

**Universidade Federal de Minas Gerais**

**Escola de Engenharia**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica**

**UMA SOLUÇÃO PARA DISPUTA POR LARGURA DE BANDA EM  
APLICAÇÕES DE ENTRETENIMENTO PARA REDES  
VEICULARES**

Ronan Dutra Mendonça

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Profa. Linnyer Beatrys Ruiz

Belo Horizonte - MG

Junho de 2016

M539s Mendonça, Ronan Dutra.  
Uma solução para disputa por largura de banda em aplicações de entretenimento para redes veiculares [manuscrito] / Ronan Dutra Mendonça. – 2016.  
91 f., enc.: il.

Orientador: Linnyer Beatrys Ruiz Aylon.

Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Bibliografia: f. 87-91.

1. Engenharia elétrica - Teses. 2. Sistemas de comunicação em banda larga - Teses. 3. Sistemas de comunicação móvel - Teses. I. Ruiz, Linnyer Beatrys. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 621.3(043)

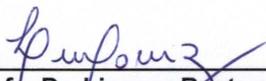
**"Uma Solução para Disputa por Largura de Banda em Aplicações de Entretenimento para Redes Veiculares"**

**Ronan Dutra Mendonça**

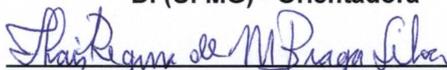
Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 23 de junho de 2016.

Por:



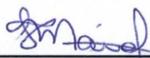
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Linnyer Beatrys Ruiz  
DI (UFMG) - Orientadora



\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Thais Regina de Moura Braga Silva  
Informática (UFV)



\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luciano De Errico  
DELT (UFMG)



\_\_\_\_\_  
Prof. Dra Leticia Maia Zoby  
Computação (Instituto Federal de Brasília)



*Dedico este trabalho à minha família, razão da minha existência: meus pais, minha esposa, meus filhos, minhas irmãs, meus amigos e aos meus colegas de trabalho pelo apoio e colaboração.*



# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a vida e discernimento entre o bem e o mal.

À minha orientadora Profa. Dra. Linnyer Beatriz Ruiz Aylon, que dedicou parte de seu precioso tempo e conhecimento para que fosse realizado este trabalho.

À minha coorientadora Profa. Dra. Thais Regina Braga Silva, que por meio de comentários valiosos e pelas inúmeras considerações que resultaram nesta dissertação, colaborou com seus conhecimentos e paciência no meu aprendizado.

Aos meus pais, familiares e amigos agradeço pelo apoio e compreensão da minha ausência durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus grandes amores, primeiramente minha esposa por sua compreensão, companheirismo e apoio e aos meus filhos Yasmin e Diego que nasceram durante o desenvolvimento deste trabalho para acompanhar-me por toda a vida.



*Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele,  
e tudo o mais Ele fará. (Bíblia Sagrada, Salmos 37, 5)*  
*Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta,  
a quinta e quantas vezes for necessário.  
Só não desista nas primeiras tentativas,  
a persistência é amiga da conquista.  
Se você quer chegar onde a maioria não chega,  
faça o que a maioria não faz.  
(Bill Gates)*



# Resumo

As redes veiculares foram concebidas para fornecerem a possibilidade de comunicação entre veículos. Por meio desta comunicação, os veículos tornam-se capazes de obter e compartilhar conteúdos de assistência ao motorista, segurança no trânsito e entretenimento. Para prover estes tipos de conteúdos, são criadas aplicações com o intuito de tornar o tempo consumido no trânsito mais agradável e seguro. As aplicações com função específica de entretenimento realizam suas funções, por meio da distribuição de conteúdos como músicas, vídeos, páginas web e são de grande importância e utilidade por atuarem em um ambiente cada vez mais caótico, implicado por problemas gerados pelo próprio trânsito dos veículos. Um dos grandes desafios inerentes às aplicações de entretenimento é a alta demanda por largura de banda. Em algumas situações, este recurso não é suficiente para atender todas as demandas dos usuários no momento das solicitações. Quando as solicitações de conteúdos não são totalmente atendidas, ocorrem conflitos de interesses na disputa pelos recursos, reduzindo a satisfação dos usuários. Para estas aplicações, que são de uso coletivo, disponibilizarem seus recursos com todos os seus benefícios, são imprescindíveis a utilização dos dados de contexto dos usuários e do ambiente. Este trabalho utiliza uma solução, disponível na literatura, para resolver estes conflitos, considerando o algoritmo mais adequado ao contexto do ambiente e da aplicação, por meio da (CReMe - Conflict Resolution Methodology). Os resultados obtidos mostraram que foi possível utilizar a metodologia para resolver os conflitos, de modo adaptativo ao contexto, balanceando o consumo de recursos e a satisfação do usuário.

**Palavras-chave:** Computação ciente de contexto. Redes Veiculares. Largura de banda. Conflitos Coletivos.



# Abstract

The vehicular networks were designed to provide the possibility of communication among vehicles. By means of this communication, the vehicles become able to get and share assistance contents to the drivers, traffic safety and entertainment. In order to provide these sort of contents, applications aiming at becoming more pleasant and safe the time consumed are created. The applications with the specific function of entertainment carry out their functions by means of the distribution of contents such as songs, videos, web pages, and they have great importance and usefulness since they act in an increasingly chaotic environment, implied by problems caused by the own vehicle traffic. One of the greatest challenges regarding to the entertainment applications is the high demand for the bandwidth. In some situations, this resource is not enough to meet all the demands from the users at the request time. By the time the content requests are not entirely met, interest conflicts take place in the competition for resources, decreasing the users satisfaction. For these applications, which are of collective use, to make available their resources with all their benefits, is essential to the data use of the user and environment context. This study uses a solution, available in literature, to these conflicts, taking into consideration the most appropriate algorithm to the environment and application context, by means of (CReMe - Conflict Resolution Methodology). The results have shown that it was possible use the methodology to solve the conflicts, in an adaptively way to the context, balacing the resources consumption and the user satisfaction.

**Keywords:** Context-aware systems. Vehicular Networks. Bandwidth. Collective Conflicts.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Arquitetura redes veiculares . . . . .	28
Figura 2 – Rede Infraestruturada e Ad-Hoc . . . . .	31
Figura 3 – Diagrama de Atividades - Modelo de Aplicação . . . . .	37
Figura 4 – Diagrama de Atividades - Modelo de Arquitetura . . . . .	38
Figura 5 – O Arcabouço Estrutural Conflict Engine . . . . .	39
Figura 6 – Módulo Conciliação da Metodologia CReMe . . . . .	40
Figura 7 – Módulos dos elementos da aplicação . . . . .	53
Figura 8 – Diagrama de Atividades - Modelo de Aplicação de Entretenimento . . . . .	54
Figura 9 – Divisão em células do ambiente de execução por RSUs. . . . .	56
Figura 10 – Diagrama de atividades - Modelagem do ambiente. . . . .	57
Figura 11 – Tabela de interação com a interface do método de detecção de conflito . . . . .	58
Figura 12 – Tabela de interação com a interface do método de conciliação . . . . .	60
Figura 13 – SIAFU . . . . .	64
Figura 14 – Relação entre velocidade média e banda disponível. . . . .	68
Figura 15 – Metricas . . . . .	77
Figura 16 – Snapshots - Consumo de rede . . . . .	77
Figura 17 – Snapshots - Satisfação Coletiva . . . . .	78
Figura 18 – Snapshots - Tempo de resposta . . . . .	78
Figura 19 – Satisfação coletiva - Velocidade x Metodologia . . . . .	79
Figura 20 – Desistência x Velocidade por Cenário . . . . .	80
Figura 21 – Tempo de resposta - Velocidade x Cenário . . . . .	80
Figura 22 – Média de não atendimentos – Velocidade x Cenário . . . . .	81
Figura 23 – Variação do tamanho de conteúdo . . . . .	82
Figura 24 – Variação do nível de solicitações . . . . .	82



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Abordagens de cenários para avaliação . . . . .	66
Tabela 2 – Resultados - Valores médios . . . . .	76



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
1.1	Objetivos	23
1.2	Motivações	24
1.3	Organização	25
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>27</b>
2.1	Redes veiculares	27
2.1.1	Aplicações para redes veiculares	29
2.2	Padrões IEEE 802.11, IEEE 802.11e, IEEE 802.11 e WAVE	31
2.3	Sistemas Coletivos, Ubíquos e Cientes de Contexto nas redes veiculares	33
2.4	Metodologia CReMe	35
2.4.1	<i>Conflict Engine</i>	37
2.4.2	Implementação do Módulo de Conciliação com Repositório de Algoritmos	38
2.4.3	Arquivo de Nível de Atuação e uso de Distância Euclidiana	41
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>43</b>
3.1	Aplicações de entretenimento para redes veiculares	43
3.2	Sensibilidade ao contexto na disputa por recurso em redes veiculares	45
3.3	Disputa por acesso à rede na camada de enlace	47
3.4	Conflitos em aplicações coletivas	48
<b>4</b>	<b>ABORDAGEM DA SOLUÇÃO</b>	<b>51</b>
4.1	Instância CReMe para Aplicação em Redes Veiculares	51
4.2	Modelo de aplicação	52
4.3	Modelo de arquitetura	56
4.4	<i>Conflict Engine</i> - Detecção de Conflitos	57
4.5	<i>Conflict Engine</i> - Resolução de Conflitos	59
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTAÇÕES E RESULTADOS</b>	<b>63</b>
5.1	Ambiente de simulação	63
5.1.1	Modelo de aplicação e arquitetura	64
5.2	Métodos e Procedimentos	69
5.2.1	Configurações das Simulações	69
5.2.2	Avaliação	70
5.3	Resultados	75

5.3.1	Apresentação e análise dos resultados . . . . .	75
<b>5.4</b>	<b>Resultados com variações de parâmetros . . . . .</b>	<b>79</b>
5.4.1	Análise 1: Alteração na velocidade média dos veículos . . . . .	79
5.4.2	Análise 2: Alteração no tamanho do conteúdo solicitado pelos veículos . . . . .	81
5.4.3	Análise 3: Alteração na probabilidade de solicitações pelos veículos . . . . .	81
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS . . . . .</b>	<b>83</b>
<b>6.1</b>	<b>Conclusões . . . . .</b>	<b>83</b>
<b>6.2</b>	<b>Sugestões para Trabalhos Futuros . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>6.3</b>	<b>Produção Bibliográfica . . . . .</b>	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>87</b>

# 1 Introdução

Os crescentes avanços na área da tecnologia de comunicação sem fio proporcionaram o surgimento de várias novas possibilidades de sua utilização. Entre os novos empregos das redes de comunicação sem fio estão as interligações entre veículos, chamadas de redes veiculares. Elas estão impulsionando as pesquisas acadêmicas e industriais para expandir a utilização de aplicações úteis aos motoristas e passageiros (BOOYSEN; ZEDADALLY; ROOYEN, 2011) (BHOI; KHILAR, 2014).

As redes veiculares têm, como função, viabilizar uma conexão por meio de uma comunicação sem fio para a troca de mensagens e compartilhamento de recursos entre os próprios veículos e/ou entre os veículos e estações fixas, no qual as estações fixas são infraestruturas que centralizam as conexões, possibilitando um maior controle da conectividade entre os veículos (UZCATEGUI; ACOSTA-MARUM, 2009).

A demanda por aplicações que possibilitam a utilização das comunicações entre veículos impulsionam o avanço das pesquisas em redes veiculares. Estas aplicações podem proporcionar uma melhor dirigibilidade e conforto para os motoristas e passageiros, uma vez que, compartilham conteúdos de assistência ao motorista, segurança no trânsito e entretenimento. Aplicações de entretenimento para as redes veiculares têm a função de distribuir conteúdos como músicas, vídeos e páginas web. Elas são de grande importância e utilidade por atuarem em um ambiente cada vez mais caótico, implicado por problemas gerados pelo próprio trânsito dos veículos (COSTA-MONTENEGRO et al., 2012). Um dos grandes desafios inerentes às aplicações de entretenimento é a alta demanda por largura de banda. Por causa desta exigência, os estudos apontam para a necessidade de encontrar soluções para este e vários outros desafios nas redes veiculares (WILLKE; TIENRAKOOL; MAXEMCHUK, 2009) (JIAU et al., 2015).

Para as aplicações de uso coletivo em redes veiculares disponibilizarem seus recursos com todos os seus benefícios, são imprescindíveis a utilização dos dados de contexto dos usuários e o ambiente. Os dados de contexto são informações relevantes ao sistema e referem à situação em que se encontra o ambiente e o próprio usuário (PERERA et al., 2014). Como exemplos de dados de contextos utilizados pelas aplicações veiculares podem ser destacados a velocidade de tráfego dos veículos, a localização dos veículos, a distância

do veículo até seu destino final e as preferências pessoais dos motoristas. Portanto, as redes veiculares são cientes de contexto no âmbito da operação de suas aplicações. A característica de sensibilidade ao contexto significa que no desenvolvimento das aplicações são levadas em consideração a utilização e reconhecimento de informações do ambiente, podendo assim prover os recursos de acordo com cenário atual (BOLCHINI et al., 2009).

As redes veiculares acumulam várias outras características importantes e que devem ser observadas no desenvolvimento das aplicações para proporcionarem qualidade na distribuição de recursos. A coletividade das aplicações é uma destas características a serem abordadas, uma vez que os recursos em redes veiculares são utilizados e compartilhados por vários veículos simultaneamente. Nomeadas por esta característica como *aplicações coletivas*, as aplicações veiculares adaptam-se em função dos seus vários utilizadores, tornando o contexto mais abrangente em relação ao grupo de usuários da aplicação. A abrangência de utilização das informações, pelo grupo de usuários interessados nos recursos da aplicação, insere um novo conceito chamado de *contexto coletivo* (SILVA, 2010).

Os recursos disponibilizados pelas aplicações são de grande importância para o funcionamento das redes veiculares e até mesmo para a satisfação dos usuários. No instante, vários dos recursos disponibilizados pelas aplicações são limitados e podem se tornar escassos, comprometendo a utilização da aplicação e gerando uma disputa coletiva por estes recursos (JIAU et al., 2015). Sendo assim, com os recursos insuficientes para satisfazer integralmente ao interesse coletivo, fica configurado um conflito de interesses coletivo. Denominado por Silva (2010), de conflito coletivo, os conflitos causados por utilização de aplicações coletivas são gerados à partir das insatisfações ocasionadas pela incapacidade da aplicação de prover recursos que supram as necessidades individuais e coletivas. Para não deixar que os recursos se esgotem ou o grupo de usuários das aplicações coletivas fiquem completamente insatisfeitos, torna-se necessário a detecção e o tratamento dos conflitos ocorridos por uma metodologia e procedimentos específicos ao problema.

Nas aplicações de entretenimento para redes veiculares podemos aplicar todos esses conceitos de coletividade na distribuição de recursos, e conseqüentemente, definir a disputa pela obtenção de conteúdos com a qualidade e tempo esperados como um conflito de interesses. A existência de demanda pela resolução de conflitos, gerada por disputa de largura de banda em aplicações de entretenimento para redes veiculares, exige uma exploração mais adequada do controle de distribuição de largura de banda e tratamento

dos conflitos existentes. O controle na distribuição de largura de banda implica como uma solução para os conflitos de interesse que surgem quando não há largura de banda disponível o suficiente para satisfazer todas as demandas. Dentre os desafios que impulsionam as pesquisas em redes veiculares estão o conflito gerado pela disputa por diversos recursos no meio físico, mediante as diferentes categorias de acesso fixadas pelo padrão IEEE 802.11p [IEEE \(2011\)](#), e as mais variadas formas de disponibilização de informações aos motoristas pelas aplicações. Tais conflitos são tratados na literatura como conflitos de interesse coletivo uma vez que existe uma disputa coletiva por recursos. Segundo [Silva \(2010\)](#), conflitos de interesses são identificados à partir da detecção de incompatibilidade de adaptação das tarefas da aplicação mediante ao contexto dos usuários e do ambiente, necessitando assim a resolução do conflito para a disponibilização adequada dos recursos.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral é propor uma solução para identificar e tratar conflitos em aplicações de entretenimento para redes veiculares abrangendo de maneira interdisciplinar as áreas de redes de comunicação sem fio, mais especificadamente as redes veiculares, e a computação ciente de contexto.

A solução é baseada em uma metodologia, chamada de Metodologia de resolução de conflitos (CReMe - Conflict Resolution Methodology), proposta por [Silva \(2010\)](#), para resolver conflitos em sistemas coletivos, ubíquos e cientes de contexto. Por meio desta metodologia são resolvidos conflitos coletivos em aplicações veiculares para evitar a insatisfação dos usuários, perda de tempo e recursos de rede por parte das aplicações. Desta forma, a solução propõe aperfeiçoar os benefícios, mobilidade e distribuição de recursos para os usuários da rede. Com a utilização de algoritmos específicos e um simulador de contexto, o trabalho visa, ainda, realizar a simulação de ambientes veiculares em que ocorrem conflitos, para tratá-los e, posteriormente analisar e apresentar os resultados obtidos.

Os objetivos específicos deste trabalho são: avaliar a flexibilidade da metodologia CReMe, implementando uma instância da mesma para uma aplicação de distribuição de conteúdo de entretenimento para redes veiculares; avaliar a extensibilidade da metodologia incluindo novos algoritmos em seu repositório e que serão dinamicamente adotados dependendo da situação de contexto e, desta forma, equilibrar a satisfação dos usuários

com o tempo de resposta e consumo de recursos; avaliar os benefícios e as dificuldades em se utilizar uma solução para disputa por largura de banda que visa balancear tempo e disponibilidade de rede com a satisfação dos usuários.

## 1.2 Motivações

As redes veiculares trazem consigo uma crescente demanda por recursos tecnológicos aplicados em veículos para prover a comunicação e o compartilhamento de recursos entre os veículos. Os esforços para fornecer conteúdo de entretenimento aos usuários destas redes fazem parte desta demanda, e as aplicações de entretenimento possuem um papel importante neste domínio por meio da disponibilização deste tipo de conteúdo. Sabe-se que as aplicações de entretenimento consomem, em geral, uma quantidade excessiva de largura de banda, o que pode gerar uma escassez deste recurso em detrimento a outros serviços. Sendo assim, os recursos tecnológicos disponíveis para o compartilhamento de conteúdo, tal como largura de banda, podem esgotar e não serem suficientes para suprir toda a demanda. A falta deste recurso causa uma insatisfação dos usuários por não conseguirem obter o conteúdo desejado no tempo esperado.

Um exemplo de abordagem adotada para solucionar a disputa por largura de banda é uma implementação de conciliação dos conflitos na subcamada MAC da camada de Enlace. Porém, informações imprescindíveis e disponíveis na camada de aplicação não estariam sendo consideradas nesta solução. Ainda nesta abordagem, cada veículo continuaria solicitando indiscriminadamente o recurso, causando assim, uma sobrecarga ou diminuição da eficiência da rede e a qualidade dos serviços prestados aos usuários, uma vez que o protocolo MAC fica encarregado de descartar ou acomodar as solicitações. Outra abordagem é a criação de uma solução que opera na camada de aplicação e que seja capaz de resolver esses conflitos nesta própria camada, uma vez que é onde se encontram informações de contexto sobre os veículos, seus usuários e o ambiente. Esta solução é mais específica ao problema e pode ser desenvolvida para atingir um nível maior de satisfação dos usuários da aplicação por meio do uso das informações de contexto.

## 1.3 Organização

Os próximos capítulos deste trabalho estão organizados da seguinte forma: O capítulo 2 apresenta os conceitos básicos sobre redes veiculares, quais os principais tipos de aplicações, os principais modelos de arquitetura e os principais protocolos de rede utilizados. Este capítulo descreve também as redes veiculares como sistemas coletivos, ubíquos e cientes de contexto. No capítulo 3, são apresentados os trabalhos relacionados com aplicações de entretenimento para redes veiculares. Também são apresentados trabalhos que tratam sobre conflitos, demandas e a disputa por largura de banda em redes veiculares. O capítulo 4 é destinado a apresentar a solução para disputa por largura de banda em aplicações de entretenimento de redes veiculares. Neste capítulo é explicada, em detalhes, a solução proposta para resolver conflitos por largura de banda em redes veiculares. No capítulo 5 nós descrevemos o ambiente de simulação e a implementação da solução. Em seguida são descritos os cenários considerados, os parâmetros coletados e os procedimentos de simulação. Por fim, são elucidados todos os resultados obtidos juntamente com as análises dos mesmos. Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões, as propostas para trabalhos futuros e as publicações obtidas durante o desenvolvimento deste trabalho.



## 2 Referencial Teórico

O objetivo deste capítulo é descrever conceitos básicos para o entendimento das redes veiculares e apresentar temas relacionados ao assunto central desta dissertação. Serão apresentadas aplicações, modelos de arquitetura e os principais protocolos destinados às redes veiculares. Estes protocolos, neste momento, ainda se encontram em desenvolvimento, ocorrendo atualizações e propostas de melhorias. Também serão apresentados neste capítulo os conceitos de sistemas coletivos, ubíquos e cientes de contexto que são empregados no desenvolvimento deste trabalho.

### 2.1 Redes veiculares

As redes veiculares foram concebidas para prover eficiência no tráfego de veículos, segurança no trânsito e outros serviços de valor agregado. É um tipo específico de redes móveis que conta com dispositivos de comunicação sem fio para compartilharem dados. Estas redes são compostas por veículos equipados com dispositivos para troca de mensagens entre os integrantes da rede. O tempo é uma característica importante na troca de mensagens das redes veiculares devido a rápida mudança das propriedades do ambiente (UZCATEGUI; ACOSTA-MARUM, 2009). Estas redes podem oferecer uma grande instabilidade de conexão, uma vez que os veículos se locomovem em velocidades altas. Entretanto, sabe-se que os veículos se deslocam em um padrão de mobilidade previsível, limitados pelas vias públicas. Outra particularidade das redes veiculares em relação às redes móveis, é que não há uma grande preocupação com restrição de consumo de energia, dado que os veículos são equipados com baterias que são constantemente recarregadas (DJENOURI; SOUALHI; NEKKA, 2008).

O modo arquitetural das redes veiculares é composto por três formas de conexões, sendo uma delas chamada de comunicação entre veículos (V2V - *Vehicle-to-Vehicle*), a segunda de comunicação entre veículos e infraestrutura (V2I - *Vehicle-to-Infrastructure*) e a terceira forma de conexão é chamada de comunicação híbrida entre veículos e entre veículos e infraestrutura. O modo V2V, que também é conhecido como VANETs (*Vehicular Ad-hoc Networks*), utiliza uma conexão ad Hoc, isto é, veículo a veículo, onde cada veículo comunica diretamente com o outro sem necessitar de intermediação. Já no modo

V2I, as conexões são dependentes de infraestruturas, que controlam o ingresso à rede e concentram a coordenação do tráfego de informações. Conforme apresentado na Figura 1 as comunicações podem ocorrer com ou sem infraestruturada ou ainda em ambas (ABDALLA MICHEL et al., 2009).

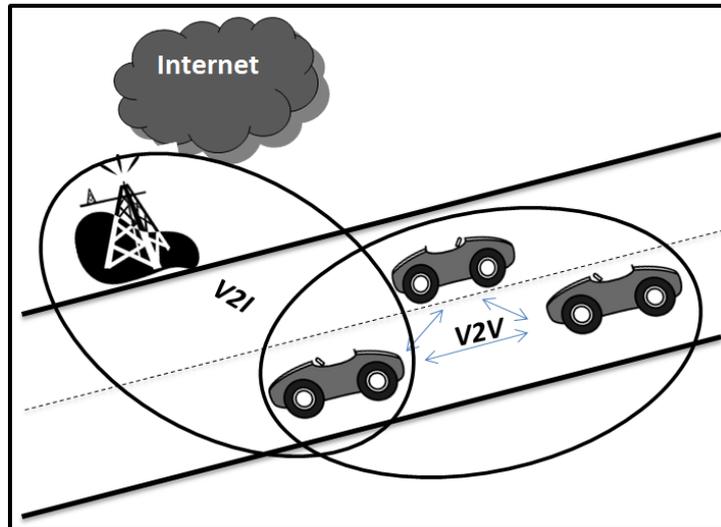


Figura 1 – Arquitetura de redes veiculares.

Os veículos que possuem dispositivos para ingressarem às redes veiculares recebem o nome de Unidades de Bordo (OBUs - On-Board Units) e são responsáveis por fazerem solicitações de comunicação entre os próprios veículos ou estações fixas. Estas estações fixas são chamadas de Unidades de Acostamento (RSUs - Road Side Units) e podem coordenar todo o tráfego de dados e ainda disponibilizarem serviços externos as OBUs, tal como o acesso à internet e aplicações com recursos diversos (UZCATEGUI; ACOSTA-MARUM, 2009).

As redes veiculares apresentam inúmeros desafios que impulsionam as investigações para novas descobertas e melhorias da área. Alguns dos desafios mais evidentes são relacionados por Chen e Wang (2005), onde são destacados os problemas relacionados à velocidade com que os nós da rede se locomovem, a variedade de aplicações possíveis e que exigem diferentes requisitos de infraestrutura e um modelo de roteamento específico para uma topologia que modifica muito rapidamente. Como destaque entre os desafios é citada a necessidade de adequação ao ambiente por parte das aplicações, que podem prover serviços mais dinâmicos e eficientes, considerando o contexto em que se encontra o ambiente e seus componentes (CHEN; WANG, 2005) (SICHITIU; KIHLE, 2008) (WILLKE; TIENTRAKOOL; MAXEMCHUK, 2009).

Proceder com uma análise experimental de redes veiculares é extremamente complexo devido ao alto custo e imaturidade das definições de padrões que ainda se encontram em desenvolvimento. Ainda assim, é de grande importância e indispensável avaliar os projetos e as soluções propostas para redes veiculares contemplando modelos reais de mobilidade e também a escalabilidade da rede (LAN; CHOU, 2008) (KARNADI; MO; LAN, 2007). Para promover estas avaliações, em geral, são utilizados modelos por meio da metodologia de simulações, onde é possível aplicar as soluções em larga escala (FERNANDES; FERREIRA, 2012). A modelagem de tráfego real é uma tarefa trabalhosa e pode estar sujeito a falhas (ARELLANO; MAHGOUB, 2013). Porém as simulações devem fazer o uso de modelos que representem os cenários o mais próximos da realidade, para que os resultados demonstrem corretamente o desempenho real das redes veiculares (KARNADI; MO; LAN, 2007) (ARELLANO; MAHGOUB, 2013) (SOMMER; DRESSLER, 2008).

### 2.1.1 Aplicações para redes veiculares

As aplicações utilizadas em redes veiculares são softwares com o intuito de potencializar a utilização dos recursos disponíveis. Por meio da coleta de informações do tráfego, condições e características das vias, as aplicações podem oferecer aos motoristas e passageiros um maior conforto e dirigibilidade. Os benefícios resultam em uma melhora na segurança do trânsito, redução dos congestionamentos, e na diminuição da poluição e no consumo de combustível (HARTENSTEIN; LABERTEAUX; EBRARY, 2010). Segundo Hartenstein, Laberteaux e Ebrary (2010), a disseminação de dados por aplicações possui quatro principais desafios em redes veiculares. Estes desafios são: a necessidade de obtenção dos dados para gerar a informação, a transmissão dos dados aos outros veículos interessados, a redundância de dados gerados por medições em veículos distintos e a agregação das informações existentes para a geração de conteúdo sem a sobrecarga da rede.

As principais aplicações para redes veiculares foram classificadas como: Aplicações de segurança, Aplicações de assistência ao motorista e Aplicações de entretenimento (KARAGIANNIS et al., 2011) (ABDALLA MICHEL et al., 2009). Cada uma delas oferecem aos motoristas diferentes tipos de informações e demandam da rede diferentes tipos de dados e quantidade de largura de banda para o processamento e disponibilização de recursos. As descrições abaixo apresentam as finalidades específicas de cada uma das classificações de aplicações, juntamente com um exemplo de utilização.

### 1. Aplicações de segurança:

O principal objetivo das aplicações classificadas como de segurança é trocar informações com o intuito de diminuir o número de acidentes no trânsito. Com o uso destas aplicações pretende-se promover um meio de antecipar as reações dos condutores perante as informações e situações de risco. Por meio de sensores presentes nos veículos, ações automáticas também podem ser adotadas para prevenção de colisões. Os sensores podem capturar e controlar a posição, velocidade, aceleração e ainda outros dados dos veículos (KARAGIANNIS et al., 2011) (ABDALLA MICHEL et al., 2009) (HARTENSTEIN; LABERTEAUX; EBRARY, 2010).

### 2. Aplicações de assistência ao motorista:

As aplicações de assistência ao motorista são utilizadas para divulgar informações que ajudem o condutor do veículo em situações de coordenação e fluxo do tráfego (ABDALLA MICHEL et al., 2009) (KARAGIANNIS et al., 2011). O controle automático da velocidade, feito por aplicações de assistência, pode atuar de acordo com o limite da via e até mesmo com as condições de tráfego em tempo real (KARAGIANNIS et al., 2011). Abdalla Michel et al. (2009) cita uma lista de aplicativos com o intuito de dar assistência aos motoristas. Nesta lista constam aplicações com funções de aviso de vagas livres em estacionamentos, disseminação de informações de vias, controle de tráfego, auxílio a cruzamentos, condução conjunta de veículos, localização em mapas, aumento da visibilidade e veículos sem condutor humano.

### 3. Aplicações de entretenimento:

O compartilhamento e distribuição de músicas e vídeos são duas das principais funções das aplicações de entretenimento (HARTENSTEIN; LABERTEAUX; EBRARY, 2010). São também distribuídos por esta classificação, recursos como acesso a internet e troca de mensagens instantâneas. Karagiannis et al. (2011) mostra uma divisão ainda mais detalhada para as aplicações de entretenimento, criando duas subdivisões chamadas de Serviços Locais Cooperativos e Serviços Globais de Internet. Os serviços Locais cooperativos englobam as aplicações de distribuição de mídias para download (músicas e vídeos), notificação de pontos de interesse e comércio eletrônico local. A outra subdivisão com o nome de Serviços Globais de Internet abrange todos os recursos e serviços disponíveis pela Internet, tais como as redes sociais e vários outros serviços online.

Algumas limitações existentes nas redes veiculares devem ser levadas em consideração para o desenvolvimento de aplicações de entretenimento. Estas limitações, se não forem superadas, podem ser vitais para o funcionamento das aplicações e da própria rede. A restrição do tamanho da largura de banda e a falta de conectividade são apontadas como os principais desafios para os aplicativos desta classificação, necessitando assim a criação de meios para superar estas limitações (HARTENSTEIN; LABERTEAUX; EBRARY, 2010).

## 2.2 Padrões IEEE 802.11, IEEE 802.11e, IEEE 802.11 e WAVE

O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers) definiu os padrões 802.11, 802.11e e o 802.11p. Estes dois primeiros padrões deram origem ao padrão de Acesso sem fio em ambientes veiculares (WAVE - *Wireless Access in Vehicular Environments*), que tem como escopo as distinções na especificação da subcamada de Controle de acesso ao meio (MAC - *Medium Access Control*) e funções de suporte à conectividade sem fio multicanal para as redes veiculares.

O padrão IEEE 802.11 é uma especificação da camada física e da camada de enlace para redes sem fio. Estas redes são divididas em duas categorias e que se diferenciam pelo modo arquitetural, sendo um modo com infraestrutura e o outro sem infraestrutura, que também é conhecido como redes ad hoc. Em ambos os modos é formado o Conjunto de serviços básicos (BBS - *Basic Service Set*), que fica sobre o controle de uma função de coordenação única, determinando quando a Estação (STA - *Station*) vai poder transmitir ou receber dados (O'HARA; PETRICK, 2005). Quando se tem uma rede com infraestrutura, todas as comunicações das STAs são realizadas por meio de um Ponto de acesso (AP - *Access Point*). Já as comunicações em redes Ad hoc são feitas diretamente entre as STAs, não dependendo assim de um Ponto de acesso (EICHLER, 2007). A Figura 2 demonstra estes dois modos de conexão.

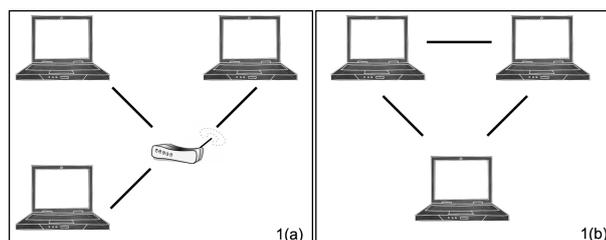


Figura 2 – Rede Infraestruturada 1(a) Rede Ad Hoc 1(b).

O padrão IEEE 802.11e, descrito em [IEEE \(2005\)](#), é uma extensão do padrão IEEE 802.11. Nesta extensão são fornecidos meios de priorizar o acesso ao canal dentro de um BBS. Estes meios são introduzidos por meio de uma nova função de coordenação para prover Qualidade de serviços (QoS - *Quality of Service*).

Nestes padrões, a Subcamada MAC tem como função o controle de acesso ao meio. Este controle pode ser realizado por meio de dois métodos distintos: Função de coordenação distribuída (DCF - *Distributed Coordination Function*) e Função de Coordenação Pontual (PCF - *Point Coordination Function*). Em ambas as formas, existem parâmetros que controlam o tempo de espera para o acesso ao meio. Chamado de Espaço entre quadros (IFS - *Inter Frame Space*), a função utiliza valores diferentes de tempo de espera para definir prioridades de acesso ao meio.

Na criação do padrão IEEE 802.11p foi necessário realizar alterações no padrão IEEE 802.11 para prover comunicação em um intervalo de tempo menor. Estas alterações ocorreram devido a mobilidade dos nós da rede acontecer em alta velocidade, permitindo assim, a troca de dados no curto espaço de tempo disponível. Os dispositivos utilizados para a comunicação das redes veiculares são as RSUs, que comunicam de um ponto fixo, e as OBUs, alocadas nos veículos e que realizam a comunicação com RSUs e outras OBUs ([EICHLER, 2007](#)).

As comunicações realizadas por meio do padrão IEEE 802.11p são realizadas por dispositivos de Comunicação dedicada de curto alcance (DSRC - *Dedicated Short Range Communications*) e que operam com frequências na faixa de 5.8/5.9 GHz. É utilizado 75mhz de largura de banda com canais de 10mhz cada, resultando em 7 canais, sendo um o Canal de controle (CCH - *Control Channel*) e outros seis Canais de serviços (SCH - *Service Channels*) ([JIANG; DELGROSSI, 2008](#)).

A emenda criada pelo grupo IEEE inseriu modificações ao padrão IEEE 802.11 acerca do acesso à rede, o que gerou a tecnologia WAVE e é apresentada pelo padrão IEEE 802.11p. Nesta mudança, foi criado um mecanismo para reduzir o número de interações e permitir que as estações troquem mensagens sem a necessidade de autenticação e associação, melhorando assim a eficiência na transmissão. Nomeada como um novo tipo de BSS, o WBSS (*WAVE BSS*) constitui-se de um conjunto de estações que se comunicam utilizando um Identificador do conjunto de serviços básicos (BSSID - *Basic Service Set Identification*) ([JIANG; DELGROSSI, 2008](#)). As principais variações estão na ausência da necessidade de

autenticação para acesso à rede, o controle de acesso ao meio feito por Acesso múltiplo com sensoramento da portadora com prevenção de colisão (CSMA/CA - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) e suporte a QoS, que é baseado no padrão 802.11e.

## 2.3 Sistemas Coletivos, Ubíquos e Cientes de Contexto nas redes veiculares

Os sistemas coletivos buscam atender as necessidades de um grupo de usuários por meio da adaptação ao interesse comum. [Silva \(2010\)](#) define o termo Aplicação coletiva como sendo “Aplicação ciente de contexto utilizada por um grupo de usuários interessados em executar suas tarefas, as quais deverão ser adaptadas de acordo com os interesses e dados contextuais dos membros desse grupo.”. As aplicações para redes veiculares podem adaptar-se às soluções mais apropriadas, ao responderem às solicitações de conteúdos e serviços utilizando as informações de contextos dos usuários e ambiente, capturadas dos componentes disponíveis nos veículos.

O termo Contexto foi definido por [Chen e Kotz \(2000\)](#) como sendo um “Conjunto de estados e configurações do ambiente que determina o comportamento de uma aplicação ou no qual, um evento da aplicação que seja de interesse do usuário ocorre”<sup>1</sup>. [Silva \(2010\)](#) apresenta a seguinte definição de contexto como sendo a mais aceita e utilizada por pesquisadores: “Qualquer informação que possa ser utilizada para caracterizar a situação de entidades (pessoa, lugar ou objeto) que sejam consideradas relevantes para interação entre um usuário e uma aplicação (incluindo o usuário e a aplicação)”. O contexto pode ser empregado pelas aplicações de formas ativas e passivas ([CHEN; KOTZ, 2000](#)). Na forma ativa, a aplicação adapta-se autonomicamente o seu comportamento de acordo com o contexto atual. Já na forma passiva o contexto é armazenado para sua recuperação e utilização posteriormente.

O desenvolvimento de sistemas coletivos, que utilizam de informações de contexto, são definidos como sistemas cientes de contexto. Os sistemas cientes de contexto são capazes de reconhecer o ambiente atual e prover seus recursos de acordo com estes cenários ([BOLCHINI et al., 2009](#)). Em geral, as soluções entregues por aplicações criadas para

---

<sup>1</sup> Context is the set of environmental states and settings that either determines an application’s behavior or in which an application event occurs and is interesting to the user.

redes veiculares consideram as informações da circunstância atual de todos os componentes envolvidos. Estas informações de contexto são capturadas pelas aplicações por meio de cada um dos componentes do sistema. Tais componentes podem ser: Sensores espalhados no ambiente; Dispositivos portados pelos usuários; Repositório de dados de rastreamento no uso de aplicações; Informações contidas nos perfis dos usuários (ADELSTEIN et al., 2004).

A utilização de recursos em redes veiculares por vários veículos simultaneamente fazem com que as aplicações responsáveis por gerenciar estes recursos se tornem coletivas. Por esse motivo, muitos recursos utilizados por estas redes são compartilhados e se tornam limitados (HARTENSTEIN; LABERTEAUX; EBRARY, 2010). A limitação de recursos gera uma disputa pela requisição e utilização dos mesmos. As disputas por estes recursos podem ser configuradas como conflitos de interesses, e ainda mais amplamente, por se tratarem de aplicações coletivas, tornarem conflitos de interesse coletivo. Conflito de interesse coletivo foi definido por Silva (2010) como: “Estado inconsistente alcançado por uma aplicação coletiva após avaliar contextos coletivos ambientais e próprios. A aplicação se torna incapaz de realizar adaptações de maneira a satisfazer interesses individuais e coletivos ao mesmo tempo”.

A satisfação do usuário ao utilizar uma aplicação coletiva é fortemente influenciada pelas condições de uso do recurso solicitado e o tempo de espera consumido até receber o recurso. Solucionar os conflitos gerados pela disputa de recursos depende do contexto de todos os componentes do sistema e pode aumentar a satisfação dos usuários se for realizada em um tempo cabível. Um exemplo de disputa por recursos que pode gerar conflitos de interesse coletivo ocorre em uma aplicação de entretenimento para redes veiculares que controla a largura de banda para disponibilização de conteúdo multimídia. Quando a quantidade de largura de banda não for suficiente para atender a todas as solicitações até que os veículos cheguem ao seu destino final, ocorrerá um conflito pela disputa de largura de banda. Outro exemplo de conflito por recursos ocorre, quando uma aplicação que disponibiliza informações de localização de vaga de estacionamento livre é notificada por dois ou mais veículos que almejam a mesma vaga em determinado momento (KARAGIANNIS et al., 2011). Como não é possível atender as solicitações de recurso ao mesmo tempo, é gerado um conflito de interesse coletivo e cabe à aplicação resolver o conflito. A decisão sobre qual veículo deverá ser direcionado para a vaga não é uma tarefa

trivial e, várias variáveis de contexto para uma solução mais eficaz devem ser consideradas.

A metodologia CReMe foi apresentada por [Silva \(2010\)](#) como sendo uma solução flexível e de natureza dinâmica para a resolução de conflitos de interesse que podem ocorrer entre usuários de aplicação coletivas, ubíquas e cientes de contexto. A CReMe abrange tanto as questões de detecção, como a resolução dos conflitos de interesse das aplicações, além de oferecer suporte às demais atividades necessárias ao longo do processo de tratamento de conflitos. A solução é flexível, uma vez que pode ser utilizada por diferentes aplicações, usuários e ambientes. A CReMe também é considerada uma solução dinâmica por se ajustar, durante a utilização da aplicação, ao contexto do ambiente e usuários com o objetivo de balancear o consumo de recursos de acordo com as necessidades particulares de cada aplicação.

As redes veiculares têm um enorme potencial de oferecer soluções para vários dos problemas existentes no tráfego de veículos. As padronizações direcionam os desenvolvedores para a criação de soluções apropriadas aos problemas em questão. Portanto, solucionar os problemas relacionados com a disputa de recursos, envolvendo o contexto de todos os componentes envolvidos no sistema, pode aumentar a satisfação dos usuários e diminuir o tempo gasto na interação com a aplicação.

## 2.4 Metodologia CReMe

A metodologia CReMe foi desenvolvida e disponibilizada na literatura por [Silva \(2010\)](#). Ela tem como principal objetivo resolver os conflitos de interesses coletivo em aplicações cientes ao contexto. A CReMe permite ainda realizar a adaptação da estratégia de resolução de conflitos de acordo com as condições e necessidades da aplicação no momento em que ocorre uma demanda. Ela é também flexível o bastante para que as aplicações com características diferentes possam utilizar igualmente, de forma parametrizada, os seus módulos. A CReMe foi criada para trabalhar baseando-se em parâmetros fornecidos dinamicamente, flexibilizando a sua utilização com o intuito de difundir a metodologia para diferentes classes de aplicações.

A indicação da utilização desta metodologia neste trabalho é devido a suas características de dinamismo e flexibilidade da CReMe propiciarem a facilitação dos processos de construção e modelagem da aplicação. Além disso, as aplicações para redes veiculares

se encaixam na classificação de aplicações coletivas e cientes de contexto, podendo assim usufruir da metodologia CReMe para resolver seus possíveis conflitos.

Um modelo de aplicação é definido e apresentado juntamente com a CReMe como referência para estudos de viabilização de novas aplicações. Este modelo de aplicação abrange o funcionamento dos sistemas coletivos, ubíquos e cientes de contexto por meio do comportamento de interação entre os dispositivos usuários da aplicação. Nesta aplicação modelo, cada dispositivo deve indicar uma determinada tarefa, e aguardar a liberação para executá-la. Para melhor entendimento do modelo foi apresentado, na Figura 3, o diagrama de atividades onde um conjunto de tarefas disponíveis (T) pode ser selecionado pelos usuários e, após as indicações serem feitas, elas passam por uma abordagem de detecção e resolução de conflitos para posteriormente serem liberadas como um conjunto de tarefas indicadas (T') para execução. Cada usuário deverá indicar apenas uma tarefa por rodada, isto é, uma única tarefa desde a indicação até a execução da mesma. E, somente depois do término da rodada, podem ocorrer novas indicações.

A CReMe adota como modelo de arquitetura a configuração tradicional, *Cliente-Servidor*, para a abordagem proposta de resolução e detecção de conflitos. Junto a esta adoção, foram inseridas modificações arquiteturais para atender algumas das restrições de recursos presentes em dispositivos ubíquos e definir a forma lógica com que os dispositivos são organizados. Portanto, a organização centralizada foi escolhida devido à sua simplicidade e menor custo computacional, fazendo com que os dispositivos possam realizar solicitações de tarefas e as mesmas serem liberadas para execução pelo dispositivo central.

O modelo arquitetural é apresentado por meio do diagrama de atividade da Figura 4, onde é exibida a ordem e a ligação entre os passos executados. Primeiramente são escolhidos os dispositivos candidatos para comporem uma lista pré-definida de servidores. Posteriormente, os usuários são notificados sobre qual dos dispositivos candidatos foi escolhido aleatoriamente para ser o servidor naquela rodada. O servidor escolhido atua conforme a metodologia de detecção e resolução de conflitos coletivos mediante as tarefas indicadas pelos usuários da aplicação. Finalmente, é indicado aleatoriamente um novo servidor dos demais da lista predefinida para seguir com as atividades estabelecidas após esta escolha.

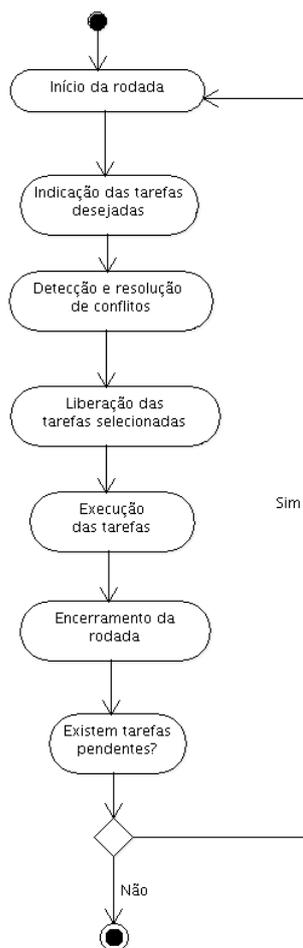


Figura 3 – Diagrama de Atividades - Modelo de Aplicação.

Fonte: (SILVA, 2010)

### 2.4.1 Conflict Engine

A metodologia CReMe atua de acordo com um *framework* genérico chamado *Conflict Engine*. Os módulos deste framework devem ser implementados considerando as características de cada aplicação coletiva e ciente de contexto que o utilizará. Os principais módulos deste framework são chamados de Detecção de Conflitos e Conciliação. O aplicativo que desejar ter seus conflitos resolvidos pela CReMe, deve fornecer um conjunto de parâmetros para os módulos da metodologia, que adaptará dinamicamente, o modo de resolução de acordo com os contextos e parâmetros existentes. Os ajustes dos parâmetros refletem diretamente sobre o equilíbrio entre a satisfação dos usuários e o consumo de recursos. A Figura 5 exibe os módulos executados pelos servidores da metodologia, juntamente com seus relacionamentos.

A estrutura do *framework Conflict Engine* é composta pelos módulos de Detecção de Conflitos, Conciliação, Suporte e Liberação Tarefas. Cada um destes módulos tem

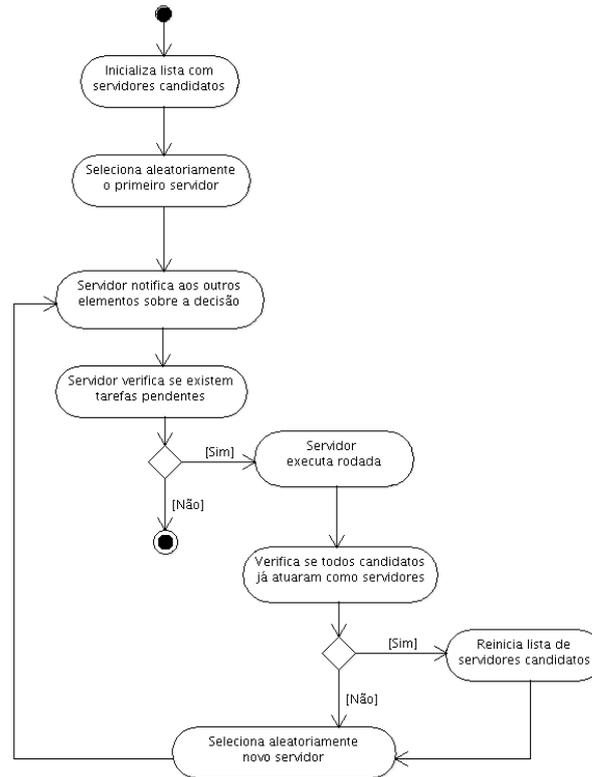


Figura 4 – Diagrama de Atividades - Modelo de Arquitetura.

Fonte: (SILVA, 2010)

a sua responsabilidade específica na detecção e tratamento dos conflitos. O módulo de detecção de conflitos tem a responsabilidade de analisar as requisições de tarefas, a cada rodada da aplicação, na busca por conflitos entre as tarefas dos usuários. Ao ser detectado um conflito, o módulo de conciliação entra em operação e adapta a execução das tarefas considerando os interesses individuais, coletivos e a disponibilidade de recursos. As funções de tratamento das informações e captura de dados de contexto, que não são diretamente responsáveis pela detecção e tratamento de conflitos, são acopladas ao módulo de suporte. Finalmente, para que as tarefas sejam liberadas para a execução, o módulo de liberação de tarefas retorna o subconjunto das tarefas selecionadas como sendo a solução daquela rodada.

#### 2.4.2 Implementação do Módulo de Conciliação com Repositório de Algoritmos

O objetivo principal de qualquer estratégia de resolução de conflitos é o de melhorar a satisfação dos usuários. Portanto, as atuações dos módulos de Detecção de conflitos e Conciliação são descritas a seguir e têm por base o foco no controle de uso de recursos para aumentar a satisfação do usuário. O principal ponto que deve ser observado nesta

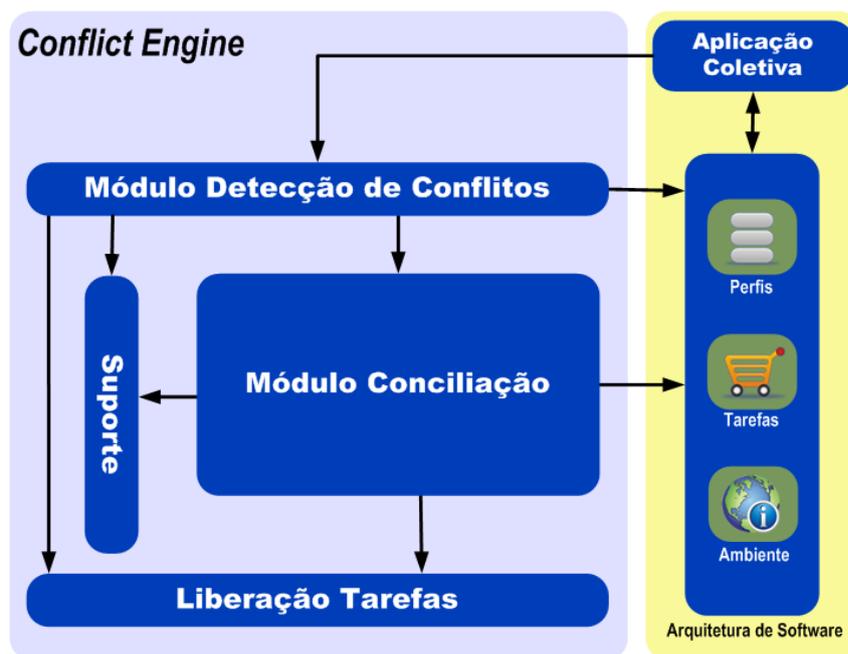


Figura 5 – Estrutura da Conflict Engine.

Fonte: (SILVA, 2010)

metodologia é quanto à atuação destes módulos, uma vez que eles podem causar a inviabilização da continuidade da execução da aplicação caso o projeto da mesma não considere os conflitos que poderão ocorrer.

#### 1. Módulo de Detecção de conflitos:

- por meio do arquivo de "Nível de Atuação" cada aplicativo indica um algoritmo de detecção de conflitos para ser utilizado pelo módulo;
- o algoritmo indicado analisa a existência de conflitos, utilizando de dados como (tarefas, perfis dos usuários e contextos ambientais).

#### 2. Módulo de Conciliação:

- O objetivo do módulo de conciliação é selecionar, a cada rodada, o algoritmo que melhor atende as demandas da aplicação, com o intuito de criar um equilíbrio entre a satisfação dos usuários e o consumo moderado de recursos.

Para que o módulo de conciliação selecione o algoritmo indicado, primeiramente, devem ser adicionados ao repositório, algoritmos com características diferentes em relação aos níveis de satisfação e consumo de recursos. Os algoritmos utilizados com a finalidade de distribuição de recursos devem ser cuidadosamente implementados, uma vez que podem

causar o esgotamento dos recursos e, conseqüentemente, uma insatisfação generalizada dos usuários. A metodologia CReMe conta com um repositório de algoritmos para que possam ser inseridos algoritmos específicos pela própria aplicação. Este repositório armazena opções diversificadas de esquemas de resolução de conflitos, bem como alguns metadados necessários para selecionar o algoritmo mais apropriado ao longo da execução do aplicativo. O comportamento do módulo de conciliação é mostrado na Figura 6, onde a cada rodada da aplicação todos os valores de contexto são ajustados para adequação das atuais necessidades das aplicações.

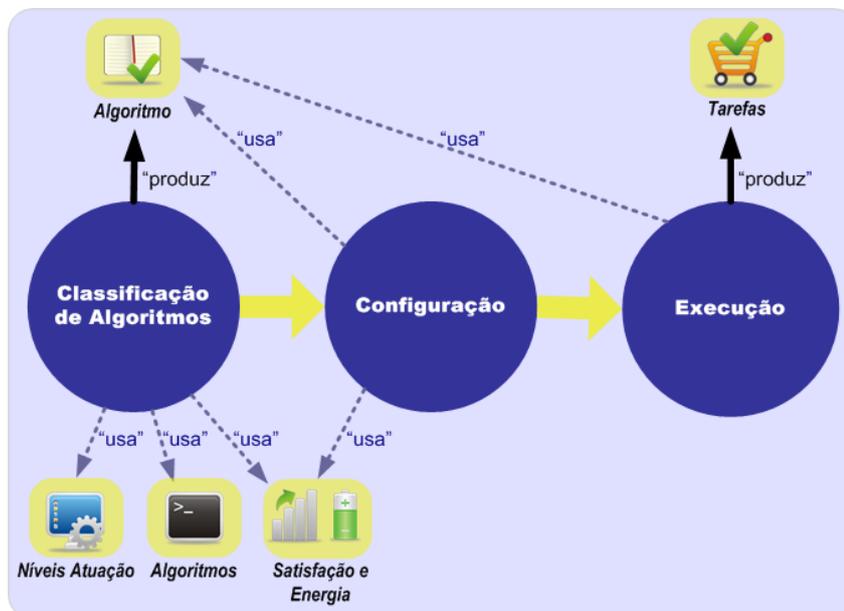


Figura 6 – Módulo Conciliação da Metodologia CReMe.

Fonte: (SILVA, 2010)

Além disso, o Módulo Conciliação realiza a classificação dos algoritmos baseando-se em valores parametrizados pela própria aplicação. Estes parâmetros irão orientar a seleção do algoritmo de resolução mais adequado ao contexto. Para realizar esta classificação, a aplicação indica intervalos de valores que são inseridos no arquivo de "Nível de Atuação do aplicativo". Os parâmetros do algoritmo selecionado podem ser ajustados para permitir que ele execute de acordo com as expectativas do aplicativo em função da satisfação dos usuários e a disponibilidade de recursos. Uma vez que o algoritmo foi selecionado e configurado, ele inicia sua execução com a finalidade de garantir os níveis esperados de satisfação dos usuários e consumo de recursos.

### 2.4.3 Arquivo de Nível de Atuação e uso de Distância Euclidiana

Para a aplicação fornecer o conjunto de parâmetros, foi definido um conceito chamado "Nível de Atuação". O Nível de Atuação é um arquivo de configuração, escrito em (XML - EXtensible Markup Language), e que indica para o módulo de detecção da metodologia como ela deve procurar por conflitos. Além disso, indica ao módulo de conciliação os valores para o processo de seleção do algoritmo de resolução. Este arquivo contém ainda, a indicação de qual estratégia de detecção de conflitos deverá ser seguida, uma lista de algoritmos de resolução de conflitos que devem ser considerados, juntamente com seus metadados correspondentes, e o conjunto de regras sobre como selecionar o algoritmo mais adequado a partir da lista fornecida.

Para cada um dos algoritmos presentes no repositório é definido o conjunto de valores de metadados indicando a opção mais adequada a cada situação. Os valores do intervalo mais adequado são comparados com os metadados de cada algoritmo, armazenado no repositório, por meio de uma implementação que calcula a distância Euclidiana tridimensional. O algoritmo que fornece a menor distância é selecionado por ser o que melhor corresponde às exigências da aplicação naquele instante. Isto mostra que a implementação da metodologia é flexível, uma vez que pode ser ajustada por meio da configuração do arquivo de Nível de Atuação do aplicativo em questão.



## 3 Trabalhos Relacionados

A discussão dos trabalhos relacionados abrange os estudos que envolvem aplicações de distribuição de conteúdo de entretenimento, utilização de dados de contexto e taxa de transmissão em redes veiculares. As descrições a seguir apresentam os trabalhos encontrados na literatura que tratam de aplicações de entretenimento para redes veiculares e aplicações cientes de contexto em que ocorrem disputa por recursos em rede. Estão descritos também trabalhos relacionados ao tema de controle de acesso ao meio em redes veiculares, onde são cometidas propostas de variações na camada MAC para prover QoS ou para diminuir o tempo de espera que ocorrem entre as trocas de canais nas redes sem fio destinadas a veículos. Por fim, são apresentados trabalhos que tratam da utilização de dados de contexto e da resolução de conflitos coletivos ocorridos pela disputa de recursos disponibilizados em redes veiculares.

### 3.1 Aplicações de entretenimento para redes veiculares

Os problemas relacionados à transmissão de conteúdo multimídia em redes veiculares dificultam o processo de desenvolvimento de aplicações de entretenimento. Estas aplicações têm um enorme potencial em expandir a utilização das redes veiculares por disponibilizarem aos motoristas e passageiros uma maior diversidade de conteúdos e funções. Conforme já apontado anteriormente, a mobilidade em altas velocidades, a escalabilidade e instabilidade da rede são alguns dos desafios que dificultam o desenvolvimento das aplicações ([GHAFOOR; BAKAR, 2010](#)). Devido a existência desses desafios, um número relativamente pequeno de aplicações de entretenimento foi encontrado na literatura. Para suprir as limitações e os desafios de desenvolvimento de aplicações, [Costa-Montenegro et al. \(2012\)](#) propôs uma solução baseada em um modelo de negócio de disponibilização e aquisição de aplicativos. A solução contempla também a interação da infraestrutura de redes veiculares com outros dispositivos móveis disponíveis. Nesta proposta, os aplicativos devem ser previamente disponibilizados na infraestrutura para uma futura utilização dos usuários. Os autores julgam que, desta forma, as redes veiculares poderão tirar proveito da vasta infraestrutura já existente para outros dispositivos móveis.

Com relação à entrega de conteúdo de entretenimento, o trabalho de [Sarakis et](#)

al. (2016) propõe uma avaliação da capacidade das redes veiculares na transmissão de conteúdos multimídia. A avaliação incide na camada de aplicação para *streaming* de vídeos. Os autores realizaram testes para diferentes tipos de vídeos, velocidades e ambientes, concluindo que uma qualidade aceitável de transmissão de conteúdos multimídia pode ser alcançada em redes veiculares. A abordagem proposta por Yang, Li e Lou (2012) tem como objetivo principal a codificação de dados para distribuição de fluxo contínuo de conteúdo multimídia em redes veiculares. Os autores relatam o problema de se transmitir conteúdo de entretenimento em redes veiculares com baixa largura de banda disponível. Propuseram então, um algoritmo de escalonamento de transmissão oportunista para melhorar o desempenho em diferentes densidades da rede. Jiau et al. (2015) apresentam e avaliam arquiteturas para serviços multimídia em redes veiculares baseadas em nuvens. Por meio de uma comparação da estabilidade, capacidade de extensão, gestão e outras características, os autores concluem que a forma híbrida, onde um veículo faz o papel da infraestrutura e de um usuário final ao mesmo tempo, é a mais indicada para utilização de serviços multimídia.

Em Alam, Saini e Saddik (2015), os autores propõem uma arquitetura para redes sociais veiculares onde são identificadas as estruturas de componentes sociais, seus relacionamentos e os tipos de interação. São descritos no trabalho um modelo de implementação e uma análise experimental. O modelo é dividido em três fases, que são a estrutura de troca de mensagens, a infraestrutura do sistema da rede social e o simulador de internet para os veículos. O foco do trabalho está, portanto, em estabelecer conexão entre veículos explorando as relações de interesse coletivo. O modelo não considera questões importantes, tais como, escalabilidade, redundância de dados e sincronização. Além disso, os dados contextuais não são considerados no modelo proposto. O trabalho de Masala (2008) propõe um sistema de otimização de compartilhamento de vídeo por meio da compactação. Ao realizarem uma transmissão dos dados em redes veiculares, os pacotes sofrem ainda uma mudança nos valores das categorias de acesso para aumentar a sua prioridade. A abordagem utilizada por Razzaq e Mehaoua (2010), para o compartilhamento de conteúdo de entretenimento, inclui técnicas de codificação dos dados em rede e multicaminhamento. Cada caminho existente é classificado segundo a sua qualidade e, dinamicamente, é escolhido um melhor caminho para transmissão dos dados com prioridade maior e os caminhos menos estáveis são escolhidos para transmitir os dados de menor prioridade.

Os trabalhos apresentados acima têm como foco, propostas de melhoria na distribuição de conteúdo de entretenimento, porém na maioria deles são ignorados os dados de contexto nas suas propostas de soluções para os problemas apresentados. Estes dados poderiam servir como um direcionamento para a escolha das melhores alternativas e soluções. A nossa solução disponibiliza uma aplicação de entretenimento com a função de distribuição de conteúdo multimídia por meio das infraestruturas específicas para as redes veiculares considerando os dados de contextos envolvidos com o sistema. A nossa aplicação não limita nenhuma possibilidades de disponibilização de conteúdos alternativos ou comprimidos por codificação, enfatizando no controle da disputa por largura de banda pelos veículos baseado no contexto dos veículos e do ambiente.

## 3.2 Sensibilidade ao contexto na disputa por recurso em redes veiculares

Os avanços das técnicas de utilização de dados de contexto impulsionam um crescente interesse no projeto, desenvolvimento e implantação de aplicações com tecnologias sensíveis ao contexto. Estas aplicações fazem com que os recursos sejam distribuídos de maneira mais justa e eficiente em um ambiente de rede controlado.

Com relação aos dados contextuais, existem trabalhos que focam na utilização destes para uma distribuição eficiente de recursos. Em [Wan et al. \(2014\)](#), os autores apresentam um proposta de arquitetura em camadas, baseada em dados de contexto para utilização de redes sociais e aplicações de segurança em redes veiculares. A proposta apresentada por eles utiliza três camadas de comunicação, sendo elas: localização, o próprio veículo e a internet. As camadas têm como objetivos compartilhar conexão e recursos de informação de tráfego e de entretenimento aos veículos, fornecer informações de contexto e interação dos serviços disponíveis e disponibilizar aplicações e serviços em nuvem. O trabalho apresenta um estudo de caso teórico de uma aplicação de serviços de estacionamento com sensibilidade ao contexto e interação com a internet para exemplificar a utilização da arquitetura proposta. Porém, os autores não apresentaram resultados de um experimento ou simulação do trabalho proposto e também não foram contabilizados os recursos necessários para a avaliação da solução. [Sepulcre et al. \(2015\)](#) propõe uma técnica de uso de informações de contexto para decidir qual tecnologia de comunicação é mais adequada ao uso em cada momento. As decisões são feitas diretamente por cada veículo,

mas com a assistência da infraestrutura na aquisição dos dados de contexto. Os autores apresentam os resultados obtidos, por meio de simulações, que demonstram benefícios na utilização de dados contextuais na tomada de decisão em redes heterogêneas.

Com relação à taxa de transmissão em redes veiculares, o trabalho de [Shankar et al. \(2008\)](#) propõe a seleção de taxa de transferência baseando-se em informações de contexto para redes veiculares à partir da camada de aplicação. Por meio de uma adaptação, realizada por meio da qualidade de conexão, é selecionado um valor para a taxa de transferência. Os resultados são obtidos por meio de um experimento realizado com dois veículos reais, equipados com Laptop e dispositivos GPS comuns, e por meio de um simulador de rede. Os autores concluem que os resultados superam outros algoritmos adaptativos já existentes. Porém, a solução utiliza o mesmo algoritmo de resolução, independente do contexto da aplicação, e não considera a dinamicidade das aplicações.

[Sepulcre et al. \(2015\)](#) propõe uma técnica de uso de informações de contexto para tomar decisões sobre qual tecnologia de comunicação é mais adequada para usar em cada momento. O uso de um ambiente heterogêneo de tecnologias diferentes de redes sem fio é indicado pelos autores para satisfazer os diversos requisitos necessários pelas aplicações veiculares. As decisões de escolha de tecnologia a ser utilizada são feitas diretamente por cada veículo com a assistência da infraestrutura para a aquisição e processamento dos dados de contexto. Os autores apresentam os resultados obtidos por meio de simulações, que demonstram benefícios na utilização de dados contextuais para a tomada de decisão em redes heterogêneas. A solução apresentada é estática e não considera os diferentes ambientes em que ocorrem as comunicações entre os veículos. Além disso, os autores utilizam uma decisão distribuída, porém individualizada, não contemplando o contexto coletivo de utilização dos recursos. Em [Campolo e Molinaro \(2010\)](#) e [Nwizege et al. \(2013\)](#) os autores avaliam o desempenho e propõem algoritmos de seleção de taxas de transmissão. Em ambos os trabalhos a inferência da taxa de transmissão é realizada por meio dos dados de contexto da distância da posição dos veículos em relação ao outro ponto de comunicação.

Nesta pesquisa, foi indicada uma solução para resolver os conflitos de interesses ocorridos pela disputa por largura de banda. Por meio da CReMe e baseando no contexto atual dos veículos e do ambiente, este trabalho propõe equilibrar a satisfação coletiva, o consumo de rede e o tempo de resposta. Fornecer o valor da taxa de transferência

em decorrência de uma largura de banda variável, depende do conhecimento da situação contextual da rede e dos veículos. Para isso, a flexibilidade em relação a diferentes aplicações e a forma dinâmica de tratar os conflitos é de extrema importância.

### 3.3 Disputa por acesso à rede na camada de enlace

A Sub-camada MAC da camada de enlace tem como função alocar um único meio de transmissão para utilização entre vários usuários. Inúmeras técnicas são propostas para resolver a disputa por alocação ao meio. Em [Han et al. \(2012\)](#), os autores propõem um modelo para atuar na subcamada MAC do padrão IEEE 802.11p sob condições de tráfego intenso. O modelo atribui tempos apropriados para diferentes categorias de acesso ao meio. São consideradas as quatro categorias de acesso na modelagem, oferecendo suporte completo ao padrão IEEE 802.11p e validação dos mesmos. Segundo os autores, o modelo pode ser utilizado para a análise de cenários de grande escala ou como ferramenta de validação em diferentes simuladores de rede no IEEE 802.11p. Eles concluem dizendo que as aplicações que consomem alta largura de banda demonstram um fraco desempenho em redes de tráfego intenso e permanecem como um problema desafiador na alocação de recursos.

No trabalho [Guo et al. \(2012\)](#), os autores propuseram um mecanismo adaptável para a subcamada MAC. O mecanismo considera simultaneamente o controle de canais e o controle de acesso ao meio. Os autores apresentaram um conceito de tempo de duração variável, chamado *Chip*. O tempo de um *Chip* é ajustado de forma adaptativa à densidade do tráfego de veículos. Eles concluem que este conceito permite fazer uso pleno dos recursos sem fio e tem capacidade de rastreamento de uma topologia de rede em rápida mudança.

[Wang et al. \(2010\)](#) propõem um esquema MAC multicanal, por meio de uma modelagem para otimizar a variação dos intervalos do canal de controle, podendo assim melhorar a taxa de transferência em VANETs. Dentre as características do trabalho apresentado pelos autores estão: a divisão do intervalo do CCH em intervalos de segurança e intervalos de anúncio de serviço; Intervalos variáveis do CCH E SCH para melhorar a taxa de transferência e assegurar as transmissões; e um mecanismo de coordenação multicanal que fornece contenção livre para reserva de canal no CCH. Neste trabalho, os autores não apresentam uma solução para uma abordagem distribuída, limitando-se apenas o seu funcionamento centralizado e controlado por uma RSU.

Os autores do trabalho [Luan, Ling e Shen \(2012\)](#) estabelecem um modelo matemático para ajustar os parâmetros de QoS, com base na velocidade de mobilidade dos veículos para assegurar QoS em aplicações multimídia aos veículos em movimento. O modelo é aplicado na camada MAC somente para comunicações V2I onde vários veículos disputam as transmissões. [Chrysostomou, Djouvas e Lambrinos \(2011\)](#) propuseram uma adaptação para prover QoS no mecanismo de controle de acesso ao meio para ser aplicado em veículos com prioridades em redes ad hoc. A adoção do modelo pode ser feita por diferentes ambientes de rede (V2V e V2I). No trabalho [Ahmad et al. \(2010\)](#) os autores propõem um esquema na camada MAC que utiliza uma alocação de canal distribuída entre os veículos, a fim de fornecer uma baixa probabilidade de colisão e, portanto, diminuir o tempo de atraso de transmissão. O esquema abrange apenas as comunicações V2V onde cada veículo possui um transmissor e receptor de rádio único.

O controle de acesso à rede, realizado na subcamada MAC, não utiliza dados de contexto para dar prioridade aos usuários, e sim as categorias de acesso presentes no padrão IEEE 802.11p. Em geral, os dados de contextos estão presentes na camada de aplicação ou são acessíveis, mais facilmente, por ela. Sendo assim, a disponibilização de largura de banda realizada neste trabalho, utilizando os dados de contexto para o controle e limitação de banda, abrange apenas a camada de aplicação.

### 3.4 Conflitos em aplicações coletivas

O tratamento de conflitos em aplicações coletivas é um outro tema relacionado a este trabalho. Os trabalhos apresentados abaixo tratam conflitos coletivos em aplicações ubíquas. Por meio de exemplos apresentados pelos autores são definidos os conceitos de aplicações, contextos, conflitos coletivos e também o tratamento desses conflitos.

Nesta pesquisa, a metodologia utilizada para o tratamento de conflitos e a adequação ao contexto da aplicação é baseada no trabalho descrito por [Silva \(2010\)](#). Neste trabalho é apresentada uma metodologia chamada (CReMe -Conflict Resolution Methodology), desenvolvida para oferecer uma solução flexível e de natureza dinâmica para o tratamento dos conflitos de interesse em aplicações coletivas, ubíquas e cientes de contexto. Simulações da utilização da metodologia CReMe mostraram que a mesma é capaz de balancear consumo de recursos e satisfação, de acordo com as necessidades e demandas de cada cenário.

O trabalho de [Park, Lee e Hyun \(2005\)](#) propõe um esquema de gerenciamento de contexto para a detecção e resolução de conflitos em aplicações sensíveis ao contexto. A solução visa tornar os conflitos mais transparentes para os desenvolvedores de aplicativos por meio de modelagem, em alto nível, do comportamento de atributos de contexto. O tratamento de conflitos é realizado de acordo com um contexto individual, isto é, sem relação entre eles. Este tratamento de conflitos abandona as reais necessidades de aplicações coletivas, uma vez que são considerados somente os conflitos entre as escolhas de apenas dois usuários.

O trabalho de [Roy, Roy e Das \(2006\)](#) teve como objetivo resolver conflitos predizendo as atividades e localizações de habitantes em uma casa inteligente para proporcionar maior conforto. Os contextos de rotas e localização são utilizados, com a teoria de jogos Nash-H Learning, para tentar minimizar a incerteza de localização coletiva. Por meio do conhecimento do contexto dos habitantes, como locais e atividades associadas, é realizado o controle dos dispositivos automatizados de forma inteligente. As limitações do trabalho são a utilização de apenas dois dados de contexto e a especificação e modelagem da solução exclusivamente para uma aplicação específica.

[Shin, Dey e Woo \(2008\)](#) propõem em seu trabalho uma solução de conflitos em um processo automático, por meio de dados de contextos armazenados e uma solução manual, deixando assim nas mãos do usuário o controle da situação na resolução dos conflitos. Segundo os autores, o ajuste entre uma resolução automática com mediações dos usuários, faz com que os usuários fiquem mais satisfeitos. A técnica utilizada para a resolução de conflitos é sempre a mesma, o que deixa a solução estática. Além disso, a escolha de qual abordagem deve ser adotada para resolver os conflitos não utiliza os dados do contexto atual do ambiente, mas apenas as preferências predefinidas dos usuários.

Diferentemente dos estudos da literatura, este trabalho considera os contextos individuais e coletivos dos usuários, além da disponibilidade de recursos para atender às demandas da melhor maneira coletiva, sem degradar o consumo de recursos. Para isso, diferentes algoritmos são utilizados intercaladamente de acordo com os contextos atuais. Este trabalho adota todas as características versadas em [Silva \(2010\)](#), por meio da metodologia CReMe, para tratar com o domínio de contextos, algoritmos de resolução e detecção de conflitos, e oferecer no tempo hábil os recursos suficientes para satisfação do usuário com menor consumo de rede e tempo. Além disso, uma distribuição dinâmica de

recursos apresenta-se como uma solução mais viável por considerar o contexto atual dos componentes envolvidos.

## 4 Abordagem da Solução

Neste capítulo são apresentados os detalhes da solução proposta para resolver os conflitos gerados pela disputa por largura de banda em aplicações de entretenimento para redes veiculares e a metodologia adotada. A solução baseia-se na metodologia de resolução de conflitos coletivos, nomeada de CReMe, e apresentada na seção 2.4. Foram agregadas a esta metodologia, implementações específicas para as redes veiculares e algoritmos para a detecção e resolução dos conflitos pertinentes à disputa por recursos em redes veiculares. Além disso, foi modelada e implementada uma representação de redes veiculares, capaz de proporcionar a comunicação entre *OBUs* e *RSUs* e controlar o compartilhamento de recursos.

### 4.1 Instância CReMe para Aplicação em Redes Veiculares

Com o intuito de fazer uso dos benefícios da CReMe, este trabalho foi desenvolvido por meio da criação de uma instância da metodologia CReMe com a finalidade de resolver os conflitos de interesses coletivos ocorridos em um tipo específico de aplicação para redes veiculares. Uma vez que as aplicações veiculares são consideradas coletivas, ubíquas e ciente de contexto, tornou-se possível a utilização da metodologia CReMe como solução para resolver os conflitos existentes nestes sistemas. A aplicação desenvolvida para este modelo é destinada a prover conteúdo de entretenimento em um ambiente que controla a distribuição de largura de banda para seus usuários. O controle na distribuição de recursos acontece devido a quantidade limitada da largura de banda disponibilizada pela infraestrutura. Esta limitação pode ocasionar na existência de disputa entre os usuários das solicitações de conteúdo pelo recurso, uma vez que a quantidade disponível pode não ser suficiente para atender toda a demanda. Portanto, a implementação de uma instância da metodologia CReMe neste trabalho tem como objetivo resolver esta disputa por largura de banda, utilizando um repositório de algoritmos com opções que podem manter o equilíbrio entre a satisfação dos usuários, o tempo de resposta e o gasto dos recursos disponíveis.

## 4.2 Modelo de aplicação

No modelo de solução criado, as *RSUs* atuam disponibilizando uma aplicação com a finalidade de distribuição de conteúdos de entretenimento e no controle da divisão de largura de banda. As *OBUs* solicitam os recursos de entretenimento e disponibilizam os seus dados de contexto às *RSUs*, que verificam e atendem às solicitações de acordo com suas disponibilidades. O atendimento às solicitações, feito pelas *RSUs*, com uma certa quantidade de largura de banda, pode não ser suficiente para que as *OBUs* recebam todo o conteúdo solicitado no tempo de conexão disponível. Se a disponibilização dos recursos for insuficiente, os usuários não atendidos podem ficar insatisfeitos com a aplicação. As aplicações comuns não tratam este tipo de situação e permitem que os usuários fiquem insatisfeitos. Já as aplicações cientes de contexto, podem utilizar dos dados contextuais para detectar situações que podem gerar insatisfação pela disputa de recursos e tratar, por meio de alguma estratégia, esta disputa.

A ocorrência de disputa por largura de banda, na aplicação modelo, é vista como um conflito coletivo. Esta situação sugere a utilização de uma metodologia de resolução de conflitos para melhorar a experiência e satisfação do usuário. Com o intuito de ser ágil e eficaz o suficiente para atender aos desafios de desenvolvimento de aplicações para redes veiculares, esta solução foi desenvolvida para atuar na camada de aplicação, aprimorando as formas de requisições à rede e não deixando que tais requisições excedam a capacidade da rede e o tempo disponível para atendimento.

A solução foi criada como uma instância da metodologia CReMe, e busca, por meio da escolha de algoritmos mais adequados e mediante o contexto atual da rede e dos veículos, balancear o consumo de recursos (largura de banda), o tempo gasto para a resolução dos conflitos e a satisfação geral dos usuários da aplicação.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi projetada uma aplicação que apropria dos conceitos de sistemas coletivos, ubíquos e cientes de contexto. Esta aplicação irá fazer parte do conjunto de aplicações compatíveis com a metodologia CReMe. A principal função da aplicação é a distribuição controlada de largura de banda para a obtenção de conteúdo de entretenimento em redes veiculares. O modelo da aplicação é baseado em dois módulos que irão ser disponibilizados, um nas estações fixas e o outro nos veículos. Os elementos que compõem o modelo da aplicação são divididos entre os módulos de "*Solicitação de*

"Conteúdo" e o da "Instância da metodologia CReMe".

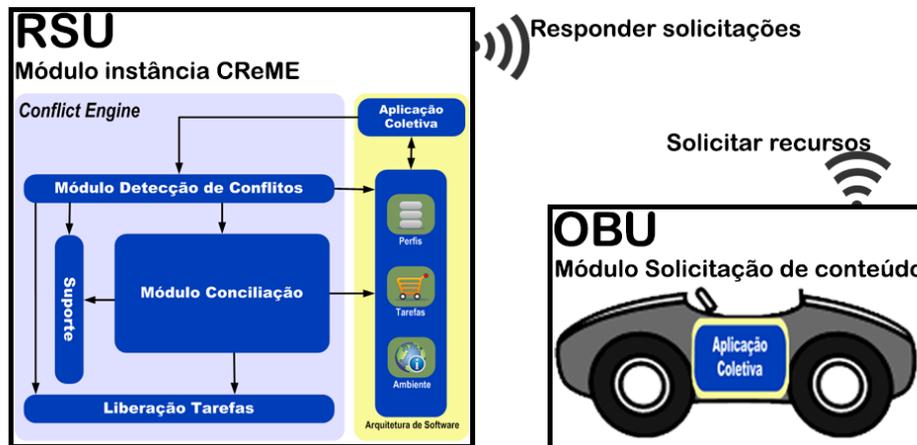


Figura 7 – Módulos dos elementos da aplicação.

Para melhor visualização, a Figura 7 apresenta estes elementos e suas interações, sendo que o *Módulo Solicitação de Conteúdo* é disponibilizado no veículo (*OBU*) e o da *Instância da metodologia CReMe* está disponível nas estações fixas que estão posicionadas ao longo das estradas, as *RSUs*.

A aplicação veicular, aqui descrita, atua de acordo com o seguinte modelo conceitual:

- **Inserção de solicitações** - Cada veículo tem uma probabilidade de solicitar um conteúdo de entretenimento, à *RSU* que está conectado, durante uma determinada Janela de Tempo de Solicitações (*JTS*).
- **Liberação de largura de banda** - A *RSU* periodicamente analisa as solicitações feitas durante a *JTS*. As solicitações de todos os veículos dentro da faixa de uma *RSU* em uma *JTS* são modeladas como um conjunto de tuplas. Cada tupla é formada pelo identificador do veículo e a solicitação de conteúdo. No final da *JTS*, os pedidos recebidos por uma *RSU* são devidamente tratados pela abordagem de resolução de conflitos.
- **Execução do download** - Certa quantidade de largura de banda é atribuída a cada veículo e assim eles estarão autorizados a iniciar o download do conteúdo solicitado.

Todo esse processo, a partir da solicitação de conteúdo ao início dos downloads, é considerado como sendo uma rodada da aplicação e apresentado pelo diagrama de atividades na Figura 8.



Figura 8 – Diagrama de Atividades - Modelo de Aplicação de Entretenimento.

O modelo define algumas características importantes para os procedimentos realizados pela aplicação. Estes procedimentos foram adotados para que o modelo se torne simples e mais próximo da utilização real. A lista abaixo apresenta estes procedimentos.

- Após uma solicitação atendida, o veículo fica impedido de solicitar um novo conteúdo até que ele termine de baixar o anterior.
- A quantidade de largura de banda liberada pela *RSU* aos veículos solicitantes é garantida até que o download termine ou o destino final seja alcançado.
- Quando ocorre uma solicitação de conteúdo por um veículo, a aplicação se encarrega de calcular a largura de banda necessária para que todo o conteúdo seja transferido no tempo disponível.

Para que todos estes procedimentos possam ser atendidos pela aplicação, a captação e utilização dos dados de contexto, em que se encontram os elementos envolvidos no instante da solicitação, tornam-se imprescindíveis. Os dados empregados para compor o contexto necessário são o perfil do usuário solicitante, a distância do local de solicitação até o destino final e a velocidade do veículo. Na posse destes dados, a aplicação calcula o tempo que o veículo terá disponível de conexão com a estação fixa por meio da Equação 4.1, que retorna este tempo pela razão da distância do percurso com a velocidade média do veículo.

$$\text{tempoConexao} = \frac{\text{distanciaPercurso}}{\text{velocidadeMediaVeiculo}} \quad (4.1)$$

Por fim, é calculada a quantidade de largura de banda necessária para atender uma solicitação de conteúdo de entretenimento feita pelo veículo. A unidade utilizada para medir a quantidade de largura de banda é em bits por segundo (*bps*), e por meio dela é possível calcular o valor máximo de dados que podem ser transferidos de um ponto ao outro conectados em rede, em um determinado período de tempo (TANENBAUM ANDREW S.; J. WETHERALL, 2011). O valor da largura de banda é retornado pela Equação 4.2, que calcula a banda pelo número total de bits de dados do conteúdo dividida pelo tempo gasto entre o ponto inicial e o destino final do veículo.

$$\text{larguraBanda} = \frac{\text{tamanhoConteudo}}{\text{tempoConexao}} \quad (4.2)$$

O resultado final da quantidade de largura de banda calculada pela Equação 4.2 é o valor almejado pelo veículo, porém não necessariamente será o valor concedido a ele pela *RSU*.

Para a liberação de banda, a *RSU*, depende das demandas imediatas pelo recurso solicitado e da taxa de transferência de dados residual na *RSU*. O valor que será concedido à *OBU* resultará, nos casos em que houver conflitos, do processo de resolução de conflitos gerado na disputa pelo recurso. A disponibilidade de largura de banda, em um determinado momento, de cada *RSU* é dada pela sua taxa de transferência de dados, definida pela tecnologia de comunicação utilizada, subtraindo o valor já atribuído aos veículos e que ainda estão em uso do serviço.

### 4.3 Modelo de arquitetura

O modelo de arquitetura define onde ocorre o processamento das informações e como ocorre a relação entre os participantes da comunicação. Em geral, a configuração tradicional cliente-servidor realiza a divisão do processamento das tarefas em processos distintos, nos quais os clientes fazem as requisições e o servidor processa e responde aos clientes. A arquitetura cliente-servidor representa, exatamente, o modelo adotado para a abordagem de resolução e detecção de conflitos da CReMe. Neste trabalho, as *RSUs* assumem a responsabilidade das funções de servidor, agregando todas as tuplas de solicitação, para a execução dos módulos da metodologia CReMe e enfim notificar as suas decisões para os usuários da aplicação. Dessa forma, as *OBUs* solicitam algum recurso às *RSUs* como usuários finais da aplicação.

A rede veicular considerada neste trabalho utiliza uma abordagem centralizada, em que as *OBUs* se comunicam com estações fixas posicionadas ao longo das estradas, as *RSUs*. Este modo arquitetural, é portanto infraestruturado e segue as características de uma rede de conexões V2I. Para fins didáticos, o ambiente de simulação da aplicação, apresentado na Figura 9, foi dividido em três células e cada uma delas contempladas pela abrangência de sinal das suas respectivas *RSUs*.

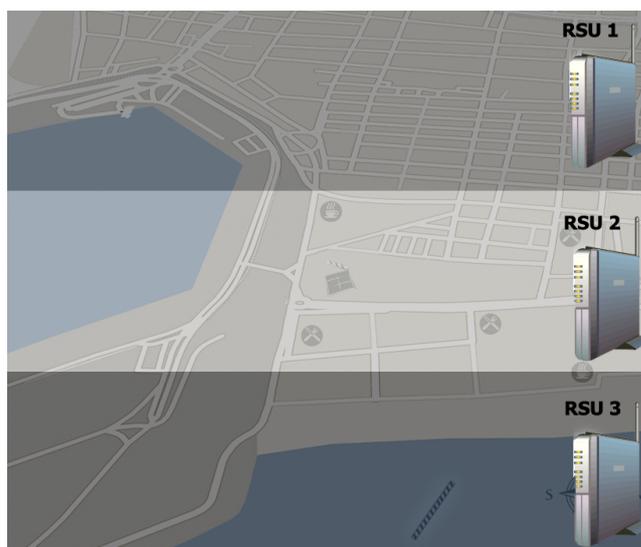


Figura 9 – Divisão em células do ambiente de execução por RSUs

Diante deste modelo, os veículos se conectam à *RSU* que está ao seu alcance de comunicação e caso mude para a abrangência de sinal de outra *RSU* a conexão é trocada automaticamente, gerando uma nova solicitação de quantidade de largura de banda. Os

veículos têm sempre um ponto inicial e um destino final predeterminados no instante da solicitação. A velocidade é sempre constante, isto é, não varia ao longo do caminho e não há a possibilidade de o veículo parar antes e nem de alterar o seu destino final. As *OBUs* se comunicam com as *RSUs* por meio de requisições para solicitarem um determinado conteúdo. Estas requisições, denominadas *Tuplas*, são compostas pela descrição e referência do conteúdo desejado, dados de contexto do ambiente e dados de contexto do usuário solicitante.

Os detalhes do modelo de arquitetura, utilizado para a aplicação de entretenimento para redes veiculares, juntamente com a instância da CReME são ilustrados pelo diagrama de atividades da Figura 10.

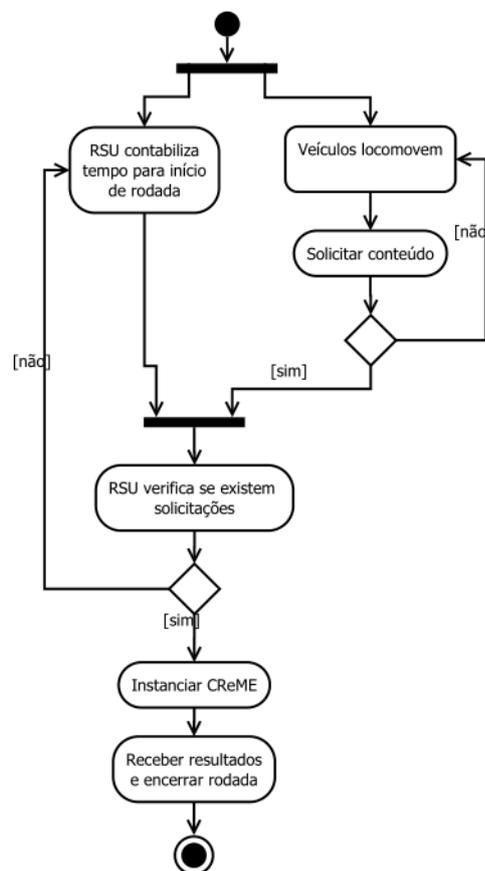


Figura 10 – Diagrama de atividades - Modelagem do ambiente

#### 4.4 Conflict Engine - Detecção de Conflitos

O módulo de detecção de conflitos da *Conflict Engine* analisa as requisições de tarefas, a cada rodada da aplicação, na busca por conflitos entre as solicitações dos usuários. As implementações do módulo de detecção de conflitos da metodologia CReMe,

foram criadas, especificadamente, para uma aplicação de disponibilização de conteúdo de entretenimento para redes veiculares. Baseado no modelo de aplicação explicado na seção 4.3, um conflito ocorre sempre que a soma da quantidade de largura de banda solicitada por todos os veículos, à partir de uma RSU e em uma determinada rodada, superar a quantidade de largura de banda residual disponível naquele momento.

Tabela 4.1: Interface para o Módulo <i>Deteção de Conflitos</i> da <i>Conflict Engine</i>	
<b>Método <i>detectaConflito</i></b>	
<b>Entrada</b>	Lista de indicações $I = \langle k, i \rangle, t_k \in T, u_i \in U$ e Perfil do Ambiente $C_A$
<b>Descrição</b>	Avalia ocorrência de conflitos coletivos na rodada, de acordo com a aplicação coletiva.
<b>Saída</b>	Conjunto de Tarefas $T_{SC}$ , com tarefas sem conflito para módulo Liberação Tarefas; Lista de indicações em conflito $I_C = \langle k, i \rangle, t_k \in T, u_i \in U$ e Perfil do Ambiente $C_A$ para módulo Conciliação, para tarefas em conflito.

Figura 11 – Tabela de interação com a interface do método de detecção de conflito.

Fonte: (SILVA, 2010)

O procedimento para realizar a detecção de conflitos é feito pelo algoritmo criado especificadamente para a aplicação. Ele deve ser criado seguindo a interface estabelecida pela CReMe por meio da tabela da Figura 11. O algoritmo criado para a detecção de conflitos, neste modelo de aplicação, procede da seguinte forma:

- Receber todos os pedidos de conteúdos feitos pelos veículos;
- Calcular a quantidade de largura de banda necessária para atendimento por cada um dos solicitantes;
- Verificar se a soma das solicitações ultrapassa a quantidade de largura de banda residual disponível.
- Caso o total das solicitações ultrapasse o valor disponível, um conflito coletivo é identificado e ele é repassado para o módulo de conciliação para ser resolvido.
- Caso o total das solicitações não ultrapasse o valor disponível, as solicitações são atendidas e a rodada encerrada.

Conforme foi apresentado, os procedimentos do algoritmo de detecção de conflitos executa o "*Módulo de Conciliação*" da CReMe quando um conflito é detectado. Este

módulo será detalhado na próxima seção, e irá tratar os conflitos detectados para que os solicitantes não fiquem totalmente insatisfeitos.

## 4.5 Conflict Engine - Resolução de Conflitos

O principal foco da resolução de conflitos é equilibrar o consumo de recursos com a satisfação dos usuários, mantendo existência do conflito transparente para o usuário.

Os usuários da aplicação atuam de acordo com o modelo arquitetural e almejam receber o conteúdo solicitado antes de chegarem ao seus destinos finais. Como é sabido que os veículos deslocam a partir de um ponto de origem até um ponto de destino e a uma determinada velocidade, a disponibilização dos recursos requeridos deve ser suficiente ou estar o mais próximo disso para conseguir satisfazer os usuários nas suas solicitações. Portanto, balancear o consumo dos recursos com a satisfação dos usuários requer um esforço computacional além de uma simples disponibilização de conteúdos.

Nesta classe de aplicação, em que são distribuídos conteúdos de entretenimento, os recursos que não podem ser utilizados indiscriminadamente pelos algoritmos de resolução de conflitos são o tempo e largura de banda. Deste modo, caso o esquema de resolução de conflitos leve muito tempo para resolver a disputa por largura de banda, isto é, o uso excessivo do recurso tempo, um veículo pode não estar mais interessado no conteúdo solicitado ou ficar fora de alcance da infraestrutura. Além disso, considerando que a demanda para a rede de comunicação já é alta nestes casos, o algoritmo de resolução não pode ater em muitas trocas de mensagens para resolver os conflitos, pois sobrecarregaria ainda mais a rede.

Vale ressaltar que o objetivo principal da proposta de resolução de conflitos é dar aos seus usuários níveis de satisfação tão altos quanto possíveis. No entanto, a metodologia tenta equilibrar a satisfação com o uso dos recursos, considerando que não é possível fornecer bons resultados de resolução caso os recursos já estejam escassos pelo seu uso excessivo.

De acordo com as diretrizes da CReMe, deve-se utilizar uma estratégia para a escolha do algoritmo de resolução de conflitos mais indicado para um dado momento. Esta estratégia é baseada no cálculo da *Distância Euclidiana* dos metadados correspondentes aos algoritmos, que são recuperados à partir dos valores configurados no arquivo de *Nível*

de Atuação. Os algoritmos são específicos para cada aplicação e devem ser armazenados em um repositório de algoritmos conforme regras da metodologia CReMe e devem implementar a interface do método de conciliação conforme a Figura 12.

Tabela 4.2: Interface para o Módulo <i>Conciliação</i> da <i>Conflict Engine</i>	
Método <i>resolveConflito</i>	
<b>Entrada</b>	Lista de indicações em conflito $I_C = \langle k, i \rangle, t_k \in T, u_i \in U$ e Perfil do Ambiente $C_A$
<b>Descrição</b>	Aplica algoritmo ou técnica de conciliação sobre as tarefas em conflito.
<b>Saída</b>	Conjunto de Tarefas $T_{CF}$ para o módulo Liberação Tarefas, com resultado do algoritmo de conciliação para as tarefas em conflito.

Figura 12 – Tabela de interação com a interface do método de conciliação.

Fonte: (SILVA, 2010)

Para a implementação do módulo de resolução de conflitos do modelo de aplicação deste trabalho foram criados dois algoritmos e inseridos no repositório da CReMe. Estes algoritmos fazem parte da solução específica para resolver a disputa por largura de banda e deliberam os recursos conforme as descrições seguintes.

- Algoritmo Negociação: representado pelo Algoritmo 1, primeiramente a RSU envia uma mensagem para cada veículo informando que deve ser feita uma negociação sobre o conteúdo solicitado. Os veículos respondem a RSU com outra mensagem informando as condições dele para a intervenção. Após esta troca de mensagens, a RSU decide como ela vai modificar cada solicitação, isto é, alterar a qualidade do conteúdo ou fornecer um conteúdo semelhante de menor tamanho, a fim de diminuir o consumo por largura de banda. Por fim, a RSU libera uma quantidade determinada de largura de banda para cada solicitante. Após esta liberação, os veículos podem iniciar o recebimento dos conteúdos solicitados;

---

#### Algoritmo 1: NEGOCIAÇÃO

---

**Entrada** : Solicitações, Contextos de usuários e ambiente

**Saída** : Recurso determinado nas negociações para os solicitantes

**início**

**para** cada Solicitação **faça**

        Negocia conteúdo solicitado

**fim**

**fim**

**retorna** Quantidade de recursos personalizada pela negociação

---

- Algoritmo Divisão Igualitária: representado pelo Algoritmo 2, a RSU divide, igualmente entre todos os veículos solicitantes, a sua largura de banda residual disponível. Em seguida, a RSU libera a determinada quantidade de largura de banda para cada solicitante, que inicia o recebimento do conteúdo exatamente como solicitado pelos veículos;

---

**Algoritmo 2: DIVISÃO IGUALITÁRIA**


---

**Entrada** : Solicitações, Contextos de usuários e ambiente

**Saída** : Total de recurso dividido entre solicitantes

**início**

  | Divide quantidade de recurso pelo número de solicitações

**fim**

**retorna** *Quantidade de recursos dividida entre solicitações*

---

Quanto à avaliação empírica dos algoritmos especificados, foi realizada uma verificação nos procedimentos dos *Algoritmo de Negociação de Divisão Igualitária*, mostrando que o de Negociação utiliza um maior consumo de tempo e recursos de rede no seus procedimentos. Porém, o Algoritmo de Negociação tende a proporcionar melhores níveis de satisfação dos usuários, uma vez que irá fornecer a largura de banda necessária para o usuário receber todo o conteúdo negociado. Por outro lado, o algoritmo de *Divisão Igualitária* consome um pequeno espaço de tempo para alocar a mesma fração de largura de banda residual para todos os veículos com solicitações em conflito, o que pode resultar para alguns em um valor menor do que o necessário para baixar o conteúdo solicitado antes de chegar ao destino.

Por meio dos resultados apresentados na avaliação dos algoritmos, pode-se concluir que, quando os veículos dispuserem, em geral, de tempo para aguardar o processo de negociação e maior quantidade de largura de banda residual, é mais indicado utilizar o algoritmo de negociação. Ao contrário desta situação o algoritmo de divisão igualitária deve ser indicado por não dispende de tempo e recursos de rede para sua resolução.

Para que seja indicado e selecionado o *Algoritmo de Conciliação*, entre os algoritmos existentes no repositório, o arquivo de *Nível de Atuação* é configurado com as regras de metadados para cada um deles. Estas regras são chamadas de pesos, e representam as configurações para a escolha de cada um dos algoritmos no repositório. Cada peso indica as condições que devem ser satisfeitas para a escolha e execução do algoritmo de resolução que será utilizado. As condições para a escolha de cada um dos algoritmos criados para a

aplicação deste trabalho envolvem o espaço de tempo e os recursos de rede disponíveis nas RSUs e que estas sejam favoráveis a um deles. Nos casos em que as condições apontam os valores em maior quantidade, o algoritmo de negociação deve ser utilizado e ao contrário a utilização do algoritmo de divisão igualitária é indicada.

Para contabilizar as condições de escolha do algoritmo ideal foi criado um novo parâmetro chamado de *Vazão*. A *Vazão* é calculada pela razão entre a largura de banda residual disponível na RSU e a velocidade média dos veículos no instante das solicitações. Os resultados obtidos para a *Vazão* apontam uma indicação para as condições ideais de uso de um dos algoritmos de acordo com intervalos divididos por uma fronteira. Quando os valores da *Vazão* pertencem a um dos intervalos, o algoritmo de negociação é selecionado e os valores do outro intervalo levam a utilização do algoritmo de divisão igualitária. Para conhecer os valores de fronteira foram definidos testes empíricos, separando assim as condições de uso de cada um dos algoritmos. Estes valores foram configurados no arquivo de *Nível de Atuação* da CReMe, para que esta possa realizar a escolha dos algoritmos dinamicamente.

Baseando-se nestas definições, já conclui-se que, se a utilização do esquema de resolução de conflitos é muito demorado, ou seja, ele não retorna uma resposta dentro de um período razoável de tempo, um ou mais dos usuários podem desistir de suas solicitações resultando em uma insatisfação destes usuários. Desta maneira, quanto maior for a velocidade média dos veículos, no momento da solicitação de conteúdo, maior a sua probabilidade de desistir de uma negociação, pelo fato de o atraso exceder um limite predefinido. Nesta situação considera-se que os usuários ficam completamente insatisfeitos. Além disso, quando o algoritmo de negociação é utilizado em condições que o uso da rede de comunicação é alto, as negociações vão elevar ainda mais o tráfego na rede, que por sua vez gerará um aumento do tempo de resposta do esquema de resolução de conflitos.

No próximo capítulo serão apresentados os valores e detalhes da implementação de cada um dos conceitos definidos aqui e utilizados para as simulações. Os resultados obtidos por meio das simulações e a análise para os mesmos também serão apresentados no próximo capítulo.

## 5 Implementações e resultados

Neste capítulo estão descritas as configurações das implementações criadas para avaliar diferentes estratégias de resolução de conflitos gerados na distribuição de conteúdo de entretenimento em redes veiculares. As avaliações foram conduzidas por meio de um ambiente de simulação chamado SIAFU. Este ambiente, juntamente com a extensão SIAFU-CReMe que foi utilizada nas implementações para as simulações, estão descritos neste capítulo. Estão descritas também as configurações da instância criada por esta solução, juntamente com as definições dos cenários, os parâmetros coletados e os procedimentos da simulação. Por fim, são apresentados os resultados obtidos por meio das simulações e a análise para os mesmos.

### 5.1 Ambiente de simulação

A obtenção dos resultados e avaliação da solução proposta neste trabalho utilizou um ambiente de simulação capaz de oferecer suporte à captura de diversos tipos de dados de contextos. Os dados de contexto capturados foram providos de uma aplicação coletiva, também simulada neste mesmo ambiente de simulação. O ambiente de simulação utilizado para a implementação do modelo proposto neste trabalho fez o uso de uma ferramenta de simulação chamada *SIAFU* (MARTIN; NURMI, 2006). O *SIAFU* é uma ferramenta de simulação que propicia a coleta e processamento de dados contextuais em aplicações móveis cientes de contexto e não trata a modelagem de comunicação de redes sem fio ou protocolos de comunicação. Este simulador é totalmente passível de personalizações e modificações devido ser de código aberto. Foi desenvolvido na linguagem de programação *Java* e os autores do SIAFU disponibilizaram um site para o download do simulador juntamente com o manual de configurações e utilização da ferramenta em Martin e Nurmi (2014).

A utilização deste ambiente, neste trabalho, foi indicada por possibilitar a simulação de diversas aplicações coletivas e cientes de contexto, abrangendo assim os requisitos necessários. Na Figura 13 podemos observar a interface gráfica, de um dado momento de simulação, da utilização deste ambiente.

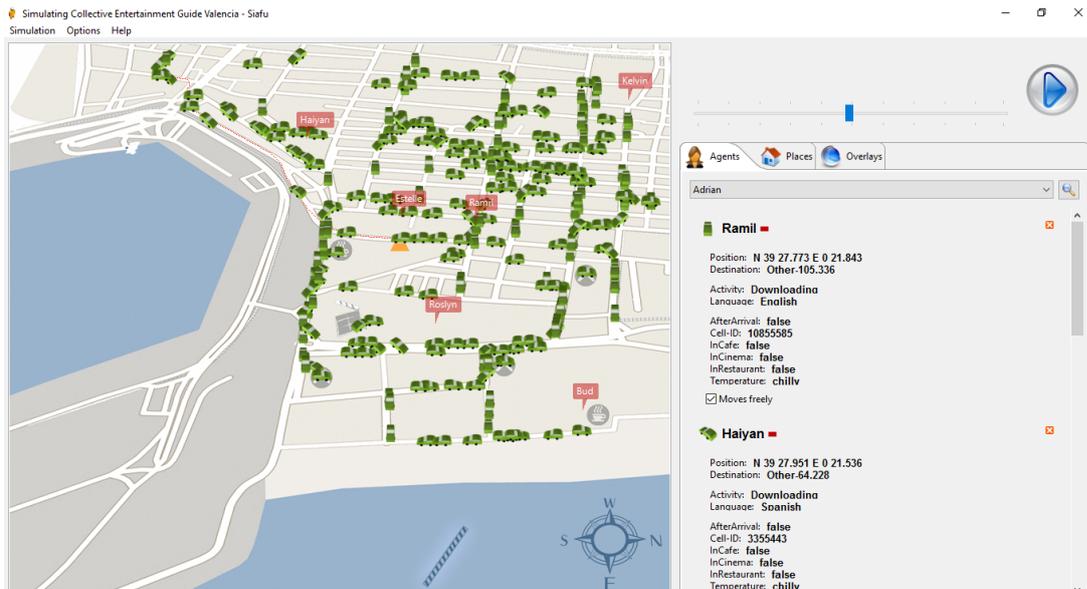


Figura 13 – Interface gráfica de usuário do ambiente de simulação - SIAFU

A metodologia CReMe foi implementada como uma extensão da ferramenta SIAFU para resolver os conflitos de interesses coletivo em aplicações sensíveis ao contexto. Esta integração tornou-se possível por meio do acréscimo de novas classes, abrangendo a utilização do SIAFU com funcionalidades específicas da metodologia CReMe. A inserção destas funcionalidades no ambiente SIAFU gerou uma extensão da ferramenta que foi nomeada de SIAFU-CReMe. O resultado desta integração, a ferramenta SIAFU-CReMe, passou a permitir a detecção de diversos tipos de conflitos coletivos e diferentes formas de tratamento no ambiente de simulação SIAFU em aplicações ciente de contexto.

A forma parametrizada da metodologia CReMe em relação a detecção e resolução de conflitos, possibilitou o uso da extensão e permitiu a criação de uma solução específica para detectar os conflitos ocorridos no modelo proposto para redes veiculares. A aplicação desenvolvida neste trabalho segue o modelo de aplicação, indicada pela metodologia CReMe, para utilizar suas soluções que visam detectar e resolver os conflitos ocorridos na disputa pelos recursos disponibilizados.

### 5.1.1 Modelo de aplicação e arquitetura

O modelo da aplicação constitui em uma descrição da reprodução do comportamento do sistema simulado. Este modelo foi elaborado de acordo com as características de uma aplicação coletiva e suas demandas em relação às redes veiculares. Assim sendo, as descrições abaixo modelam a aplicação e a arquitetura utilizada para suportar a simulação do modelo

e atende ao modelo de aplicação indicado pela metodologia CReMe por meio da Figura 3.

A aplicação tem a finalidade de distribuição de conteúdo de entretenimento e no controle da distribuição de largura de banda. Neste modelo de solução, as RSUs atuam na disponibilização da aplicação para que as OBUs solicitem online os conteúdos de entretenimento, além disso as RSUs verificam e atendem as solicitações das OBUs de acordo com suas disponibilidades e os dados contextuais.

Dado que, as RSUs são responsáveis por receber as solicitações de conteúdos feitas pelas OBUs e atender os mesmos conforme as suas possibilidades, constantemente pode ocorrer que as solicitações tenham um maior volume do que a sua capacidade de atendimento. Com a existência destas ocorrências, fez-se necessário a criação de uma central de intervenção entre as solicitações e a disponibilização dos recursos oferecidos. A central de intervenção tem a finalidade de resolver os conflitos coletivos existentes na demanda pelos recursos à seus solicitantes. Para a implementação desta central foi criada uma instância da metodologia CReMe para resolver os conflitos gerados pela demanda de recursos maior que a disponível.

A determinação das funções e relacionamento entre os componentes do modelo da aplicação permitem uma melhor visualização do funcionamento do sistema arquitetural. Portanto, o modelo de arquitetura conta com as OBUs se locomovendo de maneira aleatória de um ponto inicial a um destino final dentro da abrangência de mapa. Cada OBU tem uma possibilidade aleatória, gerada por uma distribuição uniforme, de solicitar um conteúdo à aplicação de entretenimento. Este conteúdo é diferenciado pelo seu tamanho em bytes (B) e é gerado aleatoriamente por uma distribuição uniforme, obtendo assim tamanhos de conteúdos diferentes mas dentro de um intervalo controlado. Para solicitar um conteúdo, a OBU envia à RSU, que cobre a área onde ele está localizado, qual o conteúdo desejado e quais são os seus dados contextuais pertinentes àquela aplicação.

A RSU, sempre que recebe uma solicitação insere em um vetor os dados da OBU e do conteúdo solicitado. Estas solicitações são organizadas e identificadas como *Tarefas indicadas*. Na CReMe este vetor é do tipo da classe chamada *TaskIndication*. A classe *TaskIndication*, por sua vez, é composta por uma tarefa do tipo da classe chamada *Task*, juntamente com a identificação do veículo requisitante. Este veículo é o usuário da aplicação que no SIAFU é chamado de agente e representado pela classe *Agent*.

Conforme a concepção da CReMe, as solicitações ocorrem em rodadas. Estas

rodadas são delimitadas por um intervalo de tempo predefinido. Durante este intervalo a RSU fica somente recebendo as solicitações. Ao ocorrer a passagem do tempo para a próxima rodada, a RSU inicia o processo de distribuição dos recursos requeridos. Este processo se dá pela instanciação da classe *ConflictEngine*, que age verificando a existência de conflitos nas solicitações feitas pelos veículos.

Para a detecção dos conflitos, foi criada uma nova classe chamada de *BandwidthConflictDetection* como extensão da classe *ConflictDetection*. A classe *BandwidthConflictDetection* implementa o método *detectCollectiveConflict* que é um método abstrato da classe *ConflictDetection*. Este método tem como função detectar se ocorreu ou não um conflito de acordo com a especificação declarada pela aplicação em questão.

Neste trabalho, a detecção de conflito se dá pela verificação da quantidade de largura de banda disponível na RSU em relação ao total necessário para atender a todas as solicitações naquela rodada. Caso a largura de banda seja suficiente para atender a todos, é retornada uma resposta de não ocorrência de conflitos, permitindo então a RSU distribuir o recurso almejado pelos veículos solicitantes sem nenhuma intervenção. No caso em que a largura de banda não for suficiente para o atendimento total, é retornado como resposta a existência de conflitos, fazendo com que a RSU encaminhe as solicitações para a resolução de conflito mais indicada para o contexto atual. A resolução ocorrerá de acordo com o cenário escolhido e os parâmetros selecionados para cada cenário.

Como proposta de resolução de conflitos para este modelo foram criados três cenários. Os cenários são apresentados na Tabela 1 e descritos posteriormente.

Tabela 1 – Abordagens de cenários para avaliação

Cenário	Descrição
Cenário 1 (CReMe)	Solução proposta usando a metodologia CReMe
Cenário 2 (Negociação)	Usa somente o algoritmo de negociação
Cenário 3 (Igualitário)	Usa somente o algoritmo de divisão igualitária

Cenário 1 : A metodologia CReMe é utilizada para a resolução de conflitos.

Cenário 2 : Utiliza somente o algoritmo que obtém maior índice de satisfação coletiva.

Cenário 3 : Utiliza somente o algoritmo que consome menor tempo de resposta.

Cada cenário foi utilizado separadamente nas simulações para a análise da compa-

ração dos resultado e avaliação do comportamento da CReMe aplicada na resolução dos conflitos deste modelo de aplicação.

Para os Cenários 2 e 3 foram propostos e implementados dois algoritmos. O primeiro algoritmo resolve os conflitos negociando o tamanho do conteúdo com as OBUs, para que seja possível atender a todas as solicitações. Este algoritmo é utilizado pelo Cenário 2 e consome um tempo com a negociação para melhorar o índice de satisfação. Já para o Cenário 3, foi implementado um algoritmo que divide o total de largura de banda residual entre todos os solicitantes. Este algoritmo não se preocupa com o grau de satisfação dos usuários ao receberem um recurso que não o atenda totalmente.

No Cenário 1 foi utilizada a metodologia CReMe na resolução de conflitos com a intenção de criar um equilíbrio entre o consumo de recursos e o tempo de resposta gasto pelos algoritmos. A CReMe realiza a escolha do algoritmo mais indicado neste modelo por meio da observação de parâmetros contextuais. Estes parâmetros são o valor residual de largura de banda disponível pela RSU e a velocidade média dos veículos solicitantes. A razão entre a largura de banda residual e a velocidade média das OBUs foram utilizados na obtenção do índice de referência. Este índice foi nomeado de Índice de vazão  $iQ$  e é responsável por representar as condições em que o ambiente se encontra em um dado instante. Após o cálculo do  $iQ$ , a CReMe detecta as condições do ambiente e escolhe o algoritmo de resolução de conflitos mais indicado. A fórmula para o cálculo do  $iQ$  é dada pela Equação 5.1

$$iQ = \frac{\text{Largura de banda residual}}{\text{Velocidade média das OBUs}} \quad (5.1)$$

Conforme os resultados ilustrados pelos gráficos da Figura 14, quanto maior a Largura de banda disponível pela RSU e menor a velocidade dos veículos, maior será a quantidade de dados possíveis de se transmitir em um determinado intervalo de tempo. Portanto, para esta aplicação, a Metodologia CReMe utiliza o  $iQ$  para decidir qual será o melhor algoritmo de resolução a ser indicado para cada rodada em que houver conflito.

A decisão de escolha do algoritmo para o tratamento de conflitos, considera os valores dos parâmetros recuperados em tempo de execução. Estes valores são utilizados para o cálculo do ( $iQ$ ), conforme fórmula apresentada pela Equação 5.1, e comparados com os valores previamente determinados para cada tipo de algoritmo de resolução existente. Os

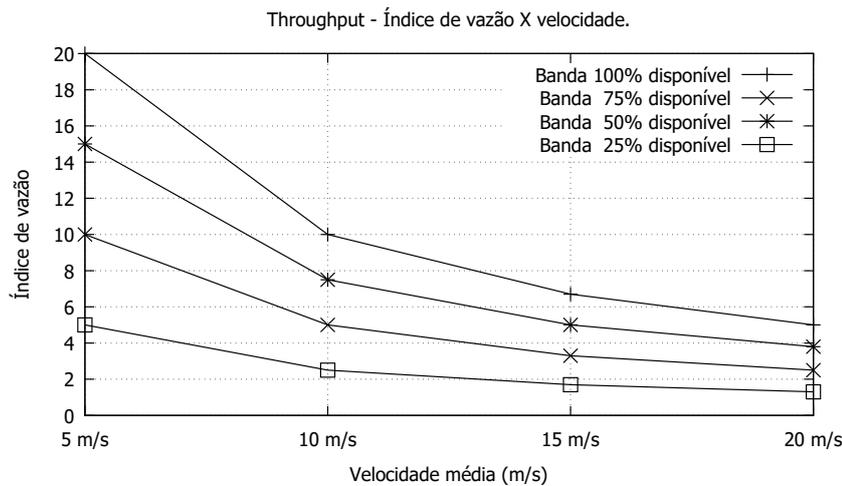


Figura 14 – *Throughput* - Resultado da razão entre velocidade média e banda disponível.

algoritmos de tratamento de conflitos inseridos para esta aplicação receberam um peso que define o intervalo de valores *iQs* indicados para sua escolha. Na CReMe estes parâmetros são configurados em um arquivo de configuração dos níveis de atuação e chamado de *ActionLevelEntertainment.xml*. Neste arquivo são fixadas as informações sobre qual o algoritmo de detecção de conflitos deve ser utilizado, e quais os valores dos parâmetros de definição do melhor algoritmo de resolução indicado para o contexto atual. Para este modelo de aplicação foram configurados os elementos necessários no arquivo de nível de atuação com os seguintes valores:

- Utilizou-se o elemento *conflictDetectionClass* para definir a classe indicada para detecção de conflitos da aplicação. Este elemento foi configurado com o valor *BandwidthConflictDetection*.
- Para o elemento *algorithm* foram inseridos dois valores para o atributo *class* juntamente com seus respectivos valores de atuação. O primeiro valor inserido contém o algoritmo de negociação *VehicleNegotiationResourcesAlgorithm* e o segundo o de divisão igualitária *VehicleExactDivisionResourcesAlgorithm*
- Foi inserida uma chave *weight* para cada um dos algoritmos presentes no repositório. Esta chave faz parte do elemento *parametersWeight*. Os valores para a chave *weight* leva a escolha de um dos algoritmos quando o cálculo do *iQ* se mostra na faixa de abrangência.

As simulações abrangem a utilização dos três cenários, veja Tabela 1, dos quais os *Cenários 2 e 3* foram criados apenas para a comparação e avaliação do *Cenário 1*, que utiliza a metodologia CReMe. Os *Cenários 2 e 3* não fazem distinção de contexto para a escolha de algoritmos e são escolhidos sempre os mesmos algoritmos. Já o *Cenário 1* escolhe um dos algoritmos disponíveis no repositório dependendo do estado de contexto dos veículos e das RSUs. Para o *Cenário 2* somente o algoritmo de negociação é escolhido, onde é priorizado um maior índice de satisfação coletiva, e para o *Cenário 3* é utilizado sempre o algoritmo de divisão igualitária, que obtém um menor tempo de resposta na sua resolução.

## 5.2 Métodos e Procedimentos

Para realizar a simulação da aplicação, criou-se uma implementação do modelo, compatível com a ferramenta SIAFU, na qual foi possível capturar os dados de contexto e os resultados das métricas recorrentes da simulação. Foram avaliados os modelos de arquitetura e aplicação, à partir dos resultados obtidos das simulações no *SIAFU* juntamente com a utilização da extensão *SIAFU-CReMe*. Estas simulações permitiram avaliar uma aplicação de distribuição de conteúdo de entretenimento em diversas situações de contexto dos usuários e do ambiente. Por meio dos resultados das simulações avaliamos também as características de dinamismo e flexibilidade da metodologia CReMe.

### 5.2.1 Configurações das Simulações

Antes de apresentar os resultados e análise das simulações, é pertinente identificar, quais foram as configurações e as relações entre os componentes dos modelos de arquitetura e aplicação. A aplicação coletiva e ciente de contexto deste modelo foi elaborada contemplando uma estrutura que permitiu, por meio da metodologia CReMe, utilizar diferentes algoritmos de resolução de conflitos. O ambiente simulado utiliza parte do mapa da cidade de Valência na Espanha, para locomoção dos veículos, uma vez que este mapa já foi previamente inserido no simulador SIAFU pelos seus idealizadores. Os veículos são considerados os possíveis usuários da aplicação, isto é as OBUs, e podem solicitar os recursos disponibilizados para distribuição. Cada uma das OBUs presentes no ambiente de simulação é equipada com uma unidade móvel de comunicação sem fio. O trecho do mapa em que a simulação ocorre é dividido em setores e cada setor é coberto por uma estação

fixa. Estas estações são denominadas RSUs e compete a elas receberem as solicitações de conexões e prover a comunicação sem fio entre as OBUs.

As configurações do modelo criado para o ambiente de simulação dispõem de um número fixo de 300 veículos, percorrendo sobre o mapa previamente definido. Na abrangência deste mapa, os veículos se locomovem a velocidades que variam entre 5 e 20 m/s, sendo que, as velocidades baixas representa que os veículo percorrem em tráfego lento, provocados por um congestionamento. Todos os veículos têm a possibilidade de comunicarem com as RSUs e utilizarem a aplicação coletiva. Por meio desta aplicação, os veículos podem requisitar um conteúdo de entretenimento à RSU, a qual ele está conectado, durante todo o tempo da simulação.

Cada simulação transcorre por um período de 12 horas no simulador, consumindo um tempo de aproximadamente 5 minutos em horário real, e durante este tempo as solicitações de conteúdos são feitas aleatoriamente, mas de forma controlada para possibilitar uma avaliação de escalabilidade. O conteúdo de entretenimento solicitado, refere-se a um arquivo de mídia com tamanho gerado aleatoriamente, podendo esta requisição ser abortada pelo próprio veículo a qualquer momento.

O computador utilizado para rodar as simulações foi um notebook DELL, com processador Intel(R) Core(TM) i7-4500U CPU @ 1.80GHz, memória de 8 Gb DDR3 e disco rígido de 250 Gb SSD. O sistema operacional utilizado foi o Windows 10, porém o simulador é multiplataforma e pode ser executado também em sistemas linux.

As simulações têm como saída, arquivos contendo a descrição de toda ocorrência que diz respeito às solicitações, conflitos ocorridos e resoluções. Baseado nestes arquivos, foram gerados gráficos para a exibição e análise dos resultados à partir do programa GNUPLOT, na versão 5. Os gráficos escolhidos para exibição foram os BoxSplot que é capaz de mostrar uma distribuição estatística dos dados para uma melhor avaliação.

### 5.2.2 Avaliação

Uma RSU, ao receber as requisições dos veículos, deve verificar a sua possibilidade de atender a todas as demandas sem que haja algum tipo de intervenção. Para isso, a RSU instancia a classe de Detecção de Conflitos e caso as requisições ultrapassem o limite de largura de banda disponível pela RSU, a instância deverá reportar que foi detectado um conflito. Estes conflitos serão tratados pela aplicação de acordo com cada um dos

algoritmos utilizados pelos cenários exibidos na Tabela 1.

Para analisar os resultados, nos três cenários separadamente, foram capturados, a cada rodada de resolução de conflitos, os dados de consumo de rede, tempo médio de resposta, coeficiente de variação da satisfação e a satisfação individual dos usuários. Estas métricas são descritas em maior detalhe para entendimento dos resultado.

O **Consumo de rede** é medido rodada a rodada pelo somatório da porcentagem utilizada, do total da largura de banda residual, da RSU requisitada. O cálculo para se obter os valores desta métrica é dado pela Equação 5.2.

$$ConsumoBandaRodada = \sum \left( \frac{consumoBandaTarefa}{larguraBandaDisponivelRSU} * 100 \right) \quad (5.2)$$

O **Tempo médio de resposta** é dado pelo tempo gasto pelo algoritmo de resolução de conflitos para responder uma requisição. Este tempo é medido pelo somatório da diferença entre o momento da requisição da tarefa e o momento da resposta resolvida, dividido pelo número de solicitações da rodada. Para este cálculo é utilizada a Equação 5.3.

$$TempoMedioResposta = \frac{\sum (tempoFinalTarefa - tempoInicialTarefa)}{numeroTotalTarefaRodada} \quad (5.3)$$

A **Satisfação individual** foi coletada, a cada rodada de cada participante, com o intuito de verificar o quão satisfeito ficou o usuário com a resolução do conflito ocorrido. Por meio do cálculo da média desta métrica obteve-se a métrica de **Satisfação coletiva**.

O valor da Satisfação individual é calculado de um modo específico para cada algoritmo de resolução de conflitos. Os algoritmos disponíveis e passíveis de serem utilizados nas simulações são os de **Divisão igualitária** e **Negociação**. Este cálculo é diferenciado para o algoritmo de Negociação, devido ele receber uma penalização referente à não aceitação da intervenção por parte do usuário e pela qualidade do conteúdo recebido que pode ser inferior. Esta penalização não está presente no algoritmo de Divisão igualitária, o que gera cálculos diferentes e que são apresentados a seguir.

1. Algoritmo que utiliza a Divisão Igualitária de Recursos.

- Quando um veículo receber exatamente o que foi solicitado a satisfação será considerada 100% e logo após haverá uma penalização baseada no tempo gasto pelo algoritmo em responder a solicitação.
- Se não receber uma resposta ou abandonar a solicitação, a satisfação será considerada de 0%.
- Caso o veículo receba uma largura de banda menor do que a requerida, um valor é calculado de acordo com cada situação por meio das fórmulas apresentadas a seguir.

Primeiramente é calculado a satisfação pela Equação 5.4. Esta equação faz o cálculo baseado-se no tempo gasto para a resolução do conflito. Logo após é calculada a satisfação, que leva em consideração o tempo de download, isto é o tempo gasto para receber todo o conteúdo solicitado ou *tempoDownload*. A Equação 5.5 faz o cálculo da satisfação verificando se o recurso recebido será suficiente para realizar a tarefa até que o veículo chegue ao seu destino final, o *tempoFinal*. Por fim, a Satisfação Individual *SI* é calculada por meio da média das duas satisfações calculadas pelas Equações 5.4 e 5.5.

$$qosTempResp = 100 - tR \quad (5.4)$$

$$qosTempDown = \left( \frac{tempoFinal}{tempoDownload} \right) * 100 \quad (5.5)$$

$$satisfacaoIndividual = \frac{qosTempResp + qosTempDown}{2} \quad (5.6)$$

## 2. Algoritmo que utiliza a Negociação para distribuição de Recursos.

- Quando um veículo receber exatamente o que foi solicitado, a satisfação será considerada 100% e logo após haverá uma penalização baseada no tempo gasto pelo algoritmo em responder a solicitação.
- Se não receber uma resposta ou abandonar a solicitação, a satisfação será considerada de 0%.

- Caso o veículo receba um conteúdo negociado ou um valor de largura de banda menor do que a requerida, um valor de satisfação é calculado de acordo com cada situação. O cálculo leva em consideração a aceitação ou não pela negociação e o tempo gasto pelo algoritmo em responder a solicitação. Os valores possíveis para a variável de aceitação (VA) será (1) quando o solicitante estiver de acordo com a negociação e (0) quando ele não estiver de acordo.

Com a função de penalizar o Algoritmo de Negociação quanto às suas características, a Equação 5.7 calcula a porcentagem do tamanho do conteúdo recebido pela negociação em relação ao tamanho do conteúdo solicitado. Sendo que o conteúdo negociado pode atingir até 50% menor do que o tamanho do arquivo original solicitado. A diminuição do tamanho do conteúdo negociado é o resultado de uma negociação por um conteúdo comprimido, codificado ou compatível com o conteúdo solicitado. Para o cálculo da Satisfação individual  $SI$ , obtida da resolução dos conflitos pelo Algoritmo de Negociação, foram utilizados os resultados das Equações 5.4, 5.5 e 5.7 e calculada a média dos mesmos pela Equação 5.8.

$$qosTempAcNe = \left( \frac{tamanhoArquivoNegociado}{tamanhoArquivoSolicitado} \right) * 100 * VA \quad (5.7)$$

$$satisfacaoIndividual = \frac{qosTempAcNe + qosTempResp + qosTempDown}{3} \quad (5.8)$$

As formulações apresentadas, demonstram os cálculos realizados para a obtenção da satisfação individual em cada rodada. Durante toda a simulação ocorrem várias rodadas em que são gerados conflitos e a cada rodada são armazenados os valores da satisfação individual, que serão utilizados para o cálculo da média. A média destes valores é dada pela Equação 5.9, que resultará na métrica de satisfação coletiva. A **Satisfação coletiva SC**, calculada pela Equação 5.10, foi observada com o intuito de verificar o quão satisfeitos os veículos ficaram com a resolução do conflito.

$$mediaSatisfacaoIndividual = \frac{\sum satisfacaoIndividual}{numerodeSolicitacoes} \quad (5.9)$$

$$satisfacaoColetiva = \frac{\sum mediaSatisfacaoIndividual}{numerodeRodadas} \quad (5.10)$$

A **dispersão dos dados** é computada, rodada a rodada, pela variação da satisfação individual em cada um dos algoritmos analisados. Os valores da dispersão foram obtidos por meio do cálculo da Equação 5.11, onde  $CV_x$  é Coeficiente de variação da satisfação individual, o  $S_x$  é o desvio padrão da satisfação individual e o  $\bar{X}$  é a média dos valores da satisfação individual. Para este cálculo foram utilizados os dados de satisfação obtidos pela Equação 5.6 no caso do algoritmo de Divisão Igualitária, e da Equação 5.8 para o caso do algoritmo de Negociação. Como resultado final, é calculada a média da dispersão, para cada um dos cenários, pela Equação 5.12.

$$CV_x = \frac{S_x}{\bar{X}} * 100 \quad (5.11)$$

$$mediaDispersao = \frac{\sum mediaDispersaoRodada}{numerodeRodadas} \quad (5.12)$$

Para a aplicação dos procedimentos de simulação, fez-se necessário o controle dos intervalos de abrangência das variáveis aleatórias. Estes valores foram controlados por meio de uma distribuição de probabilidade estatística, chamada de "Distribuição Triangular" e visa restringir a diversidade de valores em uma aleatoriedade controlada. A distribuição triangular é uma distribuição de probabilidade que utiliza três parâmetros para o controle: o valor mínimo (min), a moda (prov) e máximo (max). Com ela é possível gerar uma variável aleatória dentro do intervalo destes parâmetros. O controle é realizado pela incisão de valores mais prováveis de acontecer, a moda, entre os limites inferior e superior (FORBES et al., 2011). O resultado da distribuição, é retornado pela fórmula da Equação 5.13, no qual fez-se o controle dos intervalos aleatórios dos parâmetros, necessários para a análise das métricas avaliadas.

$$valor = max + (min + aleatorio * (prov - min) - max) * \sqrt{aleatorio} \quad (5.13)$$

## 5.3 Resultados

Para apresentação dos dados coletados nas simulações e a análise dos resultados obtidos, esta seção está dividida em duas partes. Inicialmente são apresentados a análise dos resultados de acordo com as configurações iniciais apresentadas para as simulações. Deste modo é mostrada uma comparação entre a utilização de uma forma estática e de uma forma dinâmica de resolução de conflitos para aplicações de entretenimento em redes veiculares, de acordo com cada cenário. Posteriormente, é apresentada a análise dos resultados das simulações com variações de parâmetros. A partir da observação destes resultados são analisadas as características de dinamismo e adaptação da metodologia CReMe, mediante a resolução de conflitos, em diferentes situações.

### 5.3.1 Apresentação e análise dos resultados

A análise sobre os dados apresentados aqui, tem como objetivo avaliar a natureza dinâmica da metodologia CReMe para resolução de conflitos coletivos em ambientes pervasivos e cientes de contexto. Por meio da utilização de cada estratégia de resolução de conflitos, apresentadas na Tabela 1, comparamos os resultados para apresentar a estratégia que mantém um equilíbrio entre o tempo gasto para a resolução dos conflitos com a satisfação da resolução em detrimento do recurso de rede.

Durante as simulações ocorrem os conflitos pela disputa dos recursos de rede que geram uma rodada com conflitos. Em cada simulação ocorreram uma média de 185 rodadas, sendo que as solicitações feitas em uma rodada com conflitos passam por algoritmos de resolução, de acordo com estratégia escolhida. A média de solicitações por simulação é de 6000. Foram capturados para cada rodada com conflitos os dados médios de *Consumo de rede*, *Tempo de resposta*, *Coefficiente de variação*, *Satisfação Coletiva* e o *Desvio padrão* de cada métrica.

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram os valores médios das métricas obtidos na simulação para cada cenário.

Tabela 2 – Resultados - Valores médios

Métricas / Cenários	CReMe	Negociação	Igualitário
Consumo de rede (%)	82,49	77,28	94,20
Tempo médio de resposta (s)	0,61	1,01	0,28
Coefficiente de variação (%)	23,67	30,22	25,24
Satisfação Coletiva (%)	76,46	79,10	62,82

**Consumo de rede** - O consumo de rede é medido rodada a rodada pela porcentagem utilizada do total da largura de banda disponível da RSU requisitada. Na linha "Consumo de rede" é apresentado o consumo para os três cenários avaliados. No cenário 2, no qual é utilizada sempre uma negociação com o veículo o consumo de largura de banda é 22% menor que no cenário 3 que não negocia o conteúdo das solicitações e apenas 7% menor do cenário 1 que visa o equilíbrio no uso dos recursos.

**Tempo médio de resposta** - O tempo médio de resposta é dado pelo tempo gasto pelo algoritmo de resolução de conflitos para responder as requisições por largura de banda dos veículos em uma rodada. Este tempo é medido pela diferença entre o instante da requisição e o da resposta resolvida. Como se pode observar na Tabela 2, o resultado no cenário 1 onde é utilizada a metodologia CReMe para resolução dos conflitos situa-se entre o cenário 3 de divisão igualitária que resolve o conflito em menos tempo e o cenário 2 de Negociação que pela própria característica consome um tempo maior para proporcionar uma melhor satisfação, conforme será mostrado abaixo.

**Satisfação coletiva** - A satisfação coletiva foi coletada com o intuito de verificar o quão satisfeito ficaram os veículos com a resolução do conflito existente. Foi capturada a cada rodada a satisfação individual de cada veículo participante, e a média destas resultou na métrica de satisfação coletiva. Na Tabela 2 é possível verificar a média de satisfação coletiva dada por cada cenário, sendo que o cenário de negociação apresenta uma satisfação média maior, o de divisão igualitária uma média de satisfação baixa e o cenário que utiliza a metodologia CReMe apresenta uma satisfação média equilibrada entre os outros dois cenários.

Os resultados apresentados na Figura 15 mostram os valores das métricas, obtidos na simulação para cada cenário.

**Snapshots:** Os snapshots apresentam os resultados obtidos de uma simulação no instante da finalização de cada rodada. Para cada rodada foi observado e apresentado aqui

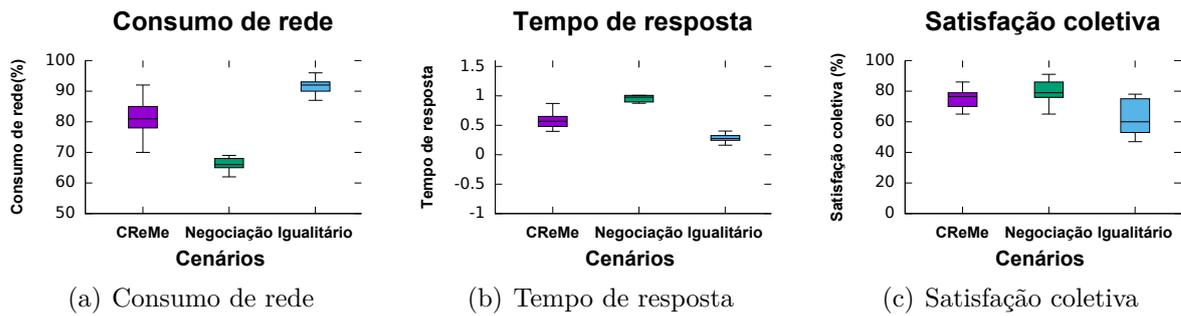


Figura 15 – Métricas - Consumo de rede, satisfação coletiva e tempo de resposta

o comportamento dos valores de consumo de rede, satisfação coletiva e o tempo de resposta para os cenários avaliados. Por meio dos snapshots das Figuras 16, 17 e 18 observamos o comportamento das métricas avaliadas durante todo o tempo da simulação.

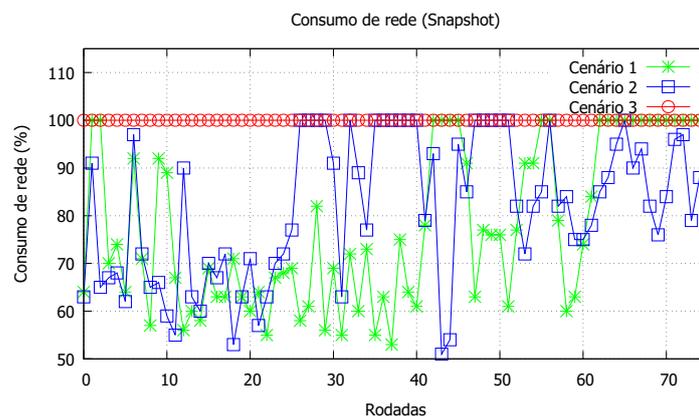


Figura 16 – Snapshots - Consumo de rede

Na Figura 16 é possível observar um comportamento de acordo com as características de cada um dos cenários. No Cenário 3, o consumo atinge sempre o total disponível para aquela rodada. Isto ocorre porque o algoritmo utilizado neste cenário divide igualmente a largura de banda para todos os solicitantes conforme a Tabela 1. Já no Cenário 2, o consumo da largura de banda é atenuado pela negociação realizada pelo algoritmo com os veículos para a diminuição do tamanho do conteúdo e aumento da satisfação. Para o Cenário 1, o consumo de rede oscila entre um valor total, quando é utilizado o algoritmo de divisão igualitária, e valores intermediários quando o algoritmo indicado para ser utilizado é o de negociação, mostrando assim, o dinamismo da CReMe.

A característica de flexibilidade da CReMe é claramente vista na Figura 17 por meio do comportamento do nível de satisfação do Cenário 1 ao obter satisfações mais

elevadas e satisfações mais baixas de acordo com a utilização do algoritmo mais indicado para aquela rodada.

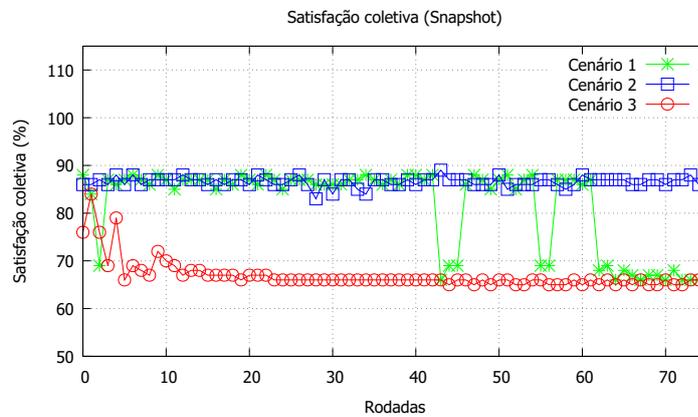


Figura 17 – Snapshots - Satisfação Coletiva

O gráfico da Figura 18 apresenta os valores capturados do tempo de resposta para os três cenários. Sendo que, para o Cenário 1 são apresentados alguns valores próximos ao do Cenário 2 e outros próximos do Cenário 3, o que mostra a mudança de estratégia da CReMe durante o decorrer da simulação. Os valores apresentados para o Cenário 3 são menores devido o fato de o algoritmo utilizado consumir menos tempo de processamento do que o do Cenário 2, que consome tempo para analisar as solicitações, negociar e resolver cada situação.

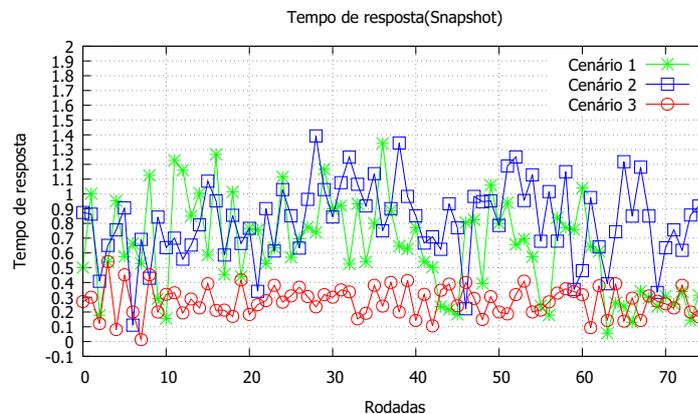


Figura 18 – Snapshots - Tempo de resposta

## 5.4 Resultados com variações de parâmetros

### 5.4.1 Análise 1: Alteração na velocidade média dos veículos

Com o objetivo de avaliar e comparar as abordagens de resolução de conflitos em relação a variação da média da velocidade dos veículos, foram utilizados três níveis de velocidades. O primeiro nível foi definido como alta velocidade, o segundo média velocidade e o terceiro baixa velocidade. Os níveis definem que os veículos, em média, transitem em uma velocidade próxima ao valor indicado como mais provável para o mesmo. A satisfação coletiva, apresentada na Figura 19, foi obtida por meio da variação dos níveis de velocidade dos veículos e conforme pode ser observado tende a diminuir quando a velocidade aumenta devido a menor disponibilidade de tempo de comunicação entre o veículo e a RSU.

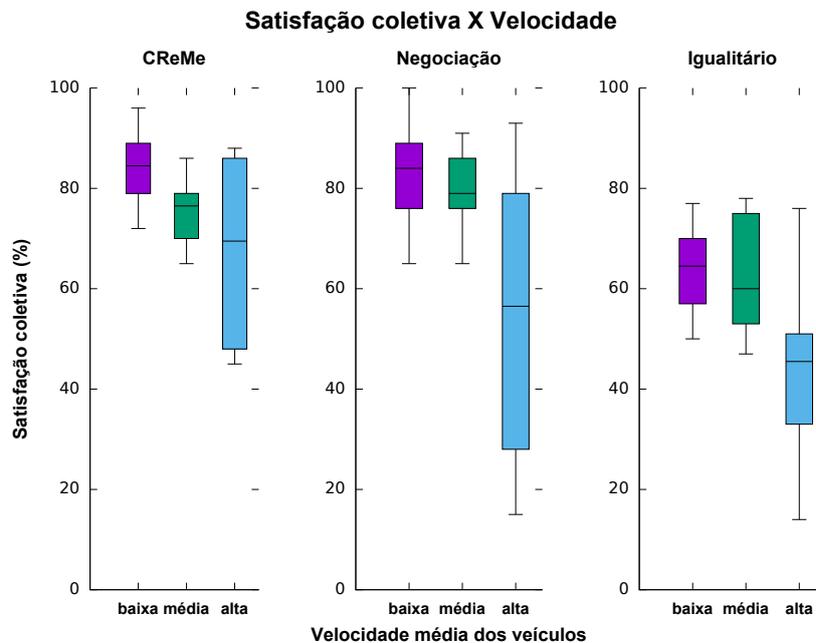


Figura 19 – Satisfação coletiva - Velocidade x Metodologia

A diminuição da satisfação é devido ao impacto do aumento das desistências e não atendimentos que ocorrem quando os veículos estão trafegando em velocidades altas. A Figura 20 mostra o aumento da desistência em função do aumento da velocidade principalmente para a abordagem de “Negociação”, explicando assim a queda na satisfação. O aumento no número de desistência é afetado pela combinação do tempo de resposta do algoritmo de negociação ser alto, conforme a Figura 21, e o fato de os veículos chegarem ao seu destino mais rapidamente devido a velocidade alta.

Para a abordagem de divisão “Igualitária” não há desistência devido ao baixo tempo

de resposta e é apresentado na Figura 20, com valores zero. Porém, ocorre um número maior de não atendimentos, mostrado na Figura 22, pelo fato da utilização excessiva de largura de banda por rodada, deixando assim a RSU sobrecarregada para a próxima rodada. Contudo, com velocidades altas, é necessária uma maior vazão para que o veículo consiga receber todo o conteúdo no tempo disponível de conexão.

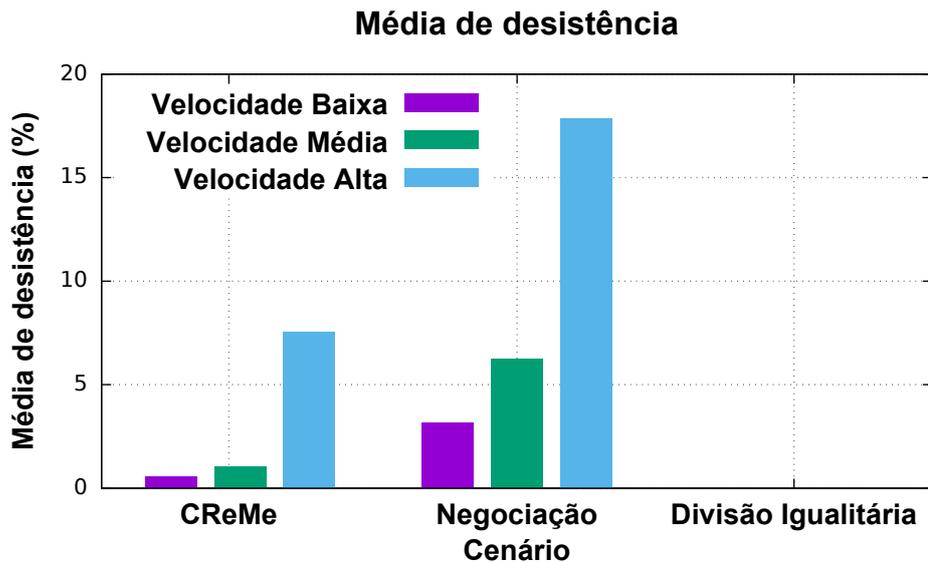


Figura 20 – Desistência x Velocidade por Cenário

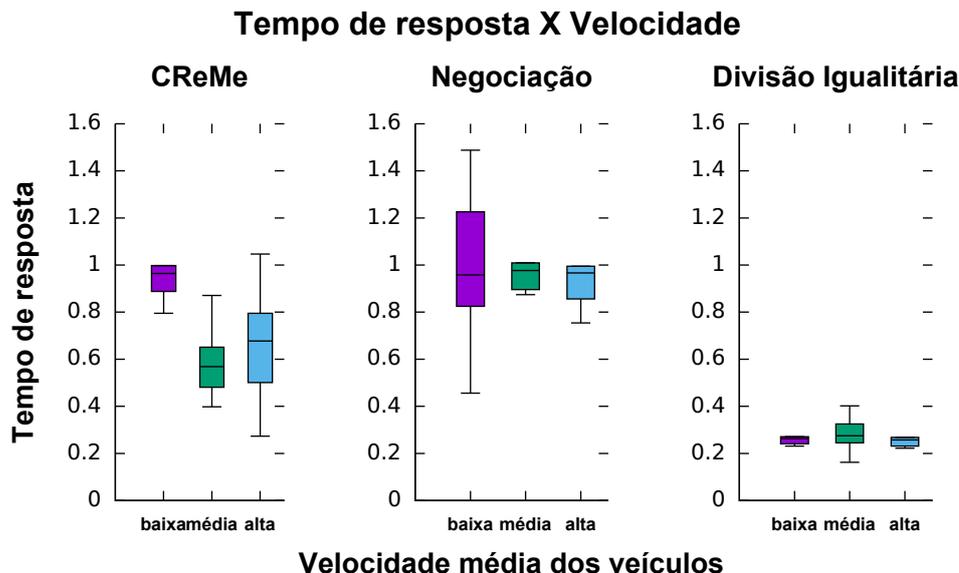


Figura 21 – Tempo de resposta - Velocidade x Cenário

A abordagem utilizando a metodologia CREME apresenta um equilíbrio entre as outras duas abordagens, uma vez que utiliza a velocidade como um dos parâmetros para a escolha estratégica do algoritmo de resolução de conflitos. Portanto, com a variação da

velocidade entre alta, média ou baixa observa-se como resultado uma satisfação coletiva estável, conforme a Figura 19. A utilização da metodologia CREME consegue manter um patamar baixo de desistências, mesmo em altas velocidades. Isto é apresentado na Figura 20 onde há uma estabilidade dos valores para a CREME. O fato de acontecer o não atendimento, mostrado na Figura 22, é atenuado mediante a diminuição da velocidade média.

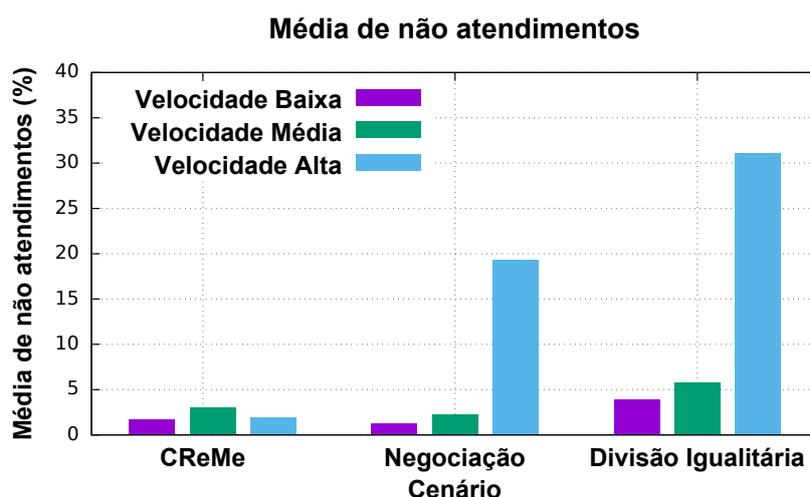


Figura 22 – Média de não atendimentos – Velocidade x Cenário

#### 5.4.2 Análise 2: Alteração no tamanho do conteúdo solicitado pelos veículos

Foi realizada uma comparação do uso da abordagem de resolução de conflitos com diferentes valores para o tamanho do conteúdo solicitado pelos veículos. Os valores possíveis para o tamanho do conteúdo foram medidos em faixas de intervalos definidos como pequeno, médio e grande, sendo os valores de 1 a 1,2 MB para "pequeno", de 5 a 6 MB para "médio", e de 10 a 12 MB para "grande". A satisfação coletiva, apresentada na Figura 23, foi obtida por meio destas variações e conforme pode ser observado, tende a ser reduzida quando o tamanho do conteúdo aumenta. Isto ocorre, devido ao fato que, com um conteúdo maior, são necessários mais recursos para sua utilização.

#### 5.4.3 Análise 3: Alteração na probabilidade de solicitações pelos veículos

Foi realizada uma comparação do uso da abordagem de resolução de conflitos com diferentes probabilidades de o veículo solicitar um conteúdo. Para diferenciar as probabilidades de solicitações, foi criado o nível de taxa de solicitação "baixa", na qual

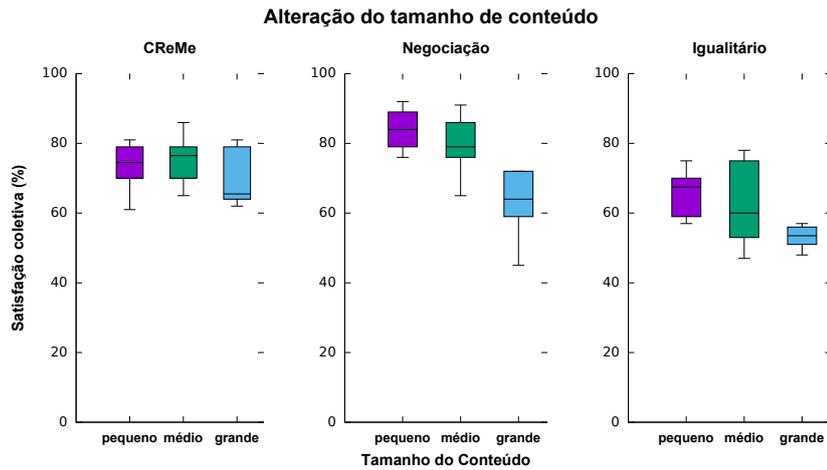


Figura 23 – Satisfação coletiva por variação do tamanho de conteúdo

uma média de 20% dos veículos solicitam um conteúdo, o nível "média", em que 50% dos veículos solicitam conteúdos, e o nível "alta" na qual 100% dos veículos solicitam conteúdos. O gráfico da Figura 24 apresenta, para os três cenários, uma queda na satisfação em função do aumento do número de solicitações. Este resultado mostra que é crítica a escalabilidade em redes veiculares, quando se trata da distribuição de conteúdos de entretenimento. Mais uma vez, o Cenário 1 conseguiu balancear a satisfação dos usuários, mantendo praticamente estáveis esses valores mesmo quando 100% dos veículos solicitam conteúdos.

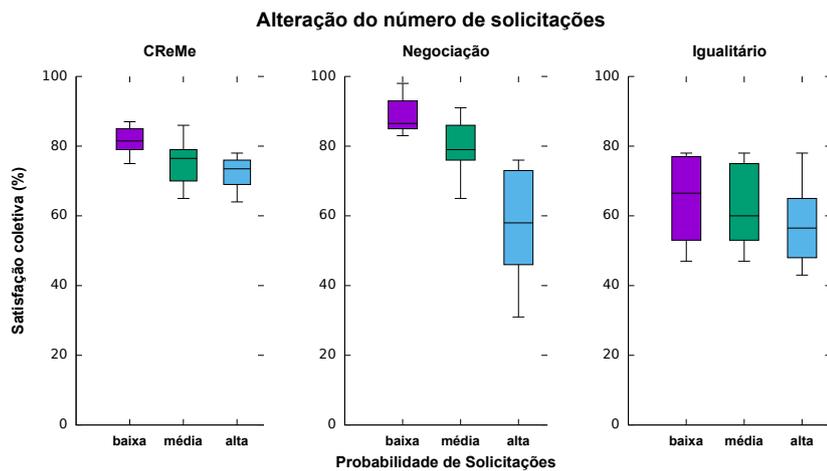


Figura 24 – Satisfação coletiva por variação do nível de solicitações

## 6 Considerações finais e trabalhos futuros

### 6.1 Conclusões

Este trabalho propôs uma solução para identificar e tratar conflitos em aplicações de entretenimento para redes veiculares, abrangendo de maneira interdisciplinar as redes veiculares e a computação ciente de contexto.

O objetivo principal da pesquisa foi avaliar a flexibilidade e extensibilidade da metodologia CReMe, por meio da criação de uma instância da mesma para uma aplicação de distribuição de conteúdo de entretenimento para redes veiculares. Primeiro, identificaram-se as necessidades de equilibrar a satisfação dos usuários com o tempo de resposta e consumo de recursos de aplicações de entretenimento para redes veiculares. Verificaram-se os benefícios e as dificuldades em se utilizar uma solução para disputa por largura de banda que visa balancear tempo e disponibilidade de rede com a satisfação dos usuários e posteriormente incluíram-se novos algoritmos no repositório da CReMe para serem dinamicamente adotados para resolução de conflitos e dependendo do contexto atual do ambiente e aplicação.

No referencial teórico, discutiram-se pontos de vista de diversos autores que mostraram como as redes veiculares se comportam e qual é o estado atual destas pesquisas. Neste contexto, destaca-se que as redes veiculares são compostas por veículos capazes de se comunicarem por meio de dispositivos sem fio e que por causa da alta mobilidade dos veículos, há uma modificação constante da capacidade de comunicação, resultando em um ambiente dinâmico e instável. Com a pesquisa realizada, foi possível observar que, prover maneiras de aperfeiçoar a comunicação é de suma importância para o desenvolvimento de aplicações que tratam do compartilhamento de informações e que têm o intuito de propor melhoria no trânsito de veículos.

Percebe-se que o compartilhamento de conteúdo multimídia é um tipo de serviço, disponibilizado por aplicações de entretenimento, que consome uma grande quantidade de largura de banda. Os resultados apontados mostraram que o recurso de largura de banda é limitado, uma vez que é compartilhado por todas as aplicações e usuários, e a ocorrência de uma disputa dos usuários por este recurso gera-se um conflito coletivo. Este

tipo de conflito deve ser identificado e resolvido o mais breve possível para satisfazer seus usuários e manter um consumo eficiente dos recursos. Caso os conflitos não sejam tratados, alguns usuários podem ser beneficiados em detrimento de outros e os recursos podem ser desnecessariamente consumidos. Estes resultados possibilitaram afirmar que para a indicação de uma solução adequada à resolução destes conflitos é necessário obter dados de contexto dos veículos e do ambiente, buscando satisfazer os usuários com pouco espaço de tempo e controlando o consumo de recursos.

Neste trabalho foi proposta e avaliada uma solução para resolver os conflitos que ocorrem em redes veiculares quando os veículos exigem, simultaneamente, mais largura de banda do que a disponível para a aplicação. A abordagem de solução é baseada em uma metodologia chamada CReMe que procura equilibrar a satisfação dos usuários com o consumo de recursos.

Os resultados obtidos mostram que este tipo de conflito deve ser identificado e resolvido o mais breve possível para satisfazer os usuários e manter um consumo eficiente dos recursos. Caso os conflitos não sejam tratados, alguns usuários podem ser beneficiados em detrimento de outros e os recursos podem ser desnecessariamente consumidos.

Pode-se concluir então, que os resultados obtidos revelam a natureza flexível e dinâmica da CReMe, uma vez que sua arquitetura permitiu que diferentes tipos de conflitos pudessem ser detectados e resolvidos, de acordo com o contexto atual, sempre equilibrando a satisfação dos usuários e do consumo de recursos.

Por adoção a essa solução, foi possível dinamizar o uso de algoritmos para resolução de conflitos, em busca de alcançar uma satisfação dos usuários em um tempo hábil de resposta e consumo controlado de rede. Os benefícios apresentados pelo comportamento dinâmico e adaptativo da metodologia CReMe são evidentes, onde são escolhidas as formas de resolução do problema de acordo com as características apresentadas pelo contexto atual. Ao contrário, os dados coletados pelos dois outros cenários, em comparação com a CReMe, sempre penalizam uma métrica para priorizar outra. Além disso, em situações de alta mobilidade e de alta demanda por largura de banda, nossa abordagem obteve melhor desempenho ao manter um bom nível de satisfação e baixa desistência pelas solicitações. Outro ponto importante é o número elevado de não atendimentos por parte de uma solução estática e que é corrigido pela utilização da metodologia ao balancear o uso dos recursos nos momentos críticos.

## 6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Os próximos passos para este trabalho envolvem a utilização da metodologia CReMe de forma distribuída. Sugere-se criar um modelo que trabalhe no modo arquitetural V2V, fazendo com que os veículos resolvam por si próprios, os conflitos existentes na disputa pelos recursos. Neste caso, uma forma colaborativa de resolução passaria a ser adotada, liberando ainda mais a infraestrutura da sobrecarga da rede e de controles centralizados. Além disso, o pesquisador terá outra abordagem para o desenvolvimento do trabalho, que é o estudo de novos algoritmos de detecção e resolução de conflitos que devem ser criados e posteriormente inseridos nos repositórios da CReMe. Isto deve ser feito por causa destes algoritmos serem específicos ao modelo da aplicação e a forma da disputa pelos recursos.

## 6.3 Produção Bibliográfica

1. MENDONCA, R. D.; Silva, Thais R.M.B.; SILVA, Fabrício Aguiar; RUIZ, Linnyer Beatrys; LOUREIRO, Antonio Alfredo Ferreira; Dynamic Bandwidth Distribution for Entertainment Vehicular Networks Applications , *2nd International Workshop on Pervasive Internet of Things and Smart Cities, 2014, Victoria. International Workshop on Pervasive Internet of Things and Smart Cities.*
2. MENDONCA, R. D.; Silva, Thais R.M.B.; SILVA, Fabrício Aguiar; Linnyer Beatrys; Resolvendo conflitos em aplicações de distribuição de conteúdo em redes veiculares, *Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2016, Porto Alegre. 8 ° SBCUP -Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva.*



## Referências

- ABDALLA MICHEL, I. d. V. et al. Redes veiculares: Princípios, aplicações e desafios. *Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, SBRC*, 2009. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 30.
- ADELSTEIN, F. et al. *Fundamentals of Mobile and Pervasive Computing*. McGraw-hill, 2004. (Telecom Engineering). ISBN 9780071782586. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=NHf11URNY8C>>. Citado na página 34.
- AHMAD, A. et al. Hybrid multi-channel multi-hop mac in vanets. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia*. New York, NY, USA: ACM, 2010. (MoMM '10), p. 353–357. ISBN 978-1-4503-0440-5. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1971519.1971577>>. Citado na página 48.
- ALAM, K.; SAINI, M.; SADDIK, A. E. Toward social internet of vehicles: Concept, architecture, and applications. *Access, IEEE*, v. 3, p. 343–357, 2015. ISSN 2169-3536. Citado na página 44.
- ARELLANO, W.; MAHGOUB, I. Trafficmodeler extensions: A case for rapid vanet simulation using, omnet++, sumo, and veins. In: *High Capacity Optical Networks and Enabling Technologies (HONET-CNS), 2013 10th International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 109–115. Citado na página 29.
- BHOI, S. K.; KHILAR, P. M. Vehicular communication: A survey. *IET Netw.*, v. 3, n. 3, p. 204–217, 2014. ISSN 2047-4954. Citado na página 21.
- BOLCHINI, C. et al. And what can context do for data? *Commun. ACM*, ACM, New York, NY, USA, v. 52, n. 11, p. 136–140, nov. 2009. ISSN 0001-0782. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1592761.1592793>>. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 33.
- BOOYSEN, M.; ZEADALLY, S.; ROOYEN, G.-J. van. Survey of media access control protocols for vehicular ad hoc networks. *Communications, IET*, v. 5, n. 11, p. 1619–1631, 2011. ISSN 1751-8628. Citado na página 21.
- CAMPOLO, C.; MOLINARO, A. Data rate selection in wbss-based ieee 802.11p/wave vehicular ad hoc networks. In: *Communication Systems Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP), 2010 7th International Symposium on*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 412–416. Citado na página 46.
- CHEN, G.; KOTZ, D. *A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research*. Hanover, NH, USA, 2000. Citado na página 33.
- CHEN, Y.-Q.; WANG, Z. Formation control: a review and a new consideration. In: *Intelligent Robots and Systems, 2005. (IROS 2005). 2005 IEEE/RSJ International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2005. p. 3181–3186. Citado na página 28.

CHRYSOSTOMOU, C.; DJOUVAS, C.; LAMBRINOS, L. Applying adaptive qos-aware medium access control in priority-based vehicular ad hoc networks. In: *Proceedings of the 2011 IEEE Symposium on Computers and Communications*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2011. (ISCC '11), p. 741–747. ISBN 978-1-4577-0680-6. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/ISCC.2011.5983928>>. Citado na página 48.

COSTA-MONTENEGRO, E. et al. Vehicular entertainment systems: Mobile application enhancement in networked infrastructures. *Vehicular Technology Magazine, IEEE*, v. 7, n. 3, p. 73–79, 2012. ISSN 1556-6072. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 43.

DJENOURI, D.; SOUALHI, W.; NEKKA, E. Vanet's mobility models and overtaking: An overview. In: *Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2008. ICTTA 2008. 3rd International Conference on* [S.l.: s.n.], 2008. p. 1–6. Citado na página 27.

EICHLER, S. Performance evaluation of the iee 802.11p wave communication standard. In: *Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th*. [S.l.: s.n.], 2007. p. 2199–2203. ISSN 1090-3038. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.

FERNANDES, R.; FERREIRA, M. Scalable vanet simulations with ns-3. In: *Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2012 IEEE 75th*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–5. ISSN 1550-2252. Citado na página 29.

FORBES, C. et al. "Triangular Distribution." *Ch. 44 in Statistical Distributions*. Wiley, 2011. ISBN 9781118097823. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=YhF1osrQ4psC>>. Citado na página 74.

GHAFOOR, K. Z.; BAKAR, K. A. Inter-vehicle communication protocols for multimedia transmission. In: *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010*. [S.l.: s.n.], 2010. v. 2, p. 1–5. ISSN 2078-0958. Citado na página 43.

GUO, J. et al. An adaptive and reliable mac mechanism for iee 1609.4 and 802.11p vanets. In: *Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), 2012 15th International Symposium on*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 55–59. ISSN 1347-6890. Citado na página 47.

HAN, C. et al. Analytical study of the iee 802.11p mac sublayer in vehicular networks. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, v. 13, n. 2, p. 873–886, 2012. ISSN 1524-9050. Citado na página 47.

HARTENSTEIN, H.; LABERTEAUX, K.; EBRARY, I. *VANET: vehicular applications and inter-networking technologies*. Wiley Online Library, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470740637.fmatter/summary>>. Citado 4 vezes nas páginas 29, 30, 31 e 34.

IEEE. Ieee standard for information technology - telecommunications and information exchange between systems - local and metropolitan area networks - specific requirements part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications amendment 8: Medium access control (mac) quality of service enhancements. *IEEE Std 802.11e-2005 (Amendment to IEEE Std 802.11, 1999 Edition (Reaff 2003))*, p. 1–189, 2005. Citado na página 32.

IEEE. Ieee standard for wireless access in vehicular environments (wave)–multi-channel operation. *IEEE Std 1609.4-2010 (Revision of IEEE Std 1609.4-2006)*, p. 1–89, 2011. Citado na página 23.

JIANG, D.; DELGROSSI, L. Ieee 802.11p: Towards an international standard for wireless access in vehicular environments. In: *Vehicular Technology Conference, 2008. VTC Spring 2008. IEEE*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 2036–2040. ISSN 1550-2252. Citado na página 32.

JIAU, M. K. et al. Multimedia services in cloud-based vehicular networks. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, v. 7, n. 3, p. 62–79, Fall 2015. ISSN 1939-1390. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 44.

KARAGIANNIS, G. et al. Vehicular networking: A survey and tutorial on requirements, architectures, challenges, standards and solutions. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, v. 13, n. 4, p. 584–616, 2011. ISSN 1553-877X. Citado 3 vezes nas páginas 29, 30 e 34.

KARNADI, F.; MO, Z. H.; LAN, K. chan. Rapid generation of realistic mobility models for vanet. In: *Wireless Communications and Networking Conference, 2007. WCNC 2007. IEEE*. [S.l.: s.n.], 2007. p. 2506–2511. ISSN 1525-3511. Citado na página 29.

LAN, K.; CHOU, C. Realistic mobility models for vehicular ad hoc network (vanet) simulations. In: *ITS Telecommunications, 2008. ITST 2008. 8th International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 362–366. Citado na página 29.

LUAN, T. H.; LING, X.; SHEN, X. Provisioning qos controlled media access in vehicular to infrastructure communications. *Ad Hoc Networks*, v. 10, n. 2, p. 231–242, 2012. Citado na página 48.

MARTIN, M.; NURMI, P. A generic large scale simulator for ubiquitous computing. In: *Mobile and Ubiquitous Systems - Workshops, 2006. 3rd Annual International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 1–3. Citado na página 63.

MARTIN, M.; NURMI, P. *An Open Source Context Simulator*. 2014. <<http://www.siafusimulator.org>>. Accessed: 2015-06-21. Citado na página 63.

MASALA, E. Application-aware optimization of packet scheduling for video communications over intervehicle ad hoc networks. In: *Multimedia and Expo, 2008 IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 509–512. Citado na página 44.

NWIZEGE, K. S. et al. Performance evaluation of adaptive context aware rate selection algorithm (acars) for road safety applications in vehicular network. In: *Modelling Symposium (EMS), 2013 European*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 640–646. Citado na página 46.

O'HARA, B.; PETRICK, A. *IEEE 802.11 Handbook : a designer's companion*. New York: IEEE, 2005. (IEEE standards wireless networks series). ISBN 0-7381-4449-5. Disponível em: <<http://opac.inria.fr/record=b1105890>>. Citado na página 31.

PARK, I.; LEE, D.; HYUN, S. J. A dynamic context-conflict management scheme for group-aware ubiquitous computing environments. In: *Proceedings of the 29th Annual International Computer Software and Applications Conference - Volume 01*.

Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2005. (COMPSAC '05), p. 359–364. ISBN 0-7695-2413-3. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/COMPSAC.2005.21>>. Citado na página 49.

PERERA, C. et al. Context aware computing for the internet of things: A survey. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, v. 16, n. 1, p. 414–454, First 2014. ISSN 1553-877X. Citado na página 21.

RAZZAQ, A.; MEHAOUA, A. Video transport over vanets: Multi-stream coding with multi-path and network coding. In: *Local Computer Networks (LCN), 2010 IEEE 35th Conference on*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 32–39. ISSN 0742-1303. Citado na página 44.

ROY, N.; ROY, A.; DAS, S. K. Context-aware resource management in multi-inhabitant smart homes: A nash h-learning based approach. In: *Proceedings of the Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2006. (PERCOM '06), p. 148–158. ISBN 0-7695-2518-0. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/PERCOM.2006.18>>. Citado na página 49.

SARAKIS, L. et al. Providing entertainment applications in vanet environments. *IEEE Wireless Communications*, v. 23, n. 1, p. 30–37, February 2016. ISSN 1536-1284. Citado na página 44.

SEPULCRE, M. et al. Context-aware heterogeneous v2i communications. In: *Reliable Networks Design and Modeling (RNDM), 2015 7th International Workshop on*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 295–300. Citado 2 vezes nas páginas 45 e 46.

SHANKAR, P. et al. Cars: Context-aware rate selection for vehicular networks. In: *Network Protocols, 2008. ICNP 2008. IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 1–12. ISSN 1092-1648. Citado na página 46.

SHIN, C.; DEY, A. K.; WOO, W. Mixed-initiative conflict resolution for context-aware applications. In: *Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing*. New York, NY, USA: ACM, 2008. (UbiComp '08), p. 262–271. ISBN 978-1-60558-136-1. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1409635.1409671>>. Citado na página 49.

SICHITIU, M.; KIHIL, M. Inter-vehicle communication systems: a survey. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, v. 10, n. 2, p. 88–105, Second 2008. ISSN 1553-877X. Citado na página 28.

SILVA, T. R. d. M. B. *Tratamento de conflitos coletivos em sistemas ubíquos cientes de contexto*. 139 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. Citado 13 vezes nas páginas 22, 23, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 48, 49, 58 e 60.

SOMMER, C.; DRESSLER, F. Progressing toward realistic mobility models in vanet simulations. *Communications Magazine, IEEE*, v. 46, n. 11, p. 132–137, November 2008. ISSN 0163-6804. Citado na página 29.

TANENBAUM ANDREW S.; J. WETHERALL, D. *Redes de Computadores*. trad. 5 ed. [S.l.]: PEARSON EDUCATION - BR, 2011. ISBN 857605924X. Citado na página 55.

- UZCATEGUI, R.; ACOSTA-MARUM, G. Wave: A tutorial. *Communications Magazine, IEEE*, v. 47, n. 5, p. 126–133, 2009. ISSN 0163-6804. Citado 3 vezes nas páginas [21](#), [27](#) e [28](#).
- WAN, J. et al. Context-aware vehicular cyber-physical systems with cloud support: architecture, challenges, and solutions. *Communications Magazine, IEEE*, v. 52, n. 8, p. 106–113, Aug 2014. ISSN 0163-6804. Citado na página [45](#).
- WANG, Q. et al. An enhanced multi-channel mac for the iee 1609.4 based vehicular ad hoc networks. In: *INFOCOM IEEE Conference on Computer Communications Workshops*, 2010. [S.l.: s.n.], 2010. p. 1–2. Citado na página [47](#).
- WILLKE, T.; TIENTRAKOOL, P.; MAXEMCHUK, N. A survey of inter-vehicle communication protocols and their applications. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, v. 11, n. 2, p. 3–20, Second 2009. ISSN 1553-877X. Citado 2 vezes nas páginas [21](#) e [28](#).
- YANG, Z.; LI, M.; LOU, W. Codeplay: Live multimedia streaming in vanets using symbol-level network coding. *Wireless Communications, IEEE Transactions on*, v. 11, n. 8, p. 3006–3013, 2012. ISSN 1536-1276. Citado na página [44](#).