics such as, Betweenness and Degree together with flow measures, and, we incorporated the network's temporal aspect to these metrics to determine the best zones for exchanging information on a vehicular network. In our evaluations we use real databases to statically evaluate the performance of our approach, and simulate the behavior of a vehicular network when considering our approach. The results show that the methodology used is effective for characterizing anchor zones in vehicular networks, because the information extracted with the discretized time is better approximated to reality, eliminating edges that no longer exist between the nodes of the network, differently from the aggregate time that stores information for edges that no longer exist.

Keywords: *Vanet₁; Anchor Zone₂; Temporal Metrics₃; Temporal Centrality₄; Floating Content₅.*

Lista de Figuras

2.1	V2I - Veículo para Estrutura	14
2.2	V2V - Veículo para Veículo	14
2.3	Tela do SUMO	17
2.4	Tela OMNET++	18
2.5	Grafo agregado (esq) e temporal (dir)	20
3.1	Modelo de Zona Âncora	22
3.2	Scatterplot - Região 1	25
3.3	Scatterplot - Região 2	25
3.4	Fluxo (agregado) - Região 1	26
3.5	Fluxo (agregado) - Região 2	26
4.1	Betweenness agregado - MC	30
4.2	Betweenness agregado - TD	30
4.3	Degree agregado - MC	31
4.4	Degree agregado - TD	31
4.5	Num. veículos (esq) e maiores Betweenness das 14 às 15 horas (dir) - MC	32
4.6	Zonas Âncoras (Quantidade de veículos) - TD	32
4.7	Betweenness temporal - MC	32
4.8	Degree temporal - MC	33
4.9	Betweenness temporal - TD	33
4.10	Degree temporal - TD	33
4.11	Betweenness agregado e temporal (comparação) - TD	34

Lista de Tabelas

2.1	Alguns Trabalhos existentes na literatura destacando suas características e limitações.	21
4.1	Estrutura dos dados em Mobile Century	27
4.2	Estrutura dos arquivos vehicles_MC e vehicles_TD	27
4.3	Estrutura dos dados em T-Drive	28
4.4	Estrutura do arquivo T_100m	28
4.5	The best betweenness - TD and MC	34
4.6	Número de Nós por Zona Âncora - MC	34
4.7	Número de Nós por Zona Âncora - TD	34
4.8	Resultados da simulação - métrica betweenness - <i>T-Drive</i>	35
4.9	Resultados da simulação - métrica Degree - <i>T-Drive</i>	36
4.10	Quantidade de veículos para cada métrica - <i>Mobile Century</i>	36
4.11	Resultados da simulação - métrica Betweenness - <i>Mobile Century</i>	37
4.12	Resultados da simulação - métrica Degree - <i>Mobile Century</i>	37

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Contextualização	9
1.2	Problema e Hipótese	10
1.3	Proposta	10
1.4	Objetivos	11
1.5	Metodologia	11
1.6	Organização do Trabalho	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS	13
2.1	Fundamentação Teórica	13
2.2	Simuladores	16
2.3	Trabalhos Relacionados	18
3	MODELAGEM DE ZONAS DE ANCORAGEM	22
4	SIMULAÇÕES E RESULTADOS	27
4.1	Tratamento dos Dados	27
4.2	Resultados Estáticos	29
4.3	Resultados Simulados	34
	Conclusão	38
	Bibliografia	39

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

[Lee and Gerla, 2010] definem VaNETs como redes formadas por veículos equipados com dispositivos para armazenamento, processamento e disseminação de informações relacionadas a transportes. É uma tecnologia emergente com futuro promissor, porém ainda, com grandes desafios [Hasrouny et al., 2017], fazem parte do conjunto de redes MaNETs (Mobile Ad Hoc Network) com características próprias, contidas no conjunto de sistemas de transportes inteligentes.

Estas redes apresentam topologias indefinidas e variáveis no tempo fornecendo características não triviais ao conjunto de nós sensores que as formam, a movimentação constante dos veículos provoca desconexões ou conexões fracas ao longo do tempo acarretando perda de conteúdo. [Silva et al., 2017] citam que devido à alta frequência que os veículos se movem, a construção de menores caminhos sofre mudanças constantes com a adição ou remoção de novas arestas entre os nós. Os nós pertencentes a rede podem atuar como disseminadores de conteúdos para outros nós, servindo de ponto de acesso e transmissão de pacotes entre veículos mais afastados (V2V) ou podem trocar informações com pontos acessíveis ao longo da estrada (V2I) que são chamados de Pontos de Disseminação (PD) [Cavalcante et al., 2012], cada veículo é considerado um vértice e uma ligação entre dois veículos é considerado uma aresta.

Quando a disseminação do conteúdo acontece em uma região geograficamente restrita e com informações com validade temporal, espacial e local, chamamos essa região de Zona Âncora (ZA) e as informações disseminadas nesta região, chamamos, de Conteúdos Flutuantes (CF) que, segundo [Rizzo et al., 2018], é um compartilhamento oportunista de informações em uma Zona Âncora. Para [Manzo et al., 2017] e [Massalino and Aquino, 2018], Zona Âncora é a localização geográfica, particularmente adequada, para aplicações cujas informações são de interesse comum para todos os usuários. A identificação das melhores Zonas Âncoras em redes veiculares permite a caracterização dos locais mais adequados para a disseminação de conteúdos. [Hagihara et al., 2017] dizem que o compartilhamento de Informações com Conteúdos Flutuantes tem as seguintes propriedades:

- A área em que a mensagem é disseminada é geograficamente restrita;
- A capacidade de sobrevivência de uma mensagem na Zona Âncora é determinada pela existência de nós móveis;
- A mensagem é gerada localmente;
- A mensagem dentro da zona Âncora pode somente ser compartilhada, não podendo ser apagada.

As aplicações em redes de sensores veiculares são muito amplas, são exemplos, o fornecimento de informações sobre congestionamentos, informações sobre acidentes de trânsito, tempo de viagem, problemas de estradas entre outros [Chahal et al., 2017]. [Silva et al., 2017] citam que, as redes veiculares são utilizadas no monitoramento de sistemas do mundo físico.

Métricas de centralidade definem, numa rede, os vértices mais centrais, aqueles a partir dos quais os outros nós da rede podem atingir qualquer outro com mais facilidade e com maior rapidez, quanto mais central o nó, maior influência ele terá sobre a rede. Segundo [Boccaletti et al., 2006], redes complexas podem ser representadas como grafos.

Métricas de centralidade aplicadas à redes veiculares possibilita-nos apontar com boa precisão os componentes mais importantes de uma rede de sensores veiculares, mostrando quais destes dispositivos influenciam com maior grau de participação no recebimento, controle e disseminação do conteúdo da rede. Podem ser usadas para identificar nós importantes em aplicações como: protocolos de roteamento, planejamento urbano, modelagem epidemiológica, etc. Em redes dinâmicas o valor de centralidade dos nós pode mudar no decorrer do tempo com novas arestas sendo criadas e outras deixando de existir [Kim and Anderson, 2012].

A análise temporal da centralidade dos nós em uma rede é definida como métrica de centralidade temporal, na teoria de rede, métricas de centralidade foram definidas para identificar o comportamento dos nós e arestas, muitas delas fundamentadas no conceito de menores caminhos, trazendo para o cenário de redes temporais, a ideia é interpretar tais medidas utilizando os caminhos mais rápidos em função do tempo [Pereira et al., 2017], que indicam caminhos com duração menor, geralmente, as definições representam um conjunto de arestas temporais e um conjunto de nós durante um intervalo de observação que leva em conta a ordem temporal em que aparecem.

1.2 Problema e Hipótese

O problema central desse trabalho é a como aumentar a capacidade de disseminação de conteúdo em redes veiculares, sem a utilização de uma infraestrutura fixa, ou seja, disseminar dados por intermédio de Zonas de Ancoragens. Com base no exposto anteriormente podemos considerar a seguinte hipótese para o presente trabalho:

- H0: Métricas de centralidade temporais são capazes de modelar, de forma mais assertiva, as Zonas de Ancoragem utilizadas para disseminação de conteúdo flutuante em redes veiculares.

1.3 Proposta

A nossa proposta é um modelo para identificação de Zonas Âncoras utilizando **métricas de centralidade temporais** aplicadas a dados obtidos de bases reais e também a dados de simulação. Zonas âncoras facilitam a disseminação de conteúdo relevante em um ambiente de rede veicular, proporcionando aos seus usuários melhores condições para obtenção ou envio de mensagens de interesse.

As contribuições do nosso trabalho visam:

- Melhorar a comunicação em redes de veículos. Melhoria na comunicação de uma rede veicular permite mais robustez e confiabilidade na troca de informações entre

veículos, equipados com recursos sem fio e de processamento, e que criam uma rede espontânea enquanto se movem pelas estradas. O compartilhamento de informações entre veículos, sem utilizar uma infraestrutura proporcionará uma variedade de aplicações em áreas de segurança, eficiência de tráfego, assistente para direção e sensoriamento urbano etc;

- Possibilitar a redução do número de acidentes. A utilização de dados enviados/coletados a partir de pontos de disseminação situados em zonas âncoras, podem ser usados para coletar, analisar e compartilhar conhecimentos de uma região em aplicações como planejamento de estradas, tráfego e inúmeras outras aplicações urbanas;
- De forma intermediária possibilitar a redução do tempo de viagens. A disseminação de dados em uma escala micro, pode favorecer um melhor controle de tráfego e acarretar na redução mencionada. Evitar o aumento do número de veículos traz como consequência na poluição do ar, consumo de combustíveis e número de acidentes.

1.4 Objetivos

De forma geral, nosso principal objetivo é modelar zonas de ancoragem para disseminação de Conteúdo Flutuante utilizando métricas de centralidade temporais. De forma específica, nossos objetivos são:

- Modelar zonas de ancoragem para disseminação de Conteúdo Flutuante utilizando as métricas de centralidade temporais Degree e Betweenness.
- Apresentar o impacto da modelagem temporal versus a tradicional, em particular, a técnica Grid position utilizada por [Massalino and Aquino, 2018]. Esta técnica serve para quantificar os veículos em cada Zona Âncora .

1.5 Metodologia

A metodologia empregada para o desenvolvimento do trabalho consistiu nas seguintes etapas:

- Levantamento bibliográfico em bases científicas, como, IEEE, ISIS, CAPES, etc e obtenção das bases de dados veiculares a serem exploradas;
- Reprodução do trabalho que propõe a técnica Grid Position;
- Proposição do modelo baseado em métricas temporais para o problema proposto nesse trabalho;
- Avaliação do impacto do modelo proposto considerando um cenário estático. Foi feita uma comparação dos resultados obtidos após aplicação de métricas temporais com os resultados obtidos com aplicação de métricas agregadas com base na técnica Grid Position;
- Avaliação do impacto do modelo proposto considerando um cenário dinâmico (com simulação). Para tal, consideramos a lógica de comparação presente no cenário estático;

1.6 Organização do Trabalho

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma: no capítulo 2 apresentamos fundamentação teórica e trabalhos relacionados trazendo pesquisas relacionadas ao nosso estudo. No capítulo 3 apresentamos o modelo proposto, definições necessárias e medições utilizando o software R. No capítulo 4 trazemos as simulações, os resultados obtidos, as comparações entre as métricas temporais e agregadas com dados reais e de simulação. Por fim, no capítulo 5 trazemos as conclusões do estudo e futuras direções.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS

2.1 Fundamentação Teórica

Tecnologias sem fio incluem dispositivos, como os smartphones, e mídia de transmissão, como micro-ondas, satélite e rádio [Rainer Jr and Cegielski, 2015]. Segundo [Rainer Jr and Cegielski, 2015] os dispositivos sem fio oferecem três vantagens importantes aos usuários:

- Podem ser pequenos o suficiente para transportar ou usar com facilidade;
- Têm poder de computação suficiente para realizar tarefas produtivas;
- Podem se comunicar sem fio com a internet e outros dispositivos.

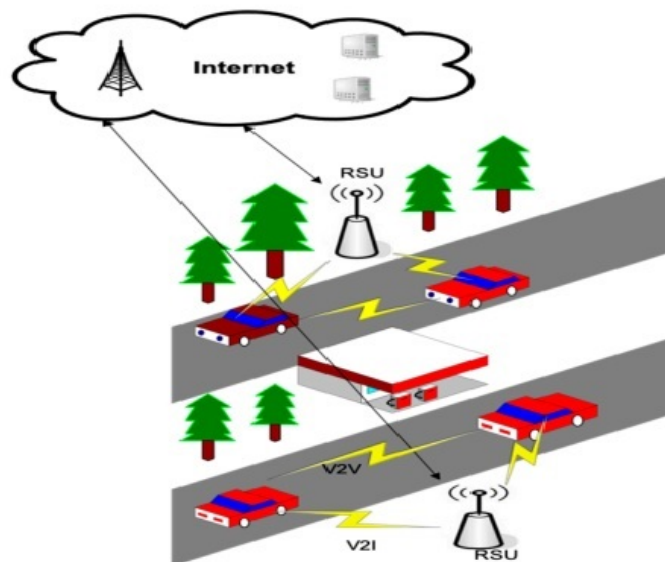
No universo de aplicações que utilizam tecnologias sem fio temos as redes de sensores sem fio (RSSFs), caracterizadas por definirem uma rede com sensores interconectados, alimentados por bateria e com capacidade de processamento distribuído [Rainer Jr and Cegielski, 2015, Coan et al., 2012]. As redes de sensores sem fio são uma das principais aplicações das redes ad hoc e os dois termos são fortemente ligados e, em alguns casos, confundidos com o mesmo conceito [Coan et al., 2012]. Em particular, uma rede Ad hoc ou MANET (Mobile Ad Hoc Network) é um sistema autônomo composto por nós que não dependem de nenhuma infraestrutura para operar, pois, os nós podem se comunicar entre si sem a necessidade de um ponto de acesso, bastando para isso que um nó destino esteja ao alcance de transmissão do nó emissor, ou que algum outro nó possa fazer isso e, desse modo, encaminhar a mensagem [BRANCO et al., 2015].

Para [Coan et al., 2012, Rainer Jr and Cegielski, 2015] uma rede de sensores é composta de pequenos sensores eletrônicos de baixo custo equipados com tecnologias de comunicação, de informação e fontes de energia, nem sempre renováveis, dispostos em áreas de interesse com objetivo de monitorar aspectos físicos do ambiente. Uma rede de sensores pode determinar com mais precisão informações, como a direção para a qual uma pessoa está dirigindo, o peso de um veículo ou a quantidade de chuva em um campo de plantação. Uma vantagem de uma rede de sensores sem fio é que, se um dispositivo falhar, outro pode receber os dados. Esse processo torna as RSSFs muito eficientes e confiáveis [Rainer Jr and Cegielski, 2015]. Uma valiosa aplicação dos sensores é usá-los em redes veiculares (VaNETs), definindo uma rede de sensores veiculares, formando assim uma rede inteligente, pois surgem como um novo meio de monitorar com eficiência o mundo físico que estão inseridos, principalmente de áreas com grande fluxo de carros onde há a concentração de veículos equipados com sensores onboard [Lee and Gerla, 2010].

Especificamente, as redes Veiculares Ad hoc (VaNET) são um tipo de rede móvel especial utilizada em ambientes de veículos para atingir o envio dinâmico de dados como

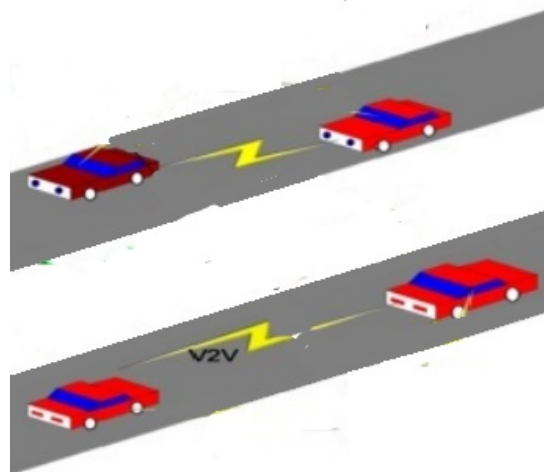
as redes móveis complexas e podem ser rapidamente estabelecida [Feng et al., 2017], são excelentes meios de formar uma rede temporária, não estruturada, que dispensa o uso de equipamentos adicionais além dos nós interessados [BRANCO et al., 2015]. VaNET será o maior passo para a realização de sistemas de transportes, ajudando a combater os problemas existentes em redes veiculares de forma inteligente com recursos instalados nos próprios veículos. Essas redes possuem dois tipos particulares de comunicação: *Vehicle-to-Vehicle* (V2V) e *Vehicle-to-Infrastructure* (V2I). Uma rede V2V é uma rede formada por veículos que se comunicam entre si, sem a necessidade de instalação de pontos de disseminação (PDs). A rede V2I é a rede que é composta por veículos e pontos de disseminação ou *RoadSide Units* (RSUs). Podemos observar nas Figuras 2.1 e 2.2 os dois tipos de comunicação VANETs mencionados.

Figura 2.1: V2I - Veículo para Estrutura



Fonte: [Khan and Lee, 2019]

Figura 2.2: V2V - Veículo para Veículo



Fonte: [Khan and Lee, 2019] (modificado)

Para prover a comunicação em ambientes veiculares, em geral se utiliza o padrão 802.11p. Segundo [Bazzi et al., 2017] o padrão foi lançado em 2010 e faz parte do protocolo de acesso sem fio em ambiente veicular (WAVE) nos EUA e uma versão ligeiramente modificada, denominada ITSG5, está incluída nos sistemas de transporte inteligente cooperativo (C-ITS) na Europa, a taxa de dados bruta varia entre 3 e 27 Mb/s. [Bazzi et al., 2017] falam que a principal vantagem dessa tecnologia é que ela parece pronta para uma implantação em grande escala e ainda permanece como o principal padrão para comunicações V2V (veículo para veículo). Entre as principais preocupações sobre IEEE 802.11p destacam-se:

- o nível possivelmente alto de erros em condições de tráfego pesado;
- a falta de planos claros para melhorias futuras de o padrão, e;
- a necessidade de implantação de novos dispositivos como unidades do lado da estrada (RSUs).

Em relação à tecnologia, uma de suas características distintivas é o uso de (CSMA/CA) no controle de acesso ao meio. De forma geral, os nós podem disseminar as informações em modo Broadcast, Unicast ou ainda disseminar por região em modo Geocast.

Broadcast Conhecidos como protocolos flooding [Pantoni, 2011], é caracterizado por permitir o envio da informação por qualquer integrante da rede e esta informação poder ser recebida por todos que estão dentro do alcance do rádio ao mesmo tempo [BRANCO et al., 2015]. O problema com esse tipo de transmissão é que reduz a vazão útil da rede de sensores e aumenta as redundâncias de dados, contenções e colisões de pacotes [DE SOUZA, 2012].

Geocast É a distribuição de conteúdo para um conjunto de nós especificados em uma região geográfica determinada previamente [DE SOUZA, 2012], o nó se torna membro de um grupo automaticamente se ele entra na região de disseminação que utiliza o modo geocast, é caracterizada pela formação de clusters por regiões [Lee and Gerla, 2010], a disseminação de informação é feita como no modo broadcast e um dos nós pertencentes ao grupo se encarrega de propagar para os clusters vizinhos. A região geográfica onde ficam os dispositivos é chamada de região de destino [Pantoni, 2011].

Unicast É uma transmissão ponto a ponto onde a informação é direcionada para um único nó previamente definido, os dados são enviados de um emissor para apenas um receptor [Pantoni, 2011, BRANCO et al., 2015].

Tais soluções de roteamento são utilizadas para a disseminação de dados. Em VaNETs, a condição da rede deve ser levada em consideração antes de encaminhar os dados à medida que os nós se juntam e saem da rede com frequência, a topologia é imprevisível e, às vezes, o caminho dedicado não está disponível, como consequência a limitação do desempenho da rede é imposta [Khan and Lee, 2019]. [Chaqfeh et al., 2014] destacam que VaNETs têm problemas e desafios que devem ser superados. Descreveremos alguns dos problemas encontrados nas redes veiculares que impactam diretamente na disseminação de dados:

Escalabilidade Segundo [Pereira et al., 2003] a escalabilidade para redes de sensores veiculares é um fator crítico, em redes de larga escala, é comum que a localização de interações através de hierarquia e agregação sejam críticas para assegurar a escalabilidade. Para [Tavares, 2002] isto tem a ver com a densidade com que os sensores estão espalhados na região que os nós estão circulando.

Segurança Para que uma rede de sensores veiculares forneça dados com segurança é necessário cumprir alguns requisitos [Pereira et al., 2003]. A seguir descrevemos os requisitos gerais que são considerados em redes de sensores que são empregados diretamente às redes veiculares:

- **Confidencialidade dos dados:** a aplicação não deve deixar que informações sejam transmitidas para redes vizinhas. Para manter os dados secretos é necessário criptografar os dados.
- **Integridade de dados:** A integridade de dados assegura ao receptor que o dado recebido não foi alterado durante seu trânsito.
- **Dados recentes:** Assegurar que não houve interferência de mensagens antigas. Isto pode ser garantido através da ordenação parcial das mensagens.

QoS [Pereira et al., 2003] mencionam que a qualidade de serviço deve ser expressa em termos de precisão e/ou latência de se observar eventos e o estado global do mundo físico provendo a interface entre o mundo físico e a rede.

Cooperação entre nós A operação em redes de sensores veiculares é baseada no comportamento cooperativo entre os nós pertencentes à rede [Drumm et al., 2012]. Tal comportamento requer um alto grau de cooperação entre os elementos de rede para executar um objetivo comum, a cooperação permite a execução de tarefas maiores.

2.2 Simuladores

Os simuladores são utilizados em substituição às aplicações desenvolvidas em cenários reais. Usando simuladores, é possível criar cenários com diversos padrões de mobilidade e variar a densidade do tráfego, por exemplo. Porém, as simulações não dão uma ideia completa do funcionamento real [Santa et al., 2008]. Para o desenvolvimento das simulações utilizamos os softwares: SUMO, OMNET++ e a estrutura Veins. Estes ambientes disponibilizam uma vasta quantidade de ferramentas que podem ser utilizadas na configuração das simulações objetivando um ambiente próximo da realidade. Na sequência vamos discutir sobre cada ambiente.

SUMO é a abreviação de (Simulation of Urban MObility), ou seja, simulador de mobilidade urbana. É um pacote de simulação de tráfego de código aberto, altamente portátil, microscópico e contínuo projetado para lidar com grandes redes. Ele permite a simulação intermodal incluindo, veículos de passeio, caminhões, ciclistas, transpostes urbanos e pedestres e vem com um grande conjunto de ferramentas para a criação de cenários. É principalmente desenvolvido por funcionários do Instituto de Sistemas de Transporte do Centro Aeroespacial Alemão [Lopez et al., 2018].

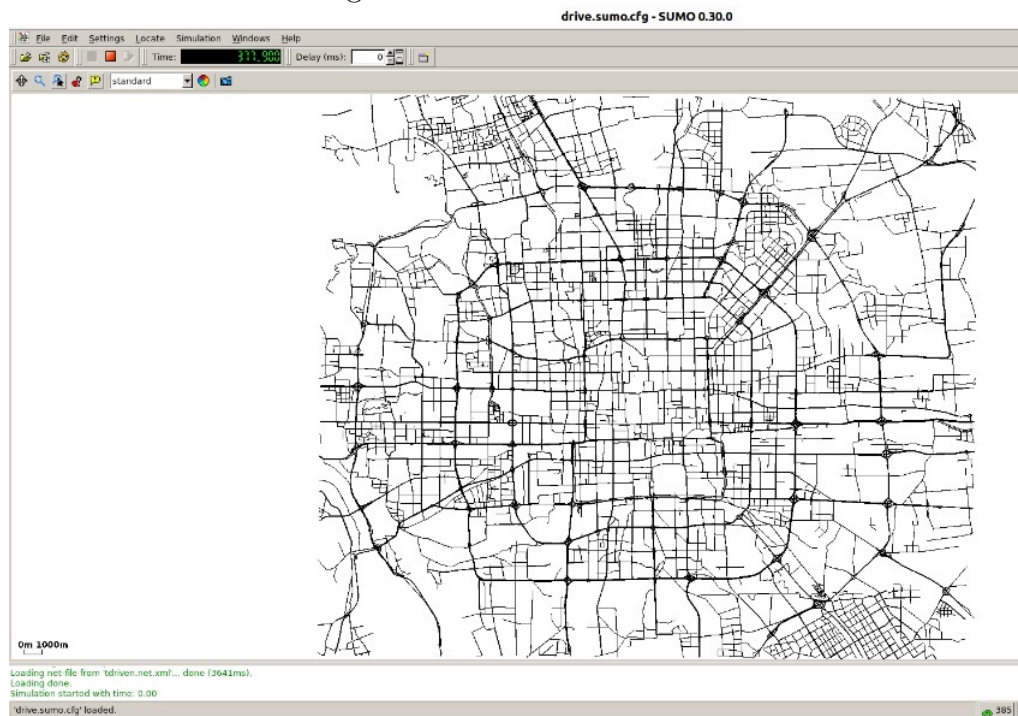
SUMO evoluiu para um conjunto completo de utilitários de modelagem de tráfego, incluindo uma rede rodoviária capaz de ler diferentes formatos de fonte, geração de demanda e utilitários de roteamento de vários insumos fontes (matrizes de destino de origem, contagens de tráfego, etc.), uma simulação de alto desempenho utilizável para junções simples,

bem como cidades inteiras, incluindo uma interface de “controle remoto” (TraCI) para adaptar a simulação online [Behrisch et al., 2011].

SUMO permite a obtenção partes de mapas utilizando o OpenStreetMap, uma ferramenta disponível na web de mapeamento colaborativo que permite a visualização de mapas e locais ao redor do mundo, para obtenção de partes de mapas de locais desejados e a criação de redes realísticas com a utilização da ferramenta NETCONVERT, disponível no pacote do software, para aplicação em simulações de tráfego urbano. NETCONVERT cria um arquivo no formato XML que pode ser utilizado em outras aplicações de simulação.

Outra ferramenta disponibilizada por SUMO é o randomTrips que permite a criação de rotas sintéticas e aleatórias em uma rede gerando também um arquivo XML. Na geração destes arquivos é possível determinar quantidade de veículos, tempo de simulação, período de simulação, entre outras configurações, para tornar a simulação mais próxima das necessidades do usuário. SUMO dispõe ainda da interface gráfica SUMO-GUI para acompanhamento da simulação. Exemplo de utilização do SUMO, com a simulação utilização do SUMO-GUI, pode ser visto na Figura 2.3.

Figura 2.3: Tela do SUMO



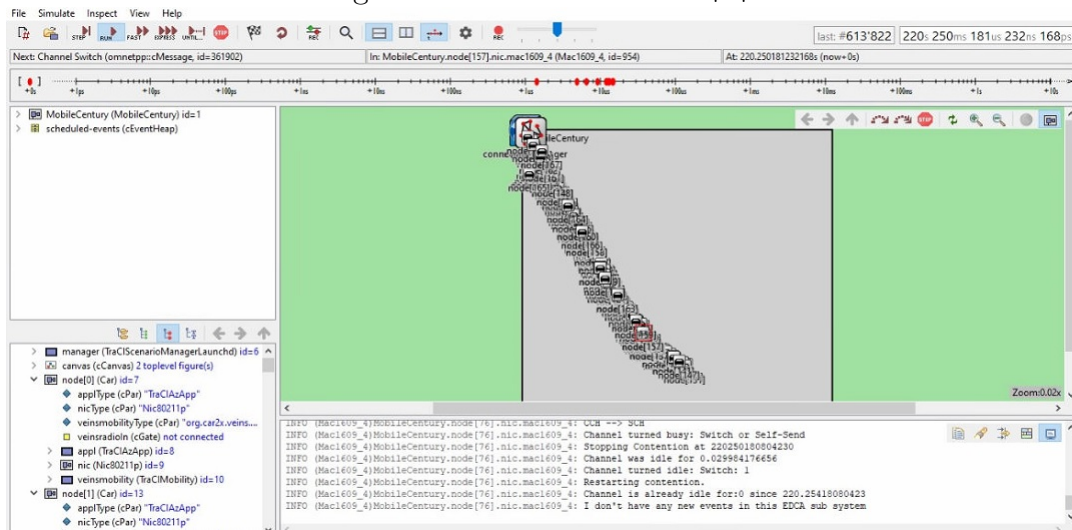
Fonte: Própria

Veins é uma estrutura de código aberto utilizada para executar simulações de rede veicular. Tem como base os simuladores OMNeT++ e SUMO. Veins contém um grande conjunto de modelos para proporcionar uma grande variedade de simulações que podem ser aplicadas em redes veiculares. As estruturas que compõem os modelos foram desenvolvidas para tornar as simulações mais próximas possíveis da realidade [Sommer et al., 2011]. Na estrutura fornecida por Veins é possível configurar, por exemplo, tipos de mensagens, alcance do rádio, tipos de protocolos, tipos de comunicação, tipos de rede, etc.

Por fim, o simulador que utilizamos foi o OMNeT++ (www.omnetpp.org) que é uma biblioteca e estrutura de simulação C++ extensível, modular e baseada em componentes

que também inclui um desenvolvimento integrado e um ambiente de tempo de execução gráfico, foi criado com o objetivo de servir para simulação de redes de comunicação e outros sistemas distribuídos, mas, ao invés de construir um simulador especializado, ele foi projetado para ser o mais geral possível, possibilitando a simulação de diversos tipos de redes, como, Wireless, redes Ad-Hoc, ponto-a-ponto, switch óptico e simulações da área de armazenamento [Wehrle et al., 2010]. A definição dos módulos é feita através de um arquivo de definição com a extensão NED, e parâmetros que influenciam no funcionamento da simulação podem ser configurados através de arquivos de configuração com extensão INI [Coan et al., 2012]. O ambiente de desenvolvimento do OMNET++ é baseado na plataforma Eclipse e o estende com novos editores, visualizações, assistentes e funcionalidade adicional. Exemplo de utilização do OMNeT++, com a simulação utilização do SUMO-GUI, pode ser visto na Figura 2.4.

Figura 2.4: Tela OMNET++



Fonte: Própria

2.3 Trabalhos Relacionados

O aumento da dependência do transporte por grande parte da população leva a um aumento no número de veículos circulando nas ruas e estradas e um dos efeitos provocados é o aumento no número de congestionamentos, segundo [Yuan et al., 2011] há uma estimativa de que em média 40% da população gasta mais de um hora por dia para se deslocarem devido ao transporte ineficiente. [Yuan et al., 2011] dizem que também resulta em um aumento da poluição do ar, consumo de combustíveis e números de acidentes. Diante do problema exposto surgem as redes veiculares (VaNET) como um novo meio de monitorar com eficiência o mundo físico em que estão inseridos, especialmente em áreas com grande fluxo de carros onde há uma concentração de veículos equipados com sensores de bordo [Lee and Gerla, 2010], que podem ser utilizados para coletar, analisar e compartilhar conhecimento em uma área de interesse [Cunha et al., 2016]. Esse compartilhamento de informações entre veículos e infraestrutura (V2I) ou entre os próprios veículos (V2V) proporcionará uma variedade de aplicações nas áreas de segurança, eficiência de tráfego, assistente de direção e sensoriamento urbano. Em redes veiculares, os veículos possuem redes sem fio e capacidade de processamento capaz de criar uma rede espontânea enquanto

se movem ao longo das estradas e utilizam as novas tecnologias de informação e comunicação [Lee and Gerla, 2010], VaNETs são redes dinâmicas que podem ser rapidamente estabelecidas [Feng et al., 2017], os nós aparecem e desaparecem ao longo do tempo. Assim se faz necessário o estabelecimento de um modelo de rede temporal para estudos de métricas temporais [Feng et al., 2017].

[Massalino and Aquino, 2018] falam que uma das atividades das redes VaNETs é de distribuir Conteúdo Flutuante, que são informações com relevância e validade local, temporal e espacial. Estes conteúdos são produzidos e consumidos por nós móveis em uma região chamada Zona Âncora [Massalino and Aquino, 2018]. Os veículos produzem e consomem grande quantidade de conteúdo com propriedades localmente relevantes e simplesmente buscam conteúdo independentemente de seus provedores, são colaborativos e usam seus recursos para criar serviços de valor agregado com o mínimo de ajuda de infraestrutura de internet. [Massalino and Aquino, 2018] desenvolveram um estudo utilizando métricas de centralidade para apontar com precisão em uma rede veicular as melhores regiões para disseminação e troca de Conteúdo Flutuante.

Segundo [Alves et al., 2009] VaNETs precisam vencer uma série de barreiras para que sejam aceitas em larga escala, dentre estas, a principal é manter a conectividade da rede com a alta taxa de mobilidade dos nós, que acaba provocando o dinamismo dos cenários e a escalabilidade em termos do número de nós, mas o incentivo vem com a promessa de segurança no trânsito com o objetivo de reduzir o número e a gravidade de acidentes a partir da troca de informações relevantes, com relação ao tempo e ao espaço, entre os veículos. [Lee and Gerla, 2010] avaliam diversos protocolos de roteamento utilizando cada uma das formas de transmissão como MDDV, DSRC, etc., e abordagens híbridas (AODV).

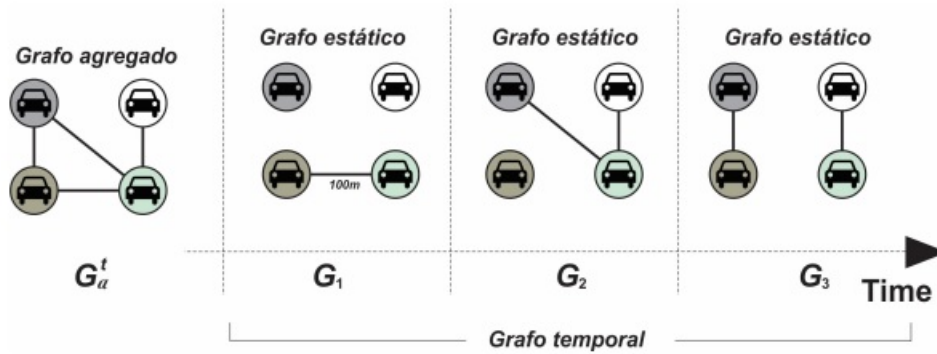
Para [Lee and Gerla, 2010] VANETs têm diversas aplicações em redes de sensores como estimação do fluxo de veículos em estradas, serviços de advertência para segurança veicular, monitoramento da qualidade da caminhada, etc, e finaliza dizendo que a rede de sensores veiculares é influenciada por vários fatores que incluem métodos de acesso sem fio, mobilidade de veículos, localização de usuários estacionários e popularidade da informação.

[Aquino et al., 2015] e [Silva et al., 2019] aplicaram séries temporais caracterizadas por quantificadores baseados na teoria da informação para analisar velocidades de veículos e inferir seu comportamento na rede. Para desenvolver o estudo, foram utilizados três conjuntos de dados reais, aplicando-se a metodologia de Bandt-Pompe para atribuir uma função de distribuição de probabilidade às séries temporais que descrevem a velocidade do veículo.

[Kim and Anderson, 2012] definem um método chamado Traveling Merchant Graph (TMG), definido por seis parâmetros para trabalhar com grafos ordenados pelo tempo utilizando grafos temporais e realiza um estudo de mobilidade do mundo real com dados obtidos via bluetooht de aparelhos utilizados por estudantes do laboratório de computação da Universidade de Cambrigde e também de estudantes e auxiliares do MIT.

[Silva et al., 2017] utilizaram métricas de centralidade, temporais e agregadas, para avaliar o comportamento de redes veiculares em 6 cenários diferentes identificando mudanças temporais na quantidade de arestas e na topologia da rede veicular. Para [Silva et al., 2017] as arestas temporais detalham os menores caminhos estabelecidos entre os nós pertencentes a rede. Na Figura 2.5 podemos observar os instantes temporais, com três intervalos, representados, à direita, pelos grafos temporais $G_1, G_2,$ e G_3 e o tempo total representado, à esquerda, pelo grafo agregado G_a^t .

Figura 2.5: Grafo agregado (esq) e temporal (dir)



Fonte: [Silva et al., 2017]

[Ott et al., 2011] analisaram uma rede totalmente distribuída variante de um serviço transitório de compartilhamento de conteúdos dependentes de dispositivos móveis localizados próximos usando conceitos de redes oportunistas e explorou parâmetros espaciais de sistemas de Conteúdos Flutuantes para identificar sob quais condições tal sistema pode ser aplicável, assumindo que os usuários usam telefones ou componentes similares com algum tipo de comunicação sem fio, como exemplo Bluetooth ou WLAN para redes ad hoc, para comunicarem com outros usuários dentro da Zona Âncora sem nenhuma estrutura fixa com tempo de contato variando entre 15 segundos ou menos. [Ott et al., 2011] aplicaram políticas de delegação e replicação de conteúdos para nós integrantes da rede dentro de uma Zona Âncora.

[Massalino and Aquino, 2018] utilizaram uma técnica chamada Grid position junto com métricas de centralidade para determinar as melhores zonas âncoras e os nós com melhores valores de centralidade em duas bases com densidades diferentes, localizando em ambas as bases as melhores zonas para troca de Conteúdo Flutuante e também utilizou dois cenários: estático e simulado para disseminação de Conteúdo, [Massalino and Aquino, 2018] consideraram quatro estratégias para o desenvolvimento do estudo:

- fluxo de veículos;
- maior valor de grau;
- maior valor de Betweenness e;
- uma estratégia híbrida que combina o maior valor de Betweenness e o maior fluxo de veículos.

[Hyttiä et al., 2011] desenvolveram modelos para análise da aplicabilidade do conceito de Conteúdo Flutuante utilizando técnicas de modelagem adotadas da física com o objetivo de estabelecer condições críticas para sistemas e determinar quando a informação permanece acessível dentro de uma Zona Âncora infinitamente grande. [Hyttiä et al., 2011] utilizou três cenários de mobilidade e estimou o tempo de vida do Conteúdo Flutuante para sistemas estocásticos correspondentes.

[Qiao et al., 2017] utilizaram uma rede veicular representada como um grafo temporal $G = (V, E)$, onde V representa todos os veículos e E representa os links entre eles,

considera-se que a distância euclidiana é menor do que o raio da comunicação sem fio estabelecida entre os veículos e uma aresta unidirecional $e \in E$ como uma quadrupla (u, v, t, λ) , onde $u, v \in V$, t é o tempo de contato entre u e v , λ é a instante inicial do tempo de link para ir de u até v iniciando no tempo t , e $t + \lambda$ é o tempo total de link.

[Tang et al., 2010] utilizaram métricas temporais e de centralidade em um cenário estático e também temporal para encontrar os melhores nós em uma Rede Social Online (OSN) analisando um banco de dados contendo emails trocados por funcionários de uma empresa de energia tomando como base os menores caminhos com o objetivo de capturar o comportamento dinâmico da rede. [Amin et al., 2008] usaram dados gerados por GPS de telefones celulares no trecho da rodovia I-880 entre Hayward e Fremont, Califórnia, para demonstrar a viabilidade de um protótipo de serviço baseado em localização: estimativa de tráfego em tempo real usando dados de GPS de telefones celulares. [Bujari and Palazzi, 2016] contribuiu com um protocolo para garantir a acessibilidade dos dados em uma área de interesse a fim de divulgar dados flutuantes naquela área. [Manzo et al., 2018] usaram uma abordagem de aprendizado de máquina (ML) para adaptar os parâmetros de Conteúdo Flutuante em tempo real, de uma forma que atinge o desempenho desejado ao mesmo tempo em que minimiza o custo geral, modelado por meio de uma determinada função de custo, durante todo o período de simulação, visando atingir a disponibilidade de mensagem desejada distribuindo o conteúdo de forma eficiente em uma rodovia.

Encontramos na literatura apenas o trabalho de [Massalino and Aquino, 2018] com a proposta de determinar com base nos conceitos de redes complexas as regiões com maior viabilidade para o uso de Conteúdo Flutuante. Nossa proposta tem como base a metodologia utilizada por [Massalino and Aquino, 2018], mas, com o incremento de métricas temporais para um melhor detalhamento dos menores caminhos. Podemos ver na Tabela 2.1 um resumo das métricas de centralidade, temporal ou agregada, utilizadas por alguns pesquisadores e aplicadas aos dados extraídos de ambientes simulados ou reais.

Tabela 2.1: Alguns Trabalhos existentes na literatura destacando suas características e limitações.

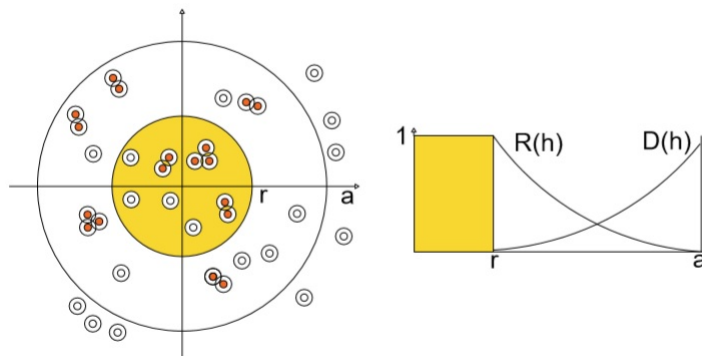
Artigos de Referência	Cenário	Grafo	Medidas						
			D	TD	C	TC	B	TB	
Qiao et al. [Qiao et al., 2017]	R	T				×			
Massalino et al. [Massalino and Aquino, 2018]	RS	A	×					×	
Feng et al. [Feng et al., 2017]	S	T		×		×			
Silva et al. [Silva et al., 2017]	R	AT	×	×	×	×	×	×	
Celes et al. [Celes et al., 2020]	R	AT	×		×				
Moura et al. [Moura et al., 2018]	R	A						×	
Trabalho Presente	RS	AT	×	×				×	×

MODELAGEM DE ZONAS DE ANCORAGEM

Vanets podem ser modeladas através de um grafo, e, que os veículos são os vértices e a comunicação estabelecida entre veículos são as arestas, nestas redes há uma região, definida por [Massalino and Aquino, 2018], [Ott et al., 2011] e [Hyytiä et al., 2011] como Zona Âncora, onde os nós, veículos ou pessoas, podem trocar informações referentes a acontecimentos próximos ou na própria região. Esta zona é limitada pela potência de transmissão do rádio, frequentemente utilizado um raio com variação de 100m conforme padrão 802.11p IEEE. Zonas Âncoras necessitam que os nós tenham a capacidade de determinar suas posições [Hyytiä et al., 2011] pelo uso de GPS, WLAN, estações base de celulares, etc. Se qualquer nó deixar a Zona Âncora a informação é deletada. Os nós móveis recebem informações de nós vizinhos e repassam essas informações para os nós próximos que estiverem dentro da zona. A Figura 3.1 exemplifica a probabilidade de replicação e deleção do conteúdo em uma uma região, onde os veículos vermelhos estão carregando Conteúdos Flutuantes e os veículos brancos estão vazios. A região amarela é a Zona Âncora, ou seja, onde o Conteúdo Flutuante tem relevância. A área branca (delimitada por r e a) representa a zona de proteção onde o conteúdo não desaparece quando os veículos saem da Zona Âncora por um breve momento e depois retorna. Quando um nó que estiver dentro da Zona Âncora encontrar outro nó dentro da mesma zona, ele replicará o conteúdo. Quando o veículo finalmente sai da região delimitada por a , ele exclui o conteúdo.

A probabilidade de replicação do conteúdo é igual a 1 se o nó esta dentro da região r , varia de 0 à 1 se está dentro da região a e é zero se estiver fora da zona, como pode ser

Figura 3.1: Modelo de Zona Âncora



Fonte: Própria

observado a seguir:

$$P_r(h) = \begin{cases} 1, & \text{se } h \leq r \\ D(h), & \text{se } r < h \leq a \\ 0, & \text{outros} \end{cases} \quad (3.1)$$

onde h corresponde a distância do nó ao centro da Zona Âncora. A probabilidade de remoção do conteúdo segue a ordem inversa, sendo igual a 0 quando está dentro da região r , variando de 0 até 1 quando está na região a e assume o valor 1 quando está fora da Zona Âncora, conforme a seguir:

$$P_d(h) = \begin{cases} 0, & \text{se } h \leq r \\ D(h), & \text{se } r < h \leq a \\ 1, & \text{outros} \end{cases} \quad (3.2)$$

Para podermos identificar as zonas de ancoragem é necessário modelar a rede veicular como um grafo. De forma geral, conforme [Silva et al., 2017] um grafo $G = (V, E)$ é definido pelo par de conjuntos V e E , em que $V = (v_1, v_2, \dots, v_m)$ é o conjunto de vértices e $E = (e_1, e_2, \dots, e_L)$ é o conjunto de arestas. Existe uma aresta $(v_i, v_j) \in E$ se existe um link entre os vértices v_i e v_j .

VANETs podem ser representadas como conjuntos de grafos $G = (G_0, G_1, \dots, G_t, \dots)$, e $G_t = (V_t, E_t)$ é a interação entre os pares de nós no tempo t $[0, T]$. Onde V_t e E_t representam os nós e as arestas temporais t [Qiao et al., 2017].

Para o nosso modelo G representa o grafo agregado e G_t os gráficos temporais para cada intervalo de tempo t . No modelo considerado, G representa um multigrafo, pois, os nós podem comunicarem-se em instantes diferentes.

Para extrair as informações necessárias para nossa identificação das zonas de ancoragem é necessário extrair diferentes métricas de centralidade dos grafos que representam às VANETs estudadas. De forma geral, as métricas de centralidade de grau ($\text{Deg}(u)$), centralidade de aproximação ($\text{Clo}(u)$) e centralidade de intermediação ($\text{Bet}(u)$) são utilizadas para avaliação de uma rede veicular. [Kim and Anderson, 2012] e [Silva et al., 2017] definem estas métricas como:

Centralidade de Grau ou Degree Centralidade de grau $\text{Deg}(u)$, calcula o número de ligações incidentes sobre um nó. A centralidade de grau mede quantas conexões cada vértice tem. [Borgatti, 2005] dizem que a centralidade de grau pode ser definida como o número de contatos incidentes sobre um nó.

$$\text{Deg}(u) = \frac{K(u)}{|V| - 1} \quad (3.3)$$

onde $K(u)$ é o grau do vértice u , isto é, o número de vértices adjacentes à u .

Centralidade de Aproximação ou Closeness Centralidade de aproximação $\text{Clo}(u)$, é o comprimento médio do caminho mais curto entre u e todos os outros nós no grafo. Mede a distância geodésica de um nó para todos os outros nós.

$$\text{Clo}(u) = \frac{1}{|V| - 1} \sum \text{dist}(u, v) \quad (3.4)$$

onde $\text{dist}(u, v)$ é o número de saltos através dos menores caminhos do nó u para o nó v e V em G .

Centralidade de Intermediação ou Betweenness Centralidade de intermediação $Bet(u)$, avalia o número de vezes que um nó age como ponto de conexão ao longo do caminho mais curto entre dois outros nós, atua como ponto de conexão entre grupos de nós pertencente a rede e é útil para identificar gargalos no tráfego de informações da rede.

$$Bet(u) = \sum_{u \neq v \neq w} \frac{\sigma_{v,w}(u)}{\sigma_{v,w}} \quad (3.5)$$

Onde $\sigma_{v,w}(u)$ é o número total de menores caminhos iniciando no nó v e com destino ao nó w , e $\sigma_{v,w}$ é o número total de menores caminhos iniciando no nó v com destino ao nó w passando pelo nó u .

As métricas apresentadas anteriormente possuem características globais ou agregadas, ou seja, consideram toda a informação gerada durante o intervalo de tempo de vida da rede veicular, por vezes não adequada para a modelagem do problema proposto. Com isso, aplicamos métricas de centralidade temporais, ou seja, representadas por grafos temporais e conseqüentemente representando apenas os instantes de mudança da rede veicular. Tal abordagem, permite uma melhor representação do comportamento da rede e conseqüentemente a sugestão de zonas de ancoragem mais adequadas para a disseminação de dados. A seguir a definição das métricas que utilizamos:

Grau Temporal Grau temporal $D_{[t_x, t_y]}$ calcula o número de arestas que incidem no vértice v durante o intervalo de tempo $[t_x, t_y]$ de v_{t-1} .

$$D_{[t_x, t_y]}(v) = 2 \sum_{i=t_x}^{t_y} D_i(v) \quad (3.6)$$

. Em que $D_i(v)$ é o grau de v no grafo estático G considerado no instante i . Normalizamos o valor do grau temporal por $2 \cdot (|V| - 1) \cdot m$, em que $m = t_y - t_x$.

Closeness Temporal Closeness temporal ou centralidade de aproximação temporal $C_{[t_x, t_y]}(v)$ de um nó v no intervalo de tempo $[t_x, t_y]$ é a soma inversa das distâncias temporais dos caminhos mínimos entre v e todos os vértices do grafo para cada intervalo de tempo considerado.

$$C_{[t_x, t_y]}(v) = \sum_{t_x \leq i < t_y} \sum_{u \in V/v} \frac{1}{\Delta_{i, t_y}(v, u)} \quad (3.7)$$

Em que $\Delta_{i, t_y}(v, u)$ é o caminho mínimo entre u e v no intervalo de tempo $[i, t_y]$, e normalizado pela constante $(|V| - 1) \cdot m$, em que $m = t_y - t_x$.

Betweenness Temporal Betweenness temporal $B_{t_x, T_y}(v)$ de v em um intervalo de tempo $[t_x, t_y]$ é a soma da proporção de todos os caminhos mínimos temporais entre s e $d \in V$ que passam por v , pelo número total de caminhos temporais mais curtos entre o par de vértices (s, d) para cada intervalo de tempo em $[i, t_y]$. São considerados vários intervalos de tempo.

$$B_{[t_x, t_y]}(v) = \sum_{t_x \leq i < t_y} \sum_{s \neq v \neq d \in V_{\sigma_{i, t_y}(s, d)} > 0} \frac{\sigma_{t, j}(s, d, v)}{\sigma_{i, t_y}(s, d)} \quad (3.8)$$

As Figuras 3.2 e 3.3 mostram scatterplots de duas regiões consideradas nesse trabalho e detalhadas no próximo capítulo. Apresentamos aqui apenas para mostrar duas redes veiculares distintas com o conjunto agregado de todos os nós integrantes às redes, cada ponto mostrado equivale a um registro de veículo.

Figura 3.2: Scatterplot - Região 1

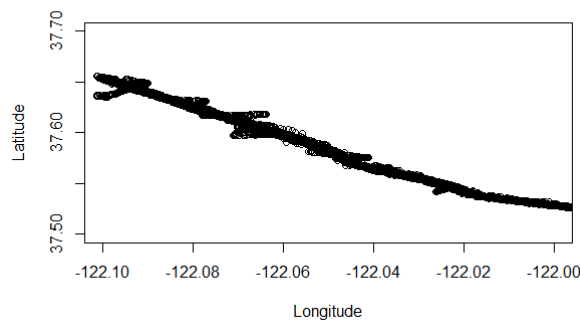
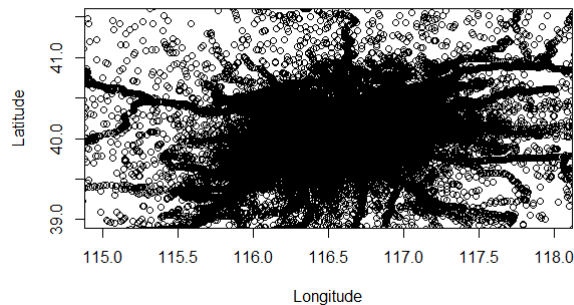


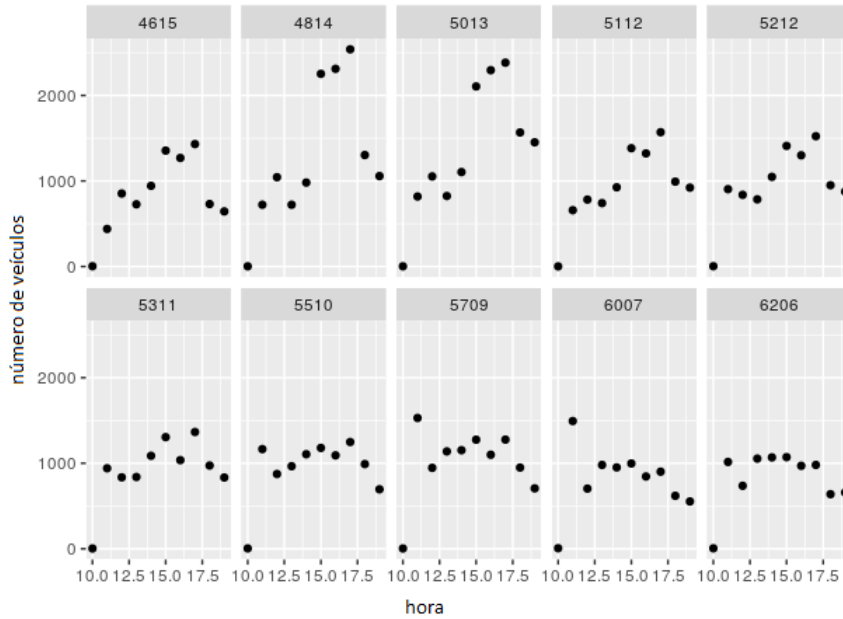
Figura 3.3: Scatterplot - Região 2



Para as regiões apresentadas acima, destacamos as dez zonas candidatas para cada conjunto de dados considerando apenas a quantidade de veículos e um grafo agregado (Figuras 3.4 e 3.5). Estas Figuras mostram as regiões que registraram os maiores fluxos de veículos durante o período de realização dos experimentos para cada uma das regiões estudadas.

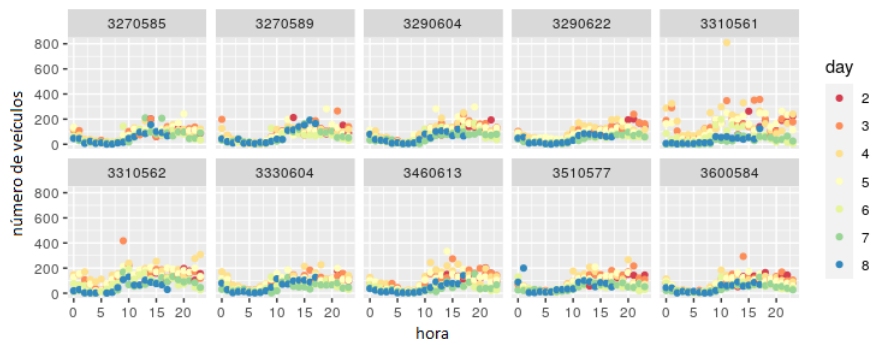
Nos gráficos mostrados nas Figuras 3.4 e 3.5 apresentamos dez zonas selecionadas para cada base de dados estudada. Obtivemos estes resultados utilizando a técnica Grid Position [Massalino and Aquino, 2018], esta técnica possibilita a quantificação do número de veículos presente em cada zona para cada instante do experimento. Os gráficos apresentam, no eixo horizontal, as horas em que foram realizados cada experimento, e, no eixo vertical, a quantidade de veículos. Como a coleta dos dados da Região 2 (T-Drive (TD)) aconteceu em mais de um dia (sete), então, para o gráfico mostrado na figura 3.4 temos, também, a representação dos dias indicados por cores.

Figura 3.4: Fluxo (agregado) - Região 1



Podemos observar que para a Região 1 (Mobile Century (MC)) a maior quantidade de veículos ocorreu próximo das 17 horas (zonas 4814 e 5013) com a quantidade aproximada de 2500 veículos, para a Região 2 observamos que a maior quantidade de veículos ocorreu no dia quatro no horário próximo das onze horas (zona 3310561) com a quantidade aproximada de 800 veículos.

Figura 3.5: Fluxo (agregado) - Região 2



SIMULAÇÕES E RESULTADOS

4.1 Tratamento dos Dados

Para avaliar nossa solução utilizamos as seguintes bases de dados:

Mobile Century [Amin et al., 2008] Os dados foram coletados em 8 de fevereiro de 2008, como parte de um projeto conjunto UC Berkeley - Nokia, financiado pelo Departamento de Transporte da Califórnia. O experimento Mobile Century aconteceu no intervalo de 09:30h à 18:30h. Sua estrutura pode ser identificada na Tabela 4.1.

Coluna	Descrição.
unixtime	tempo em unix
latitude	coord. de latitude
longitude	coord. de longitude
postmile	inicial do Registro
velocidade	Vel. do veículo

Tabela 4.1: Estrutura dos dados em Mobile Century

Com o total de dados coletados dos veículos do dataset Mobile Century geramos um conjunto de 387.116 arquivos que foram reunidos em um documento de texto nomeado de `vehicles_MC.txt`. Os arquivos foram estruturados conforme a Tabela 4.2.

Coluna	Descrição.
tempo	tempo em segundos
lat	latitude
lon	longitude
Id	Nº veículo
zona	zona identificada
hora	tempo em horas

Tabela 4.2: Estrutura dos arquivos `vehicles_MC` e `vehicles_TD`

T-Drive [Yuan et al., 2010] Este conjunto de dados contém as trajetórias GPS de 10.357 táxis durante o período de 2 a 8 de fevereiro de 2008 dentro de Pequim. Para o nosso estudo utilizamos os dados obtidos nos dias 3 e 4. Sua estrutura pode ser identificada na tabela 4.3.

Coluna	Descrição.
Id	identificação do veículo
instant	identificação to tempo em data/hora
longitude	coord. de longitude
latitude	coord. de latitude

Tabela 4.3: Estrutura dos dados em T-Drive

Com os dados obtidos do experimento T-Drive geramos um conjunto de 16.093.842 arquivos que foram reunidos em um data frame nomeado `vehicles_TD.txt`. Como para o Mobile Century, os arquivos foram estruturados conforme a Tabela 4.2.

Para o encontro das zonas, nós verificamos a longitude e a latitude para cada veículo em cada registro de comunicação, mostrado em forma de ponto nas Figuras 3.2 e 3.3, durante o experimento nas duas bases de dados e formamos um grande retângulo com limites nos pontos mais extremos. Com a utilização do Geosphere [Hijmans, 2019] criamos dois fatores para determinar o tamanho das zonas: `latitudefactor` e `longitudefactor`, e dividimos o retângulo em grids com dimensões de 200 por 200 metros. Ao aplicar nossa solução temos as zonas onde se identificou algum fluxo de veículo, chamamos de zonas candidatas. Desta forma, identificamos 261 zonas candidatas de um total de 3636 zonas encontradas para o Mobile Century e 121062 zonas candidatas de 844000 zonas encontradas para o T-Drive. Observamos, com base na distância em metros, quais veículos estiveram a uma distância média de 100 metros de outro pertencente a rede em algum instante de tempo do experimento dentro das zonas candidatas e com estas informações formamos grafos. As distâncias entre os veículos foram obtidas de sinais de GPS's instalados nos veículos ou de aparelhos eletrônicos.

Para aplicação das métricas de centralidade `Betweenness` e `Degree` dividimos os datasets em tempos de 3600s e 900s para avaliação horário e em snapshots de 15 minutos. Após separar os intervalos aplicamos o modelo para cada zona candidata. Verificamos quais veículos ocuparam a mesma zona candidata ao mesmo tempo e que estavam a uma distância aproximada de 100m um do outro, tomando como base o padrão IEEE 802.11p, então identificamos as arestas conforme estrutura representada na tabela 4.4 em um arquivo nomeado `T_100m`.

Coluna	Descrição
time	tempo em segundos
vert1	ident. do Nó 1
vert2	ident. do nó 2
hora	tempo em horas
zona	zona identificada

Tabela 4.4: Estrutura do arquivo `T_100m`

As zonas foram nomeadas na forma (XXXX-YYYY), onde X representa a coordenada de latitude e Y representa a coordenada de longitude. Com a utilização da técnica Grid Position [Massalino and Aquino, 2018], obtivemos a quantidade de veículos que transitou em cada zona candidata.

4.2 Resultados Estáticos

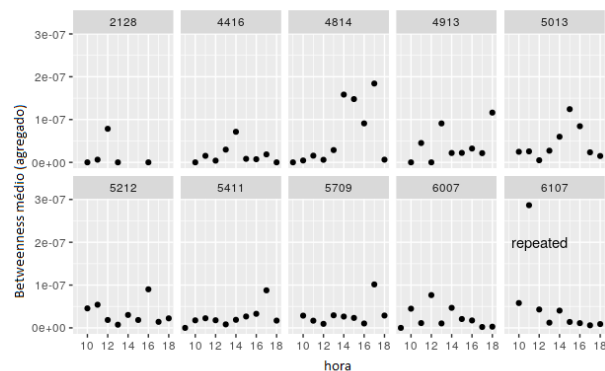
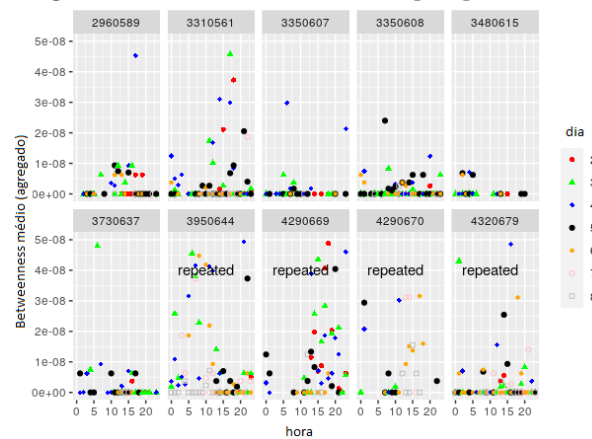
Para a obtenção dos resultados estáticos utilizamos R [R Core Team, 2018] para análise e cálculo da rede, o pacote *igraph* [Csardi et al., 2006] que oferece ferramentas para a construção de grafos e cálculos de medidas de centralidade, *dplyr* [Wickham et al., 2019] para organização dos dados, *ggplot2* [Wickham, 2016] possibilita a visualização dos resultados obtidos para efeitos de avaliação e *geosphere* [Hijmans, 2019] que possibilitou encontrar as regiões candidatas e delimitar geograficamente estas regiões.

Com a utilização do *geosphere* [Hijmans, 2019] separamos as zonas e observamos quais veículos estiveram presentes, à cada hora, na mesma zona, para a análise agregada, e no intervalo de 15 minutos, para a análise temporal. Formamos grafos temporais e agregados. Observando os grafos formados foi possível, com a utilização da técnica *Grid Position* [Massalino and Aquino, 2018], determinar a quantidade de veículos que estiveram presentes em cada zona por intervalo, conforme já observamos no gráfico apresentado no capítulo anterior, Figura 3.4. Os resultados obtidos utilizando métricas de centralidade com tempos agregados foram calculados com base no trabalho de [Massalino and Aquino, 2018] que se encontra no estado da arte da pesquisa em zonas âncoras para disseminação de Conteúdo Flutuante com utilização de redes complexas.

Com base nas equações 3.3 e 3.5 que descrevemos no capítulo 3, e que está presente no pacote *igraph* [Csardi et al., 2006] disponível no R [R Core Team, 2018], calculamos o valor médio do *Degree* e do *Betweenness* para cada hora, considerando o intervalo de 1 hora para cada conjunto agregado, com *Mobile Century*, para o *T-Drive* separamos também por dia. Com o resultado obtido, escolhemos dez zonas que apresentaram as maiores médias para cada métrica e nomeamos como *Degree agregado* e *Betweenness agregado* respectivamente. Podemos observar o resultado nos gráficos apresentados nas Figuras 4.1 – 4.4.

No eixo vertical dos gráficos 4.1 e 4.2 temos os valores médios normalizados de *Betweenness agregado* das dez zonas que apresentaram os maiores valores no cálculo da métrica para cada base, e no eixo horizontal as horas em que foram calculados, temos ainda, para o gráfico 4.2 a representação com formas e cores para identificar os dias. Observamos que na base MC, a zona 6107 apresenta o melhor resultado de *Betweenness*, porém, em único instante, diferente da zona 4814, que mostra ter uma distribuição melhor dos pontos ao longo do experimento, iniciando um crescimento das 14 horas e seguindo até às 17 horas. Observando as outras zonas percebemos que, na maioria, há um momento de pico no valor da métrica calculada exatamente neste intervalo, mostrando que, nesta rede, o melhor horário para disseminação do conteúdo é no intervalo considerado e preferencialmente na zona 4814. Observe que em algumas zonas há uma informação adicional (*repeat*), que significa que esta zona é selecionada entre as dez melhores tanto no modo agregado, como também, no modo temporal. Para conjunto TD, observamos no gráfico que o melhor *Betweenness* ocorre no dia 4 às 20 horas, na zona 3950644.

No eixo vertical dos gráficos 4.3 e 4.4 temos os valores médios normalizados de *Degree agregado* das dez zonas que apresentaram os maiores valores no cálculo da métrica, para cada base, e no eixo horizontal as horas em que foram calculados, temos ainda, para o gráfico 4.4 a representação com formas e cores para identificar os dias. Observamos que com a métrica *Degree agregado* calculado no conjunto MC, a maior parte das zonas selecionadas apresentam valores de pico pontuais, diferente das zonas 3223 e 3919 que se mantêm regulares. Esta observação pode ser estendida para o *Betweenness* do conjunto TD.

Figura 4.1: **Betweenness agregado - MC**Figura 4.2: **Betweenness agregado - TD**

A Figura 4.5 apresenta, à esquerda, a localização, na rodovia, de dez Zonas Âncoras, selecionadas no estudo do conjunto de dados Mobile Century, que apresentaram o maior fluxo de veículos durante todo intervalo do experimento. Em destaque, na figura, na cor vermelha representamos todas as zonas candidatas e na cor preta as zonas selecionadas. Na mesma Figura, temos, à direita, o percurso desenvolvido pelos veículos, na cor preta, que apresentaram o melhor Betweenness médio no intervalo de 14 às 15 horas.

Na Figura 4.6 temos, as Zonas selecionadas para o conjunto de dados T-Drive com os maiores fluxos de veículos, à esquerda, utilizando o intervalo total do experimento, à direita, apresenta as zonas com maior fluxo de veículos considerando apenas os dados coletados no dia 3, e, abaixo, as zonas com maior fluxo de veículos considerando apenas os dados coletados no dia 4. A figura destaca na cor vermelha todas as zonas candidatas e na cor preta, apenas, as zonas selecionadas.

Para aplicação de métricas de centralidade temporais utilizamos as equações 3.6 e 3.8 para desenvolvermos uma aplicação no R [R Core Team, 2018] utilizando como base o igraph [Csardi et al., 2006]. O tempo utilizado para cálculo do Betweenness e Degree temporal foi de 900 segundos, isto, nos possibilitou o cálculo de quatro Betweenness e também quatro Degrees para cada hora para compararmos os resultados com os valores agregados de cada métrica. O resultado está presente nos gráficos das Figuras 4.7 – 4.10. Notamos que as zonas selecionadas, em sua maioria, são diferentes daquelas encontradas no modo agregado. Para o MC, temos a zona 4316 com o melhor Betweenness que ocorre

Figura 4.3: Degree agregado - MC

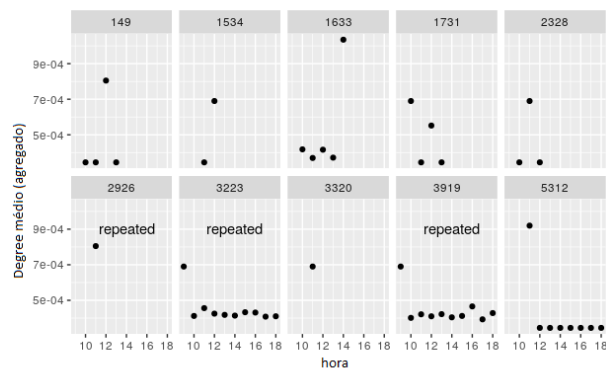
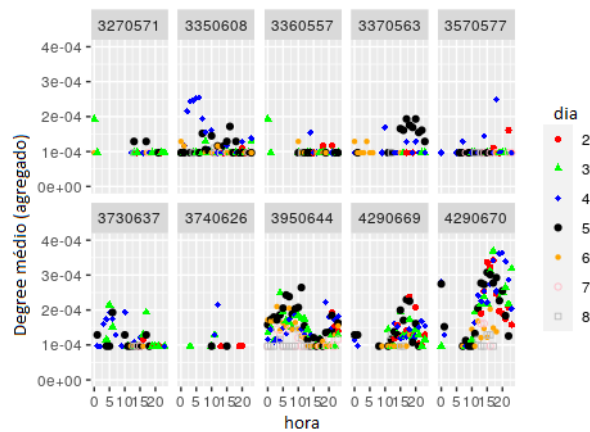


Figura 4.4: Degree agregado - TD



às 17 horas, mas, este valor é menor do que o Betweenness agregado, o que mostra que o modo agregado foi superestimado. As zonas 3819, 4515 e 4417 apresentam uma melhor distribuição ao longo do tempo. Para o conjunto TD o Betweenness temporal se mostrou sempre maior do que no agregado com valor de pico ocorrendo no dia 4 às 20 horas para a zona 4290669.

Os resultados mostram que os valores encontrados das métricas Betweenness temporal e Degree temporal, apresentam resultados superiores aos calculados com as mesmas métricas de forma agregada. As métricas de tempo detalham com mais precisão as arestas formadas pelo dinamismo da rede veicular. Observamos que o fluxo, o betweenness e o Degree mudam para cada intervalo e como consequência as zonas se alternam nas primeiras posições em relação aos valores das métricas utilizadas.

O gráfico de barras da Figuras 4.11 mostra a comparação, utilizando o conjunto de dados T-Drive, entre os valores médios de Betweenness para três zonas que foram selecionadas tanto no agregado quanto no temporal. Podemos observar que a métrica temporal aplicada é sempre superior a métrica agregada, isto mostra que a métrica agregada subestima o valor de centralidade do veículo.

No conjunto de dados Mobile Century, houve a repetição de apenas uma zona. Isto, possivelmente, se deve ao fato da rede apresentar uma menor densidade e uma maior velocidade dos nós, já que se trata de uma auto-estrada, como consequência está rede pode apresentar uma maior dinamicidade topológica pois o nó sensor tende a não permanecer

Figura 4.5: Num. veículos (esq) e maiores Betweenness das 14 às 15 horas (dir) - MC

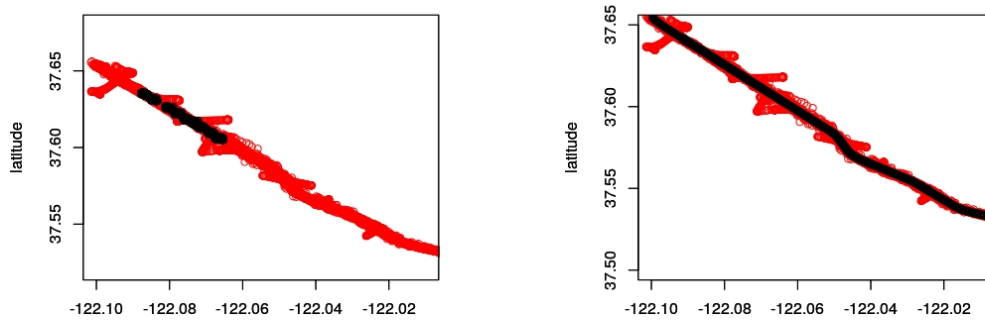


Figura 4.6: Zonas Âncoras (Quantidade de veículos) - TD

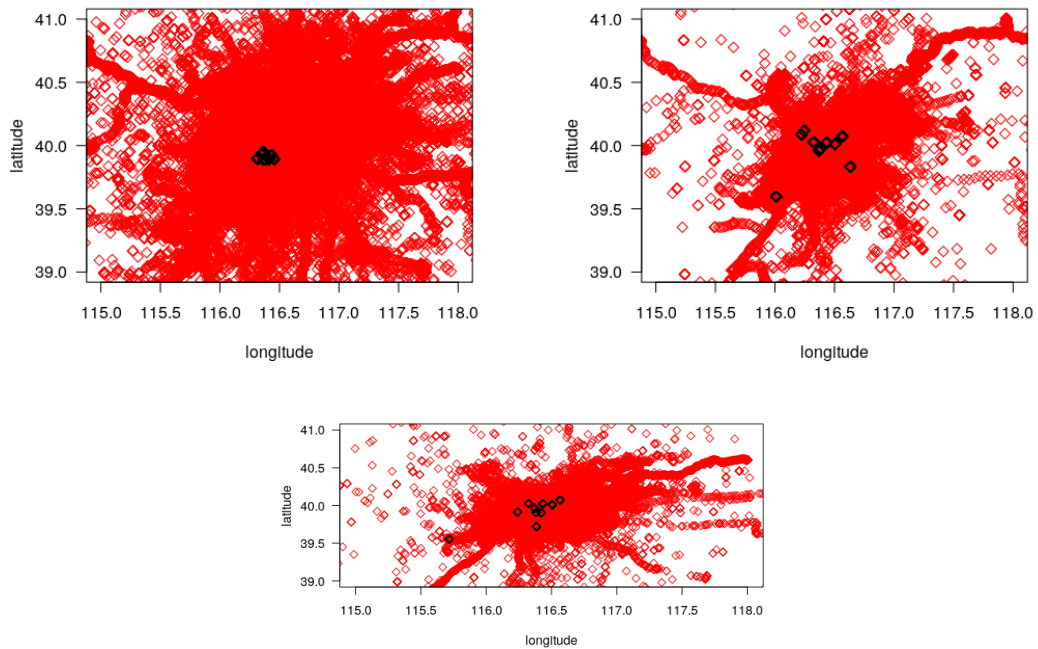
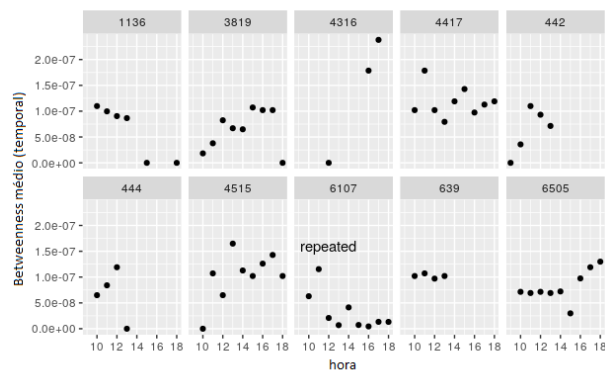


Figura 4.7: Betweenness temporal - MC



ativo por muito tempo, formando arestas com tempos de duração mais curtos e, como consequência, formam clusters menores.

Figura 4.8: Degree temporal - MC

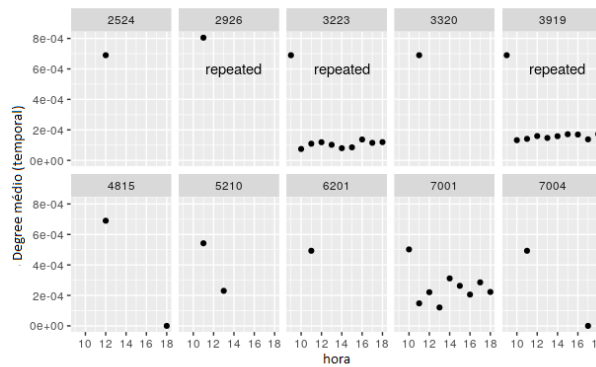


Figura 4.9: Betweenness temporal - TD

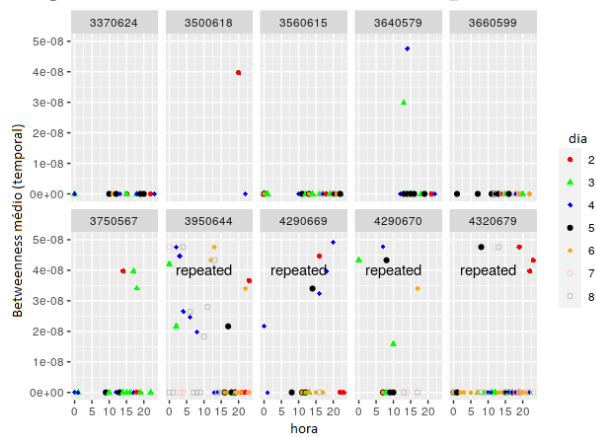
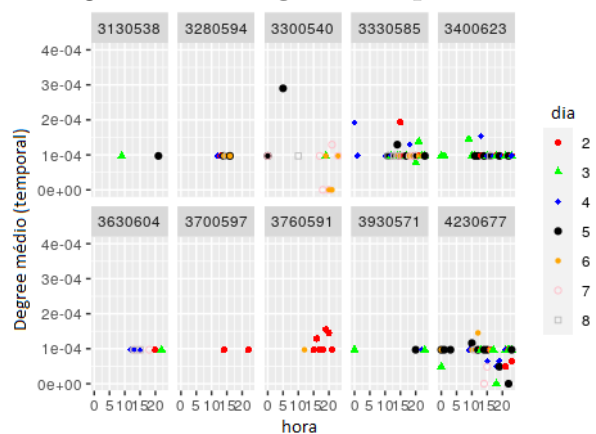
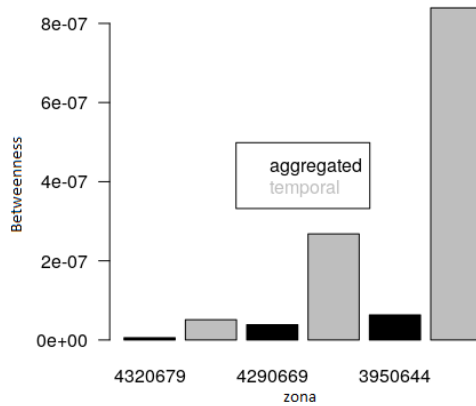


Figura 4.10: Degree temporal - TD



Para o T-Drive, os maiores valores de intermediação ocorreram nos dias quatro, às 20 horas, e três, às 17 horas. Para Mobile Century, verificamos que, utilizando métrica temporal o maior valor de Betweenness aconteceu às 15 horas, e utilizando métrica de agregação de dados, 11 horas, conforme mostra a tabela 4.5.

Nas tabelas 4.6 e 4.7 temos os resumos estatísticos das quantidades de veículos por hora nas zonas que registraram os maiores fluxos de veículos em cada base.

Figura 4.11: **Betwenness agregado e temporal (comparação) - TD**

vert	bet	hour	day	metric	dataset
2560	0.0001701446	20 pm	4	aggregated	T-Drive
2569	0.0001465699	17 pm	3	aggregated	T-Drive
2560	0.0011360094	20 pm	4	temporal	T-Drive
2569	0.0010818349	17 pm	3	temporal	T-Drive
1251N	0.0000058721	15 pm	-	temporal	M. Century
295N	0.0000111887	11 am	-	aggregated	M. Century

Tabela 4.5: The best betweenness - TD and MC

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1.0	4.0	101.0	259	408.0	2539.0

Tabela 4.6: Número de Nós por Zona Âncora - MC

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1.0	1.0	2.0	46.41	7.0	4601.0

Tabela 4.7: Número de Nós por Zona Âncora - TD

O resultado obtido com a métrica Betweenness sugere que neste momento estão presentes nós que possuem maior controle sobre a rede e possibilitam a intermediação da informações, são importantes para manter a continuidade do tráfego de informações na rede durante este intervalo.

4.3 Resultados Simulados

Para a simulação da rede veicular utilizamos o simulador de rede baseado em eventos discretos Omnet ++ na versão 5.1.1, o simulador de tráfego SUMO na versão 0.30.0 e o framework Veins na versão 4.6. SUMO possibilita a geração de tráfego simulado com base em informações reais extraídas do OpenStreetMap.

Fizemos os downloads dos mapas das regiões utilizadas em cada experimento (Mobile Century (MC) e T-Drive (TD)) direto do OpenStreetMap e com a utilização do JOSM, uma extensão do OpenStreetMap, retiramos dos mapas tudo que não interessava ao desenvolvimento do nosso trabalho (trilhos de trens, passagens pluviais, ciclovias, etc). Na sequência geramos as redes utilizando os mapas, já editados, e a ferramenta NETCONVERT do SUMO. Com a rede gerada, criamos rotas aleatórias utilizando a ferramenta randomTrips, que também faz parte do SUMO. As ferramentas NETCONVERT e randomTrips geraram arquivos de extensão *xml* que utilizamos nas simulações de tráfego do nosso estudo. Desenvolvemos as simulações com as zonas selecionadas, no estudo estático utilizando bases de dados reais, para cada métrica de centralidade estudada.

Através da estrutura fornecida por Veins, com modificações de parte do código para atendimento ao nosso contexto, acoplamos o software de simulação de redes OMNET++ ao software de simulação de tráfego SUMO e executamos nossa simulação. Veins acopla o simulador SUMO ao simulador Omnet ++ de forma bidirecional.

A região de Pequim tem 22026 km de estradas e um tráfego de aproximadamente 57 milhões de veículos. Simulamos o tráfego de 18.000 veículos, o que corresponde a 0.3% do total de veículos nesta região [Massalino and Aquino, 2018].

Com a utilização das zonas selecionadas no estudo estático com os dados do conjunto *T-drive*, simulamos o tempo de 3600 segundos para cada métrica.

As tabelas 4.8, 4.9, 4.11 e 4.12 apresentam informações de: geração de mensagens de segurança (*generatedBSMs*), geração de mensagens (beacons) (*generatedWSMs*), recebimento de conteúdo flutuante (*nodesReceiveCF*), recebimento de mensagens em broadcast (*receivedBroadcast*), recebimento de mensagens de segurança (*receivedBSMs*), recebimento de mensagens (beacons) (*receivedWSMs*), pacotes perdidos na transmissão e recepção (*RXTXLostPackets*), pacotes enviados (*SentPackets*) e total de pacotes perdidos (*TotalLostPackets*). As tabelas apresentam os valores médios para cada item avaliado.

Tabela 4.8: Resultados da simulação - métrica betweenness - *T-Drive*

T-Drive	valor	métrica	T-Drive	valor	métrica
1 generatedBSMs	1129.22	bet_A	generatedBSMs	1129.22	bet_T
2 generatedWSMs	0.04	bet_A	generatedWSMs	0.09	bet_T
3 nodesReceivedCF	0.00	bet_A	nodesReceivedCF	3.00	bet_T
4 ReceivedBroadcasts	6468.56	bet_A	ReceivedBroadcasts	6472.58	bet_T
5 receivedBSMs	6468.56	bet_A	receivedBSMs	6472.55	bet_T
6 receivedWSMs	0.00	bet_A	receivedWSMs	0.04	bet_T
7 RXTXLostPackets	0.54	bet_A	RXTXLostPackets	0.03	bet_T
8 SentPackets	1129.26	bet_A	SentPackets	1129.31	bet_T
9 TotalLostPackets	21.67	bet_A	TotalLostPackets	17.68	bet_T

Os resultados das simulações do conjunto de dados *T-Drive* podem ser observados nas tabelas 4.8 e 4.9.

Na tabela 4.10 apresentamos a quantidade de veículos presentes nas zonas selecionadas durante a realização do estudo simulado para cada métrica estudada: *Betweenness Agregado (BA)*, *Betweenness Temporal (BT)*, *Degree Agregado (DA)* e *Degree Temporal (DT)*.

Para as zonas encontradas, com o conjunto de dados *Mobile Century*, simulamos o tempo de 3600 segundos para cada métrica.

Tabela 4.9: Resultados da simulação - métrica Degree - *T-Drive*

	T-Drive	value	métrica	T-Drive	valor	métrica
1	generatedBSMs	1129.21	deg_A	generatedBSMs	1129.22	deg_T
2	generatedWSMs	0.08	deg_A	generatedWSMs	0.02	deg_T
3	nodesReceivedCF	1.00	deg_A	nodesReceivedCF	2.00	deg_T
4	ReceivedBroadcasts	6475.30	deg_A	ReceivedBroadcasts	6484.10	deg_T
5	receivedBSMs	6475.30	deg_A	receivedBSMs	6484.10	deg_T
6	receivedWSMs	0.00	deg_A	receivedWSMs	0.01	deg_T
7	RXTXLostPackets	0.03	deg_A	RXTXLostPackets	0.03	deg_T
8	SentPackets	1129.29	deg_A	SentPackets	1129.24	deg_T
9	TotalLostPackets	14.92	deg_A	TotalLostPackets	6.12	deg_T

Tabela 4.10: Quantidade de veículos para cada métrica - *Mobile Century*

Métrica	BA	BT	DT	DA
Quant. veículos	16826.00	8005.00	3542.00	4914.00

Os resultados da simulação do conjunto de dados *Mobile Century* podem ser vistos nas tabelas 4.11 e 4.12.

Observamos que para todas as métricas avaliadas, a quantidade média de nós que receberam conteúdo flutuante (*nodesReceivedCF*) foi superior quando simulado com as zonas encontradas com utilização de métricas temporais.

Tabela 4.11: Resultados da simulação - métrica Betweenness - *Mobile Century*

Mobile Century	valor	métrica	Mobile Century	valor	métrica
1 generatedBSMs	503.96	bet_A	generatedBSMs	503.97	bet_T
2 generatedWSMs	0.05	bet_A	generatedWSMs	0.06	bet_T
3 nodesReceivedCF	25.00	bet_A	nodesReceivedCF	34.00	bet_T
4 ReceivedBroadcasts	4704.56	bet_A	ReceivedBroadcasts	4702.79	bet_T
5 receivedBSMs	4704.53	bet_A	receivedBSMs	4702.72	bet_T
6 receivedWSMs	0.06	bet_A	receivedWSMs	0.10	bet_T
7 RXTXLostPackets	0.16	bet_A	RXTXLostPackets	0.01	bet_T
8 SentPackets	504.02	bet_A	SentPackets	504.03	bet_T
9 TotalLostPackets	16.00	bet_A	TotalLostPackets	17.87	bet_T

Tabela 4.12: Resultados da simulação - métrica Degree - *Mobile Century*

Mobile Century	valor	métrica	Mobile Century	valor	métrica
1 generatedBSMs	454.27	deg_A	generatedBSMs	454.26	deg_T
2 generatedWSMs	0.05	deg_A	generatedWSMs	0.08	deg_T
3 nodesReceivedCF	12.00	deg_A	nodesReceivedCF	21.00	deg_T
4 ReceivedBroadcasts	3335.78	deg_A	ReceivedBroadcasts	3333.82	deg_T
5 receivedBSMs	3335.75	deg_A	receivedBSMs	3333.79	deg_T
6 receivedWSMs	0.05	deg_A	receivedWSMs	0.06	deg_T
7 RXTXLostPackets	0.02	deg_A	RXTXLostPackets	0.04	deg_T
8 SentPackets	454.31	deg_A	SentPackets	454.35	deg_T
9 TotalLostPackets	3.83	deg_A	TotalLostPackets	5.85	deg_T

CONCLUSÃO

A rede agregada apresenta valores subestimados ou superestimados para as métricas de centralidade utilizadas, mantendo seus nós e vértices estáticos. Em uma rede temporal as arestas aparecem e desaparecem com frequência elevada e como consequência apresenta um dinamismo topológico elevado. Os menores caminhos são detalhados com maior precisão com a utilização de arestas temporais, diferente dos grafos agregados. Quando uma rede é modelada de forma agregada, menores caminhos surgem entre os vértices que, contudo, estão temporalmente distantes, isto influencia nos valores de centralidade calculados para as zonas candidatas, causando a falsa impressão de bom local para disseminação de Conteúdo Flutuante.

Os resultados das técnicas, Betweenness e Degree possibilitam determinar os melhores pontos para disseminação do conteúdo flutuante, principalmente quando se incorporam métricas temporais, que traz um detalhamento dos menores caminhos. A técnica Grid Position não é alterada pela discretização do tempo, apresentando um comportamento variável dependente do intervalo considerado, não considerando os instantes anteriores ou posteriores ao instante considerado. Verificamos que o horário de 15 horas apresenta-se como o melhor horário para disseminação de Conteúdo Flutuante nas zonas selecionadas para as métricas Betweenness e Degree no conjunto Mobile Century. Para o T-Drive o melhor horário para disseminação do conteúdo foi às 20 horas no dia 4 e as 17 horas no dia 3.

O resultado da simulação apresenta o tempo de vida do Conteúdo Flutuante, quando simulado com observação do tempo discretizado, é superior ao tempo de vida com observação da simulação com tempo totalizado. A mesma observação pode ser feita com a quantidade de veículos que também é superior com a observação temporal. Observamos que o fator temporal também melhora o tempo de vida do Conteúdo Flutuante.

Como trabalhos futuros pensamos em utilizar métricas de teoria de informação para poder identificar a variabilidade das zonas de ancoragem e assim poder iniciar ou encerrar o conteúdo flutuante de forma mais assertiva e econômica para a rede. Outro estudo que pode ser realizado a identificação da autocorrelação entre as métricas de centralidade e a sua utilização de forma multivariada, permitindo uma solução que toma proveito do melhor de cada métrica empregada.

Bibliografia

- [Alves et al., 2009] Alves, R. d. S., Campbell, I. d. V., Couto, R. d. S., Campista, M. E. M., Moraes, I. M., Rubinstein, M. G., Costa, L. H. M., Duarte, O. C. M., and Abdalla, M. (2009). Redes veiculares: Principios, aplicações e desafios. *Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, SBRC*, pages 17–24.
- [Amin et al., 2008] Amin, S., Andrews, S., Apte, S., Arnold, J., Ban, J., Benko, M., Bayen, R. M., Chiou, B., Claudel, C., Claudel, C., et al. (2008). Mobile century using gps mobile phones as traffic sensors: A field experiment. In *15th World Congress on Intelligent Transport Systems*, page 4. Citeseer.
- [Aquino et al., 2015] Aquino, A. L. L., Cavalcante, T. S. G., Almeida, E. S., Frery, A. C., and Rosso, O. A. (2015). Characterization of vehicle behavior with information theory. *The European Physical Journal B*, 88(257).
- [Bazzi et al., 2017] Bazzi, A., Masini, B. M., Zanella, A., and Thibault, I. (2017). On the performance of ieee 802.11p and lte-v2v for the cooperative awareness of connected vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66(11):10419–10432.
- [Behrisch et al., 2011] Behrisch, M., Bieker, L., Erdmann, J., and Krajzewicz, D. (2011). Sumo—simulation of urban mobility: an overview. In *Proceedings of SIMUL 2011, The Third International Conference on Advances in System Simulation*.
- [Boccaletti et al., 2006] Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., and Hwangp, D.-U. (2006). Complex networks: structure and dynamics. *Physics Reports*, 424:175–308.
- [Borgatti, 2005] Borgatti, S. P. (2005). Centrality and network flow. *Social Networks*, 27(1):55–71.
- [BRANCO et al., 2015] BRANCO, K. C., TEIXEIRA, M., and GURGEL, P. (2015). *Redes de computadores: da teoria à prática com Netkit*. Elsevier, Rio de Janeiro - Brasil.
- [Bujari and Palazzi, 2016] Bujari, A. and Palazzi, C. E. (2016). Aircache: A crowd-based solution for geoanchored floating data. *Mobile Information Systems*, 2016.
- [Cavalcante et al., 2012] Cavalcante, E. S., Cavalcante, L. P., Aquino, A. L., Pappa, G. L., and Loureiro, A. A. (2012). Uma abordagem evolutiva para posicionamento de pontos de disseminação em vanets. *XLIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO'12)*. IEEE.

- [Celes et al., 2020] Celes, C., Boukerche, A., and Loureiro, A. A. F. (2020). *Calibrating Bus Mobility Data for Bus-Based Urban Vehicular Networks*, page 207–214. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- [Chahal et al., 2017] Chahal, M., Harit, S., Mishra, K. K., Sangaiah, A. K., and Zheng, Z. (2017). A survey on software-defined networking in vehicular ad hoc networks: Challenges, applications and use cases. *Sustainable cities and society*, 35:830–840.
- [Chaqfeh et al., 2014] Chaqfeh, M., Lakas, A., and Jawhar, I. (2014). A survey on data dissemination in vehicular ad hoc networks. *Vehicular Communications*, 1(4):214–225.
- [Coan et al., 2012] Coan, W. S., Calsavara, A., and Lima Jr, L. A. (2012). Roteamento em redes de sensores sem fio baseado no caminho mais forte em energia.
- [Csardi et al., 2006] Csardi, G., Nepusz, T., et al. (2006). The igraph software package for complex network research. *InterJournal, complex systems*, 1695(5):1–9.
- [Cunha et al., 2016] Cunha, F., Villas, L., Boukerche, A., Maia, G., Viana, A., Mini, R. A., and Loureiro, A. A. (2016). Data communication in vanets: Protocols, applications and challenges. *Ad Hoc Networks*, 44:90–103.
- [DE SOUZA, 2012] DE SOUZA, A. B. (2012). Mav-aodv-um protocolo multicast baseado em colônias de formigas para redes ad hoc veiculares.
- [Drumm et al., 2012] Drumm, C. H., Ferreira jr, P. R., and Bez, M. (2012). Redes de sensores sem fio: Visão geral. *Anais SULCOMP*, 1.
- [Feng et al., 2017] Feng, H., Zhang, J., Wang, J., and Xu, Y. (2017). Time evolution of the importance of nodes in vanet based on temporal networks. In *2017 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC)*, pages 1210–1214. IEEE.
- [Hagihara et al., 2017] Hagihara, R., Yamasaki, Y., and Ohsaki, H. (2017). On delivery control for floating contents sharing with epidemic broadcasting. In *14th IEEE Annual Consumer Communications Networking Conference*, pages 353–356.
- [Hasrouny et al., 2017] Hasrouny, H., Samhat, A. E., Bassil, C., and Laouiti, A. (2017). Vanet security challenges and solutions: A survey. *Vehicular Communications*, 7:7–20.
- [Hijmans, 2019] Hijmans, R. J. (2019). *geosphere: Spherical Trigonometry*. R package version 1.5-10.
- [Hyytiä et al., 2011] Hyytiä, E., Virtamo, J., Lassila, P., Kangasharju, J., and Ott, J. (2011). When does content float? characterizing availability of anchored information in opportunistic content sharing. In *2011 Proceedings IEEE INFOCOM*, pages 3137–3145.
- [Khan and Lee, 2019] Khan, U. A. and Lee, S. S. (2019). Multi-layer problems and solutions in vanets: A review. *Electronics*, 8(2):204.
- [Kim and Anderson, 2012] Kim, H. and Anderson, R. (2012). Temporal node centrality in complex networks. *Physical Review E*, 85(2):026107.

- [Lee and Gerla, 2010] Lee, U. and Gerla, M. (2010). A survey of urban vehicular sensing platforms. *Computer Networks*, 54(4):527–544.
- [Lopez et al., 2018] Lopez, P. A., Behrisch, M., Bieker-Walz, L., Erdmann, J., Flötteröd, Y.-P., Hilbrich, R., Lücken, L., Rummel, J., Wagner, P., and Wießner, E. (2018). Microscopic traffic simulation using sumo. In *The 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems*. IEEE.
- [Manzo et al., 2018] Manzo, G., Montenegro, J. S. O., and Rizzo, G. (2018). A deep learning mechanism for efficient information dissemination in vehicular floating content. *Computing Research Repository*, abs/1810.10425.
- [Manzo et al., 2017] Manzo, G., Souza, R., Di Maio, A., Engel, T., Palattella, M. R., and Rizzo, G. (2017). Coordination mechanisms for floating content in realistic vehicular scenario. In *2017 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)*, pages 589–594.
- [Massalino and Aquino, 2018] Massalino, F. and Aquino, A. L. (2018). Identification of anchor zones for floating content in vanets based on centrality measures. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on Applied Computing*, pages 2117–2124.
- [Moura et al., 2018] Moura, D. L., Cabral, R. S., Sales, T., and Aquino, A. L. (2018). An evolutionary algorithm for roadside unit deployment with betweenness centrality preprocessing. *Future Generation Computer Systems*, 88:776 – 784.
- [Ott et al., 2011] Ott, J., Hyytiä, E., Lassila, P., Vaegs, T., and Kangasharju, J. (2011). Floating content: Information sharing in urban areas. In *2011 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, pages 136–146.
- [Pantoni, 2011] Pantoni, R. P. (2011). *Estratégias de roteamento e de controle de acesso ao meio para redes de sensores sem fio destinadas a redes urbanas*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- [Pereira et al., 2017] Pereira, F. S., Gama, J., and de Oliveira, G. M. (2017). É uma questão de tempo! extraindo conhecimento de redes sociais temporais. *Sociedade Brasileira de Computação*.
- [Pereira et al., 2003] Pereira, M. R., de Amorim, C. L., and de Castro, M. C. S. (2003). Tutorial sobre redes de sensores. *Cadernos do IME-Série Informática*, 14:39–53.
- [Qiao et al., 2017] Qiao, L., Shi, Y., and Chen, S. (2017). An empirical study on the temporal structural characteristics of vanets on a taxi gps dataset. *IEEE Access*, 5:722–731.
- [R Core Team, 2018] R Core Team (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- [Rainer Jr and Cegielski, 2015] Rainer Jr, R. K. and Cegielski, C. (2015). *Introdução a sistemas de informação: apoiando e transformando negócios na era da mobilidade*. Elsevier Brasil.

- [Rizzo et al., 2018] Rizzo, G., Mancuso, V., Ali, S., and Ajmone Marsan, M. (2018). Stop and forward: Opportunistic local information sharing under walking mobility. *Ad Hoc Networks*, 78.
- [Santa et al., 2008] Santa, J., Gómez-Skarmeta, A. F., and Sánchez-Artigas, M. (2008). Architecture and evaluation of a unified v2v and v2i communication system based on cellular networks. *Computer Communications*, 31(12):2850 – 2861. Mobility Protocols for ITS/VANET.
- [Silva et al., 2017] Silva, F. S., Moura, D., and Cabral, R. S. (2017). Modelagem e caracterização de redes veiculares utilizando-se grafos temporais e métricas de redes complexas. *XLIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*.
- [Silva et al., 2019] Silva, M. J., Cavalcante, T. S., Rosso, O. A., Rodrigues, J. J., Oliveira, R. A., and Aquino, A. L. (2019). Study about vehicles velocities using time causal information theory quantifiers. *Ad Hoc Networks*, 89:22 – 34.
- [Sommer et al., 2011] Sommer, C., German, R., and Dressler, F. (2011). Bidirectionally Coupled Network and Road Traffic Simulation for Improved IVC Analysis. *IEEE Transactions on Mobile Computing (TMC)*, 10(1):3–15.
- [Tang et al., 2010] Tang, J., Musolesi, M., Mascolo, C., Latora, V., and Nicosia, V. (2010). Analysing information flows and key mediators through temporal centrality metrics. In *Proceedings of the 3rd Workshop on Social Network Systems*, pages 1–6.
- [Tavares, 2002] Tavares, P. L. (2002). Redes de sensores sem-fio. *Rio de Janeiro*.
- [Wehrle et al., 2010] Wehrle, K., Günes, M., and Gross, J. (2010). *Modeling and tools for network simulation*. Springer Science & Business Media.
- [Wickham, 2016] Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- [Wickham et al., 2019] Wickham, H., François, R., Henry, L., and Müller, K. (2019). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 0.8.3.
- [Yuan et al., 2011] Yuan, J., Zheng, Y., Xie, X., and Sun, G. (2011). Driving with knowledge from the physical world. In *Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pages 316–324.
- [Yuan et al., 2010] Yuan, J., Zheng, Y., Zhang, C., Xie, W., Xie, X., Sun, G., and Huang, Y. (2010). T-drive: driving directions based on taxi trajectories. In *Proceedings of the 18th SIGSPATIAL International conference on advances in geographic information systems*, pages 99–108.