
Monitoramento e Disseminação Cooperativa de Eventos Emergenciais Apoiado por Agrupamento de Veículos

José Everaldo de Andrade Júnior



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

João Pessoa
2019

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Informática
Programa de Pós-Graduação em Informática

Monitoramento e Disseminação Cooperativa de Eventos
Emergenciais Apoiado por Agrupamento de Veículos

José Everaldo de Andrade Júnior

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em
Informática da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisi-
tos necessários para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Área de Concentração: Computação Distribuída
Linha de Pesquisa: Redes e Sistemas Distribuídos

Fernando Menezes Matos
(Orientador)

Aldri Luiz dos Santos
(Coorientador)

João Pessoa, Paraíba, Brasil

©José Everaldo de Andrade Júnior, 29 de Agosto de 2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

J95m Junior, José Everaldo de Andrade.
Monitoramento e Disseminação Cooperativa de Eventos
Emergenciais Apoiado por Agrupamento de Veículos / José
Everaldo de Andrade Junior. - João Pessoa, 2019.
93 f. : il.

Orientação: Fernando Menezes Matos.
Coorientação: Aldri Luiz Santos.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI.

1. Eventos Urbanos; Crowdsourcing; Monitoramento; VANET.
I. Matos, Fernando Menezes. II. Santos, Aldri Luiz.
III. Título.

UFPB/BC

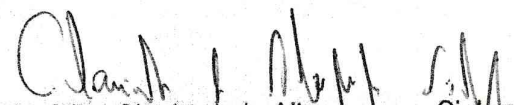


UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

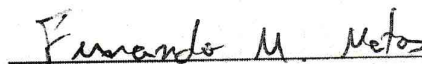


Ata da Sessão Pública de Defesa de Dissertação de Mestrado de José Everaldo de Andrade Júnior, candidato ao título de Mestre em Informática na Área de Sistemas de Computação, realizada em 29 de agosto de 2019.

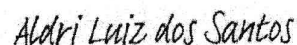
1 Aos vinte e nove dias do mês de agosto, do ano de dois mil e dezenove, às dezesseis horas,
2 no Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba, em Mangabeira, reuniram-se
3 os membros da Banca Examinadora constituída para julgar o Trabalho Final da Sr. José
4 Everaldo de Andrade Júnior, vinculado a esta Universidade sob a matrícula nº 20171006303,
5 candidato ao grau de Mestre em Informática, na área de "Sistemas de Computação", na linha
6 de pesquisa "Computação Distribuída", do Programa de Pós-Graduação em Informática, da
7 Universidade Federal da Paraíba. A comissão examinadora foi composta pelos professores:
8 Fernando Menezes Matos (PPGI-UFPB) Orientador e Presidente da Banca, Aldri Luiz dos
9 Santos (UFPR), Co-Orientador, Iguatemi Eduardo da Fonseca (PPGI-UFPB), Examinador
10 Interno, Reinaldo Cezar de Moraes Gomes (UFCG), Examinador Externo à Instituição. Dando
11 início aos trabalhos, o Presidente da Banca cumprimentou os presentes, comunicou aos
12 mesmos a finalidade da reunião e passou à palavra ao candidato para que o mesmo fizesse
13 a exposição oral do trabalho de dissertação intitulado: "Monitoramento e Disseminação
14 Cooperativa de Eventos Emergenciais Apoiado por Agrupamento de Veículos". Concluída a
15 exposição, o candidato foi arguido pela Banca Examinadora que emitiu o seguinte parecer:
16 "**aprovado**". Do ocorrido, eu, Claurton de Albuquerque Siebra, Coordenador do Programa
17 de Pós-Graduação em Informática, lavrei a presente ata que vai assinada por mim e pelos
18 membros da banca examinadora. João Pessoa, 29 de agosto de 2019.


Prof. Dr. Claurton de Albuquerque Siebra

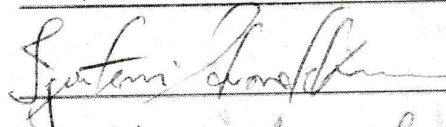
Prof. Dr. Fernando Menezes Matos
Orientador (PPGI-UFPB)



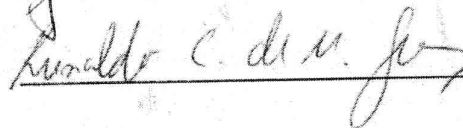
Prof. Dr. Aldri Luiz dos Santos
Co-Orientador (UFPR)



Prof. Dr. Iguatemi Eduardo da Fonseca
Examinador Interno (PPGI-UFPB)



Prof. Dr. Reinaldo Cezar de Moraes Gomes
Examinador Externo à Instituição (UFCG)



Resumo

Eventos urbanos emergenciais, tais como acidentes, desastres e delitos, ocorrem de forma aleatória e precisam ser tratados por entidades competentes para manter o bom funcionamento das cidades. Tais entidades necessitam que as informações do evento cheguem em tempo hábil e sejam as mais precisas possíveis para possibilitar o seu tratamento rápido e eficiente, minimizando assim o impacto deste evento no dia-a-dia da população. Contudo, os principais desafios para um tratamento eficiente de um evento recaem justamente na aleatoriedade no tempo ou no espaço, e na rapidez e acurácia da comunicação da ocorrência do evento a uma entidade responsável. Este último desafio é agravado pelo fato desta comunicação depender de intervenção humana, tendo em vista que, devido as circunstâncias do evento, as informações repassadas pelas pessoas podem não condizer com a realidade e comprometer o tratamento do evento. A onipresença de veículos em ambientes urbanos e sua capacidade de comunicação, processamento e monitoramento, possibilitam o uso de Vehicular Ad Hoc Network (VANET)s como meio de auxílio para disseminação e tratamento destes eventos. Assim, este trabalho propõe o **MonitorING** and Dissemination of **Urban EvenTs** (MINUET), que é um sistema de monitoramento e disseminação de eventos urbanos, que atua em uma rede veicular híbrida não estruturada. Ele é baseado em uma estratégia cooperativa, onde veículos coordenam dinamicamente o monitoramento e a disseminação distribuída das informações de eventos em tempo real através de agrupamentos veiculares. Resultados utilizando o simulador NS3 demonstraram a eficácia e eficiência do MINUET durante a detecção, monitoramento, disseminação e entrega das informações do evento em tempo real às entidades responsáveis sob os diferentes contextos de tráfego e do evento, normalmente presentes em zonas urbanas. Foram analisados também o desempenho das técnicas de agrupamento utilizados no MINUET de forma a constatar sua eficiência em cada contexto de tráfego.

Palavras-chave: Eventos Urbanos; Crowdsourcing; Monitoramento, VANET; Cidades Inteligentes

Abstract

Critical urban events, for example accidents, disasters and crimes, occur at a random way and they need to be dealt with by public authorities quickly to maintain the proper operation of cities. Such authorities need accurate information of the event context to enable a quick and correct handling of the event with the least possible impact on the daily life of the population. But the main challenges for an efficient handling of an event fall precisely in its random nature, and in the speed and accuracy of the notification of its manifestation to the authority. Moreover, the fact that this notification depends on human intervention aggravates this situation, given that, due to the circumstances of the event, information passed on by people may not match the reality and compromise the handling of the event. The omnipresence of vehicles in urban environments, and their communication, processing and monitoring capabilities, allow to employ VANETs to support the dissemination and handling of such events. Thus, this paper proposes MINUET, a system to support the monitoring and dissemination of urban events, which operates in an ad hoc vehicular network. It uses a cooperative-based strategy where vehicles are able to dynamically coordinate the monitoring and distributed dissemination of information of events in real time by the means of clusters. Results using the NS3 simulator demonstrated the effectiveness and efficiency of MINUET during the detection, monitoring, dissemination and delivery of real-time event information to the responsible entities under the different traffic and event contexts normally present in urban areas. The performance of the clustering techniques used in MINUET was also verified.

Keywords: Urban Events; Crowdsourcing; Monitoring; VANET; Smart Cities

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha família por todo o apoio dedicado durante esta trajetória. Também agradeço aos alunos Kevin Veloso e Nathália Vasconcelos pela contribuição e dedicação fornecida para que esta pesquisa se tornasse um trabalho relevante para a academia. Ainda agradeço em especial aos professores Fernando Matos e Aldri Santos pelos ensinamentos profissionais e pessoais prestados durante toda esta fase importante da minha vida. E por fim, agradeço ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) por todo o fomento financeiro fornecido, pois sem este a presente pesquisa não teria sido possível.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	5
1.2	Contribuições	6
1.3	Estrutura da Dissertação	6
2	Trabalhos Relacionados	8
3	Fundamentação Teórica	12
3.1	Cidades Inteligentes	12
3.2	Sistemas de Transporte Inteligente	13
3.3	Rede Veicular Não Estruturada	14
3.4	Agrupamento Veicular	16
3.5	Cooperação no Tratamento de Eventos Urbanos	20
3.6	Crowdsourcing	20
4	Sistema de Detecção e Disseminação de Eventos Emergenciais Urbanos	21
4.1	Premissas e Modelo do Ambiente Urbano	21
4.2	Estrutura das Mensagens	25
4.3	Descrição do MINUET	27
4.4	Fluxo de Mensagens	33
5	Metodologia de Avaliação	35
5.1	Ferramentas de Implementação	35
5.2	Etapas da Metodologia	35
5.3	Descrição dos Cenários	37

5.4	Parâmetros de Configuração	39
5.5	Métricas	42
5.5.1	Eficácia	42
5.5.2	Eficiência	43
5.5.3	Agrupamento	43
5.6	Técnicas de Agrupamento	44
5.7	Ferramentas	45
6	Análise	47
6.1	Alta densidade de um sentido	47
6.2	Alta densidade de dois sentidos	53
6.3	Baixa densidade de um sentido	58
6.4	Baixa densidade de dois sentidos	61
6.5	Desempenho dos Agrupamentos	66
7	Considerações Finais e Conclusões	69
7.1	Trabalhos Futuros	72
7.2	Publicações	72
	Referências Bibliográficas	80

Lista de siglas

CRED Centre for Research on the Epidemiology of Disaster

CA Cooperative Awareness

CAM Cooperative Awareness Message

DCA Direction-based Clustering Algorithm

DSRC Dedicate Short Range Communication

EE Entidade Externa

EB Estação Base

GPS Global Position System

IoT Internet of Things

ITS Intelligent Transportation Systems

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

LTE Long-Term Evolution

LuST Luxembourg SUMO Traffic

MINUET MonitorING and Dissemination of Urban EvenTs

MANET Mobility Ad Hoc Networks

NS3 Network Simulator 3

PCTT Prediction based Clustering algorithm for Target Tracking

SAE Society of Automotive Engineers

SUMO Simulator Urban MObility

TICs Tecnologias de Informação e Comunicação

UDP User Datagram Protocol

WSN Wireless Sensor Network

WAVE Wireless Access in Vehicular Environments

VANET Vehicular Ad Hoc Network

V2V Vehicle-to-Vehicle

V2I Vehicle-to-Infrastructure

ZA Zona de Anúncio

Lista de Figuras

1.1	Representação de ciclo de desastre baseado em [Alexander 2002].	2
3.1	Pilha de protocolos WAVE.	16
4.1	Modelo do ambiente urbano	24
4.2	Estrutura da mensagem de anúncio (<i>msg.Anun</i>).	25
4.3	Estrutura da mensagem de descoberta de vizinhança (<i>msg.Desc</i>).	26
4.4	Estrutura da mensagem de manutenção de grupo (<i>msg.Manuten</i>).	26
4.5	Estrutura da mensagem de monitoramento (<i>msg.Mon</i>).	26
4.6	Arquitetura do MINUET	27
4.7	Zona de anúncio.	30
4.8	Exemplo de operação do MINUET.	33
5.1	Fluxo de etapas envolvidas na fase de avaliação do MINUET.	36
5.2	Regiões selecionadas do LuST para simulação.	39
6.1	Número de monitoradores.	49
6.2	Pacotes de monitoramento criados e entregues.	50
6.3	Veículos na ZA que colaboraram no monitoramento e/ou disseminação. . .	51
6.4	Pacotes transmitidos na rede	52
6.5	Atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento pelo número de sal- tos, utilizando DCA.	53
6.6	Número de monitoradores.	54
6.7	Número de pacotes de monitoramento criados e entregues pelo tempo. . . .	55
6.8	Número de veículos em ZA que repassaram pacotes.	55
6.9	Pacotes transmitidos na rede.	56

6.10	Atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento pelo número de saltos	57
6.11	Número de monitoradores.	59
6.12	Número de pacotes de monitoramento criados e entregues pelo tempo. . . .	59
6.13	Número de veículos colaborando em Zona de Anúncio.	60
6.14	Número de pacotes transmitidos na rede pelo tempo.	61
6.15	Atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento pelo número de saltos, utilizando DCA.	62
6.16	Número de monitoradores.	63
6.17	Pacotes de monitoramento criados e entregues.	64
6.18	Veículos da ZA que repassaram pacotes.	65
6.19	Pacotes transmitidos na rede.	65
6.20	Atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento pelo número de saltos, utilizando DCA.	66
6.21	Gráficos de desempenho taxa de veículos agrupados nos cenários.	67
6.22	Gráficos de desempenho total de grupos formados e overhead de agrupamento.	68

Lista de Tabelas

3.1	Família de padrões IEEE WAVE.	15
4.1	Notações adotadas para o MINUET.	23
6.1	Parâmetros de configuração do cenário de alta densidade de um sentido. . .	48
6.2	Parâmetros de configuração para o DCA e PCTT.	49
6.3	Total de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes na rede.	52
6.4	Parâmetros de configuração do cenário de alta densidade de dois sentidos. .	53
6.5	Total de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes na rede.	57
6.6	Parâmetros de configuração do cenário de baixa densidade de um sentido. .	58
6.7	Total de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes na rede.	61
6.8	Parâmetros de configuração do cenário de baixa densidade de dois sentidos.	62
6.9	Total de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes na rede.	66

Capítulo 1

Introdução

Nos últimos anos, as áreas urbanas têm vivenciado um crescimento populacional sem precedentes, as quais vem impactando em vários aspectos do dia-a-dia das cidades. Dentre as consequências pode-se destacar o aumento do número de desastres onde, de acordo com o Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres, do inglês Centre for Research on the Epidemiology of Disaster (CRED), cerca de 896.150 mortes foram causadas por desastres naturais e acidentes técnicos entre os anos de 2005 e 2014 [Zhang, Huang e Su 2016]. Além das fatalidades, os danos causados por tais eventos proporcionam um alto custo financeiro aos cofres públicos resultando em um impacto negativo considerável à economia. De acordo com [Zhang, Huang e Su 2016], cerca de 1 trilhão de dólares foram gastos em decorrência de desastres ocorridos entre 2011 e 2014.

Com o objetivo de compreender, impedir e controlar eventos de naturezas distintas, pesquisadores e estudiosos tem desenvolvido modelos de planejamento emergenciais para o tratamento destes eventos. De acordo com Alexander, em [Alexander 2002], desastres tendem a ser eventos repetitivos compreendendo um ciclo que pode ser dividido em 4 fases: (i) *mitigação* - compreende toda e qualquer ação necessária para impedir/reduzir os impactos de desastres futuros; (ii) *preparação* - corresponde as ações tomadas para reduzir o impacto dos desastres quando sua ocorrência é previsível e inevitável; *resposta* - representa as ações emergenciais tomadas em virtude das consequências geradas a curto prazo do evento; e *recuperação* - corresponde as ações tomadas para reparar os danos do evento, como por exemplo restauração de serviços e reconstruções. A Figura 1.1 ilustra o ciclo de fases de um evento com base em [Alexander 2002].

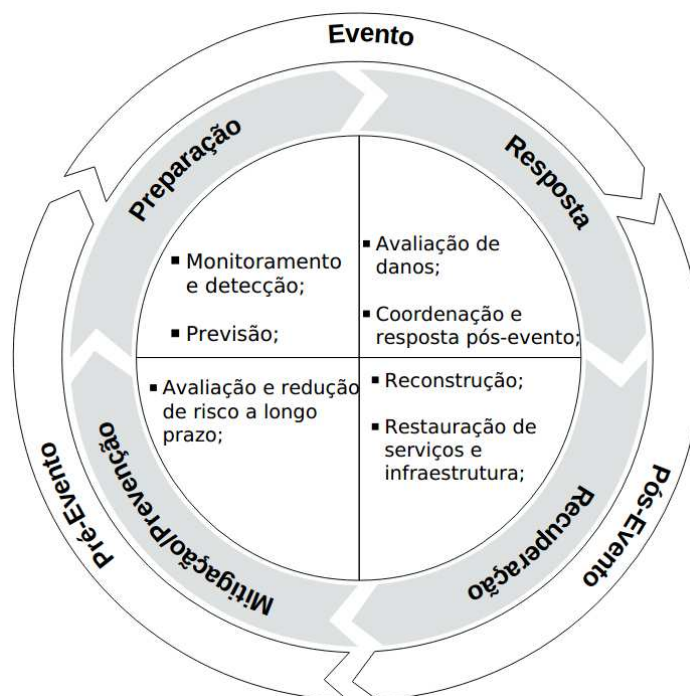


Figura 1.1: Representação de ciclo de desastre baseado em [Alexander 2002].

Além do ciclo de tratamento de eventos proposto por Alexander outros aspectos importantes, quando diz respeito ao tratamento de eventos, também devem ser considerados tais como a disseminação da informação. A realização da disseminação eficiente das informações de um evento contribui tanto no auxílio do seu tratamento pelas autoridades competentes quanto ao seu anúncio à população. Diversos meios de comunicação, tais como televisão, rádio, sites de notícias e redes sociais, podem ser utilizadas para a disseminação de informação de certos eventos. Em [Zhang, Huang e Su 2016] foi apresentada uma análise de eficiência na disseminação de informações de emergências entre alguns dos principais meios de comunicação. Logo conclui-se que uma infraestrutura de telecomunicação em ambientes urbanos detém um papel essencial na disseminação de informações de emergência, monitoramento e auxílio no tratamento de eventos urbanos no intuito de evitar ou minimizar suas consequências.

Contudo, muitas vezes, a disseminação da informação ainda ocorre através da intervenção humana, o que pode resultar no comprometimento da acurácia ou na velocidade da disseminação da informação e, consequentemente, comprometer o tratamento do evento. Desta forma governos, academia e indústria vêm dirigindo suas atenções para tais problemas no

intuito de propor soluções que evitem ou reduzam os impactos gerados por tais eventos utilizando-se de diferentes abordagens. Iniciativas como em [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2013, Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2014] fazem uso de técnicas de agrupamento veicular sobre uma Rede Veicular não Estruturada, do inglês VANET, para rastrear veículos alvos que trafegam em vias urbanas. Em [Chou et al. 2017] foi proposta uma estratégia de transmissão de mensagens de emergência adaptativa para eventos de acidentes veiculares, onde o veículo acidentado seria capaz de detectar tal evento, por meio de sensores embarcados, e imediatamente enviar mensagens de emergência para seus veículos vizinhos. Contudo, pode-se perceber, que tais trabalhos resumem-se ao tratamento de eventos específicos.

Com o advento das Cidades Inteligentes e Internet da Coisas, do inglês Internet of Things (IoT), a infraestrutura urbana de comunicação vem proporcionado avanços na intercomunicação de serviços básicos, necessários em uma cidade, com sistemas computacionais que possibilitam a automatização de ações/operações urbanas. Assim, a infraestrutura de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), existente em ambientes de Cidades Inteligentes, pode desempenhar um papel importante no tratamento de eventos urbanos, ao auxiliar na intercomunicação entre atores urbanos e as autoridades responsáveis por resolver tais eventos. Além disso, com a evolução de áreas como *Crowdsourcing* [Ma et al. 2018] e IoT [Hassan e Awad 2018], a integração e a cooperação de diferentes sistemas computacionais podem proporcionar o surgimento de novas estratégias no gerenciamento à respostas de emergências e monitoramento diário em zonas urbanas. Desta forma, é possível idealizar a criação de infraestruturas resilientes que garantam a continuidade das funcionalidades das cidades até mesmo em face de eventos catastróficos [Timashev 2017, Furutai e Kanno 2018]. Estas estratégias, normalmente fazem uso de fontes de captadores de informações (e.g. câmeras, sensores, smartphones e veículos) com o objetivo de auxiliar na tomada de decisões de outros sistemas responsáveis pelo tratamento de eventos específicos.

Os Sistemas de Transporte Inteligente, do inglês Intelligent Transportation Systems (ITS), contribuem para a automatização de operações de deslocamentos dentro das Cidades Inteligentes. Em ITS, os veículos fazem parte de uma VANET, através da qual se intercomunicam com outros veículos, do inglês Vehicle-to-Vehicle (V2V), e com a infraestrutura de redes da cidade, do inglês Vehicle-to-Infrastructure (V2I), de forma a trocarem informações para os mais variados objetivos relacionados a segurança e entretenimento. Além disso,

devido à sua onipresença, os veículos terrestres automotores (e.g. carros, motos e ônibus) aparecem como uma alternativa óbvia para a coleta de dados multimídia nos centros urbanos [Wang et al. 2018, Quadros et al. 2015, Quadros et al. 2015, Quadros et al. 2016] referente a eventos e para suportar cooperação e coordenação no monitoramento [Castro et al. 2017], uma vez que os mesmos não sofrem da limitação de recursos de processamento, armazenamento e energia que outras redes não estruturadas possuem [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017]. Contudo, uma VANET impõem seus próprios desafios, tais como alta mobilidade [Silva et al. 2016], variação da densidade de tráfego, alta escalabilidade e variação topológica da rede [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2013, Macedo et al. 2014].

Embora estudos recentes vem mostrando estratégias ao gerenciamento de eventos em cidades, eles geralmente limitam-se ao tratamento de um evento específico, como por exemplo, inundações [Mousa, Zhang e Claudel 2016], acidentes veiculares [Chou et al. 2017] ou condições de tráfego [Abhishek, Zhao e Medhi 2016]. Outros trabalhos focam na disseminação de conteúdos de vigilância [Huang et al. 2017] ou de colisões [Shi et al. 2017], porém em uma abordagem centralizada para a comunicação do evento. Contudo, a própria infraestrutura em cidades inteligentes poderia permitir uma colaboração através de *Crowd-sourcing* de veículos, seja para auxiliar na detecção por imagens, seja para disseminar dados de eventos emergenciais até uma entidade de controle pública externa com capacidade de processamento para reconhecer eventos e tomar as devidas providências de modo a otimizar as ações públicas. Diante do exposto a presente pesquisa levantou a seguinte hipótese:

*A colaboração entre veículos através de um **controle** e uma **coordenação** cooperativa pode auxiliar as autoridades no **reconhecimento e tratamento** de múltiplos eventos urbanos emergenciais em cidades Inteligentes.*

Considerando a hipótese descrita acima, este trabalho apresenta o modelo de um sistema baseado em agrupamentos cooperativos de veículos chamado MINUET, que opera sobre uma rede veicular híbrida (i.e. rede não estruturada capaz de prover comunicação entre veículos e a infraestrutura urbana) para suportar a coordenação e o controle do monitoramento distribuído e dinâmico e disseminação sobre múltiplos eventos urbanos (e.g. acidentes, desastres e flagrantes) de modo a auxiliar as autoridades no reconhecimento e tratamento destes eventos. No modelo proposto, ao se detectar um evento (po meio de técnicas de proces-

samento de imagens), os veículos se auto-coordenam para monitorar este evento o maior tempo possível de forma à entidade pública tomar a decisão mais eficaz para a sua resolução. Além disso, os veículos também coordenam uma comunicação cooperativa, onde múltiplos veículos transmitem dados de um único evento, e há a combinação dos dados transmitidos pelos agrupamentos de veículos na entidade destino (entidade competente pelo tratamento do evento). O MINUET emprega uma gerência de coordenação e controle adaptativos e distribuídos baseada no contexto temporal e espacial dos veículos (*Crowdsourcing*), onde eles realizam colaborativamente o monitoramento e a disseminação de forma dinâmica e sob-demanda (reativa). O MINUET foi avaliado por meio de simulações, utilizando o simulador NS3, para avaliar o seu desempenho sob quatro tipos de cenários, representando contextos de tráfego realistas da cidade de Luxemburgo. Para a formação dos agrupamentos foram utilizadas duas técnicas distintas existentes na literatura, o Prediction based Clustering algorithm for Target Tracking (PCTT) [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2014] e o Direction-based Clustering Algorithm (DCA) [Tal, Kelly e Muntean 2016], as quais também foram avaliadas. Os resultados demonstraram que o MINUET foi capaz de coordenar o monitoramento dinâmico, proporcionar a disseminação distribuída das informações e, consequentemente, prover a entrega da informações à Entidade Externa (EE) para todos os cenários simulados.

1.1 Objetivos

Este trabalho visa propor uma solução computacional capaz de auxiliar as autoridades competentes na tomada de decisões, durante a preparação e resposta de possíveis eventos em ambientes urbanos, e portanto possibilitar ações mais eficazes na prevenção e tratamento de múltiplos eventos urbanos. Assim, pretende-se utilizar grupos de veículos para colaborar no monitoramento e disseminação das informações monitoradas sobre uma VANET. Logo, esta pesquisa possui os seguintes objetivos específicos:

- **Objetivo 1:** Desenvolver um mecanismo que permita o controle de disseminação distribuída, em que qualquer veículo com capacidade de repassar/entregar as informações, o fazem. Nos atuais trabalhos, apenas o líder do grupo decide quais informações são enviadas a uma central de controle ou apenas o líder se comunica com a central;
- **Objetivo 2:** Desenvolver um mecanismo que permita o monitoramento colaborativo dos even-

tos detectados em plena área urbana. Em outros trabalhos, apenas o líder monitora o evento, não havendo assim um monitoramento colaborativo.

1.2 Contribuições

Esta seção descreve as contribuições obtidas ao longo do desenvolvimento da pesquisa referente a esta dissertação:

- Estudo do estado-da-arte: *foi realizada um estudo e discussão dos trabalhos existentes na literatura associados a agrupamentos veiculares, sistemas reativos de disseminação de mensagens, sistemas de rastreamento veiculares e sistemas de monitoramento e vigilância em ambientes urbanos;*
- Descrição da arquitetura MINUET: *foi proposto e desenvolvido, por meio do MINUET, um modelo de sistema de monitoramento colaborativo e disseminação distribuída de informações de eventos críticos em ambientes urbanos;*
- Avaliação e validação via simulação do MINUET: *foi realizado um detalhamento dos cenários urbanos utilizados nesta pesquisa, bem como as métricas definidas para avaliar o MINUET.*

1.3 Estrutura da Dissertação

O restante deste trabalho está estruturado como descrito a seguir. O Capítulo 2 apresenta os trabalhos relacionados à presente pesquisa. O Capítulo 3 descreve os conceitos fundamentais relacionados a proposta da pesquisa. O Capítulo 4 descreve toda a proposta da pesquisa, onde são apresentadas as asserções adotadas neste trabalho, o modelo do ambiente urbano utilizado, o modelo do sistema proposto e o fluxo de funcionamento do modelo do sistema. O Capítulo 5 detalha a metodologia de avaliação aplicada na pesquisa, onde são descritos os cenários selecionados, os parâmetros de configuração da simulação, as métricas usadas para a fase de avaliação, bem como todas as ferramentas utilizadas. No Capítulo 6 são apresentados os resultados das simulações do MINUET, onde são demonstrados a eficácia e eficiência do sistema, bem como a análise de desempenho das técnicas de agrupamento. Finalmente,

no Capítulo 7 são descritas as considerações finais, bem como as conclusões, com base nos resultados obtidos nesta pesquisa. Ainda neste capítulo, são apresentados os trabalhos que pretendem ser desenvolvidos após esta pesquisa e, em seguida, são apresentadas as publicações obtidas durante esta pesquisa.

Capítulo 2

Trabalhos Relacionados

Os problemas do dia-a-dia nas cidades, resultantes da emergente expansão demográfica nas zonas urbanas e a onipresença de veículos, são algumas das motivações que impulsionou o desenvolvimento de trabalhos em VANET. Nesta seção são apresentadas alguns trabalhos na literatura que utilizam soluções computacionais para auxiliar no cotidiano das cidades ao tratar aspecto urbano específico. Dentre os vários serviços para Cidades Inteligentes, alguns utilizam estrutura de agrupamentos para apoiar o rastreamento de objetos-alvo o/ou a disseminação de informações.

No trabalho proposto em [Yedder e Benyahia 2017], os autores propõem um sistema reativo de disseminação de informação para auxiliar no despacho de veículos de emergência (e.g. uma ambulância). A partir de informações coletadas pelos veículos na VANET, é possível inferir que uma via está congestionada, o que possibilita que a rota do veículo de emergência possa ser alterada em tempo real. Contudo, são feitas simulações apenas considerando questões de mobilidade e de tráfego, sem levar em conta questões da infraestrutura de rede (e.g. atraso, colisões) poderiam influenciar na solução.

Em [Chen et al. 2015] foi proposto um algoritmo de agrupamento multi-saltos que se baseia na relação de "seguidores de vizinhos" entre os veículos como estratégia para seleção dos líderes dos grupos. Tal estratégia se baseia na suposição de que um veículo não consegue identificar o melhor líder dentre os seus vizinhos a múltiplos saltos de distância. Porém consegue identificar, dentre o seus vizinhos a um salto, quais os mais estáveis e semelhantes para assumir o papel de líder do grupo. Desta forma, um veículo pode facilmente selecionar o seu líder seguindo o seu vizinho mais estável, com base na sua velocidade relativa e histórico

do número de veículos que seguiram e/ou seguem corrente o veículo.

Um sistema para a disseminação de mensagens emergenciais veicular, *Appropriate Vehicular Emergency Dissemination (AVED)*, foi proposto em [Chou et al. 2017]. Este trabalho destina-se especificamente à disseminar mensagens emergenciais de acidentes automobilísticos, onde os sensores embarcados do veículo acidentado detectaria o impacto e imediatamente enviaria mensagens de emergência para informar os demais veículos vizinhos. Estes, por sua vez, processariam as informações do acidente e repassariam para os demais vizinhos da rede até alcançar uma entidade competente. O AVED baseia-se no padrão WAVE/DSR e mantém uma tabela de roteamento, atualizada periodicamente, capaz de determinar o vizinho mais confiável para encaminhar a mensagem na rede.

Um algoritmo de agrupamento veicular baseado na estabilidade e mobilidade foi proposto em [Ren et al. 2017]. Neste algoritmo, os veículos são agrupados a uma distância de um salto dos seus líderes. Os quais são selecionados em uma posição estrategicamente central do grupo e os membros selecionados a uma distância pré-definida do líder se movendo na mesma direção. Como estratégia de seleção, algumas métricas de agrupamento são utilizadas tais como direção e posição relativa do veículo, além da estimativa do tempo de conexão entre os veículos. Além dos papéis fundamentais presentes nos grupos, neste trabalho foi criado o papel de líder temporário o qual objetiva colaborar no processo de formação do grupo.

Em [Gorrieri et al. 2016] é proposta uma estratégia descentralizada para aquisição de dados de fenômenos em redes veiculares. Numa primeira fase (*downlink phase*), um nó sorvedouro remoto (pode estar na nuvem) dispara mensagens na rede para formação de grupos. Durante a formação, os líderes de cada grupo também já são definidos. Em uma segunda fase (*uplink phase*), dados coletados pelos veículos de cada grupo, referentes ao fenômeno observado, são enviados para os seus respectivos líderes e repassados para o nó sorvedouro. A ideia é criar uma topologia baseada em grupos para a disseminação de dados dos fenômenos. Contudo, esta solução emprega uma estratégia pró-ativa, o que pode desperdiçar recursos em casos onde não ocorrem fenômenos.

Em [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017] os autores apresentam e realizam testes em dois algoritmos de agrupamento para rastreamento de veículos em vias de trânsito. Na estratégia aplicada pelos algoritmos, os grupos são formados apenas pelos veículos que atualmente de-

tectam o veículo alvo e por aqueles veículos que possuem uma alta probabilidade de detectar o veículo alvo logo em seguida. O líder do grupo concentra os dados coletados de todos os membros do grupo, analisa os dados de forma a eliminar redundâncias e os retransmite à rede infra-estruturada. Apesar da eficácia, estas duas soluções concentram no líder do grupo a responsabilidade de decidir o que enviar para uma central de controle.

Em [Tal, Kelly e Muntean 2016] um novo algoritmo de agrupamento veicular baseado na direção do veículo *Direction-based Clustering Algorithm - DCA* foi proposto. Apesar da métrica de agrupamento já ser muito utilizada, o presente algoritmo a utiliza considerando os diferentes ângulos de direção, além da distância relativa, entre os veículos como estratégia de agrupamento. Tal estratégia considera que veículos com ângulos de direção menores a uma distância mínima são mais propícios a se manterem agrupados por mais tempo, mantendo um baixo *overhead* com um alto desempenho.

Em [Mohammad e Michele 2010] um algoritmo de agrupamento veicular baseado no fluxo do tráfego foi proposto no propósito de aumentar a estabilidade do grupo. Neste algoritmo uma estratégia de identificação das posições das faixas foi utilizado como uma das principais métricas para selecionar o líder mais apropriado para o grupo. O que proporcionou a formação de grupos mais estáveis (i.e. grupos com mais tempo de duração) reduzindo, desta forma, o *overhead* de reagrupamento na rede. Tal algoritmo parte do princípio que veículos que trafegam na faixa central das vias tende a se manter na mesma direção e, consequentemente, serem mais propícios a se agrupar.

Uma solução de provisionamento de serviço de vigilância de estradas, em tempo real, utilizando grupos de veículos foi proposto [Huang et al. 2017]. Este trabalho desenvolveu uma estratégia de controle que utiliza um algoritmo de agrupamento baseado na área de visão do veículo juntamente com técnicas adaptativas de streams de vídeo para auxiliar na vigilância das vias de trânsito. Grupos de veículos propagam informações visuais em tempo real na rede de modo a ampliar o campo de visão dos motoristas nas vias de trânsito. A solução busca escolher o líder de grupo mais apropriado, o qual é o responsável por capturar imagens da via e repassar aos demais membros. Entretanto, apenas o líder do grupo captura as informações, não permitindo assim uma colaboração durante o monitoramento.

Os autores em [Shi et al. 2017] propõem uma solução de agrupamento centralizada baseada em uma arquitetura de rede híbrida. Ao usar interfaces IEEE 802.11p e Long-

Term Evolution (LTE), os veículos podem escolher o modo de comunicação e disseminação de mensagens de alerta para outros grupos da rede através de uma entidade central. Tais mensagens visam alertar os motoristas sobre colisões em cruzamentos e engarrafamentos. Contudo, nesta proposta apenas o líder do grupo se comunica com a rede infraestruturada, o que pode causar atrasos na disseminação das informações.

Em [Wang et al. 2018] os autores propõem um *framework* para disseminação de conteúdo em redes de acesso heterogêneas usando uma estratégia de gerenciamento de tráfego baseada em agrupamentos. O trabalho utiliza um sistema baseado em *Crowdsensing* para coletar informações de eventos de forma colaborativa de forma a entregá-las a uma central de gerenciamento. Membros do grupo enviam mensagens referentes a um evento para o líder do grupo, onde este analisa os dados de forma a ter informações mais precisas sobre os eventos e decide pela transmissão imediata ou adiada para a central.

Capítulo 3

Fundamentação Teórica

Esta seção descreve alguns conceitos fundamentais para a compreensão deste trabalho, os quais serviram de base para formalização e finalização desta pesquisa. A seguir destacamos alguns destes conceitos.

3.1 Cidades Inteligentes

Com a expansão populacional contínua das cidades novas necessidades e desafios relacionados a segurança, mobilidade urbana e saúde pública surgem. Com o advento das *Cidades Inteligentes* soluções vem sendo empregadas com o propósito de suprir estas necessidades. Por meio de uma infraestrutura de comunicação e serviço urbano automatizada as Cidades Inteligentes são capazes de proporcionar eficiência nas operações urbanas, mantendo o desenvolvimento econômico e melhorando a qualidade de vida da população. De acordo com [Medina, Pérez e Trujillo 2017] uma cidade inteligente deve proporcionar uma utilização adequada dos recursos públicos, com o objetivo de melhorar a qualidade dos serviços oferecidos à população e reduzir o custo operacional para as administrações públicas.

Apesar de ainda não existir uma padronização comumente aceitável que descreva o que é uma "Cidade Inteligente" [Smart cities and infrastructure, Hayat e Betis 2017], sabe-se que para garantir um bom funcionamento urbano é necessário que entidades fundamentais (e.g. hospitais, delegacias, escolas e entre outros) funcionem juntos utilizando recursos urbanos de maneira otimizada. Como [FOUNOUN e HAYAR 2018] explica, o termo "Inteligente" de uma cidade corresponde a capacidade de reunir seus recursos e alcançar os objetivos enfati-

zados com base na taxa de satisfação das necessidades dos seus habitantes, enquanto assegura um envolvimento efetivo dos habitantes na abordagem.

Uma Infraestrutura Inteligente agrega diferentes áreas-chaves relacionadas a uma Cidade Inteligente, tais como Economia, Ambiente, Governança e Mobilidade Inteligente, como afirma [Smart cities and infrastructure]. Isto possibilita que entidades urbanas (e.g. delegacias e hospitais inteligentes) coletem dados em tempo real para tomadas de decisões adequadas e precisas por meio das TICs, presentes nas Cidades Inteligentes, reunindo diferentes demandas de infraestrutura. Isto proporciona o desenvolvimento de aplicações inteligentes voltados à serviços urbanos fundamentais, tais como a mobilidade urbana onde soluções pró e/ou reativas são desenvolvidas sob diferentes modalidades multimodais de mobilidades (e.g. carros, ônibus, bicicletas, metrô e barcos).

3.2 Sistemas de Transporte Inteligente

Um Sistema de Transporte Inteligente (ITS) é um termo utilizado para se referir à sistemas de transporte onde veículos interagem com o ambiente, além de uns com os outros, para obter uma experiência de condução mais adequada e, onde uma infraestrutura inteligente, melhora a segurança e capacidade do sistema viário [Williams 2008]. Os ITSs contribuem para a automatização de operações de deslocamentos dentro das Cidades Inteligentes. Onde veículos fazem parte de uma VANET, através da qual se intercomunicam com outros veículos (V2V) e com a infraestrutura de redes da cidade (V2I) para trocarem informações para os mais variados objetivos normalmente relacionados à segurança e/ou entretenimento.

Este tipo de sistema prover diferentes tipos de serviços, como descreve [Williams 2008], como pode-se destacar: 1) *Informações de Viagem*: correspondem a serviços voltados à viajantes provendo informações de tráfego, rotas e dentre outras informações da malha viária relacionadas à viagem; 2) *Operações e Gerenciamento de Tráfego*: voltado ao gerenciamento do movimento e rotas dos veículos e pedestres nas vias urbanas; 3) *Transporte Público*: responsável pela gestão do transporte público e compartilhamento das suas informações aos usuários; 4) *Emergência*: responsável pelo tratamento de incidentes categorizados como emergenciais, seja na gestão do tráfego e na disseminação de informações de emergência; 5) *Coordenação e Gerenciamento à Respostas de Desastres*: são considerados serviços

executados em respostas à ocorrências como desastres naturais, manifestações civis ou atentados terroristas; 6) *Segurança Nacional*: voltados à atividades que protegem diretamente ou mitigam danos físicos ou operacionais a pessoas e instalações devido à desastres naturais, manifestações civis ou atentados terroristas.

Neste contexto, para a maioria das aplicações de ITS, a consciência cooperativa, do inglês Cooperative Awareness (CA), se faz necessária onde usuários da via (i.e. carros, caminhões, motos ou pedestres) e a infraestrutura urbana (i.e. placas, semáforos, pontes, etc) trocam informações dinamicamente uns com os outros também conhecidas por mensagens de consciência cooperativa, do inglês Cooperative Awareness Message (CAM). Onde tais mensagem são construídas, gerenciadas e processadas seguindo diferentes tipos de padrões desenvolvidos por entidades públicos e/ou privados.

3.3 Rede Veicular Não Estruturada

Diante da onipresença de veículos nas zonas urbanas, novas soluções podem surgir com propósito de contribuir na segurança, saúde, mobilidade e dentre outras áreas que colaboram para o bem estar do dia-a-dia das pessoas. Neste contexto, percebe-se que o papel do veículo nas cidades vai deixando de ser uma mera ferramenta de transporte para uma entidade fundamental que contribui para gestão urbana. Com o avanço das tecnologias de comunicação e processamento, fabricantes automobilísticos vem investindo em veículos "inteligentes" capazes de se comunicar proporcionando a formação de uma rede de comunicação conhecida como Rede Veicular Não Estruturada (VANET) [Torrent-Moreno, Killat e Hartenstein 2005].

Uma VANET é capaz de prover comunicação com outros veículos (V2V) e com a infraestrutura urbana V2I tendo por objetivo transmitir informações (e.g. condições do tráfego e estradas) e compartilhar dados de segurança [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2013]. Estas redes correspondem uma das áreas fundamentais do ITS servindo como infraestrutura de comunicação base para o provisionamento dos seus serviços. Nas quais dados críticos relacionados as condições do tráfego e das estradas podem ser disseminados [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017] de maneira otimizada [Ren et al. 2017].

Diferente de outras redes que atuam em ambiente urbano, tais como a Rede de Sensores

Sem Fio, do inglês Wireless Sensor Network (WSN), uma rede VANET não possui limitação de recursos em processamento, armazenamento e energia, tornando-a um opção viável para o processamento de algoritmos complexos [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017]. Ademais, estas redes detém de certas características e propriedades que devem ser consideradas, tais como a previsibilidade de movimento, a variação da densidade de tráfego, a alta escalabilidade e a variação topológica da rede [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2013].

Afim de consolidar e reduzir cada vez mais os desafios impostos nos ambientes veiculares entidades reguladoras, tais como o Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) e Society of Automotive Engineers (SAE), vem dedicando esforços para padronizar esta modalidade de comunicação. Como resultado foi desenvolvido a pilha de protocolos de Acesso sem Fio em Ambientes Veiculares, do inglês Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE). Esta arquitetura agrega diferentes padrões da família IEEE 1609 em que define um conjunto de serviços e interfaces que possibilitam uma comunicação segura com acesso ao meio físico dedicado em um curto alcance, do inglês Dedicate Short Range Communication (DSRC), com alta velocidade e baixa latência. A Figura 3.1, baseado em [IEEE Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Architecture 2014], apresenta a pilha de protocolos WAVE descrevendo seus respectivos padrões. Os padrões da família IEEE 1609, apresentados na Figura 3.1, possuem funções específicas dependendo da(s) camada(s) em que atua, a Tabela 3.1 (baseada em [Hamato, Ariffin e Faisal 2013]) apresenta o uso de cada um destes padrões.

Tabela 3.1: Família de padrões IEEE WAVE.

Padrão WAVE	Uso
IEEE P1609.2	Serviços de Segurança para aplicações e gerenciamento de mensagens
IEEE P1609.3-2010	Serviços de Rede
IEEE P1609.4-2010	Operações Multi canal
IEEE P1609.11-2010	Protocolo para troca de dados de pagamento eletrônico
IEEE P1609.6	Serviços de gerenciamento remoto

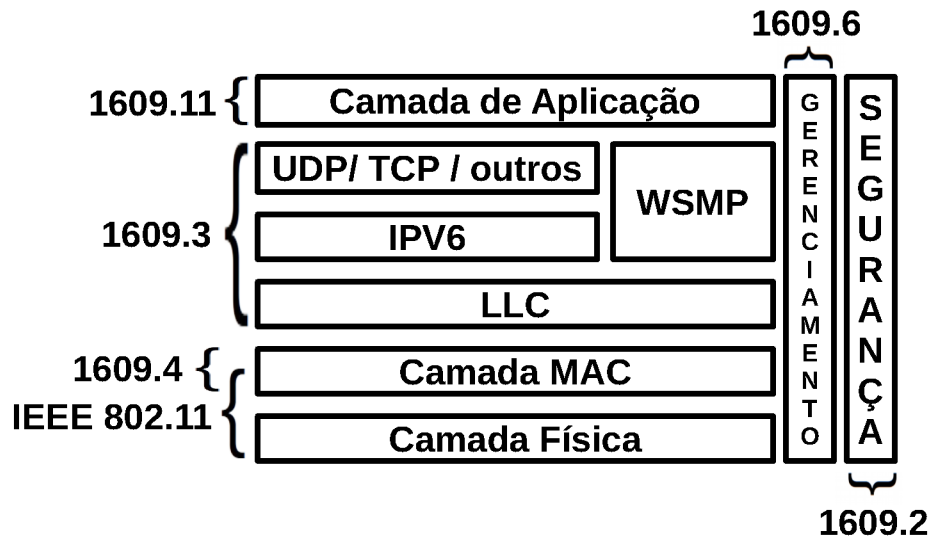


Figura 3.1: Pilha de protocolos WAVE.

3.4 Agrupamento Veicular

Agrupamento é uma técnica normalmente aplicada no desenvolvimento de sistemas com o objetivo de garantir o fluxo da comunicação das informações, reduzir o número de transmissão entre seus elementos e otimizar o uso de recursos no sistema como podem ser vistos em trabalhos como [Kumar et al. 2017], [Ucar, Ergen e Ozkasap 2016], [Chen et al. 2015], [Hasanabadi et al. 2014]. As técnicas de agrupamentos, desenvolvidas na década de 80, foram projetadas inicialmente focando em Rede Móvel não Estruturada, do inglês Mobility Ad Hoc Networks (MANET). Com o surgimento da VANET as técnicas de agrupamento tiveram de ser desenvolvidas ou adaptadas na tentativa de suprimir os novos desafios intrínsecos a este tipo de rede. Como resultado uma grande variedades de técnicas voltadas especificamente à VANET foram surgindo [Tal, Kelly e Muntean 2016]. Os agrupamentos em redes veiculares formam uma topologia hierárquica, onde a rede é segmentada em grupos de nós. Cada nó é responsável por executar papéis específicos responsáveis pela comunicação e manutenção do próprio grupo. A seguir são apresentados os principais papéis existentes nas técnicas de agrupamento para este tipo de rede.

- **Líder:** Normalmente responsável pela gestão do grupo como um todo, sendo capaz de controlar a entrada/saída de nós, como em [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2013],

a sobreposição de grupos e a comunicação intra-grupo. Contudo as funções do líder pode variar de uma técnica de agrupamento para outra dependendo das decisões de projetos tais como topologia e arquitetura do grupo, e métricas utilizadas;

- **Membro:** Corresponde o veículo pertencente a um grupo de veículos, normalmente este veículo assume outros papéis no agrupamento;
- **Retransmissor:** Representa um nó membro do grupo responsável por repassar as mensagens (e.g. mensagens de controle e/ou de dados) para os demais nós membros do grupo, normalmente os retransmissores são utilizados em grupos de arquitetura multi-saltos, como podem ser vistos em trabalhos como [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2014, Chen et al. 2015];
- **Gateway:** Papel existente em algumas técnicas de agrupamento. O nó membro é responsável pela comunicação externa do grupo possibilitando a comunicação intergrupo ou, até mesmo, para outras redes, tais como LTE.

Além dos papéis definidos acima, também existem outros específicos que variam de uma técnica para outra. Normalmente as técnicas de agrupamento compreendem duas fases principais: 1) Fase de Formação do Grupo, responsável pela descoberta da vizinhança, seleção do líder e estabelecimento da comunicação dos nós com seus respectivos líderes, e 2) Fase de Manutenção do Grupo, responsável pela refiliação de membros no grupo. Ambas as fases são compostas por uma série de procedimentos que podem ser repetidos dependendo das regras das técnicas de agrupamento e dinamicidade da rede [Cooper et al. 2017], como são descritos a seguir:

1. Fase de Formação

- (a) **Descoberta de Vizinhança:** Um nó inicialmente deve anunciar periodicamente sua existência para seus vizinhos enquanto que, simultaneamente, obtém informações semelhantes dos mesmos com o objetivo de construir a topologia de rede. Trabalhos, como em [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2014], [Tal, Kelly e Muntean 2016] e [Ren et al. 2017], utilizam transmissões em *broadcast* de mensagens de controle como estratégia de descoberta de vizinhança;

- (b) **Seleção de Líder:** Com base nas informações dos vizinhos um nó líder é selecionado para mediar a comunicação entre o grupo e o resto da rede [Cooper et al. 2017]. Além da comunicação, o líder também é responsável por exercer um conjunto de funções voltadas à manutenção do grupo, os quais variam de acordo com o propósito da técnica de agrupamento. Segundo [Vodopivec, Bešter e Kos 2012] um grupo estável é aquele que não possui uma alta frequência de mudança de líder mesmo com a variação topológica da rede.

2. Fase Manutenção:

- (a) **Controle de Entrada/Saída de Nós:** Considerando fatores como a alta velocidade, variação topológica da rede, comportamento dos condutores e interferências no canal a frequência de entrada e saída de nós membros no grupo pode variar consideravelmente com o tempo. Desta forma a técnica de agrupamento deve ser capaz de tratar as frequentes entradas e saídas de veículos no grupo;
- (b) **Sobreposição de Grupos:** Consiste na união de dois ou mais grupos que, em um determinado instante de tempo, compartilham uma região. Desta forma ao invés de existir dois ou mais líderes, um para cada grupo, os grupos serão unidos e um líder mais adequado selecionado. Trabalhos como em [Ren et al. 2017] realiza o tratamento da sobreposição baseando-se na área e no tempo de sobreposição entre os grupos;
- (c) **Mudança de Líder:** A seleção do líder mais adequado para o grupo é realizado no intuito de aumentar o desempenho e estabilidade do grupo. Contudo, considerando a dinamicidade do ambiente VANET, o líder pode ser trocado várias vezes durante o tempo de vida de um grupo. Diferentes trabalhos utilizam alguns fatores como métrica para tratar a troca do líder. Trabalhos, como em [Tal, Kelly e Muntean 2016], se baseiam no número de vizinhos de um nó para determinar o líder do grupo. Já em [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2013] a troca do líder é realizada com base no valor da probabilidade de falha de rastreamento, do inglês *Tranking Failure Probability (TFP)*, onde o líder que não for capaz de rastrear o veículo alvo ou manter o TFP maior que os dos outros nós deverá trocar de estado;

Cada um dos procedimentos, pertencentes a uma das fases descritas acima, possuem funções específicas com o objetivo de manter a estabilidade e desempenho do grupo em um ambiente dinâmico. Muitas destas técnicas são desenvolvidas baseando-se na complexidade de um ambiente VANET [Tal, Kelly e Muntean 2016], as quais separam os veículos em diferentes grupos embasando-se em regras distintas [Ren et al. 2017]. Tais regras, muitas vezes, estão relacionadas às métricas de mobilidade (e.g. velocidade, direção e distância) que podem ser consideradas umas das principais métricas de agrupamento em VANETs [Tal, Kelly e Muntean 2016]. As métricas de agrupamento normalmente são elaboradas observando aspectos específicos do tráfego ou da rede no ambiente. Contudo, devido a complexidade das VANETs, as técnicas de agrupamento podem não ser adequadas em determinados contextos, em que a alta mobilidade, a frequente variação topologia da rede, restrição de movimento e densidade do tráfego podem afetar tanto a estabilidade quanto a eficiência do grupo. De acordo com [Ren et al. 2017], as técnicas de agrupamento podem ser classificadas, quanto a sua topologia, como a seguir:

- **Multi-saltos:** Correspondem aos grupos cujo os membros podem se comunicar indiretamente com o líder, ou seja, a comunicação entre um membro e o líder pode envolver múltiplos saltos. Dentre as vantagens desta topologia pode-se destacar capacidade de ampliar sua área de cobertura, reduzir o número de líderes e melhorar a estabilidade da rede [Tayal e Tripathi 2012]. Contudo, para que isso seja possível, normalmente o nível de *overhead* se eleva, devido o aumento do número de saltos. Além de elevar o valor de conexões perdidas e exigir maior tempo para a formação dos grupos [Ren et al. 2017];
- **Um-salto:** São os grupos cujos os membros mantém apenas comunicação direta com o líder. Dentre as vantagens podemos destacar a redução do tempo de formação do grupo e do *overhead* de gerenciamento o que restringe as perdas e atrasos de comunicação intra-grupo. Contudo, tal topologia, trás certas desvantagens como o aumento do número de líderes e aumento do número de grupos tornando a rede mais segmentada e mantendo um alcance de área de cobertura menor comparado a grupos multi-saltos;

Normalmente a maioria das técnicas de agrupamento veicular utilizam estratégias de agrupamento específicas, resultando na definição de diferentes parâmetros de configura-

ções necessárias para a execução correta dos procedimentos da técnica. Contudo alguns parâmetros em comuns podem ser encontrados como por exemplo *Intervalo de Mensagens de Beacon*, define o intervalo de tempo de transmissão das mensagens de controle da técnica de agrupamento, e o *Intervalo de Checagem de Lista de Membros*, o qual corresponde o intervalo de tempo que um Líder deve aguardar para remover os nós da sua lista de membros que não pertencem mais em seu grupo. Na Seção 5.6 são descritas os demais parâmetros de configuração específicos de cada técnica de agrupamento utilizados nesta pesquisa.

3.5 Cooperação no Tratamento de Eventos Urbanos

Com a evolução de áreas como *Crowdsourcing* [Ma et al. 2018] e IoT [Hassan e Awad 2018], a integração e cooperação de diferentes sistemas computacionais podem proporcionar o surgimento de novas estratégias no gerenciamento à respostas emergenciais e monitoramento diário em zonas urbanas. Desta forma, é possível idealizar a criação de infraestruturas resilientes que garantam a continuidade das funcionalidades das cidades até mesmo em face de eventos catastróficos [Timashev 2017, Furutai e Kanno 2018]. Estas estratégias, normalmente fazem uso de fontes de captadores de informações (e.g. câmeras, sensores, *smartphones* e veículos) com o objetivo de auxiliar na tomada de decisões de outros sistemas responsáveis pelo tratamento de eventos específicos.

3.6 Crowdsourcing

O conceito de *Crowdsourcing* surge como uma estratégia de coleta de informações em massa, por meio de uma rede de componentes (e.g. veículos ou pessoas), para resolução de problemas de natureza distribuída e/ou que demandem alto custo computacional. Contudo tal estratégia trás consigo diferentes desafios, tais como privacidade e segurança, quando diz respeito a dados confidenciais. Nos últimos anos, *Crowdsourcing* veio ganhando grande interesse nas academias e indústrias de modo que diferentes estratégias em *crowd* vem sendo pesquisadas e aplicadas para diferentes propósitos em ambientes urbanos. Tais aplicações envolvem sistemas de vigilância [Zeng et al. 2016, Hu et al. 2018], sistemas de assistência médica [Zhang et al. 2015], gerenciamento de tráfego inteligente [Ning et al. 2018].

Capítulo 4

Sistema de Detecção e Disseminação de Eventos Emergenciais Urbanos

Este capítulo apresenta o MINUET (**MonitorING and Dissemination of Urban EvenTs**) para o apoio ao monitoramento cooperativo de eventos emergenciais urbanos através de agrupamentos sob demanda de veículos, que emprega uma gerência de coordenação e controle adaptativos e distribuídos baseada no contexto temporal e espacial dos veículos (*Crowdsourcing*). Ele opera sobre VANETs híbridas para apoiar o monitoramento de eventos emergenciais e a disseminação dos dados coletados para uma entidade externa que trata os eventos urbanos a partir do seu reconhecimento. Na entidade externa, os dados são analisados por aplicações alvo que auxiliam na tomada de decisões à resolução dos eventos. O MINUET utiliza um controle distribuído, em que os próprios veículos decidem quem irá monitorar e/ou disseminar as informações. Inicialmente, a Seção 4.1 apresenta as premissas consideradas na presente pesquisa bem como o modelo de ambiente urbano de atuação do MINUET. A Seção 4.2 descreve as estruturas das mensagens utilizadas no MINUET. Por fim, Seção 4.3 são detalhados os componentes da arquitetura do MINUET e suas interações, bem como o seu funcionamento.

4.1 Premissas e Modelo do Ambiente Urbano

Para o funcionamento do MINUET na detecção e disseminação de informações de eventos urbanos, são consideradas as seguintes premissas:

1. Todo veículo deve transitar única e exclusivamente pelas vias de trânsito;
2. Todo veículo é provido de dispositivos de câmeras dianteira e traseira;
3. Todo veículo é provido de dispositivos de comunicação que possibilitam os modos de comunicação V2V e V2I;
4. Todo veículo é provido de dispositivo de geolocalização capaz de fornecer informações de localização por meio do uso do Sistema de Posicionamento Global, do inglês Global Position System (GPS);
5. Todo veículo é capaz de detectar a ocorrência de eventos urbanos através de estratégias de detecção e reconhecimento de componentes visuais no ambiente;
6. Todo veículo é capaz de coletar informações de contexto do evento, tais como mobilidade (e.g. distância, velocidade, etc) e tempo (e.g. dia, hora, minuto, etc);
7. Uma EE será notificada da ocorrência de um evento sempre que as mensagens de monitoramento são entregues às estações base, ou seja, considera-se que uma mensagem de monitoramento entregue à uma estação base será automaticamente recebida por uma EE;

Para fins de organização a Tabela 4.1 apresenta resumidamente todas as notações utilizadas no MINUET. O ambiente urbano de atuação consiste em um espaço geográfico não estruturado constituído por um conjunto de construções compartilhando o espaço com malhas viárias onde veículos trafegam continuamente obedecendo legislações de tráfego, como ilustrado na Figura 4.1. Neste ambiente, todos os veículos que trafegam são capazes de se comunicar uns com os outros, comunicação V2V, e com a infraestrutura urbana através de uma Estação Base (EB), comunicação V2I, criando assim redes veiculares híbridas. Como ocorre em zonas urbanas reais, eventos urbanos críticos de naturezas distintas podem surgir aleatoriamente no tempo e no espaço. Um evento urbano crítico é qualquer evento que possa impactar no dia-a-dia da cidade e dos seus cidadãos, como por exemplo, incêndios, acidentes, delitos, obstruções de vias, dentre outros. Estes eventos devem ser tratados por uma EE, representando uma autoridade competente, a qual se comunica, através das EBs, com a rede veicular não-estruturada.

Tabela 4.1: Notações adotadas para o MINUET.

Notação	Descrição
V	Conjunto de veículos (nós) na malha viária. Onde $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$, tal que $n \in \mathbb{N}$
ev	Evento urbano
E	Conjunto de m eventos urbanos ocorridos em um intervalo de tempo t . Onde $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_m\}$, tal que $m \in \mathbb{N}$
E'	Conjunto de eventos detectados, tal que $E' \subset E$
$Gm(ev)$	Conjunto de grupos de veículos responsáveis pelo monitoramento e disseminação de ev . Onde $Gm(ev) = \{Gm_1, Gm_2, \dots, Gm_r\}$, tal que $Gm(ev) \subset V$ e $r \in \mathbb{N}$
$MTE(ev)$	Intervalo de tempo máximo de entrega do evento ev ao destino
$Gza(ev)$	Conjunto de veículos pertencente a Zona de Anúncio do evento ev . Onde $Gza(ev) = \{vza_1, vza_2, vza_3, \dots, vza_p\}$, tal que $Gza \subset V$ e $p \in \mathbb{N}$
vd	Veículo que detecta evento ev
$TMDA$	Tempo máximo de disseminação de pacotes de anúncio
$TMDM$	Tempo máximo de disseminação de pacotes de monitoramento
$msg.Anun(ev)$	Mensagem de anúncio do evento ev
$msg.Mon(ev)$	Mensagem de monitoramento do evento ev
$msg.DescViz$	Mensagem de descoberta de vizinhança
$msg.Manutem$	Mensagem de manutenção dos grupos

O modelo de ambiente urbano assumido é composto por um conjunto V de veículos (nós) que trafegam nas vias de trânsito identificados por $\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ e um conjunto E de m eventos identificados por $\{e_1, e_2, e_3, \dots, e_m\}$, em que qualquer veículo $v_i \in V$ pode detectar um evento $e_j \in E$, desde que e_j esteja no raio de alcance de v_i . Esta detecção acontece por meio de sensores embarcados nos veículos, e v_i pode se comunicar com outros veículos ou com a infraestrutura urbana por meio dos seus dispositivos de comunicação. Todo evento possui um período de existência, que vai desde o instante de sua ocorrência até o seu término ou tratamento. Além disso, sua posição no espaço pode variar ao longo do tempo, caracterizando assim um evento fixo ou móvel. Uma vez detectado, o evento precisa ser monitorado ao longo do tempo com o auxílio de um grupo de veículos, sendo que a formação de um grupo depende do evento ser detectado. Portanto, denota-se por $E' \subset E$, o conjunto de todos os eventos que foram detectados. Assim, para cada $ev \in E'$, definimos um conjunto de r grupos de veículos $Gm(ev) = \{Gm_1, Gm_2, \dots, Gm_r\}$, em que $Gm(ev) \subset V$. Vale ressaltar que o tamanho do grupo associado a um evento é dinâmico, ou seja, ele pode

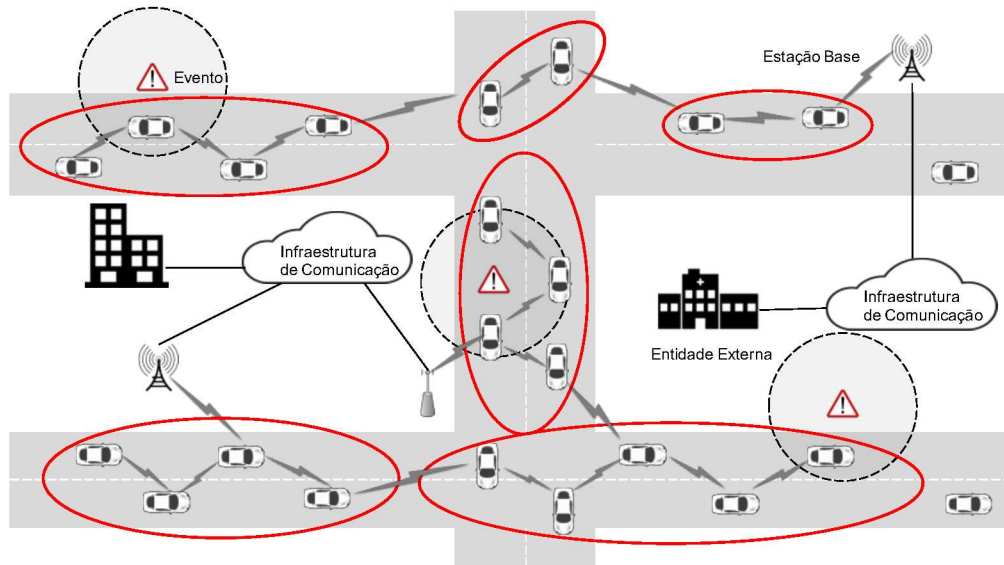


Figura 4.1: Modelo do ambiente urbano

variar com o passar do tempo devido a mobilidade dos veículos e do próprio evento. Os veículos podem entrar e sair do grupo, conforme a densidade de veículos nas vias e de suas direções.

Na Figura 4.1, as elipses em vermelho representam os grupos de veículos responsáveis pelo monitoramento e disseminação da informações dos eventos existentes em um dado instante de tempo. A mobilidade do evento deve ser levada em conta tendo em vista que os grupos devem se manter próximos dos seus respectivos eventos. Logo, pode-se concluir que um grupo responsável por monitorar um evento móvel deve acompanhá-lo o maior tempo possível, enquanto que um grupo responsável por monitorar um evento fixo tende a se afastar do respectivo evento (tomando o evento fixo como referencial). Assim, devido a alta dinamicidade da rede veicular e do eventos, intervalos de intermitência podem surgir resultando em possíveis lapsos no monitoramento.

Finalmente, para possibilitar um melhor tratamento do evento, os dados monitorados devem ser entregues à EE em um limite de tempo máximo de forma a serem passíveis de uso pelas suas respectivas aplicações alvo, e assim serem úteis à EE durante a tomada de decisão à resolução do evento. Obviamente, este limite de tempo depende diretamente da natureza do evento. Por exemplo, o limite de tempo para entregar os dados monitorados do evento *obstrução na via* pode ser maior do que aquele associado a um evento *veículo em*

fuga. Defini-se então o $MTE(ev)$ como o intervalo de tempo máximo que o dado monitorado de $ev \in E'$ deve ser entregue ao destino.

4.2 Estrutura das Mensagens

Esta seção apresenta a estrutura das mensagens trocada entre os componentes que compõe o MINUET. Cada tipo de mensagem possui um propósito específico para execução do sistema, possibilitando o funcionamento correto das operações fundamentais do MINUET: i) *Anúncio*, ii) *Monitoramento e Disseminação* e iii) *Agrupamento e Manutenção*. A seguir são descritas os tipos de mensagens adotadas neste trabalho.

- **Mensagem de Anúncio (*msg.Anun*)**: transmite as informações de contexto de tempo e mobilidade do evento detectado. Esta mensagem é disseminada obedecendo um tempo máximo de disseminação ($MTE(ev)$) pelos veículos formando uma região denominada *Zona de Anúncio*. A Figura 4.2 apresenta a estrutura de uma *msg.Anun*. Os campos de *Posição*, *Velocidade* e *Sentido* são obtidos no instante de *Tempo* em que os dados do evento foram coletados pelo veículo que o detectou.

Posição	Velocidade	Sentido	Tempo
---------	------------	---------	-------

Figura 4.2: Estrutura da mensagem de anúncio (*msg.Anun*).

- **Mensagem de Descoberta de Vizinhança (*msg.Desc*)**: durante a fase de agrupamento, esta mensagem transmite informações de contexto de tempo e mobilidade do veículo, dentre outras dependendo da técnica de agrupamento. O seu objetivo principal é tornar os veículos cientes dos seus vizinhos para que o agrupamento seja realizado seguindo a estratégia da técnica correspondente. A Figura 4.3 apresenta a estrutura de uma *msg.Desc*. Os campos de *Contexto de Mobilidade* correspondem aos dados de posição, velocidade e sentido do veículo informados no instante de *Tempo* em que são obtidos. Cada veículo possui uma identificação única a qual é transmitida no campo *VeículoId*. As técnicas de agrupamento utilizam estratégias distintas necessitando de informações específicas para o processo de agrupamento. Estas informações

são transmitidas no campo reservado *Opções*, o qual varia de acordo com a técnica de agrupamento utilizada no MINUET.

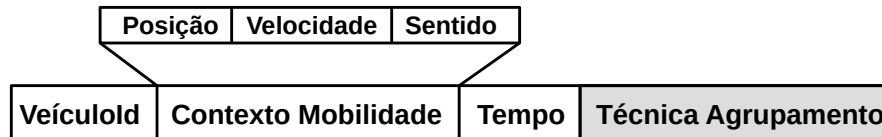


Figura 4.3: Estrutura da mensagem de descoberta de vizinhança (*msg.Desc*).

- **Mensagem de Manutenção (*msg.Manuten*):** transmite informações necessárias durante a fase de manutenção do grupo. A maioria dos campos desta mensagem (Figura 4.4) variam de acordo com a técnica de agrupamento utilizada. Desta forma, apenas o campo *VeículoId* se mantém como padrão, enquanto que *Opções* corresponde aos campos definidos por cada técnica.



Figura 4.4: Estrutura da mensagem de manutenção de grupo (*msg.Manuten*).

- **Mensagem de Monitoramento (*msg.Mon*):** transmite informações de monitoramento do evento ao grupo. A Figura 4.5 apresenta a estrutura da mensagem de monitoramento, em que o campo *Dados* corresponde aos dados multimídia monitorados (e.g imagem, vídeo ou áudio) por um veículo (*VeículoId*) que serão disseminados no seu respectivo grupo (*GrupId*). O campo *Tempo* corresponde o instante de tempo em que o evento foi monitorado garantido desta forma a acurácia no seu tratamento.

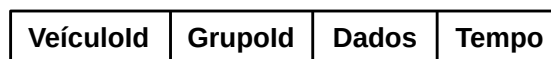


Figura 4.5: Estrutura da mensagem de monitoramento (*msg.Mon*).

4.3 Descrição do MINUET

Esta seção detalha a arquitetura do sistema, desenvolvido nesta pesquisa, capaz de prover os serviços de monitoramento e disseminação das informações do evento detectado, na qual é descrita as funcionalidades de cada módulo bem como os fluxos de mensagens trocadas. Para garantir o monitoramento cooperativo e dinâmico de eventos apoiados por agrupamentos foi proposto o sistema MINUET (**MonitorING and Dissemination of Urban EventTs**). Sua arquitetura é composta por dois módulos principais denominados *Agrupamento* e *Controle*, como ilustrado na Figura 4.6. O módulo *Agrupamento* configura a formação e a manutenção dos grupos de veículos que irão colaborar no monitoramento e disseminação das informações do evento. O módulo *Controle* é responsável pela coordenação da detecção, anúncio e monitoramento dos eventos e pela disseminação destes eventos às EEs.

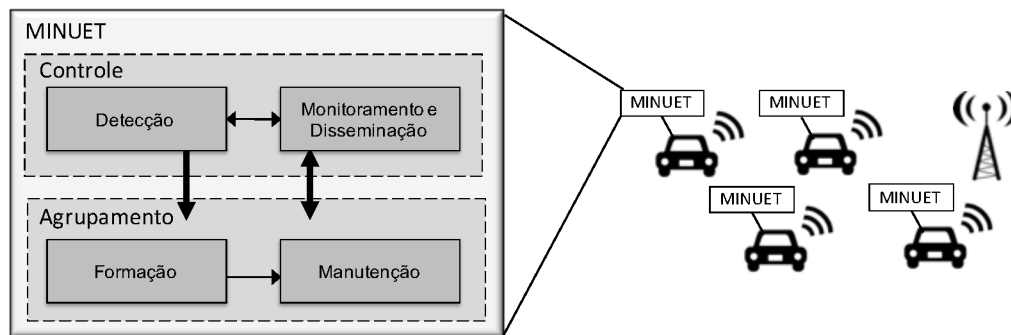


Figura 4.6: Arquitetura do MINUET

O **módulo Agrupamento** tem por função a criação e manutenção dos grupos de veículos. Este módulo é composto por dois componentes: *Formação* e *Manutenção*. O componente *Formação* é responsável pela descoberta da vizinhança, seleção do líder do grupo, definição dos papéis de cada nó no grupo e estabelecimento da comunicação dos nós com seus respectivos líderes, proporcionando um agrupamento dinâmico entre os veículos. Inicialmente, um nó deve anunciar periodicamente sua existência para seus vizinhos enquanto que, simultaneamente, obtém informações semelhantes dos mesmos com o objetivo de construir a topologia de rede. De acordo com a estratégia de agrupamento utilizada por cada técnica de agrupamento, alguns nós conseguem ou não se agrupar com outros na rede. Aqueles que conseguem para fazer parte do grupo são denominados nós membros. Além disso, também de acordo com a estratégia da técnica de agrupamento, um nó líder é selecionado para exercer

as funções de manutenção do seu grupo.

Uma vez formado o grupo, o componente *Manutenção* é o responsável pelo reagrupamento e/ou controle entrada/saída de membros no grupo. Considerando fatores como a alta velocidade dos nós, mobilidade do evento, variação topológica da rede, comportamento dos condutores e interferência no canal de comunicação, a frequência de entrada e saída de nós nos grupos pode variar consideravelmente com o tempo. Por isso é necessário o uso de mecanismos que consigam lidar com esta dinamicidade de rede sem comprometer o seu desempenho. Para isso foram utilizadas técnicas de agrupamento veicular existentes na literatura com o propósito de prover serviços de agrupamento para o MINUET. Este componente também trata da sobreposição de grupos, quando dois ou mais grupos compartilham uma determinada região em um mesmo instante de tempo. Nestes casos, pode haver a necessidade de mesclar estes grupos sobrepostos em um grupo apenas. Salienta-se que diferentes técnicas de agrupamento podem ser usadas, variando assim os seus mecanismos de formação e manutenção de grupos, conforme cada caso.

O **módulo Controle** é responsável por coordenar a detecção, o monitoramento do evento no grupo formado e a disseminação das informações para uma estação base. Ele é formado por dois componentes, sendo o primeiro responsável por detectar e anunciar o evento e o segundo componente por monitorar e disseminar as informações do evento detectado. Para isso, além da gestão do grupo em si, são necessários a gestão e o controle de monitoramento no grupo, em que veículos devem se auto-escalonar dinamicamente para colaborar no tratamento de múltiplos eventos sobre diferentes tipos de cenários de tráfego. Assim, além dos papéis definidos pelo módulo de *Agrupamento*, o **módulo Controle** também estabelece outros três papéis, que são: (i) *Monitorador*: enquanto um evento estiver no raio de alcance de um veículo, o mesmo será capaz de monitorá-lo. (ii) *Retransmissor*: veículo que apenas dissemina as informações dentro do seu grupo com o intuito de alcançar a EE, (iii) *Gateway*: veículo que entrega as informações do evento monitorado à EB e, consequentemente, à EE. Um veículo também pode executar mais de um papel simultaneamente. Por exemplo, um veículo pode ser tanto monitorador, porque está próximo do evento, como *gateway*, porque está ao alcance da EB.

O componente *Deteção* trata inicialmente da análise e detecção de um evento por um veículo. Um veículo *vd* na via de trânsito, pode detectar a ocorrência de um evento *ev* em um

determinado instante de tempo. Após a detecção, vd coleta os dados de contexto espaciais e temporais de ev , como descritos abaixo:

- **Distância:** corresponde a distância relativa entre vd e ev ;
- **Localização:** representa a posição corrente de ev (latitude e longitude);
- **Velocidade:** corresponde a velocidade corrente de ev . Caso o evento seja fixo a velocidade é zero;
- **Ângulo de Direção:** caso ev seja móvel, corresponde o ângulo de direção θ dos vetores velocidade de ev e vd , caso contrário o ângulo de direção será indefinido;
- **Instante de detecção:** corresponde o instante de tempo em que vd detectou ev .

Por razões de simplificação, assumimos que a análise e detecção do evento são realizadas através de técnicas de processamento e análise de imagens obtidas por sensores de câmeras embarcadas nos veículos, como podem ser vistas nos trabalhos [Liu et al. 2014, Qian et al. 2015, Luvizon, Nassu e Minetto 2017, Skoczylas 2014, Xie et al. 2018], os quais possibilitam o processamento visual de contextos espaciais/temporais no ambiente. Logo, não faz parte do escopo desta pesquisa desenvolver qualquer estratégia de detecção e coleta de informações de eventos. Além disso, assumimos também que durante a análise do evento, vd consegue estimar o $MTE(ev)$.

Após a etapa de coleta das informações de contexto, inicia-se o processo para disseminá-las por meio de mensagens de anúncio ao longo da rede. Contudo, nem todos os veículos da malha viária urbana necessitam ter ciência da ocorrência do evento. Além disso, após um determinado tempo, o anúncio de um evento pode não ser mais útil. Desta forma, pretende-se limitar a disseminação do anúncio a um determinado intervalo de tempo, reduzindo assim o *overhead* e possíveis perdas e atrasos na rede. Considerando que um veículo vr receba a mensagem de anúncio no instante de tempo tr e que o evento foi detectado no instante td , então vr repassa a mensagem se o tempo que ainda tem para retransmití-la ainda não ultrapassou o limite de tempo de entrega referente ao evento ($tr - td \leq MTE(ev)$). Caso contrário, a mensagem será descartada. Este limite temporal calculado por cada veículo que recebe a mensagem de anúncio delimita uma área chamada de Zona de Anúncio (ZA), a qual

determina os veículos que podem fazer parte do grupo para colaborar no monitoramento e disseminação das informações do evento. Assim, pode-se perceber que a ZA pode variar de acordo com o contexto de mobilidade do evento e o fluxo do tráfego.

A Figura 4.7 ilustra um evento detectado e a ZA gerada com base neste evento, bem como os veículos que fazem parte da ZA. O evento é detectado pelos veículos *VD1* e *VD2*, e as mensagens de anúncio seguem as rotas estabelecidas pelas setas. Percebe-se que apesar do veículo *A* estar geograficamente mais perto do evento do que o veículo *B* ($dA < dB$), *B* faz parte da ZA, enquanto que *A* não. Isto pode acontecer quando a mensagem de anúncio demorar mais para chegar em *A* do que em *B*, o que pode fazer com que o $MTE(ev)$ seja ultrapassado em *A*. Na Figura 4.7, a rota que a mensagem segue para chegar em *A* possui mais saltos do que a rota para *B*, ocasionando assim o atraso e o descarte da mensagem em *A*. Todos os outros veículos continuam disseminando a mensagem. Após um veículo receber uma mensagem de anúncio e confirmar que está na ZA, ele então verifica se fará parte do grupo que colaborará ao monitoramento do evento. Esta verificação é feita pelo módulo *Agrupamento*, de acordo com a técnica e o serviço de agrupamento desenvolvido e utilizado para apoiar a disseminação de informação.

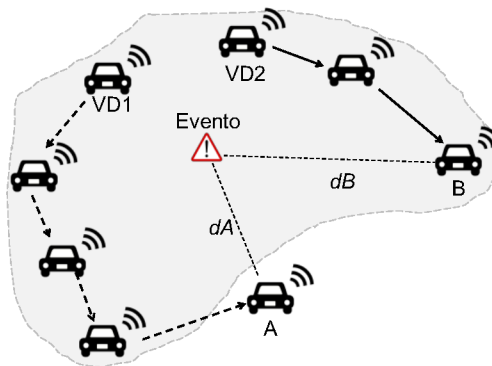


Figura 4.7: Zona de anúncio.

Por fim, o componente de *Monitoramento e Disseminação* trata do monitoramento do evento e da disseminação de seus dados pelo grupo até entregá-las a uma EB. Para isto, este componente cuida do auto-escalonamento de papéis entre os veículos para o monitoramento e disseminação cooperativo. Quando o veículo *vd* detecta o evento *ev*, ao mesmo tempo que realiza a disseminação do anúncio, também inicia o monitoramento de *ev*, coletando seus

dados e disseminando em tempo real através de mensagens de monitoramento.

O Algoritmo 1 descreve a operação que ocorre nos veículos que conseguem detectar o evento ev . Uma vez que ev é detectado, o veículo v_i assume o papel de *monitorador* e inicia a formação do grupo, que é realizado pelo módulo *Agrupamento*. Em seguida, v_i cria e dissemina as mensagens de anúncio e monitoramento. A $msg.Anun(ev)$ contém as informações de contexto do evento, necessárias para a manutenção do grupo formado, como por exemplo, a posição do evento, o tempo de detecção e mobilidade do evento (fixo ou móvel). A $msg.Mon(ev)$ contém os dados monitorados do evento. Além disso, se v_i estiver ao alcance de uma EB, também assume o papel de *gateway* e entrega $msg.Mon(ev)$ à EB.

Algorithm 1 Detecção e anúncio do evento.

Entrada: conjunto V de veículos, evento detectado ev

```
1: for cada veículo  $v_i$  em  $V$  do
2:   if  $ev$  está no alcance de  $v_i$  then                                     ▷  $v_i$  é Monitorador
3:     Inicia agrupamento. Adiciona  $v_i$  a  $Gm(ev)$                        ▷ Solicita ao módulo Agrupamento
4:      $v_i$  cria e dissemina  $msg.Anun(ev)$  e  $msg.Mon(ev)$ 
5:     if  $v_i$  está ao alcance de  $EB$  then
6:       Entrega  $msg.Mon(ev)$  a  $EB$                                        ▷  $v_i$  é Gateway
7:   else
8:      $v_i$  continua analisando ambiente
```

Já nos veículos que não detectaram o evento e receberam uma mensagem de anúncio ou monitoramento, é necessário verificar se eles devem fazer parte do grupo de monitoramento e disseminar tais mensagens (Algoritmo 2). Toda vez que um veículo v_i recebe uma mensagem, ele deve observar se ele está na ZA de ev , ao verificar se a diferença entre tempo corrente e o tempo de detenção de ev ainda é menor que $MTE(ev)$. Caso ele não esteja na ZA, a mensagem é descartada. Caso esteja, se for uma mensagem de anúncio, ele dissemina a mensagem e verifica (através do módulo *Agrupamento*) se consegue se agrupar com outros veículos em $Gm(ev)$, utilizando uma estratégia da técnica agrupamento, que está monitorando e disseminando dados de ev . Se v_i receber uma mensagem de monitoramento, então só é possível disseminar se já fizer parte de uns dos grupos de $Gm(ev)$, fazendo, neste caso, que v_i seja um retransmissor. Além disso, se v_i estiver ao alcance de uma EB, também faz

o papel de *gateway* e entrega a mensagem à EB. Caso não faça parte do grupo, descarta a mensagem.

Algorithm 2 Monitoramento e disseminação do evento.

Entrada: conjunto V de veículos, grupo de veículos $Gm(ev)$ que monitoram ev , msg do tipo $msg.Anun(ev)$ ou $msg.Mon(ev)$

```

1: for cada veículo  $v_i$  em  $V$  que recebe  $msg$  do
2:   Calcula  $ZA(ev)$ 
3:   if  $v_i$  está na  $ZA(ev)$  then                                     ▷ Senão estiver na  $ZA(ev)$ , descarta  $msg$ 
4:     if  $msg == msg.Anun(ev)$  then                                     ▷  $v_i$  recebeu mensagem de anúncio
5:       Dissemina  $msg.Anun(ev)$ 
6:       Verifica se  $v_i$  pode ser adicionado a  $Gm(ev)$              ▷ Solicita ao módulo Agrupamento
7:     else                                                         ▷  $v_i$  recebeu mensagem de monitoramento
8:       if  $v_i \in Gm(ev)$  then                                       ▷ Senão estiver em  $Gm(ev)$ , descarta  $msg$ 
9:         Dissemina  $msg.Mon(ev)$                                      ▷  $v_i$  é Retransmissor
10:      if  $v_i$  está ao alcance de  $EB$  then
11:        Entrega  $msg.Mon(ev)$  a  $EB$                                ▷  $v_i$  é Gateway
12:      else
13:        Descarta  $msg.Mon(ev)$ 
14:    else
15:      Descarta  $msg$ 

```

A Figura 4.8 exemplifica um cenário de operação do MINUET em um intervalo de tempo t contendo o conjunto $V = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$ e o conjunto $E = \{EV\}$. Os veículos D e E conseguem detectar o evento EV , criando assim um conjunto $E' = \{EV\}$. D e E coletam dados de contexto de EV (1), assumindo o papel de *monitoradores*. Imediatamente iniciam a disseminação das mensagens de anúncio (2). O veículo D , por estar ao alcance de uma EB, também entrega os dados monitorados (3), tornando-se assim também um *gateway*. Conforme as mensagens de anúncio vão sendo disseminadas, os veículos verificam se fazem parte da ZA e do grupo formado para realizar o monitoramento cooperativo. Os veículos A e H , ao receberem a mensagem de anúncio (4), verificam que não fazem parte da ZA, não participando assim do monitoramento de EV . Para efeitos de simplificação, consideramos que todos os veículos que estão na ZA também fazem parte do grupo. Assim, é criado

então o grupo $Gm(EV) = \{B, C, D, E, F, G\}$. À medida que o grupo vai sendo formado, as mensagens de monitoramento também vão sendo disseminadas por meio dos seus membros (5). Os veículos B , C e F assumem então o papel de *retransmissores*, enquanto o veículo G , por conseguir entregar a mensagem de monitoramento à uma EB (6), assume o papel de *gateway*.

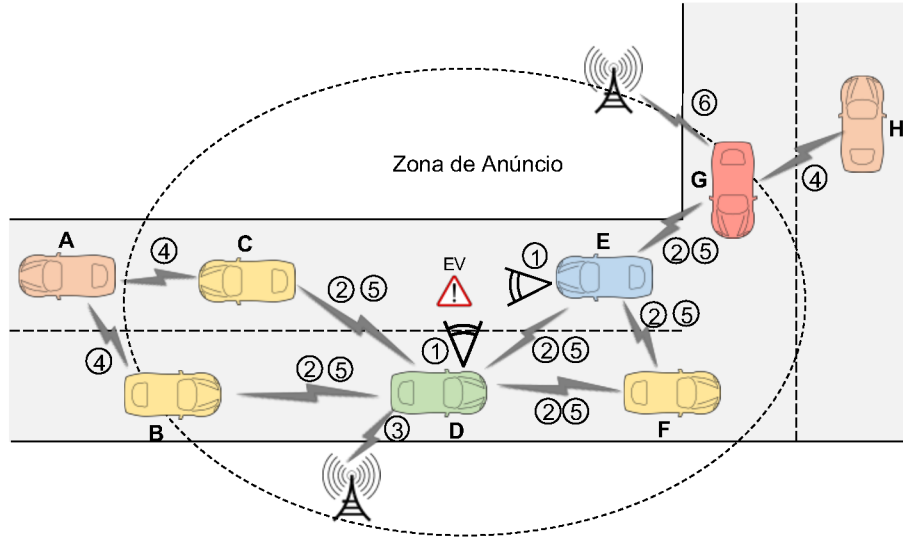


Figura 4.8: Exemplo de operação do MINUET.

4.4 Fluxo de Mensagens

Esta seção descreve os fluxos de mensagens trocadas entre as entidades envolvidas no funcionamento do MINUET. Cada fluxo descrito a seguir define uma das operações executadas no MINUET, que são: Anúncio; Monitoramento e Disseminação; e Agrupamento e Manutenção.

Durante o **Anúncio**, o veículo vd que detectou o evento ev envia mensagens de anúncio ($msg.Anun(ev)$) para todo veículo $vi \in V$ que encontra-se a um salto de distância de vd . Após receber a mensagens de anúncio vi verifica se pertence a ZA. Caso pertença, vi repassa a mensagem para o próximo veículo que esteja a um salto de distância. Caso contrário, vi descarta a mensagem de anúncio recebida. Este processo se repete até $msg.Anun(ev)$ alcançar um veículo $vj \in V$ que não pertence a ZA. Esta estratégia possibilita que um conjunto de

veículos cientes da ocorrência de ev , definido por $Gza(ev) = \{vza_1, vza_2, vza_3, \dots, vza_p\}$, tal que $Gza \subset V$ e $p \in \mathbb{N}$, seja formado em uma determinada região da malha viária.

No **Agrupamento e Manutenção**, um veículo $vza_i \in Gza(ev)$ transmite uma mensagem de descoberta de vizinhança ($msg.DescViz$), contendo informações de contexto do veículo emissor de acordo com a estratégia da técnica de agrupamento utilizada. Os veículos pertencentes à $Gza(ev)$, que receberem as mensagens, respondem transmitindo suas próprias $msg.DescViz$. Os veículos pertencentes à $Gza(ev)$ e que receberem $msg.DescViz$ dos seus vizinhos, iniciam o agrupamento e a definição dos papéis de cada nó por meio da estratégia da técnica de agrupamento utilizada. Consequentemente, subconjuntos de veículos, $Gm_1, Gm_2, Gm_i, \dots, Gm_k | Gm_i \subset Gza$, são formados para colaborar no monitoramento e disseminação das informações de ev . Cada veículo, enquanto pertencer a um Gm_i , envia mensagens de manutenção ($msg.Manutem$) do grupo. Durante a operação de Agrupamento e Manutenção, outros tipos de mensagens são transmitidas, as quais variam de acordo com a técnica de agrupamento utilizada.

Cada veículo $vza_i \in Gm_i$ define seu papel para o processo de monitoramento e/ou disseminação das informações de ev . Durante o **Monitoramento e Disseminação**, o *monitorador* vd transmite mensagens de monitoramento de ev ($msg.Mon(ev)$) em tempo real. Caso vd não esteja isolado, as mensagens serão repassadas pelos *retransmissores* do seu grupo até que alcance um *gateway*, que por sua vez entregará $msg.Mon(ev)$ à uma EB próxima.

Capítulo 5

Metodologia de Avaliação

Este capítulo apresenta as metodologias e ferramentas utilizadas no processo de avaliação do MINUET, no qual são descritos os cenários, parâmetros de configuração e métricas de avaliação. A Seção 5.2 descreve a metodologia desenvolvida para validação e avaliação do MINUET. A Seção 5.3 apresenta os cenários selecionados para a fase de avaliação, onde são descritas as configurações de cada cenário bem como o propósito de cada para a avaliação. A Seção 5.4 lista os parâmetros de configuração necessários para auxiliar no controle das simulações enquanto que a Seção 5.5 apresenta as métricas de avaliação aplicadas na aferição do MINUET. A Seção 5.6 discorre sobre as técnicas de agrupamento abordadas neste trabalho. Finalmente, a Seção 5.7 apresenta as ferramentas utilizadas durante a fase de avaliação.

5.1 Ferramentas de Implementação

Esta seção descreve as ferramentas empregadas na implementação do MINUET descrito no Capítulo 4, e cujos os fluxos estão descrito no Anexo I.

5.2 Etapas da Metodologia

A Figura 5.1 apresenta o fluxo de etapas utilizadas para a fase de avaliação/validação do MINUET. O fluxo é composto por 5 etapas principais as quais foram executadas de forma sequencial. A etapa *Gerar Cenários* corresponde às atividades de configuração e geração dos cenários nos quais o MINUET foi simulado utilizando diferentes técnicas de agrupamentos

(descritas na Seção 5.6). Cada cenário gerado visa representar um fluxo de tráfego urbano realístico distinto por meio da combinação de densidades e sentidos do tráfego (a Seção 5.3 detalha o processo de geração dos cenários). Para demonstrar a capacidade do MINUET em monitorar e disseminar informações, eventos foram inseridos em espaços de tempo distintos em cada cenário.

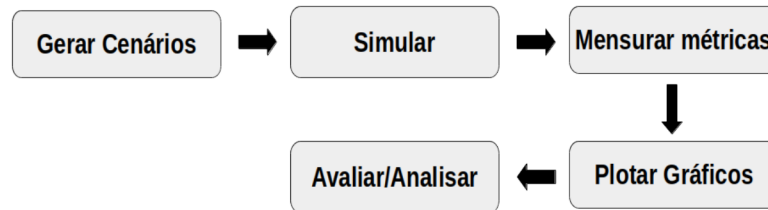


Figura 5.1: Fluxo de etapas envolvidas na fase de avaliação do MINUET.

A segunda *Simular* utiliza como entrada os cenários da etapa anterior. Esta etapa consiste em simular a execução do MINUET obedecendo os parâmetros de configuração pré-definidos para cada cenário, juntamente com as técnicas de agrupamento (a Seção 5.4 descreve os parâmetros de configuração utilizados neste trabalho). Para simular a transmissão contínua dos *streams* de vídeo pelos veículos, foi gerado um *trace* de transmissão de *streams* utilizando uma amostra de vídeo em formato YUV disponibilizada em [YUV Video Sequences]. Para a geração dos *traces* foi utilizada a ferramenta EvalVid [EvalVid - A Video Quality Evaluation Tool-set]. Como resultados desta etapa foram gerados arquivos de *trace* de cada componente do MINUET (e.g. Detecção, Monitoramento e Disseminação), compondo os registros de interação de comunicação espaço-temporal da rede durante a simulação.

A etapa de *Mensurar métricas* recebe como entrada os *traces* de cada simulação realizada em cada cenário. Nesta etapa as métricas selecionadas são mensuradas automaticamente por meio de *scripts* (a Seção 5.5 apresenta as métricas de avaliação adotadas nesta pesquisa). As métricas mensuradas são utilizadas como entrada para a etapa seguinte, *Plotar Gráficos*, a qual tem por objetivo gerar os gráficos para análise. Diferentes tipos de gráficos foram gerados, demonstrando diferentes perspectivas funcionais do MINUET.

Finalmente, a etapa de *Avaliar/Analisar* é responsável pela avaliação e análise do comportamento do MINUET. Esta etapa consiste em entender o comportamento do MINUET em cada cenário, considerando as diferentes técnicas utilizadas, por meio dos gráficos ge-

rados na etapa anterior. Nesta etapa busca-se comprovar a hipótese da pesquisa, além de demonstrar a eficácia e eficiência do sistema.

5.3 Descrição dos Cenários

Esta seção descreve os cenários selecionados para a fase de avaliação do MINUET. A seleção dos cenários corresponde a uma das principais etapas para a simulação em ambientes VANETs, visto que a corretude dos resultados dos *traces* gerados durante a simulação, depende do nível de proximidade dos cenários para com um ambiente urbano real. Devido a complexidade de tais cenários, certos trabalhos optam por desenvolvê-los de modo elementar satisfazendo apenas o propósito da aplicação. Contudo, de acordo com [Codeca, Frank e Engel 2015], tal estratégia pode resultar em problemas como comprometer a reprodução dos experimentos dificultando a comparação de soluções e abordagens distintas que resolvem o mesmo problema. Porém, o desenvolvimento de cenários realísticos nem sempre corresponde a uma atividade trivial pois normalmente tais cenários devem satisfazer certos requisitos fundamentais à diversas áreas, tais como Redes Veiculares e Engenharia de Tráfego. Como enumera [Codeca, Frank e Engel 2015], a comunidade científica necessita de cenários urbanos que satisfaçam os seguintes requisitos:

1. Suportar diferentes demandas de tráfego, tais como padrões de congestionamentos e fluxos livre;
2. Prover diferentes dimensões do cenário;
3. Incluir diferentes categorias de vias de trânsito como, por exemplo, vias de trânsito rápido, arteriais, coletoras e locais;
4. Permitir avaliações de tráfego multimodal (e.g. veículos, transportes público e pedestres);
5. Descrever um cenário realístico do tráfego, ou seja, que não resulte em bloqueios e padrões de mobilidade não realísticos;

Além disso, para a seleção dos cenários utilizados neste trabalho, outros critérios foram definidos de acordo com as necessidades da pesquisa, sendo eles:

1. A rede viária deve ser composta por diferentes tipos de vias de trânsito (e.g. arteriais, coletoras e locais), as quais se interconectam por meio de interseções (e.g. cruzamentos, retornos e rotatórias) e podem ser controladas por semáforos e sinalizações;
2. Os veículos (i.e. carros, caminhões e ônibus) devem ser capazes de transitar pelas vias, em uma zona urbana, seguindo as legislações de trânsito correspondente. Tais veículos são providos de dispositivos de comunicação V2X possibilitando os modos de comunicações entre veículos e infra-estrutura da cidade;
3. Por se tratar de um ambiente urbano, o cenário deve representar construções (e.g. pontes, edifícios e residências) as quais encontram-se às margens das vias de trânsito possibilitando a ocorrência de interferência de canais sem fio;
4. Observando as características do fluxo de tráfego urbano real, o cenário deve fornecer diferentes demandas de tráfego distribuídos em regiões (e.g. centros e periferias) e espaços de tempos (e.g. horário de pico ou normal) distintos;

Como o desenvolvimento de cenários urbanos não engloba o escopo deste trabalho, foi realizada uma pesquisa de cenários urbanos na literatura capazes de atender aos requisitos supracitados. Como resultado o trabalho Luxembourg SUMO Traffic (LuST) [Codeca, Frank e Engel 2015, Codeca et al. 2017] foi selecionado como cenário metropolitano utilizado para esta pesquisa. Este projeto, fornece a rede viária da cidade de Luxemburgo no qual são representados os padrões de congestionamentos pertinentes nas cidades modernas, bem como diferentes tipos de vias de trânsito (e.g. rodovias, arteriais e residenciais) onde sinalizações (e.g. semáforos e placas) são utilizadas na gestão do trânsito em determinadas interseções (e.g. cruzamentos). Atendendo as necessidades da presente pesquisa, pretende-se selecionar regiões de Luxemburgo com o objetivo de obter cenários urbanos com características específicas de nível de densidade e sentido do tráfego de modo que cada cenário seja capaz de representar contextos diferentes de tráfego.

Foram selecionadas duas áreas, A_1 e A_2 , no LuST de aproximadamente 1km^2 como pode ser visto na Figura 5.2. Em cada área foi selecionada uma via de trânsito onde o evento irá ocorrer. Em A_1 foi selecionada uma via de duas faixas de sentido único enquanto que em A_2 foi selecionado uma via de duas faixas de sentidos opostos. Para cada via selecionada foi

inserido um evento fixo com duração de 10 minutos, representado por um círculo amarelo na Figura 5.2. Com o objetivo de avaliar o MINUET sob densidades de tráfego distintas, janelas de tempos diferentes foram escolhidas para representar tais condições. Considerando o fato de que as densidades de tráfego do ambiente LuST tende a ser menor durante o início do dia [0hs - 7hs] e final do dia [19hs:30min - 23hs:59min], dois intervalos de tempo foram definidos para simular a ocorrência dos eventos nas duas regiões A_1 e A_2 . O primeiro intervalo de tempo foi das 6hs:28min às 6hs:38min, representando o ambiente de baixa densidade de tráfego, enquanto que o segundo corresponde um intervalo das 8hs:20min às 8hs:30min, representando um horário do pico com alta densidade.

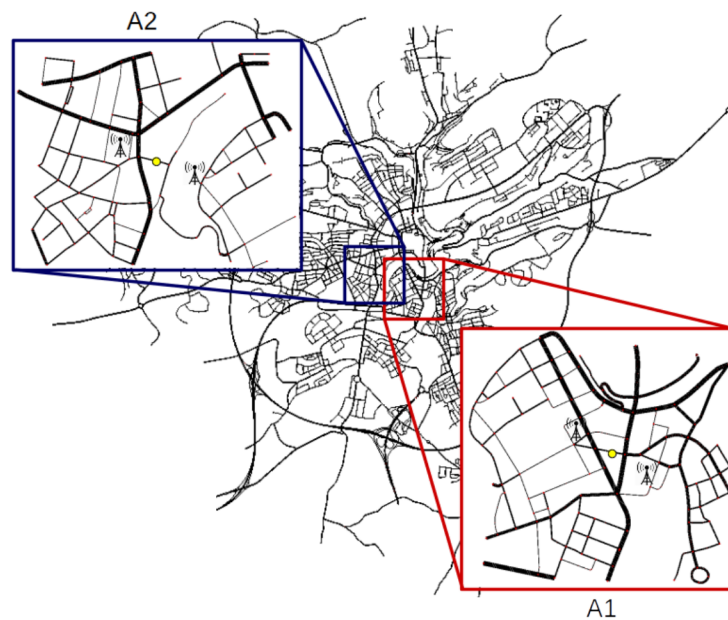


Figura 5.2: Regiões selecionadas do LuST para simulação.

5.4 Parâmetros de Configuração

Os parâmetros de configuração visam auxiliar no controle e reprodução das simulações. Os parâmetros adotados foram categorizados em *Parâmetros do Cenário*, *Parâmetros do MINUET* e *Parâmetros da Técnica de Agrupamento*, e são apresentados a seguir:

1. **Parâmetros do Cenário:** São todos os parâmetros de configuração dos cenários capazes de controlar a reprodução das simulações sob as diferentes execuções do MINUET.

Cada cenário mantém seus próprios valores de parâmetros e estes valores não devem variar durante as simulações. A seguir são descritos todos os parâmetros adotados nos cenários para esta pesquisa:

- (a) **Área do ambiente simulado:** trata-se da área urbana selecionada para a simulação em que a solução será executada. Trabalhos como [Ren et al. 2017, Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017, Vèque et al. 2013] consideram seus cenários apenas como uma rodovia com comprimentos de 15 km, 10 km e 10 km, respectivamente. Para esta pesquisa pretende-se utilizar uma abordagem semelhante a [Tal, Kelly e Muntean 2016], onde duas regiões, em horários distintos, foram selecionadas com o objetivo de representar diferentes densidades de tráfegos;
- (b) **Tempo inicial e final da simulação:** considerando os cenários realísticos utilizados nesta pesquisa estes parâmetros foram definidos observando fatores como densidade do tráfego e tempo. Técnicas de agrupamentos aplicadas em VANETs [Chen et al. 2015, Ren et al. 2017, Tal, Kelly e Muntean 2016, Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017, Vèque et al. 2013, Hassanabadi et al. 2014, Ucar, Ergen e Ozkasap 2016] normalmente variam este intervalo entre 5 e 10 minutos de simulação;
- (c) **Tempo inicial e final do evento:** corresponde o instante de ocorrência do evento até o seu desaparecimento ou tratamento. Esta informação se faz necessária para que os veículos validem a existência do evento após detectá-lo;
- (d) **Posição dos eventos:** neste trabalho um evento compartilha do mesmo espaço de tempo e ambiente urbano, desta forma a posição de ocorrência do evento deve ser definida de modo que o evento se mantenha na posição pré-definida enquanto estiver em seu intervalo de ocorrência;
- (e) **Número de estações base:** define a quantidade de estações base existentes no cenário. A variação do número de estações base possibilita analisar a capacidade de entrega de pacotes de monitoramento em ambientes com alta ou baixa infraestrutura de rede;
- (f) **Posição das estações base:** determina as posições das estações base distribuídas geograficamente pelo cenário urbano para que seja possível a entrega das mensa-

gens às entidades externas. Assim como o *Número de estações base* a variação deste parâmetro possibilita analisar o comportamento do MINUET em ambientes com alta ou baixa infraestrutura de rede.

2. **Parâmetros do MINUET:** responsáveis pela configuração e controle do MINUET. Normalmente seus valores são fixos durante toda a simulação e capazes de pré-definir o comportamento do sistema. A seguir são descritos os parâmetros de configuração do MINUET:

- (a) **Tempo Máximo de Disseminação de Anúncio (TMDA):** corresponde o tempo máximo que um pacote de anúncio pode ser disseminado (i.e. repassado) na rede. A variação deste parâmetro implica na variação do número de veículos "cientes" da ocorrência do evento e, consequentemente, na formação da ZA;
- (b) **Intervalo de Anúncio:** corresponde o intervalo de tempo que um veículo que detectou um evento deve anunciá-lo enquanto for capaz de detectá-lo;
- (c) **Tempo Máximo de Disseminação de Monitoramento (TMDM):** define o tempo máximo que um pacote de monitoramento pode ser disseminado (i.e. repassado) na rede após um veículo monitorador criá-lo e transmiti-lo;
- (d) **Raio de cobertura:** define o alcance máximo de cobertura que os dispositivos de comunicação dos veículos conseguem abranger. Em [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017] avalia seu trabalho definindo um raio entre 50 e 500 metros. De acordo com [Bilstrup et al. 2008] um alcance entre 100 m e 300 m pode ser considerada aceitável para uma comunicações sem fio em ambientes veiculares. Contudo, este parâmetro é definido por intermédio da calibração das potências de transmissão máxima e mínima (em dBm) disponíveis e dos níveis de ganho de transmissão e recepção do sinal (em dB) da antena;
- (e) **Protocolo de transporte:** estabelece o protocolo de transporte utilizado nas comunicações V2V e V2I. Na literatura o protocolo mais utilizado em ambientes veiculares corresponde o User Datagram Protocol (UDP), como pode ser visto em trabalhos como [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017];
- (f) **Protocolo Físico/MAC:** corresponde o protocolo responsável pelo tratamento

das camadas física e enlace. O padrão IEEE802.11p [Shah e Mustari 2016], adotado na arquitetura WAVE [Toker, Shah e Tureli 2018], foi projetado para prover comunicação veicular sob diferentes ambientes, como pode ser visto em trabalhos voltados a comunicação veicular como [Chen et al. 2015, Ren et al. 2017, Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017];

- (g) **Técnica de agrupamento utilizada:** define a técnica de agrupamento utilizada pelo MINUET durante a simulação. Para a pesquisa em questão duas técnicas foram implementadas, DCA e PCTT, das quais uma deve ser selecionada para a simulação.

5.5 Métricas

As métricas utilizadas na fase de avaliação do MINUET foram categorizadas em métricas de *Eficácia*, *Eficiência* e de *Agrupamento*, sendo esta última utilizada para avaliar o comportamento das técnicas de agrupamento. As métricas são descritas nas subseções a seguir.

5.5.1 Eficácia

Relacionadas a qualidade do serviço provido pelo MINUET, as métricas de eficácia visa demonstrar a capacidade de coordenação e controle colaborativo do MINUET no monitoramento, disseminação e entrega de informações dos eventos urbanos. A seguir são descritas as métricas pertencentes a esta categoria:

1. **Número de Detecções pelo Tempo:** mensura o número de detecções do evento ocorridas em cada instante de tempo.
2. **Veículos Pertencentes à ZA Colaborando pelo Tempo:** mensura o número de veículos pertencentes à ZA e destes quais colaboraram no monitoramento e/ou disseminação das informações durante toda ocorrência do evento.
3. **Número de Pacotes Transmitidos na Rede pelo Tempo:** mensura o número de pacotes de *monitoramento*, *anúncio* e de *agrupamento* transmitidos na rede durante a ocorrência do evento.

4. **Número de Pacotes de Monitoramento Criados e Entregues pelo Tempo:** mensura o número de pacotes de monitoramento que são criados e entregues durante a ocorrência do evento.
5. **Número de Pacotes de Monitoramento Criados, Entregues e Redundantes:** mensura o número de pacotes de monitoramento que foram criados na rede, destes quantos, foram entregues às estações base e, dos entregues, quantos são redundantes (i.e. pacotes repetidos recebidos).

5.5.2 Eficiência

Tais métricas objetivam demonstrar o custo computacional e/ou de comunicação do serviço provido pelo MINUET, durante o sua execução. Abaixo são descritas cada uma destas métricas:

1. **Taxa Média de Entrega:** corresponde a razão média de pacotes de monitoramento criados pelo número de pacotes entregues às Entidades Externas durante o período de provisionamento de serviço;
2. **Atraso Médio de Entrega:** corresponde o tempo de atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento, isto é, o tempo médio que um pacote de monitoramento criado custou para ser entregue à estação base;

5.5.3 Agrupamento

As técnicas de agrupamentos selecionadas nesta pesquisa adotam características e estratégias distintas de agrupamento. Desta forma, para avaliá-las sob os diferentes cenários as seguintes métricas foram definidas:

1. **Taxa de Veículos Agrupados:** também conhecida por *eficiência de agrupamento*, tal métrica corresponde à razão do número de veículos agrupados pelo total existente no cenário durante a ocorrência do evento. Segundo [Ren et al. 2017], quanto maior a eficiência de agrupamento melhor a performance do grupo;

2. **Total de Grupos Formados:** corresponde o total de grupos formados durante toda a ocorrência do evento.
3. **Overhead de Agrupamento:** corresponde a razão do número total de mensagens de controle de agrupamento pelo total de mensagens transmitidas na VANET [Ucar, Ergen e Ozkasap 2016]. De acordo com [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017], a sobrecarga (*overhead*) de agrupamento esta relacionada às mensagens de controle utilizadas nas fases de formação e manutenção do grupo, logo um baixo *overhead* de agrupamento implica um melhor desempenho de agrupamento.

5.6 Técnicas de Agrupamento

Duas técnicas de agrupamento veicular, existentes na literatura, foram selecionadas e implementadas no MINUET. Dentre os critérios utilizados na seleção podemos destacar a estratégia de agrupamento e topologia dos grupos, os quais impactam na estabilidade e desempenho da técnica. Abaixo são descritas as técnicas de agrupamento selecionadas nesta pesquisa:

1. **DCA [Tal, Kelly e Muntean 2016]:** sendo uma técnica de agrupamento distribuída com estrutura topológica de um salto, o DCA possibilita o agrupamento de veículos com base em duas métricas: i) Ângulo entre os sentidos dos veículos e ii) Distância relativa entre os veículos. O DCA parte do princípio de que veículos que compartilham ângulos de direções aproximados com uma distância relativa considerável são capazes de se manterem agrupados. Desta forma, com base no valor do ângulo que um veículo faz com seu vizinho, aquele pode classificá-lo em dois tipos: 1) *Vizinhos Próximos* e 2) *Vizinhos*, durante este procedimento de classificação a distância relativa também é considerada. Para a seleção do líder, o DCA considera aquele veículo que mantém o maior número de *Vizinhos Próximos*. Diante do exposto, dentre os critérios que levaram a escolha desta técnica para esta pesquisa pode-se destacar a topologia de um salto, métricas de mobilidade utilizadas e simplicidade;
2. **PCTT [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2014, Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017]:** corresponde a um algoritmo centralizado de rastreamento para ambiente VANET com estrutura topológica de múltiplos saltos. Este algoritmo se beneficia de técnicas de

predição e agrupamento em conjunto, com o objetivo de alcançar um alto nível de acurácia e eficiência durante o rastreamento do alvo. Logo, considerando a proximidade deste trabalho para com a pesquisa em questão, foram adotadas as mesmas técnicas de predição e agrupamento nesta presente pesquisa. A técnica de agrupamento utiliza como métrica principal de agrupamento o "Tempo de Observação do Alvo", do inglês *Observation Time (OBT)*, tal métrica informa o tempo aproximado que um veículo é capaz de manter um alvo em seu campo de visão. Desta forma o veículo capaz de se manter o maior tempo possível é selecionado como líder. Esta estratégia de agrupamento parte do princípio de que apenas os veículos capazes de detectar o alvo são capazes de se agrupar. Para reduzir o número de transmissões de mensagens de controle na rede para o agrupamento, o PCTT utiliza uma técnica de predição que possibilita os veículos líderes preverem as próximas posições dos seus membros sem que haja necessidade de troca de mensagens para isso.

5.7 Ferramentas

Esta seção descreve as ferramentas de implementação e avaliação utilizadas durante as fases de desenvolvimento do MINUET, configuração dos cenários, mensuração das métricas e plotagem dos gráficos. Estas ferramentas são classificadas de acordo com seu propósito, como são apresentadas abaixo:

- **Simulação da Rede:** como ferramenta para modelar e simular a infraestrutura da rede veicular foi utilizado o simulador Network Simulator 3 (NS3) [NS3 - Network Simulator 3 2019]. O NS3 é um simulador de rede de eventos discreto *open source* capaz de prover simulações de redes infraestruturada e não-infraestruturada. Além compreender as necessidades da pesquisa, o NS3 detém de um forte suporte da comunidade e encontra-se constante manutenção e evolução;
- **Simulação da mobilidade veicular:** como ferramenta de modelagem e simulação do ambiente urbano de tráfego real foi selecionado o simulador *open source* Simulator Urban MObility (SUMO) [Behrisch et al. 2011, Krajzewicz et al. 2012]. Com início em 2001, o SUMO prover simulações de tráfego microscópico, de espaço contínuo e

tempo discreto, além de ser considerada uma das plataformas de simulação de mobilidade mais utilizada na literatura;

- **Plotagem de Gráficos:** durante a fase de avaliação do MINUET foi utilizado a ferramenta de plotagem de gráficos *Gnuplot* [Gnuplot Homepage 2019]. O Gnuplot é uma das principais ferramentas de desenhos de gráficos voltado ao âmbito acadêmico e científico, provendo suporte a visualização de funções matemáticas e dados sob os mais variados tipos de gráficos (e.g. gráficos de linha, superfície, histograma, etc);
- **Linguagens de Programação:** Considerando as ferramentas supracitadas, tecnologias como Python e C++ foram utilizadas, bem como o estudo de alguns conceitos de programação orientada a objeto e imperativa.

Capítulo 6

Análise

Neste capítulo são analisados os resultados das simulações do MINUET sob os quatro cenários selecionados para a presente pesquisa, os quais visando representar contextos distintos de ambiente de tráfego. O seu comportamento foi examinado levando em consideração a sua capacidade de detecção, disseminação, monitoramento e entrega de pacotes utilizando as técnicas de agrupamento DCA e PCTT. O objetivo é comprovar o apoio do MINUET às entidades externas no tratamento de eventos em cidades inteligentes. Por último, foi examinado o desempenho das técnicas de agrupamento sob cada um dos cenários simulados nesta pesquisa.

6.1 Alta densidade de um sentido

O cenário de alta densidade de veículos e sentido único foi simulado na área *A1* da região selecionada do LuST (Figura 5.2). A Tabela 6.1 sumariza os parâmetros de configuração definidos para tal cenário, enquanto que a Tabela 6.2 apresenta os parâmetros de configuração definidos para as técnicas de agrupamento DCA e PCTT. Para realizar uma análise de desempenho justa entre as técnicas de agrupamento, os valores dos seus parâmetros de configuração (apresentados na Tabela 6.2) foram os mesmos para todos os cenários simulados nesta pesquisa. Tais parâmetros de configuração encontram-se descritos em DCA [Tal, Kelly e Muntean 2016] e PCTT [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2014].

Durante o desenvolvimento do MINUET foi criado o parâmetro de configuração *Intervalo de detecção*, que determina o intervalo de tempo que um veículo leva para validar se

Tabela 6.1: Parâmetros de configuração do cenário de alta densidade de um sentido.

Área	$\cong 1 \text{ Km}^2$
Tempo inicial e final da simulação	29995s ($\cong 8\text{h}:19\text{min}:55\text{s}$) e 30650s ($\cong 8\text{h}:30\text{min}:50\text{s}$)
Tempo inicial e final do evento	30000s ($\cong 8\text{h}:20\text{min}:00\text{s}$) e 30600s ($\cong 8\text{h}:30\text{min}:00\text{s}$)
Densidade do tráfego	45,66 veículos/km
Posição do evento	7355,65, 6059,11
TMDA	0,015s
TMDM	0,1s
Número de estações base	2
Posição das estações base	EB0(7237,65, 6100,84) EB1(7518, 6026)
Intervalo de anúncio	0,5s
Intervalo de detecção	0,005s
Raio de cobertura	$\cong 100\text{m}$
Protocolo de transporte	UDP
Protocolo físico/MAC	IEEE 802.11p
Técnica de agrupamento	DCA e PCTT

ainda é capaz ou não de detectar o evento. Com o objetivo de simular um fluxo contínuo de detecção por um veículo, o *Intervalo de detecção* foi definido em 0,005s, possibilitando assim que cada veículo que trafegasse próximo ao evento fosse capaz de detectá-lo. Diante do exposto, a Figura 6.1 apresenta o número de veículos capazes de detectar o evento ao longo do tempo durante toda a sua existência, utilizando as técnicas de agrupamento DCA e PCTT. Como todo veículo que detecta, automaticamente se torna monitorador, então também é possível verificar nestes resultados a quantidade de monitoradores durante toda a ocorrência do evento. Interessante perceber que nos gráficos 6.1a e 6.1b, não houve diferença entre o DCA e o PCTT quanto ao número de detecções e monitoradores. Isto comprova que o MINUET foi capaz de detectar e iniciar o monitoramento do evento independente da técnica de agrupamento utilizada.

A Figura 6.2 demonstra a capacidade do MINUET em disseminar e entregar os pacotes de monitoramento às EBs. Os gráficos apresentam o número de pacotes de monitoramento criados e, dentre estes, os que foram entregues às EBs. Estes resultados desconsideram a quantidade de pacotes entregues mais de uma vez (pacotes repetidos). Como a quantidade de monitoradores é a mesma para as duas técnicas de agrupamento, como apresentam os

Tabela 6.2: Parâmetros de configuração para o DCA e PCTT.

DCA		PCTT	
Clean up timer	1,0s	View radius	10,0m
Beacon message timer	1,0s	Max hops	2
Events list maintenance timer	1,0s	Convergence time	1,0s
Expiry time interval 1	10,0	Reset time interval	1,0s
Expiry time interval 2	9,0s	Check answered time	0,2s
Expiry time interval 3	7,0s	Search members list time	0,4s
Expiry time interval 4	5,0s	Prediction time interval	0,5s
Expiry time interval 5	3,0s	Max variation rate in X	1,0%
Max separation closeneighbors	100,0m	Max variation rate in Y	1,0%
Check again	1,0s	Change NM to CH time	0,2s
Threshold	0,2	Events list maintenance timer	1,0s

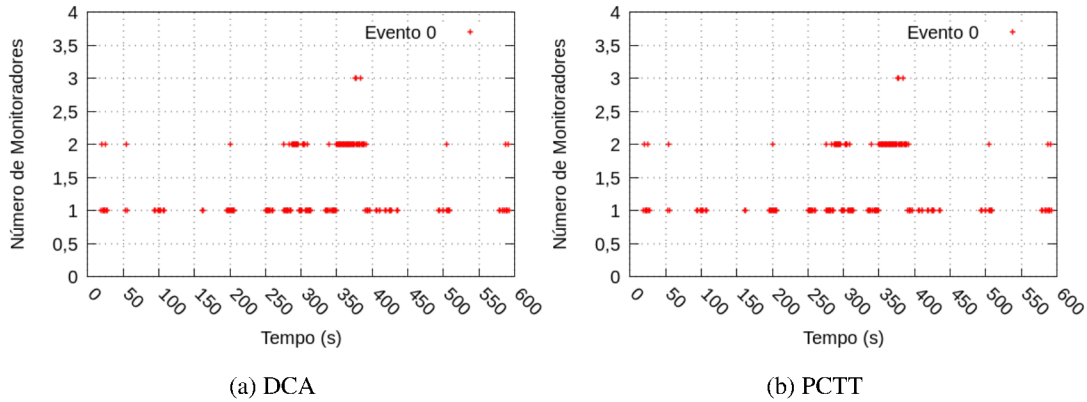


Figura 6.1: Número de monitoradores.

gráficos da Figura 6.1, então o número de pacotes de monitoramento criados também foi o mesmo. Como pôde-se perceber, o MINUET conseguiu um aumento considerável de entrega de pacotes de monitoramento em ambas estações base, entre os instantes 300s e 400s, utilizando o DCA. Isto se deve ao pico de veículos que detectaram o evento durante este mesmo intervalo (Figura 6.1). Contudo, o MINUET não conseguiu entregar pacotes de monitoramento, utilizando o PCTT, em virtude desta estratégia considerar apenas veículos que detectaram o evento pelo menos uma vez como participantes do agrupamento (Gráfico 6.2b). Logo, como um conjunto reduzido de veículos foi capaz de detectar o evento neste cenário (Gráfico 6.21), menos grupos de tamanho reduzido foram formados por esta técnica (Grá-

fico 6.22a). Isto reduziu a colaboração entre os veículos e, consequentemente, as chances de entrega de pacotes.

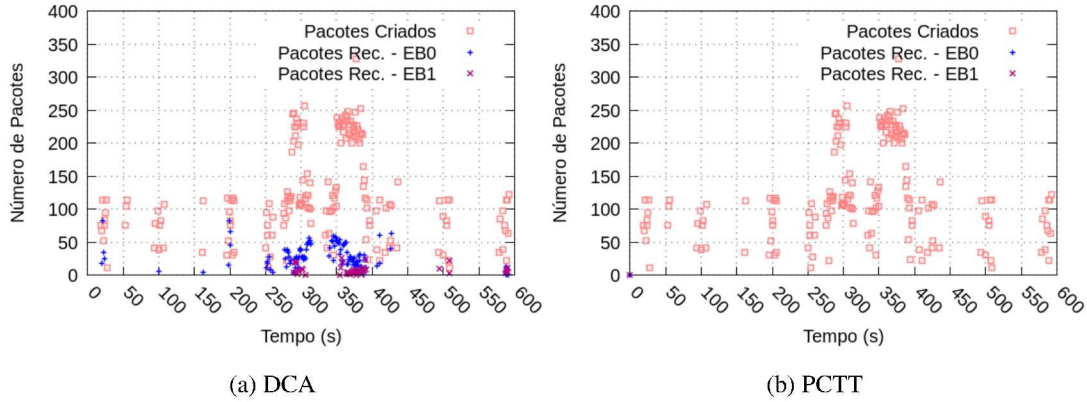


Figura 6.2: Pacotes de monitoramento criados e entregues.

A Figura 6.3 mostra o total de veículos nas ZAs durante a ocorrência do evento e quantos, dentre estes, colaboraram para o monitoramento e/ou disseminação das informações do evento. As ZAs foram criadas utilizando o parâmetro de configuração *Tempo Máximo de Disseminação de Anúncio (TDMA)*, que determina o tempo máximo que os pacotes de anúncio devem ser repassados na rede. Foi utilizado o valor de 0,015s para o *TDMA*, tendo em vista que tal valor proporcionou um número razoável de colaboradores nas ZAs. É possível notar pelos gráficos que a quantidade de veículos nas ZAs, utilizando o PCTT (Gráfico 6.3b), foi ligeiramente maior que no DCA (Gráfico 6.3a) em determinados instantes de tempo, considerando um *Intervalo de anúncio* de 0,5s. Acredita-se que tal comportamento ocorreu pelo fato do MINUET, possibilitar o repasse de mais pacotes de anúncio na rede sob um *TDMA* de 0,015s ao utilizar o PCTT. Contudo, o número de veículos que colaboraram no MINUET foi maior utilizando o DCA, pois a estratégia de agrupamento do PCTT não considera os pacotes de anúncio recebidos, tendo em vista que nesta técnica os nós só se agrupam se forem capazes de detectar o alvo. De qualquer forma, em ambos os casos (gráficos 6.3a e 6.3b) o MINUET possibilitou o monitoramento cooperativo do evento (*Crowdsourcing*) entre os veículos pertencentes às ZAs neste cenário.

A capacidade de coordenação dos grupos e do monitoramento também pôde ser verificada por meio da análise do número de pacotes transmitidos na rede pelo MINUET (Figura 6.4) durante a ocorrência do evento. Observou-se neste cenário, que a quantidade de

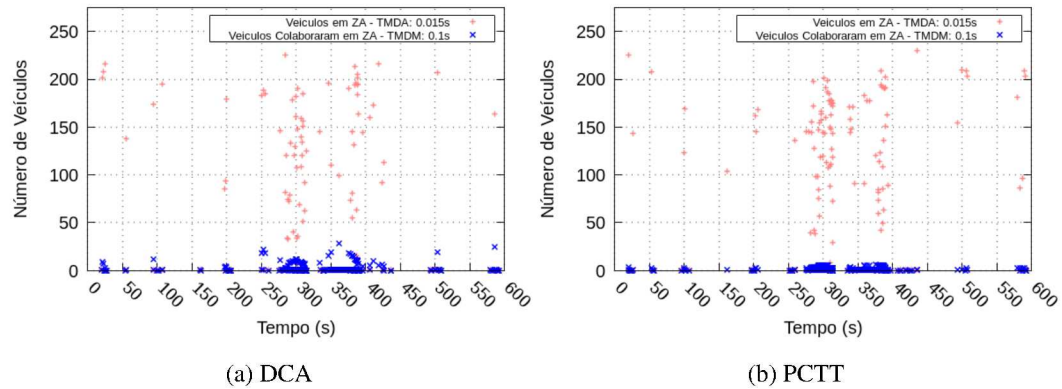


Figura 6.3: Veículos na ZA que colaboraram no monitoramento e/ou disseminação.

transmissões de pacotes de monitoramento (linha vermelha) e de agrupamento (linha azul) foram maiores utilizando o DCA (Gráfico 6.4a), com um total de 45447 e 70057 transmissões de pacotes de monitoramento e agrupamento, respectivamente. Isto se deve ao fato do MINUET ser capaz de transmitir mais pacotes de agrupamento e, conseqüentemente, possibilitar a formação de mais grupos, utilizando o DCA neste cenário. Com mais grupos colaborando no cenário, o número de pacotes de monitoramento transmitidos tende a aumentar devido os repasses, como pode ser visto no Gráfico 6.4a. Contudo, o número de transmissões de pacotes de anúncio, utilizando o PCTT (28900 transmissões) foi maior do que com o DCA (18644 transmissões). Isto se deve ao fato do MINUET, utilizando o DCA, ter possibilitado a transmissão de mais pacotes de agrupamento, proporcionando assim a formação de mais grupos veiculares, e conseqüentemente a transmissão de mais pacotes de monitoramento na rede. Logo, embora o número de pacotes de anúncio criados tenha sido o mesmo em ambas as técnicas, o número de pacotes de anúncio perdidos, durante os repasses, foi maior utilizando o DCA, em virtude do maior volume de tráfego de informações transmitido utilizando tal técnica agrupamento.

Para aferir a eficiência do MINUET, foram realizados testes para mensurar o número de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes (i.e. pacotes entregues às estações que são repetidos) pelo MINUET utilizando as duas técnicas de agrupamento DCA e PCTT, conforme a Tabela 6.3. Como o MINUET não possibilitou entrega de pacotes de monitoramento utilizando o PCTT, não foi possível mensurar tais métricas neste cenário. Em contrapartida, utilizando o DCA, o MINUET possibilitou a entrega de 8353 pacotes

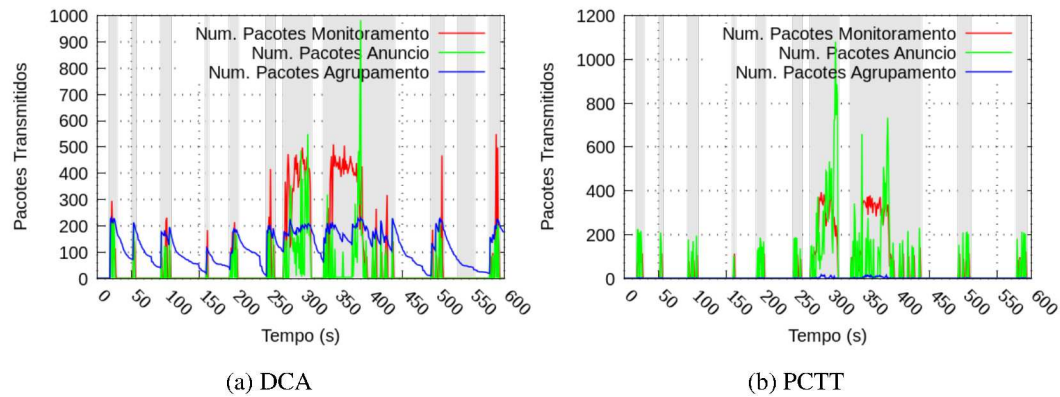


Figura 6.4: Pacotes transmitidos na rede

de monitoramento, sendo que 4630 correspondem à pacotes redundantes recebidos. Diante do exposto, percebe-se que o MINUET apresentou uma taxa de redundância de entrega de 55,42% utilizando o DCA, comprovando assim o nível de redundância considerável em tal cenário. Ainda com base na Tabela 6.3 é possível observar que o MINUET possibilitou uma taxa total de entrega de aproximadamente 17%. Tal valor possivelmente surgiu em decorrência de dois fatores: (i) O monitorador estava fora da área de cobertura das EBs. Assim, no instante que um veículo detecta um evento, ele inicia o monitoramento, contudo por este estar fora do alcance de uma estação base, os pacotes de monitoramentos transmitidos são perdidos; (ii) Devido ao atraso na formação dos grupos. Normalmente técnicas de agrupamentos possuem um intervalo de convergência para a formação do grupo, o que pode resultar em perdas de informação.

Tabela 6.3: Total de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes na rede.

DCA			PCTT		
Pac. Criados	Pac. Entregues	Pac. Redundantes	Pac. Criados	Pac. Entregues	Pac. Redundantes
21880	8353	4630	21880	—	—

O Gráfico 6.5 apresenta o atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento às EBs em função do número de saltos nos grupos. Neste cenário, pacotes foram entregues apenas ao se utilizar o DCA. Considerando um *TMDM* de 0,1s, o MINUET possibilitou um atraso de entrega máximo e mínimo de 0.071s e 0.085s, respectivamente. Isto demonstra a capacidade de monitoramento em tempo real do MINUET para aplicações de dados sensíveis a atrasos.

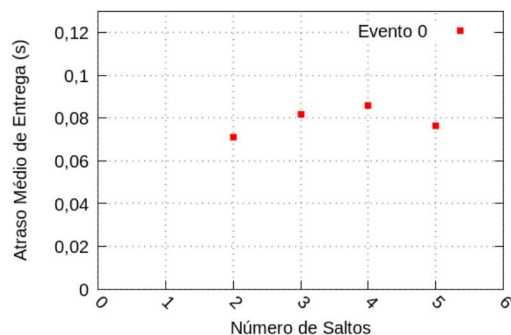


Figura 6.5: Atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento pelo número de saltos, utilizando DCA.

6.2 Alta densidade de dois sentidos

O cenário de alta densidade de veículos e dois sentidos foi simulado na área A2 da região selecionada do LuST (Figura 5.2) no mesmo horário do cenário de alta densidade e sentido único. A Tabela 6.4 apresenta os valores dos parâmetros de configuração utilizados neste cenário, enquanto que os parâmetros referentes às técnicas de agrupamento, DCA e PCTT, mantiveram os mesmo valores do cenário anterior (Tabela 6.2).

Tabela 6.4: Parâmetros de configuração do cenário de alta densidade de dois sentidos.

Área	$\cong 1\text{Km}^2$
Tempo inicial e final da simulação	29995s ($\cong 8\text{h}:19\text{min}:55\text{s}$) e 30650s ($\cong 8\text{h}:30\text{min}:50\text{s}$)
Tempo inicial e final do evento	30000s ($\cong 8\text{h}:20\text{min}:00\text{s}$) e 30600s ($\cong 8\text{h}:30\text{min}:00\text{s}$)
Densidade do tráfego	31,82 veículos/km
Posição do evento	6548,43, 6350,11
TMDA	0,015s
TMDM	0,1s
Número de estações base	2
Posição das estações base	EB0(6424,00, 6367,66) EB1(6711,45, 6319,64)
Intervalo de anúncio	0,5s
Raio de cobertura	$\cong 100\text{m}$
Protocolo de transporte	UDP
Protocolo físico/MAC	IEEE 802.11p
Técnica de agrupamento	DCA e PCTT

Observando a Figura 6.6, percebe-se que os veículos também foram capazes de detectar

o evento ao longo do tempo durante sua existência, utilizando tanto o DCA quanto o PCTT. Assim como nos demais cenários, o número de veículos que monitoraram o evento, utilizando o DCA ou o PCTT, não variou, indicando que tais algoritmos de agrupamento não interferem na detecção nem no monitoramento do MINUET. Neste cenário de dois sentidos, é importante destacar que, embora o MINUET tenha apresentado uma frequência de detecção ligeiramente menor neste cenário (0,29 detecções/s) em relação ao cenário anterior (0,40 detecções/s) para um *Intervalo de detecção* de 0,005s, percebeu-se que o MINUET conseguiu um número de detecções mais distribuído ao longo do tempo (Figura 6.6) neste cenário.

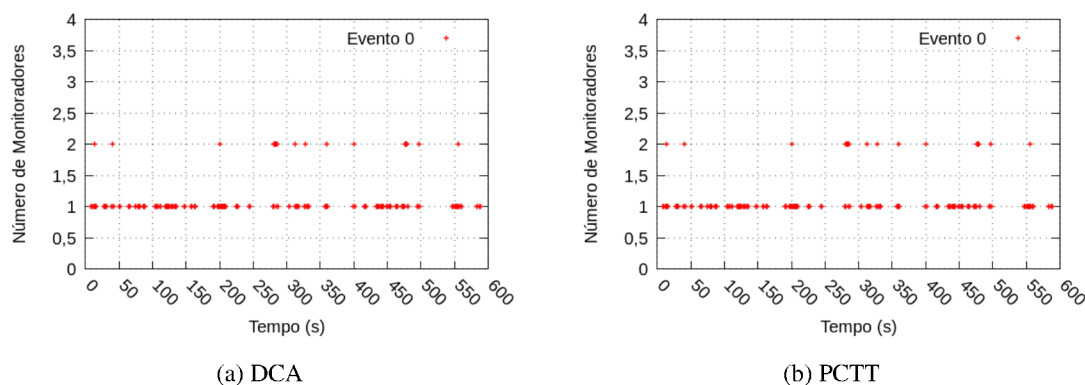


Figura 6.6: Número de monitoradores.

As detecções distribuídas ao longo do tempo, possibilitaram que o MINUET proporcionasse entregas de pacotes de monitoramento mais distribuídas ao longo do tempo, utilizando ambas as técnicas de agrupamento, como apresenta a Figura 6.7. Isto possibilitou que as EEs recebessem informações de contexto do evento mais precisas durante sua ocorrência, tornando possível tomada de decisões mais eficazes por parte das EEs. Embora neste cenário, o MINUET tenha possibilitado entregas de pacotes utilizando ambas técnicas de agrupamento, percebe-se que, utilizando o DCA, o MINUET conseguiu entregar mais pacotes em ambas estações base, EB0 e EB1, enquanto que utilizando o PCTT menos pacotes foram entregues em virtude do baixo número de grupos formados durante o monitoramento. De toda forma, pôde-se constatar que o MINUET foi capaz de garantir a disseminação e entrega de pacotes às EBs neste cenário.

A coordenação cooperativa de monitoramento e disseminação do MINUET, provou tam-

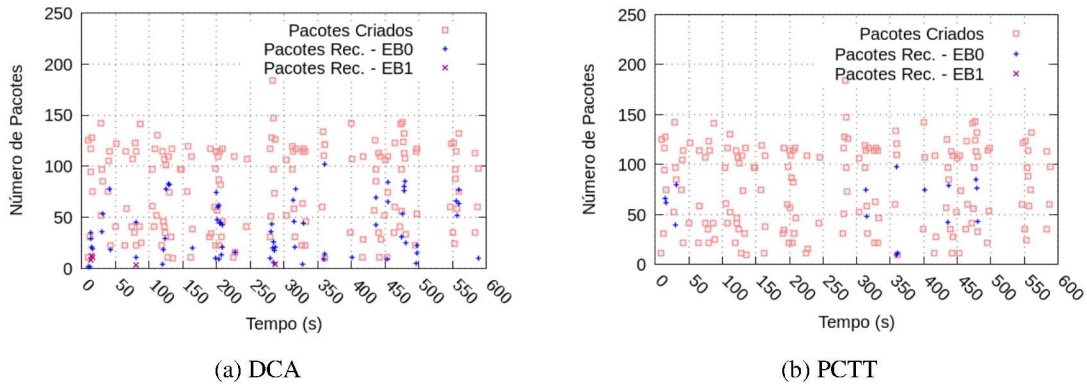


Figura 6.7: Número de pacotes de monitoramento criados e entregues pelo tempo.

bém ser viável neste cenário. De acordo com os gráficos da Figura 6.8, percebeu-se que as ZAs também apresentaram valores ligeiramente maiores utilizando o PCTT sob um *TMDA* de 0,015s, como ocorreu no cenário anterior. Ademais, o número de colaboradores, pertencentes às ZAs, apresentou ser maior utilizando o DCA, pelos mesmos motivos descritos no cenário anterior. Com o aumento do número de colaboradores no MINUET, utilizando o DCA, percebeu-se um aumento considerável de transmissões de pacotes de monitoramento em relação ao PCTT, como apresentam os gráficos de Figura 6.9. Estes gráficos apresentam o número de transmissões de pacotes de monitoramento (linha vermelha) distribuídas ao longo do tempo na rede. Isto demonstrando que o MINUET foi capaz de prover o monitoramento e disseminação das informações do evento mais distribuído ao longo do tempo que no cenário anterior (Figura 6.4).

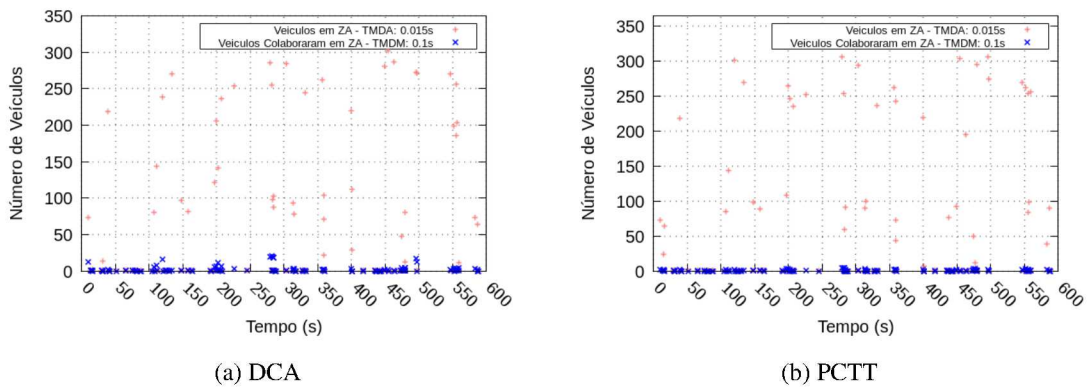


Figura 6.8: Número de veículos em ZA que repassaram pacotes.

Ainda com base nos gráficos da Figura 6.9, pôde-se observar que o *overhead* do MI-

NUET foi maior novamente utilizando o DCA. Tendo em vista que neste cenário, o MINUET conseguiu repassar mais pacotes de agrupamento e, conseqüentemente, formar mais grupos com maior número de membros, utilizando o DCA. Este comportamento implicou na transmissão de mais pacotes de monitoramento na rede, assim como ocorreu no cenário anterior, comprovando assim a disseminação colaborativa entre os veículos neste cenário. Outro ponto importante a se destacar neste cenário, foi a alta transmissão contínua de pacotes de agrupamento (linha azul) em relação ao cenário anterior. Isto possivelmente ocorreu em virtude do cenário de dois sentidos ter proporcionado detecções mais distribuídas ao longo do tempo. Também pôde-se constatar a capacidade do MINUET na alocação eficiente de recursos da rede durante os períodos de monitoramento do evento.

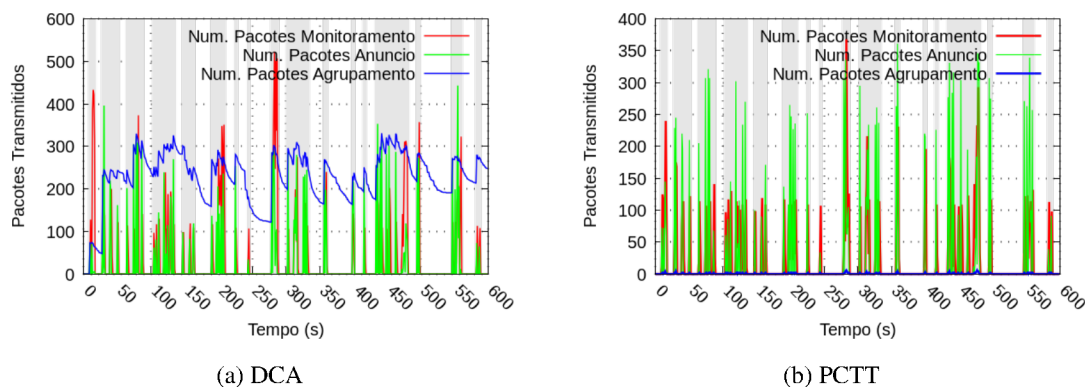


Figura 6.9: Pacotes transmitidos na rede.

O número de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes também foram aferidos neste cenário, como apresenta a Tabela 6.5. De acordo com esta tabela, percebe-se que o MINUET possibilitou entrega de pacotes de monitoramento utilizando ambas as técnicas de agrupamento. Contudo percebe-se que com o DCA o MINUET apresentou um número de pacotes entregues maior, isso se deve novamente ao fato do PCTT não ter possibilitado a formação de grupos suficientemente capazes de disseminar e entregar pacotes de monitoramento às EBs neste cenário. Também vale ressaltar que neste cenário o MINUET, utilizando o DCA, apresentou uma taxa de entrega (21,59%) foi superior ao cenário anterior (17%), enquanto que a taxa de redundância resultou em um valor inferior (49,62%) comparado ao cenário anterior (55,42%). Acredita-se que o aumento da taxa de entrega deu-se por conta das detecções mais distribuídas ao longo tempo durante a ocorrência do evento. De

toda forma, pôde-se notar que o MINUET foi capaz de coordenar a disseminação de modo a possibilitar entregas de pacotes neste cenário.

Tabela 6.5: Total de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes na rede.

DCA			PCTT		
Pac. Criados	Pac. Entregues	Pac. Redundantes	Pac. Criados	Pac. Entregues	Pac. Redundantes
12337	5288	2624	12337	938	48

O atraso médio de entrega de pacotes de monitoramento no MINUET também foi verificado neste cenário, utilizando ambas as técnicas de agrupamento, como apresentam os gráficos da Figura 6.10. Como pode-se notar o MINUET apresentou um atraso médio inferior utilizando o PCTT, embora, utilizando o DCA, tenha possibilitado número maior de saltos nas entregas e uma alta transmissão de pacotes na rede (Gráfico 6.9a). Estes fatores, possivelmente colaboraram para o leve aumento de atraso de entrega utilizando o DCA neste cenário. Considerando o atraso médio do MINUET utilizando o DCA, percebeu-se que os valores mensurados neste cenário não apresentou uma discrepância considerável para a maioria dos saltos com o cenário anterior (Gráfico 6.5). Exceto para as rotas de cinco saltos, em que neste cenário apresentou um valor superior. De toda forma, o MINUET demonstrou uma eficiência adequada no tempo de entrega para o monitoramento de eventos emergenciais no cenário em questão.

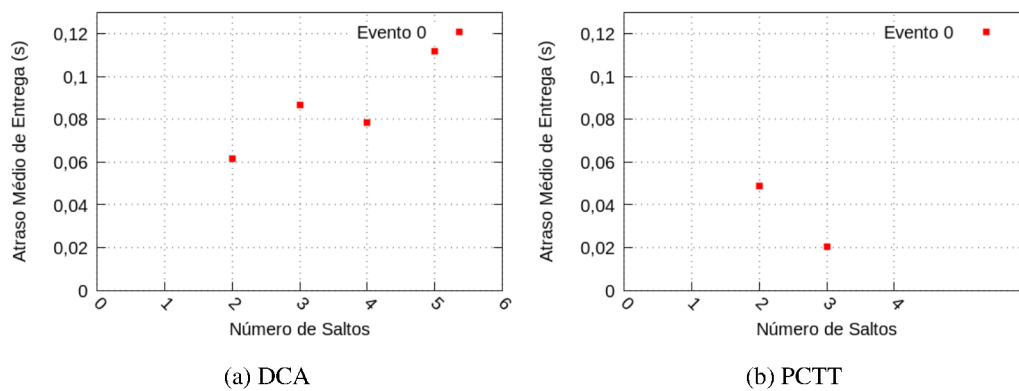


Figura 6.10: Atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento pelo número de saltos

6.3 Baixa densidade de um sentido

O cenário de baixa densidade de veículos e sentido único foi simulado na mesma área A1 da região selecionada do LuST (Figura 5.2). Para isso, a simulação foi realizada em horário inferior aos cenários de alta densidade, tendo em vista que nestes horários a densidade tende a ser menor. Os valores dos parâmetros de configurações utilizados para este cenário encontram-se resumidos na Tabela 6.6, enquanto os valores dos parâmetros das técnicas de agrupamento mantiveram-se os mesmos como descritos na Tabela 6.2.

Tabela 6.6: Parâmetros de configuração do cenário de baixa densidade de um sentido.

Área	$\cong 1\text{Km}^2$
Tempo inicial e final da simulação	23295s ($\cong 6\text{h}:28\text{min}:15\text{s}$) e 24000s ($\cong 6\text{h}:40\text{min}:00\text{s}$)
Tempo inicial e final do evento	23300s ($\cong 6\text{h}:28\text{min}:20\text{s}$) e 23900s ($\cong 6\text{h}:38\text{min}:20\text{s}$)
Densidade do tráfego	16,69 veículos/km
Posição do evento	7355,65, 6059,11
TMDA	0,015s
TMDM	0,1s
Número de estações base	2
Posição das estações base	EB0(7237,65, 6100,84) EB1(7518, 6026)
Intervalo de anúncio	0,5s
Raio de cobertura	$\cong 100\text{m}$
Protocolo de transporte	UDP
Protocolo físico/MAC	IEEE 802.11p
Técnica de agrupamento	DCA e PCTT

Com a redução da densidade do tráfego percebeu-se uma diminuição do número detecções do evento, o que já era esperado. Porém, o MINUET possibilitou a detecção e monitoramento do evento próximo a via deste cenário. Neste cenário, também pôde-se constatar que em ambos os gráficos, o número de detecções não variou, confirmando que as técnicas de agrupamento não interferem no processo de detecção e, consequentemente, monitoramento do MINUET.

Apesar da baixa densidade, o MINUET também foi capaz de entregar pacotes de monitoramento neste cenário. Os gráficos da Figura 6.12 apresentam o número de pacotes criados e quantos foram entregues às estações base ao longo do tempo, utilizando as técnicas DCA e PCTT. Como pôde-se observar o MINUET foi capaz de entregar pacotes para ambas

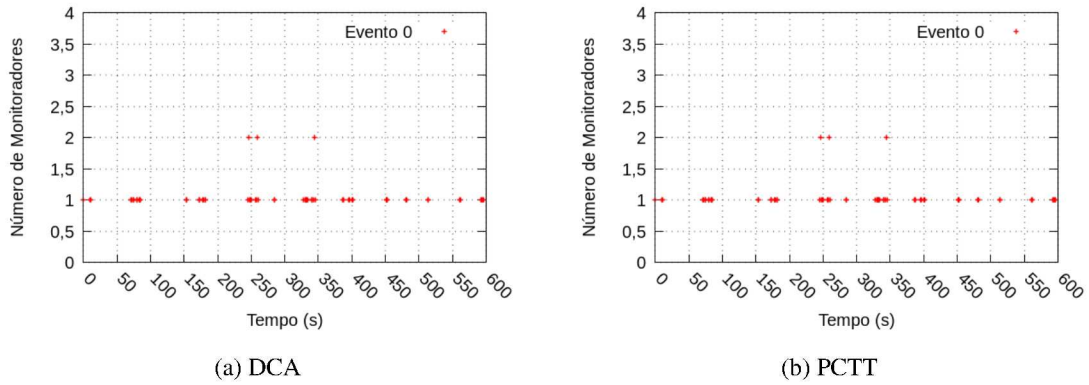


Figura 6.11: Número de monitoradores.

estações base, EB0 e EB1, em determinados instantes de tempo que mativeram multiplas detecções (i.e. mais de um veículo detectando o evento). Porém, de acordo com os gráficos da Figura 6.12, pôde-se perceber que não houve entrega de pacotes utilizando o PCTT, tal comportamento ocorreu em virtude da sua estratégia de agrupamento não se adequar aos contextos de tráfego e evento neste cenário, assim como ocorreu no cenário 6.1.

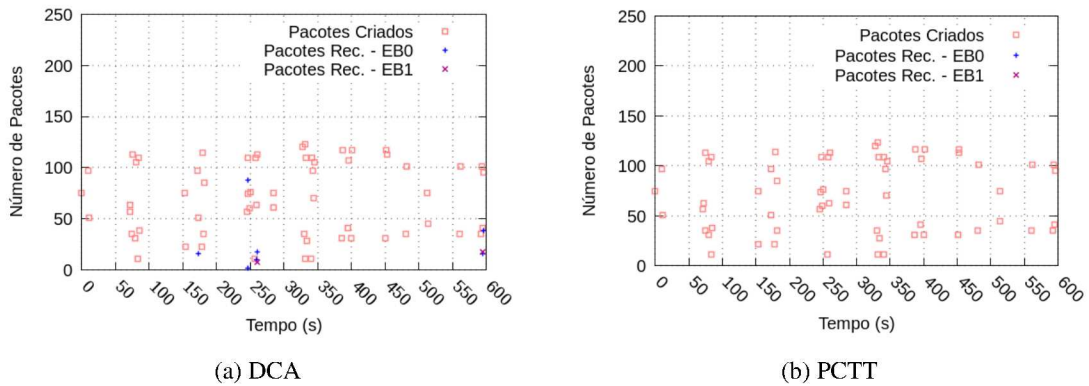


Figura 6.12: Número de pacotes de monitoramento criados e entregues pelo tempo.

A capacidade de coordenação cooperativa do MINUET no monitoramento e/ou disseminação também apresentou ser possível neste cenário, como pode ser visto pelos gráficos da Figura 6.13. Como pôde-se perceber, apesar da redução considerável das ZAs, em ambas técnicas de agrupamento, em virtude da baixa densidade, subconjuntos de veículos pertencentes às ZAs foram capazes de colaborar em curtos espaços de tempo. De acordo com os gráficos, pôde-se constatar que em certos instantes de tempo (e.g. 170s, 250s e 340s) o número de veículos que colaboraram na ZA apresentou ser ligeiramente maior utilizando a

técnica DCA. Tal fato implica dizer que o MINUET apresentou ser mais eficaz na cooperação distribuída utilizando o algoritmo de agrupamento DCA, para o cenário em questão.

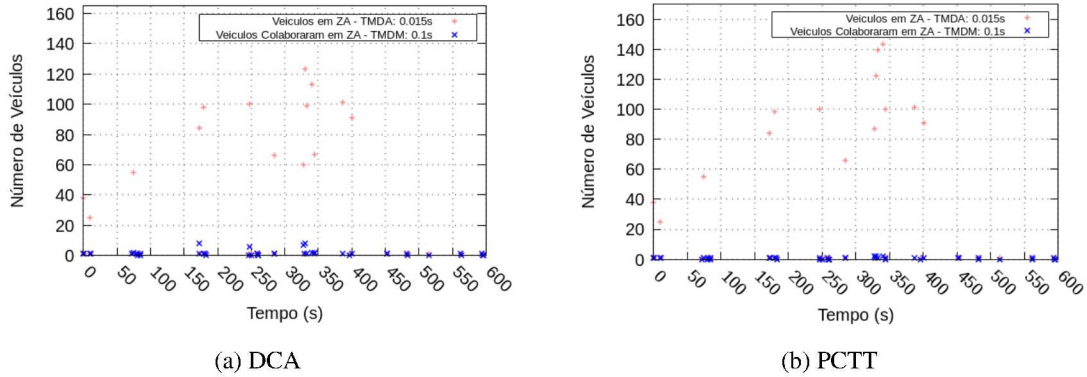


Figura 6.13: Número de veículos colaborando em Zona de Anúncio.

Neste cenário, percebeu-se uma redução considerável de pacotes transmitidos na rede pelo MINUET (Figura 6.14) comparado aos cenários de alta densidade, tal comportamento já era esperado em virtude da redução da densidade de veículos. Como pode-se observar, o MINUET conseguiu alcançar valores próximos de transmissões de pacotes de anúncio para ambas as técnicas de agrupamento. Contudo, o número de transmissões de pacotes de monitoramento ainda apresentou ser maior utilizando o DCA, isso justifica-se pelo fato do DCA ter proporcionado a transmissão de mais pacotes de agrupamento e, conseqüentemente, possibilitado a formação de mais grupos capazes de colaborar no monitoramento e disseminação. Embora o MINUET, utilizando o PCTT, não tenha possibilitado entregas de pacotes de monitoramento neste cenário, pôde-se perceber pelo Gráfico 6.14b que houve disseminação de pacotes de monitoramento na rede (linhas vermelhas). Contudo, os grupos formados por esta técnica não foram capazes de colaborar ao ponto de prover entregas às EEs.

Neste cenário, percebeu-se uma redução considerável de pacotes de monitoramento criados e entregues às estações base pelo MINUET, utilizando o DCA (Tabela 6.7). Tal comportamento ocorreu em virtude da redução da densidade de veículos no cenário, o qual reduziu o número de detecções e, conseqüentemente, o número de pacotes criados na rede. Esta redução possibilitou uma taxa de redundância de 50,11%, indicando novamente a capacidade entrega redundante do MINUET neste cenário. Enquanto que apresentou uma taxa de entrega de 4,9%, para um *TMDM* de 0,1s. De toda forma, mesmo em tais condições,

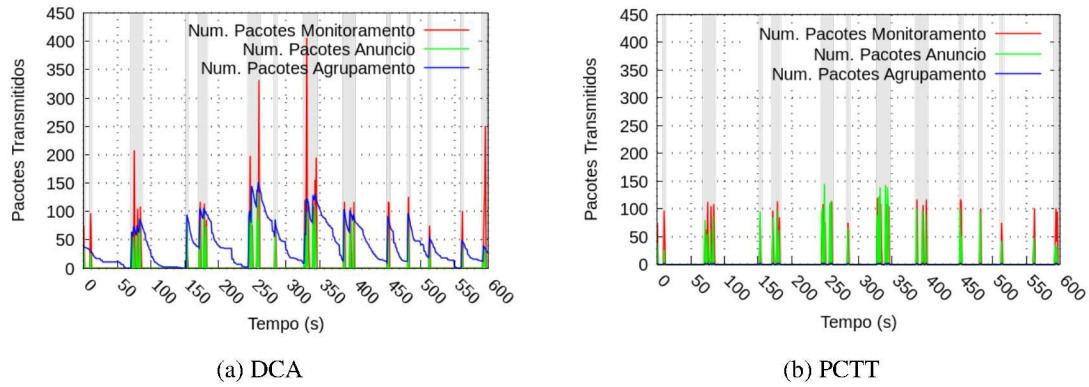


Figura 6.14: Número de pacotes transmitidos na rede pelo tempo.

percebeu-se que o MINUET possibilitou entrega de pacotes, isto é, grupos formados foram capazes de colaborar no monitoramento e disseminação de modo a possibilitar a entrega de informações às EBs.

Tabela 6.7: Total de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes na rede.

DCA			PCTT		
Pac. Criados	Pac. Entregues	Pac. Redundantes	Pac. Criados	Pac. Entregues	Pac. Redundantes
4281	425	213	4281	—	—

Com relação ao atraso médio, apesar deste cenário ter proporcionado uma redução no número de saltos, percebeu-se que o MINUET apresentou valores de atraso médio aproximados com os cenários de alta densidade, para a maioria dos saltos (Gráfico 6.15). Neste contexto, percebe-se que a medida que o número de saltos aumentam o atraso médio também tende a aumentar apresentando um valor de atraso máximo e mínimo de 0,077s e 0,055s, respectivamente. Com tais valores, pode-se concluir que o MINUET também foi capaz de colaborar no tratamento de eventos emergenciais neste cenário.

6.4 Baixa densidade de dois sentidos

O cenário de baixa densidade de veículos de dois sentidos foi simulado na área A2 da região selecionada do LuST (Figura 5.2), no o mesmo horário do cenário anterior *Baixa densidade de um sentido* (6.3). A Tabela 6.8 apresenta todos os parâmetros de configuração definidos para este cenário. Já os parâmetros de configuração das técnicas de agrupamento encontram-

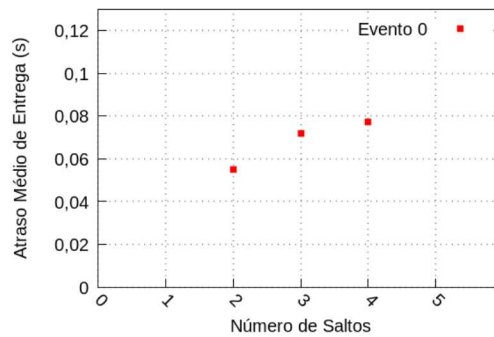


Figura 6.15: Atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento pelo número de saltos, utilizando DCA.

se definidos na Tabela 6.2 e foram mantidos os mesmos valores assim como em todos os cenários desta pesquisa.

Tabela 6.8: Parâmetros de configuração do cenário de baixa densidade de dois sentidos.

VARIÁVEIS	VALORES
Área	$\cong 1\text{Km}^2$
Tempo inicial e final da simulação	23295s ($\cong 6\text{h}:28\text{min}:15\text{s}$) e 24000s ($\cong 6\text{h}:40\text{min}:00\text{s}$)
Tempo inicial e final do evento	23300s ($\cong 6\text{h}:28\text{min}:20\text{s}$) e 23900s ($\cong 6\text{h}:38\text{min}:20\text{s}$)
Densidade do tráfego	16,09 veículos/km
Posição do evento	6548,43, 6350,11
TMDA	0,015s
TMDM	0,1s
Número de estações base	2
Posição das estações base	EB0(6424,00, 6367,66) EB1(6711,45, 6319,64)
Intervalo de anúncio	0,5s
Raio de cobertura	$\cong 100\text{m}$
Protocolo de transporte	UDP
Protocolo físico/MAC	IEEE 802.11p
Técnica de agrupamento	DCA e PCTT

Verificou-se que neste cenário, assim como nos anteriores, o MINUET foi capaz de detectar o evento, utilizando ambas as técnicas de agrupamento (Figura 6.16). Contudo, diferentemente dos cenários de alta densidade (6.1 e 6.2), percebeu-se que a frequência de detecção deste cenário (0,12 detecções/s) foi ligeiramente maior que no cenário anterior (0,10

detecções/s). Apesar da baixa densidade foi possível perceber que o este cenário de dois sentidos também apresentou um número de detecções mais distribuída ao longo do tempo, assim como ocorreu no cenário de *Alta densidade de dois sentidos* (6.2).

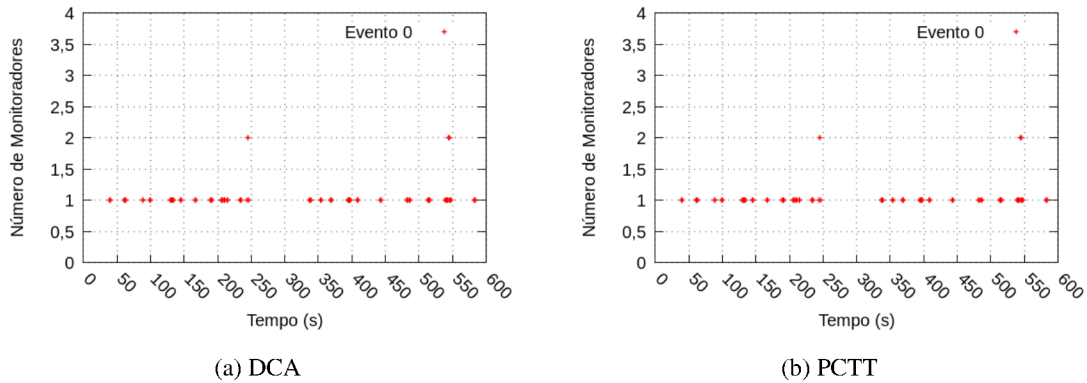


Figura 6.16: Número de monitoradores.

Diferentemente do cenário anterior, percebeu-se neste cenário um aumento considerável de pacotes de monitoramento entregues pelo MINUET utilizando o DCA, como apresenta o Gráfico 6.17a. Diante do exposto, pôde-se comprovar a capacidade de entrega de informações do evento às EBs neste cenário, por meio da disseminação colaborativa dos grupos formados. Ademais, assim como ocorreram nas detecções, os instantes de entregas também apresentaram ser mais distribuídos ao longo do tempo, como pode-se verificar pelo Gráfico 6.17a. Contudo, nenhum pacote de monitoramento foi entregue utilizando o PCTT, como apresenta o Gráfico 6.17b, novamente pelo fato da estratégia de agrupamento desta técnica não ter possibilitado a formação de grupos de veículos capazes de colaborar na entrega de pacotes na rede.

A capacidade colaborativa do MINUET neste cenário pôde ser verificada por intermédio dos gráficos da Figura 6.18. Por estes, percebe-se novamente uma diminuição no tamanho das ZAs, em virtude da redução da densidade. Onde o MINUET, apresentou um número maior de veículos colaboradores utilizando o DCA, como pode-se verificar pelo Gráfico 6.18a. Diante do exposto, foi possível perceber que o MINUET possibilitou o monitoramento cooperativo do evento (*Crowdsourcing*) entre os veículos pertencentes às ZAs. Além do mais, percebe-se que a estratégia de *Zona de Anúncio* assumem um papel importante no controle de veículos que realmente são capazes de colaborar (i.e. monitorar,

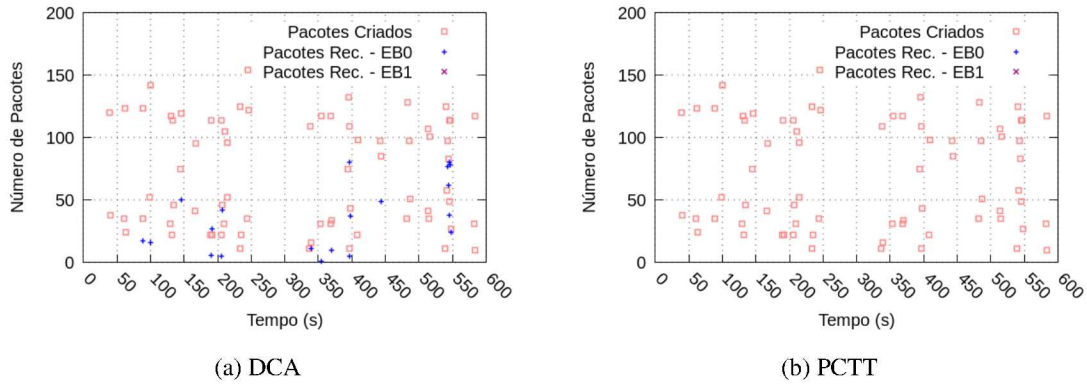


Figura 6.17: Pacotes de monitoramento criados e entregues.

disseminar e/ou entregar pacotes) na rede. Por exemplo, neste cenário, dentre os veículos que pertencem ao conjunto das ZAs apenas alguns subconjuntos são capazes de colaborar no MINUET, como demonstram os gráficos da Figura 6.18. Isto, consequentemente, implica também no controle das mensagens transmitidas pelo MINUET na rede (*overhead*). Os gráficos da Figura 6.19 apresentam o número de pacotes transmitidos na rede pelo MINUET ao longo do tempo, utilizando o DCA e PCTT. Como pode-se observar, assim como ocorreu no cenário de *Alta densidade de dois sentidos* (6.2), houve um aumento do número de picos de pacotes de monitoramento transmitidos (linha vermelha) em virtude do aumento de detecções. Contudo, também percebeu-se que o número de pacotes de agrupamento transmitidos apresentou ser menor comparado ao cenário anterior, principalmente utilizando o PCTT, tal comportamento ocorre pelo baixo número de repasses de pacotes de anúncio na rede, implicando na redução das ZAs e, consequentemente, no número de veículos se agrupando na rede. Novamente percebeu-se a alocação eficiente de recursos de rede pelo MINUET neste cenário, como pode ser observado nas áreas cinzas dos gráficos da Figura 6.19.

Como pôde-se notar neste cenário, o MINUET apenas proporcionou entregas de pacotes utilizando o DCA. Diante do exposto, a Tabela 6.9 apresenta o número de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes, utilizando tanto o DCA quanto o PCTT. Comparado ao cenário de *Baixa densidade de um sentido* (6.3), percebeu-se que o presente cenário apresentou uma taxa de entrega superior de 14,36% sob um *TMDM* de 0,1s. Este aumento, possivelmente ocorreu aumento do tempo de monitoramento e/ou tamanho dos grupos capazes de monitorar o evento durante sua ocorrência. Contudo, a taxa de redundân-

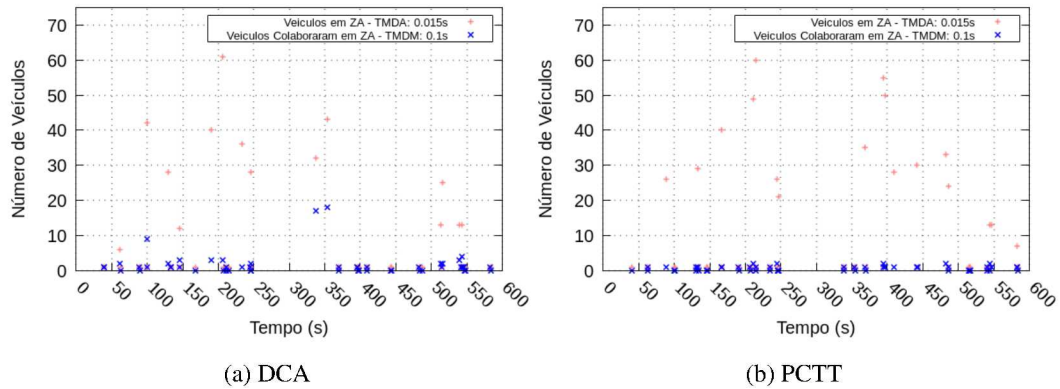


Figura 6.18: Veículos da ZA que repassaram pacotes.

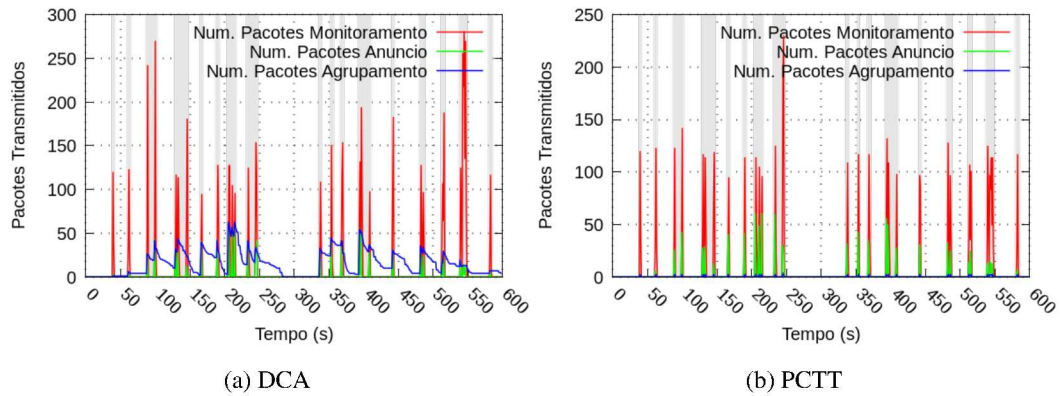


Figura 6.19: Pacotes transmitidos na rede.

cia de entrega reduziu para 35,31%, esta redução possivelmente surgiu pelo fato dos grupos (capazes de monitorar o evento) possuírem apenas um *gateway* dentre os demais membros, diminuindo consideravelmente o número de pacotes redundantes entregues. Neste cenário, os atrasos médio de entrega apresentaram valores próximos dos cenários anteriores, apesar de terem possibilitado entregas de apenas dois e três saltos, como pode ser visto no Gráfico 6.20. Apresentando um atraso máximo e mínimo de 0,054s e 0,065s, respectivamente, percebe-se que o MINUET, neste cenário, também foi capaz de prover entregas em tempos razoáveis. Isto possibilita o provisionamento de monitoramento e entrega, em tempo real, para aplicações de dados sensíveis a atrasos.

Tabela 6.9: Total de pacotes de monitoramento criados, entregues e redundantes na rede.

DCA			PCTT		
Pac. Criados	Pac. Entregues	Pac. Redundantes	Pac. Criados	Pac. Entregues	Pac. Redundantes
5014	1113	393	5014	–	–

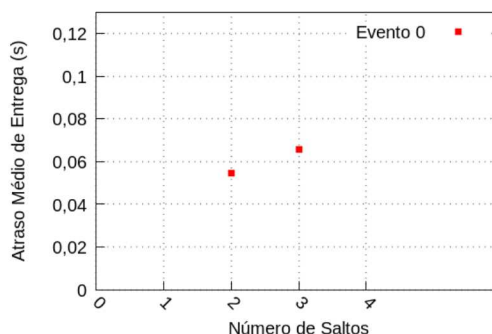


Figura 6.20: Atraso médio de entrega dos pacotes de monitoramento pelo número de saltos, utilizando DCA.

6.5 Desempenho dos Agrupamentos

O desempenho das técnicas de agrupamento utilizadas nesta pesquisa foi verificado mensurando algumas métricas de performance existentes na literatura (Seção 5.5.3). Tais métricas foram medidas para cada um dos cenários de alta/baixa densidade de veículos em cada uma das áreas A1 e A2 selecionadas (Figura 5.2), mantendo tanto os valores dos parâmetros de configuração de cada cenário quanto os parâmetros de configuração das técnicas de agrupamento descritos na Tabela 6.2. Os resultados foram sintetizados e apresentados nos gráficos das Figuras 6.21 e 6.22.

A taxa de veículos agrupados (Gráfico 6.21) objetiva verificar a eficiência do DCA e PCTT mensurando o número de veículos capazes de se agrupar em cada cenário. Para permitir uma avaliação justa, as amostras de veículos presentes nas áreas A1 e A2, nos horários correspondentes, foram selecionadas de modo que o número de veículos agrupados pelas técnicas de agrupamento não ultrapassasse tais amostras. Como pôde-se perceber no Gráfico 6.21, a técnica DCA foi capaz de agrupar mais veículos que o PCTT para todas as amostras de veículos contidas nos quatro cenários. Isto ocorreu pelo fato da estratégia de agrupamento do PCTT considerar apenas veículos que detectaram o alvo, pelo menos uma

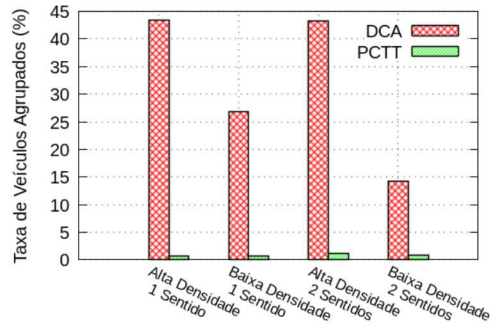


Figura 6.21: Gráficos de desempenho taxa de veículos agrupados nos cenários.

vez, como passíveis de agrupamento. A capacidade de agrupamento foi maior para os cenários de alta densidade, os quais apresentaram valores aproximados. Enquanto que para no cenário *Baixa densidade de um sentido* (6.3) o DCA apresentou uma taxa de agrupamento superior ao cenário *Baixa densidade de dois sentidos* (6.4). Tal redução pode ser explicada pela formação das ZAs nos cenários. Apesar das densidades serem as mesmas, as ZAs apresentaram ser maiores no cenário de um sentido (Gráfico 6.13a). Implicando na transmissão de mais pacotes de agrupamento (Gráfico 6.14a) e, conseqüentemente, mais veículos agrupados neste cenário. O Gráfico 6.22a apresenta o total de grupos formados em cada um dos cenários simulados. Como pôde-se notar, o MINUET, utilizando o DCA, apresentou um total de grupos superior ao PCTT em todos os cenários. Este resultado pode ser explicado por dois motivos principais: i) O DCA apresenta um alto nível de reconfiguração (i.e. grupos se formando e se desfazendo na rede ao longo do tempo) e refiliação (i.e. membros entrando e saindo dos grupos) durante as fases de formação e manutenção. ii) O PCTT apresenta uma estratégia de agrupamento em que apenas veículos capazes de detectar o alvo podem iniciar o agrupamento, reduzindo, desta forma, o número de grupos formados na rede.

Quanto mais grupos formados no cenário, mais repasses de pacotes de agrupamentos serão transmitidos na rede e, conseqüentemente, aumentando o *overhead* de agrupamento. Contudo, de acordo com o Gráfico 6.22b, percebe-se que mesmo em cenários que apresentaram um alto número de grupos formados (e.g. Alta densidade de um sentido) o *overhead* de agrupamento apresentou ser menor que em cenário com menor número de grupos (e.g. Baixa densidade de um sentido). Esta inversão entre as métricas *total de grupos formados* e *overhead de agrupamento*, ocorridas nestes cenários, possivelmente ocorreram em virtude

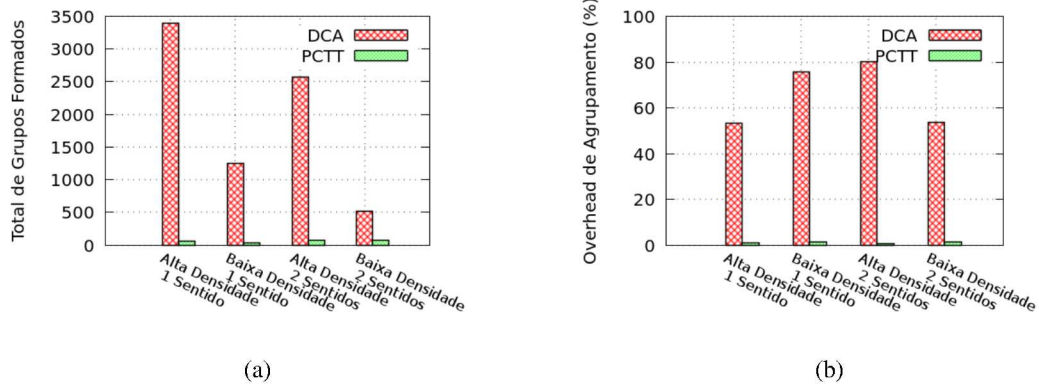


Figura 6.22: Gráficos de desempenho total de grupos formados e overhead de agrupamento.

da variação das densidades e sentido das vias. Pois, apesar dos cenários de alta densidade de veículos transmitirem mais pacotes que os cenários de baixa densidade (como pode ser visto nos gráficos 6.4, 6.14, 6.9 e 6.19), percebeu-se um comportamento intrigante com relação aos cenários de um e dois sentidos. Para o primeiro caso (i.e. cenário de um sentido), percebeu-se que a taxa de pacotes de agrupamento tende a aumentar com a redução da densidade. Tal comportamento já era esperado tendo em vista que com o aumento da densidade mais pacotes de monitoramento e anúncio são transmitidos e, consequentemente, menor o *overhead* de agrupamento. Contudo, para o segundo caso (i.e. cenário de dois sentidos), notou-se que o *overhead* de agrupamento tende a diminuir com a redução da densidade. Acredita-se que em virtude da redução da densidade, menos repasses de pacotes de anúncio e, consequentemente, de agrupamento foram feitos na rede. Enquanto que, considerando as curtas detecções mais distribuídas ao longo do tempo neste cenário, mais pacotes de monitoramento foram transmitidos.

Capítulo 7

Considerações Finais e Conclusões

Nos últimos anos, as áreas urbanas têm vivenciado um crescimento populacional sem precedentes. Diante desta realidade, inúmeros problemas vêm surgindo impactando negativamente o dia-a-dia da população. Dentre estes problemas, pode-se destacar a ocorrência de eventos de diferentes naturezas, tais como, acidentes, desastres e delitos. Para que haja um tratamento correto para tais eventos, é necessário que suas informações sejam entregues à entidade competente de forma precisa e eficiente. Contudo, muitas vezes, a disseminação das informações ainda ocorre através da intervenção humana, o que pode resultar no comprometimento da acurácia ou na velocidade da disseminação da informação e, conseqüentemente, comprometer o tratamento do evento.

Com o advento das Cidades Inteligentes e Internet das Coisas, a infraestrutura de comunicação nas áreas urbanas vem proporcionando a evolução de áreas como *Crowdsourcing*, a qual vem possibilitando a integração e a cooperação de diferentes sistemas computacionais capazes de viabilizar o surgimento de novas estratégias no gerenciamento à respostas emergenciais e monitoramento diário em zonas urbanas. Considerando a onipresença de veículos nas zonas urbanas nos dias atuais, o uso de Redes Veiculares Não Estruturada (VANETs) também vem se tornando alvos de estudos e pesquisas para o desenvolvimento de novas soluções.

Diante do exposto, esta pesquisa propôs um modelo de sistema de monitoramento dinâmico e disseminação distribuída de informação de eventos urbanos (e.g. acidentes, desastres e flagrantes) baseado em agrupamentos cooperativos de veículos. Tal sistema, denominado *MINUET* (*MonitorING and Dissemination of Urban EventTs*), opera sobre uma rede veicular

híbrida capaz de coordenar e controlar o monitoramento para disseminar a informação de modo a auxiliar as autoridades no reconhecimento e tratamento destes. No modelo proposto, ao se detectar um evento, os veículos se auto-coordenam para monitorar o evento o maior tempo possível. Para isso, são utilizadas propriedades de um ambiente *Crowdsourcing*, onde múltiplos veículos coletam e transmitem dados de uma única fonte (evento), e há a combinação dos dados transmitidos pelos agrupamentos de veículos na entidade destino (Entidade Externa). Foram utilizados dois algoritmos de agrupamentos existentes na literatura, DCA e PCTT, os quais adotam estratégias distintas de agrupamento para as fases de formação e manutenção dos grupos. O DCA é um algoritmo com topologia de um-salto e utiliza velocidade e distância relativa, além do ângulo de direção, como métricas para o agrupamento. Já o PCTT emprega uma topologia de n-saltos e utiliza uma estratégia de previsão de velocidade para reduzir as transmissões de mensagens de controle e, consequentemente, reduzir o *overhead* de agrupamento.

A implementação do MINUET foi realizada por meio de simulações, utilizando o simulador de redes NS3, onde foram realizados experimentos sob diferentes cenários realísticos para aferir a eficácia e eficiência do sistema, bem como a performance dos algoritmos de agrupamento. Para a preparação dos cenários, foram selecionadas duas áreas do projeto LuST, o qual mantém informações de tráfego da região metropolitana da cidade de Luxemburgo. Para simular o MINUET sob diferentes contextos de tráfego, foram selecionados diferentes intervalos de tempo e sentidos das vias proporcionando, desta forma, a variação das densidades de veículos sob vias de diferentes sentidos. Para a avaliação do MINUET foram definidas diferentes métricas de eficácia e eficiência, bem como métricas de desempenho para os algoritmos de agrupamento, as quais foram mensuradas e analisadas durante a fase de avaliação da pesquisa.

A capacidade do MINUET em coordenar os grupos, por meio de diferentes técnicas de agrupamento, proporcionou uma disseminação controlada e eficiente das informações de monitoramento. Como pôde ser verificado, o número de pacotes transmitidos pelo MINUET varia de acordo com os intervalos de monitoramento. Caso o sistema detecte a ocorrência de um evento, o número de pacotes transmitidos na rede tende a aumentar, tendo em vista que mais pacotes de monitoramento, anúncio e agrupamento devem ser transmitidos entre os nós. Caso contrário o número de pacotes tende a reduzir novamente. Tal comportamento

permite comprovar a eficácia do MINUET em alocar dinamicamente recursos da rede de modo que a evitar a sobrecarga durante a ocorrência do evento. O monitoramento e disseminação cooperativos *Crowdsourcing* do MINUET foram realizados com o auxílio de grupos veiculares formados e mantidos através dos algoritmos de agrupamento DCA e PCTT.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que o MINUET foi capaz de detectar o evento em todos os cenários simulados. Para cada cenário, o número de detecções foi a mesma, utilizando ambos os algoritmos de agrupamento, indicando que os algoritmos não interferem na fase de detecção do MINUET. Nos cenários de *alta densidade*, o número de detecções aumentaram consideravelmente, o que já era esperado em virtude do aumento do número de veículos nas vias. Contudo, para os cenários de *dois sentidos*, percebeu-se que as detecções se distribuíam mais ao longo do tempo em relação ao cenário de *um sentido*. Tal comportamento, pode ser explicado pelo fato do cenário de *dois sentidos* selecionado apresentar um fluxo mais constante de detecções em virtude do duplo sentido da via. A capacidade de criação e entrega de pacotes de monitoramento também foi analisada e, com base nos resultados, percebeu-se que o MINUET possibilitou a disseminação e, consequentemente, entrega de pacotes às estações base em todos os cenários, utilizando o DCA. Contudo, utilizando o PCTT, o MINUET possibilitou entrega apenas no cenário *Alta densidade de dois sentidos* (6.2). Isto provavelmente ocorreu, pelo fato deste algoritmo apresentar uma estratégia de agrupamento em que apenas veículos capazes de detectar o alvo podem iniciar o agrupamento, reduzindo, desta forma, o número de grupos formados e, consequentemente, colaborando na rede.

O objetivo final do MINUET é possibilitar o monitoramento e entrega das informações de contexto do evento, de forma dinâmica e distribuída, à EE para que esta seja capaz de reconhecê-lo e tratá-lo da melhor forma. Considerando o baixo tempo de atraso de entrega alcançado pelo MINUET, nota-se sua aplicabilidade em aplicações sensíveis a atrasos para o tratamento de eventos urbanos. Neste caso, considerando que eventos de naturezas distintas necessitam de tratamentos diferentes, o MINUET é capaz de proporcionar diferentes níveis de atrasos de entrega, de modo que não comprometa a integridade do contexto do evento, com taxas de entrega e redundância de dados adequadas pela colaboração dos grupos veiculares.

7.1 Trabalhos Futuros

Pretende-se, mesmo após a conclusão deste mestrado, desenvolver novos trabalhos sobre a presente pesquisa, pois acredita-se que muitos questionamentos e análises ainda pode ser realizados sobre o MINUET observando diferentes aspectos de serviço e qualidade. Diante do exposto, pretende-se dar continuidade as análises no MINUET em outros diferentes tipos de cenários. Desta vez, variando os valores dos parâmetros de configuração e analisando o comportamento do MINUET com base nos resultados das métricas.

Como trabalho futuro, também pretende-se analisar a qualidade de vídeo recebida nas *Entidades Externas*, para isso utilizando tanto métricas de análise objetiva, tais como *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)*, *goodput* e alcançabilidade, quanto métricas de análise subjetiva como *Structural SIMilarity (SSIM)* e *Mean Opinion Score (MOS)*. Durante esta análise, pretende-se utilizar todos os cenários descritos nesta pesquisa sob cada uma das técnicas de agrupamento selecionadas.

Com relação a mobilidade dos eventos, pretende-se analisar a eficácia e eficiência do MINUET sob cenários de múltiplos eventos móveis (e.g. veículo em fuga) distribuídos pelo tempo e espaço físico, novamente utilizando as técnicas de agrupamento DCA e PCTT. E por fim, pretende-se avaliar o MINUET utilizando uma nova técnica de agrupamento [Ren et al. 2017], a qual já encontra-se sob fase de testes.

7.2 Publicações

- SBRC - WGRS 2019: publicação do artigo intitulado "Monitoramento e disseminação cooperativa de eventos emergenciais apoiado por agrupamento de veículos", autores Everaldo Andrade, Kevin Veloso, Nathália Vasconcelos, Aldri Santos e Fernando Matos. Ele descreve a arquitetura e funcionamento do MINUET, bem como uma avaliação preliminar sobre os resultados alcançados.

Bibliografia

[Abhishek, Zhao e Medhi 2016]ABHISHEK, R.; ZHAO, S.; MEDHI, D. Spartacus: Service priority adaptiveness for emergency traffic in smart cities using software-defined networking. In: *2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–4.

[Alexander 2002]ALEXANDER, D. E. *Principles of Emergency Planning and Management*. [S.l.: s.n.], 2002. ISBN 9780195218381.

[Behrisch et al. 2011]BEHRISCH, M. et al. Sumo – simulation of urban mobility: An overview. In: *SIMUL 2011, The Third International Conference on Advances in System Simulation*. [S.l.: s.n.], 2011.

[Bilstrup et al. 2008]BILSTRUP, K. et al. Evaluation of the ieee 802.11p mac method for vehicle-to-vehicle communication. In: *2008 IEEE 68th Vehicular Technology Conference*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 1–5. ISSN 1090-3038.

[Castro et al. 2017]CASTRO, J. et al. A Survey on Bus Monitoring Systems. In: *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2017*. [S.l.: s.n.], 2017. (Lecture Notes in Computer Science), p. 220–231. ISBN 978-3-319-62404-4.

[Chen et al. 2015]CHEN, Y. et al. Distributed multi-hop clustering algorithm for vane-
nets based on neighborhood follow. *EURASIP Journal on Wireless Communications
and Networking*, v. 2015, n. 1, p. 98, Apr 2015. ISSN 1687-1499. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1186/s13638-015-0327-0>>.

[Chou et al. 2017]CHOU, Y. H. et al. An adaptive emergency broadcast strategy for vehicular
ad hoc networks. *IEEE Sensors Journal*, p. 1–1, 2017. ISSN 1530-437X.

- [Codeca, Frank e Engel 2015]CODECA, L.; FRANK, R.; ENGEL, T. Luxembourg sumo traffic (lust) scenario: 24 hours of mobility for vehicular networking research. In: *2015 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–8.
- [Codeca et al. 2017]CODECA, L. et al. Luxembourg sumo traffic (lust) scenario: Traffic demand evaluation. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, v. 9, n. 2, p. 52–63, Summer 2017. ISSN 1939-1390.
- [Cooper et al. 2017]COOPER, C. et al. A comparative survey of vanet clustering techniques. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, v. 19, n. 1, p. 657–681, Firstquarter 2017. ISSN 1553-877X.
- [EvalVid - A Video Quality Evaluation Tool-set]EVALVID - A Video Quality Evaluation Tool-set. Disponível em: <<http://www2.tkn.tu-berlin.de/research/evalvid/fw.html>>.
- [FOUNOUN e HAYAR 2018]FOUNOUN, A.; HAYAR, A. Evaluation of the concept of the smart city through local regulation and the importance of local initiative. In: *2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–6.
- [Furutai e Kanno 2018]FURUTAI, K.; KANNO, T. *Resilience Analysis of Urban Critical Infrastructure: A human-Centred View of Resilience*. [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://irgc.epfl.ch/wp-content/uploads/2018/11/Furuta-et-al-for-IRGC-Resilience-Guide-Vol-2-2018.pdf>>.
- [Furutai e Kanno 2018]FURUTAI, K.; KANNO, T. *Resilience Analysis of Urban Critical Infrastructure: A human-Centred View of Resilience*. [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://irgc.epfl.ch/wp-content/uploads/2018/11/Furuta-et-al-for-IRGC-Resilience-Guide-Vol-2-2018.pdf>>.
- [Gnuplot Homepage 2019]GNU PLOT Homepage. 2019. Disponível em: <<http://www.gnuplot.info>>.
- [Gorrieri et al. 2016]GORRIERI, A. et al. Clustering and sensing with decentralized detection in vehicular ad hoc networks. *Ad Hoc Networks*, v. 36, p. 450 – 464, 2016. ISSN 1570-8705. Vehicular Networking for Mobile Crowd Sensing. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570870515001249>>.

- [Hamato, Ariffin e Fisal 2013]HAMATO, S.; ARIFFIN, S. H. S.; FISAL, N. Overview of wireless access in vehicular environment (wave) protocols and standards. *Indian Journal of Science and Technology*, v. 7, 07 2013.
- [Hassan e Awad 2018]HASSAN, A. M.; AWAD, A. I. Urban transition in the era of the internet of things: Social implications and privacy challenges. *IEEE Access*, v. 6, p. 36428–36440, 2018. ISSN 2169-3536.
- [Hassan e Awad 2018]HASSAN, A. M.; AWAD, A. I. Urban transition in the era of the internet of things: Social implications and privacy challenges. *IEEE Access*, v. 6, p. 36428–36440, 2018. ISSN 2169-3536.
- [Hassanabadi et al. 2014]HASSANABADI, B. et al. Clustering in vehicular ad hoc networks using affinity propagation. *Ad Hoc Networks*, v. 13, p. 535 – 548, 2014. ISSN 1570-8705. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570870513002278>>.
- [Hayar e Betis 2017]Hayar, A.; Betis, G. Frugal social sustainable collaborative smart city casablanca paving the way towards building new concept for "future smart cities by and for all". In: *2017 Sensors Networks Smart and Emerging Technologies (SENSET)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–4.
- [Hu et al. 2018]HU, C. et al. A survey on sensor placement for contamination detection in water distribution systems. *Wireless Networks*, v. 24, n. 2, p. 647–661, Feb 2018. ISSN 1572-8196. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11276-016-1358-0>>.
- [Huang et al. 2017]HUANG, C. M. et al. Evac-av: The live road surveillance control scheme using an effective-vision-area-based clustering algorithm with the adaptive video-streaming technique. *IEEE Systems Journal*, v. 11, n. 3, p. 1228–1238, Sept 2017. ISSN 1932-8184.
- [IEEE Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Architecture 2014] IEEE Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Architecture. *IEEE Std 1609.0-2013*, p. 1–78, March 2014.

- [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2013]KHAKPOUR, S.; PAZZI, R. W.; EL-KHATIB, K. A distributed clustering algorithm for target tracking in vehicular ad-hoc networks. In: *Proceedings of the Third ACM International Symposium on Design and Analysis of Intelligent Vehicular Networks and Applications*. New York, NY, USA: ACM, 2013. (DIVANet '13), p. 145–152. ISBN 978-1-4503-2358-1. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2512921.2512933>>.
- [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2014]KHAKPOUR, S.; PAZZI, R. W.; EL-KHATIB, K. A prediction based clustering algorithm for target tracking in vehicular ad-hoc networks. In: *Proceedings of the Fourth ACM International Symposium on Development and Analysis of Intelligent Vehicular Networks and Applications*. New York, NY, USA: ACM, 2014. (DIVANet '14), p. 39–46. ISBN 978-1-4503-3028-2. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2656346.2656412>>.
- [Khakpour, Pazzi e El-Khatib 2017]KHAKPOUR, S.; PAZZI, R. W.; EL-KHATIB, K. Using clustering for target tracking in vehicular ad hoc networks. *Vehicular Communications*, v. 9, p. 83 – 96, 2017. ISSN 2214-2096. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214209616300031>>.
- [Krajzewicz et al. 2012]KRAJZEWICZ, D. et al. Recent development and applications of SUMO - Simulation of Urban MObility. *International Journal On Advances in Systems and Measurements*, v. 5, n. 3&4, p. 128–138, December 2012.
- [Kumar et al. 2017]KUMAR, S. et al. Resource efficient clustering and next hop knowledge based routing in multiple heterogeneous wireless sensor networks. *International Journal of Grid and High Performance Computing (IJGHPC)*, v. 9, 2017.
- [Liu et al. 2014]LIU, Z. et al. Contextual hashing for large-scale image search. *IEEE Transactions on Image Processing*, v. 23, n. 4, p. 1606–1614, April 2014. ISSN 1057-7149.
- [Luvizon, Nassu e Minetto 2017]LUVIZON, D. C.; NASSU, B. T.; MINETTO, R. A video-based system for vehicle speed measurement in urban roadways. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 18, n. 6, p. 1393–1404, June 2017. ISSN 1524-9050.

- [Ma et al. 2018]MA, F. et al. A Time and Location Correlation Incentive Scheme for Deep Data Gathering in Crowdsourcing Networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, v. 2018, p. 22, 2018. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2018/8052620/>>.
- [Macedo et al. 2014]MACEDO, R. et al. Experimental performance comparison of single-path and multipath routing in VANETs. In: *GIIS*. [S.l.]: IEEE, 2014. p. 1–6.
- [Medina, Pérez e Trujillo 2017]MEDINA, C. A.; PÉREZ, M. R.; TRUJILLO, L. C. Iot paradigm into the smart city vision: A survey. In: *2017 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (Green-Com) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 695–704.
- [Mohammad e Michele 2010]MOHAMMAD, S. A.; MICHELE, C. W. Using traffic flow for cluster formation in vehicular ad-hoc networks. In: *IEEE Local Computer Network Conference*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 631–636. ISSN 0742-1303.
- [Mousa, Zhang e Claudel 2016]MOUSA, M.; ZHANG, X.; CLAUDEL, C. Flash flood detection in urban cities using ultrasonic and infrared sensors. *IEEE Sensors Journal*, v. 16, n. 19, p. 7204–7216, Oct 2016. ISSN 1530-437X.
- [Ning et al. 2018]Ning, Z. et al. A cooperative quality-aware service access system for social internet of vehicles. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 5, n. 4, p. 2506–2517, Aug 2018.
- [NS3 - Network Simulator 3 2019]NS3 - Network Simulator 3. 2019. Disponível em: <<https://www.nsnam.org>>.
- [Qian et al. 2015]QIAN, R. et al. Robust chinese traffic sign detection and recognition with deep convolutional neural network. In: *2015 11th International Conference on Natural Computation (ICNC)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 791–796.
- [Quadros et al. 2015]QUADROS, C. et al. Beacon-less video streaming management for VANETs based on QoE and link-quality. In: *IEEE IM*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 191–198.
- [Quadros et al. 2016]QUADROS, C. et al. QoE-driven dissemination of real-time videos over vehicular networks. *Computer Communications*, v. 91-92, p. 133–147, 2016.

- [Quadros et al. 2015]QUADROS, C. et al. A QoE-Aware Mechanism to Improve the Dissemination of Live Videos over VANETs. In: *SBRC*. [S.l.]: IEEE Computer Society, 2015. p. 31–40.
- [Ren et al. 2017]REN, M. et al. A mobility-based scheme for dynamic clustering in vehicular ad-hoc networks (vanets). *Vehicular Communications*, v. 9, p. 233 – 241, 2017. ISSN 2214-2096. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214209616300699>>.
- [Shah e Mustari 2016]Shah, A. F. M. S.; Mustari, N. Modeling and performance analysis of the IEEE 802.11p enhanced distributed channel access function for vehicular network. In: *2016 Future Technologies Conference (FTC)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 173–178.
- [Shi et al. 2017]SHI, C. et al. A centralized clustering based hybrid vehicular networking architecture for safety data delivery. In: *GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–6.
- [Silva et al. 2016]SILVA, C. et al. Cognitive radio based connectivity management for resilient end-to-end communications in VANETs. *Computer Communications*, v. 79, p. 1–8, 2016.
- [Skoczylas 2014]SKOCZYLAS, M. Detection of positions and recognition of brand logos visible on images captured using mobile devices. In: *2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 863–868.
- [Smart cities and infrastructure]SMART cities and infrastructure.
- [Tal, Kelly e Muntean 2016]TAL, I.; KELLY, P.; MUNTEAN, G. M. A novel direction-based clustering algorithm for vanets. In: *2016 23rd International Conference on Telecommunications (ICT)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–5.
- [Tal, Kelly e Muntean 2016]TAL, I.; KELLY, P.; MUNTEAN, G.-M. A novel direction-based clustering algorithm for vanets. In: *Telecommunications (ICT), 2016 23rd International Conference on*. Thessaloniki, Greece: [s.n.], 2016.

- [Tayal e Tripathi 2012]TAYAL, S.; TRIPHATHI, M. R. Vanet-challenges in selection of vehicular mobility model. In: *2012 Second International Conference on Advanced Computing Communication Technologies*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 231–235. ISSN 2327-0632.
- [Timashev 2017]TIMASHEV, S. A. Resilient urban infrastructures – basics of smart sustainable cities. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 262, n. 1, p. 012197, 2017. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1757-899X/262/i=1/a=012197>>.
- [Timashev 2017]TIMASHEV, S. A. Resilient urban infrastructures – basics of smart sustainable cities. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 262, n. 1, p. 012197, 2017. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1757-899X/262/i=1/a=012197>>.
- [Toker, Shah e Tureli 2018]TOKER, O.; Shah, A. F. M.; Tureli, M. U. The ieee 802.11p performance for different packet length and arrival rate in vanets. In: *The Fourteenth Advanced International Conference on Telecommunications*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 52–56.
- [Torrent-Moreno, Killat e Hartenstein 2005]TORRENT-MORENO, M.; KILLAT, M.; HARTENSTEIN, H. The challenges of robust inter-vehicle communications. In: *VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd Vehicular Technology Conference, 2005*. [S.l.: s.n.], 2005. v. 1, p. 319–323. ISSN 1090-3038.
- [Ucar, Ergen e Ozkasap 2016]UCAR, S.; ERGEN, S. C.; OZKASAP, O. Multi-hop cluster based ieee 802.11p and lte hybrid architecture for vanet safety message dissemination. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, v. 65, n. 4, p. 2621–2636, April 2016. ISSN 0018-9545.
- [Vodopivec, Bešter e Kos 2012]VODOPIVEC, S.; BEŠTER, J.; KOS, A. A survey on clustering algorithms for vehicular ad-hoc networks. In: *2012 35th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 52–56.
- [Vèque et al. 2013]VÈQUE, V. et al. *CONVOY: A New Cluster-Based Routing Protocol for Vehicular Networks*. [S.l.]: Models and Algorithms for Vehicular Networks, 2013.
- [Wang et al. 2018]WANG, X. et al. Optimizing content dissemination for real-time traffic management in large-scale internet of vehicle systems. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, p. 1–1, 2018. ISSN 0018-9545.

[Williams 2008]WILLIAMS, B. *Intelligent Transport Systems Standards*. [S.l.: s.n.], 2008. 816 p. ISBN 1596932910.

[Xie et al. 2018]XIE, L. et al. A new cnn-based method for multi-directional car license plate detection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 19, n. 2, p. 507–517, Feb 2018. ISSN 1524-9050.

[Yedder e Benyahia 2017]YEDDER, H. B.; BENYAHIA, I. Reactive emergency vehicles dispatching based real-time information dissemination. In: *2017 8th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 471–477.

[YUV Video Sequences]YUV Video Sequences. Disponível em: <<http://trace.kom.aau.dk/yuv/index.html>>.

[Zeng et al. 2016]Zeng, D. et al. On cost-efficient sensor placement for contaminant detection in water distribution systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 12, n. 6, p. 2177–2185, Dec 2016.

[Zhang et al. 2015]Zhang, K. et al. Security and privacy for mobile healthcare networks: from a quality of protection perspective. *IEEE Wireless Communications*, v. 22, n. 4, p. 104–112, August 2015.

[Zhang, Huang e Su 2016]ZHANG, N.; HUANG, H.; SU, B. Comprehensive analysis of information dissemination in disasters. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 462, p. 846 – 857, 2016. ISSN 0378-4371. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437116303119>>.