



**Universidade Federal do Pará
Campus Castanhal
Faculdade de Computação**

Francisco Ademilton dos Santos Ferreira

**Análise comparativa de transmissão de vídeo em redes veiculares utilizando
padrões IEEE 802.11g e IEEE 802.11p**

**Castanhal
2019**

Francisco Ademilton dos Santos Ferreira

Análise comparativa de transmissão de vídeo em redes veiculares utilizando padrões IEEE 802.11g e IEEE 802.11p

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

**Universidade Federal do Pará
Faculdade de Computação
Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação**

Orientador: Prof. Dr. José Jailton Henrique Ferreira Junior

**Castanhal
2019**

Dedicatória

*À meus pais, minha esposa e minha filha, por todo o incentivo e apoio dado a mim
(Luiz, Maria, Mayara e Maria Valentina).*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por ter me dado forças para vencer mais uma jornada vivida. Em seguida, não poderia deixar de agradecer a minha família que é a base responsável por tudo que conquistei e no que me tornei fundamentado em valores como respeito, honestidade e perseverança, acreditando sempre na única forma transformadora do ser; o conhecimento. Obrigado, meu pai Luiz, a minha Mãe Maria, minha esposa e companheira Mayara e ao meu mais novo amor, minha filha Maria Valentina.

Ao meu orientador José Jailton, por toda paciência e disponibilidade na construção do conhecimento para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas da FACOMP e corpo docente, pelos momentos de descontração e compartilhamento do conhecimento.

Por fim, quero deixar aqui minha gratidão a todos que fizeram parte, de forma direta ou indireta, desta longa jornada de 5 anos...

Temos o destino que merecemos. O nosso destino está de acordo com os nossos méritos.

(Albert Einstein)

Resumo

Com a crescente utilização das redes sem fio em diversos ambientes, e com o forte investimento da indústria automotiva em embarcação de dispositivos capaz de transmitir informações que aumente a segurança e a eficiência no trânsito, diversos estudos estão sendo desenvolvidos nesse sentido. Entretanto devido ao elevado custo e a pouca oferta de dispositivos compatíveis com o padrão IEEE 802.11p, a maioria dos trabalhos envolvendo VANETs (Vehicular Ad-hoc NETWORKS) são realizados em ambiente de simulação. O presente trabalho faz uma análise comparativa de desempenho dos padrões IEEE 802.11p e IEEE 802.11g na transmissão de vídeos para que seja possível identificar o comportamento de ambos em um cenário V2V (Vehicle-to-Vehicle) visando um melhor custo-benefício e uma nova opção de conectividade. Para isso os cenários de redes foram simulados por meio da ferramenta Network Simulator 2 - NS-2, e obtido as métricas de PSNR (Peak to Signal-to-Noise Ratio), SSIM (Structural SIMilarity) e VQM (Video Quality Metric) através da ferramenta MSU Video Quality Measurement Tool, as quais foram confrontadas de ambos os padrões, mostrando-nos qual deles demonstrou um melhor desempenho.

Palavras-Chaves: rede sem fio, VANETs, análise comparativa, Padrões IEEE 802.11p e IEEE 802.11g.

Abstract

With the increasing use of wireless networks in a variety of environments, and with the strong investment of the automotive industry in device vessels capable of transmitting information that increases traffic safety and efficiency, several studies are being developed in this direction. However, due to the high cost and low availability of devices compatible with the IEEE 802.11p standard, most work involving VANETs (Vehicular Ad-hoc NETWORKS) is performed in a simulation environment. The present work presents a comparative analysis of the performance of the IEEE 802.11p and IEEE 802.11g standards in the video transmission so that it is possible to identify the behavior of both in a V2V (Vehicle-to-Vehicle) scenario aiming at a better cost-benefit and a new connectivity option. For this, the network scenarios were simulated using the Network Simulator 2 - NS-2 tool, and obtained the Peak to Signal-to-Noise Ratio (PSNR), SSIM (Structural SIMilarity) and VQM (Video Quality Metric) metrics of the MSU Video Quality Measurement Tool, which were confronted by both standards, showing us which one showed the best performance.

Key words: wireless network, VANETs, comparative analysis, IEEE 802.11p and IEEE 802.11g standards.

Lista de Figuras

Figura 1.1: Exemplo de cenário e arquitetura de uma rede veicular	15
Figura 2.1: Cenário veicular Protocolo 802.11p WAVE	26
Figura 2.2: Pilha de Protocolo 802.11p WAVE	27
Figura 4.1: Cenário com 10 nós aleatoriamente distribuídos	34
Figura 4.2: Cenário tracejado para uma melhor compreensão	35
Figura 4.3: Gráfico como os valores de PSNR em baixa velocidade	38
Figura 4.4: Gráfico como os valores de SSIM em baixa velocidade	38
Figura 4.5: Gráfico como os valores de VQM em baixa velocidade	39
Figura 4.6: Gráfico com a quantidade de frames entregues após as simulações em baixa velocidade.....	39
Figura 4.7: Gráfico como os valores de PSNR em média velocidade	40
Figura 4.8: Gráfico como os valores de SSIM em média velocidade	40
Figura 4.9: Gráfico como os valores de VQM em média velocidade.....	41
Figura 4.10: Gráfico com a quantidade de frames entregues após as simulações em média velocidade	41
Figura 4.11: Gráfico como os valores de PSNR em alta velocidade	42
Figura 4.12: Gráfico como os valores de SSIM em alta velocidade	42
Figura 4.13: Gráfico como os valores de VQM em alta velocidade.....	43
Figura 4.14: Gráfico com a quantidade de frames entregues após as simulações em alta velocidade	43

Lista de Tabelas

Tabela 4.1: Configurações básicas da simulação.....	35
Tabela 4.2: Parâmetros de velocidade estabelecido	36

Lista de Acrônimos

AODV	<i>Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing</i>
AP	<i>Access Point</i>
AU	<i>Aplication Unit</i>
BSS	<i>Basic Service Set</i>
BSSID	<i>Basic Service Set Identification</i>
CCH	<i>Control Channel</i>
DASH	<i>Dynamic Adaptive Streaming over HTTP</i>
DCT	<i>Discrete Cosine Transform</i>
DSDV	<i>Destination-Sequenced Distance-Vector</i>
DSRC	<i>Dedicated Short Range Communications</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBSS	<i>Independent Basic Service Set</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LLC	<i>Link Layer Control</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
MSU	<i>Video Quality Measurement Tool</i>
NAM	<i>Network Animator</i>
NS-2	<i>Network Simulator 2</i>
OBU	<i>On-Board Unit</i>
OLSR	<i>Optimized Link State Routing</i>
OTCL	<i>Objectoriented Tool Command Language</i>
P2P	<i>Peer-to-Peer</i>
PDR	<i>Packet Delivery Rate</i>
PHY	<i>Physical Layer</i>
PLR	<i>Packet Loss Rate</i>
PSNR	<i>Peak to Signal-to-Noise Ratio</i>
QoE	<i>Quality of Experience</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
RSU	<i>Road Side Unit</i>
SCH	<i>Service Channel</i>
SSID	<i>Service Set Identification</i>
SSIM	<i>Structural SIMmilarity</i>

TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
V2I	<i>Vehicle-to-Infrastructure</i>
V2V	<i>Vehicle-to-Vehicle</i>
VANETs	<i>Vehicular Ad-hoc NETWORKs</i>
VQM	<i>Video Quality Metric</i>
WAVE	<i>Wireless Access in the Vehicular Environment</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WME	<i>Wireless Management Entity</i>
WSMP	<i>Wireless Short Message Protocol</i>

Sumário

1. Introdução.....	14
1.1. Contextualização.....	14
1.2. Motivação.....	15
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo Geral.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos.....	16
1.4. Organização do Trabalho.....	16
2. Fundamentação Teórica.....	18
2.1 Redes Veiculares.....	18
2.1.2 Infraestrutura das Redes Veiculares.....	19
2.1.3. Aplicações das Redes Veiculares.....	21
2.1.3.1 Aplicações de Segurança.....	21
2.1.3.2 Aplicações de Conforto.....	23
2.1.4. Padrão WAVE (IEEE 802.11p).....	26
2.1.5. Padrão IEEE 802.11g.....	29
3. Trabalhos Correlatos.....	30
4. Simulações e Resultados.....	33
4.1. Ambiente de Simulação.....	33
4.1.2. Descrição dos Cenários.....	34
4.1.3. Configuração da Velocidade dos nós.....	35
4.2. Parâmetros Estabelecidos.....	36
4.3. Análise de Resultados.....	37
4.3.1. Análise das Métricas de QoE.....	37
4.3.1.1. Simulações em Baixa Velocidade dos nós.....	37
4.3.1.2. Simulações em Média Velocidade dos nós.....	40
4.3.1.3. Simulações em Alta Velocidade dos nós.....	42

5. Conclusão.....	44
Referências Bibliográficas.....	46

1. Introdução

1.1. Contextualização

Nos últimos anos a quantidade de venda de veículos aumenta exponencialmente no mundo, conseqüentemente o número de acidentes envolvendo os mesmos também. Visando solucionar esse problema, pesquisadores e grandes montadoras vem desenvolvendo um trabalho incansável a fim de melhorar a segurança de seus veículos e a condição de trânsito nas cidades.

Segundo Pereira (2007, p. 4), os Sistemas Inteligentes de veículos propõem o aprimoramento do uso da infraestrutura de transportes, devido ao aumento comprovado da mobilidade urbana, através de aplicações em diferentes áreas de atuação, utilizando as redes de computadores, a evolução dos equipamentos portáteis e conceitos como as redes veiculares Ad-Hoc, mais conhecidas como VANETs.

As redes veiculares possuem uma dinâmica que permite a comunicação entre veículos e entre veículos e infraestrutura. As infraestruturas ficam localizadas geralmente às margens das vias, desempenhando como função principal propagar a comunicação. Na rede Ad-Hoc, a comunicação é realizada diretamente entre veículos (V2V - Vehicle-to-Vehicle), e entre veículos e infraestrutura (V2I - Vehicle-to-Infrastructure). No entanto, o ambiente veicular possui características específicas que nos impõem uma série de desafios para a implementação desta tecnologia (Soares et al. 2016). Por esse motivo, é instigador a utilização de simuladores capazes de proporcionar preliminarmente a análise dos aspectos das VANETs, uma vez que tais simuladores são geralmente simples de operar, baratos com capacidade de simular ambientes de redes veiculares implementando movimentação dos veículos e troca de mensagens entre os componentes da rede.

De acordo com Zeadally et al. (2010, p. 17), implantar e testar VANETs pode torna-se uma tarefa complexa e onerosa, pois a quantidade de veículos necessários, e as adaptações em situações de trânsito real elevam os custos dos testes de campo, além de exigir uma extensa fase de testes. Isso torna a utilização de simuladores veiculares indispensáveis e mais atraentes. Diante disso, tendo como objetivo o barateamento e a eficácia na implementação de redes VANETs como

nova opção de conectividade, fugindo da tradicional conexão onde os pontos de acesso são fixos, nas VAENTs cada nó (veículo) da rede tornar-se um ponto de acesso móvel, com isso imprescindível lançarmos mãos de tecnologias e padrões já existentes, visando a otimização de redes veiculares de baixo custo.

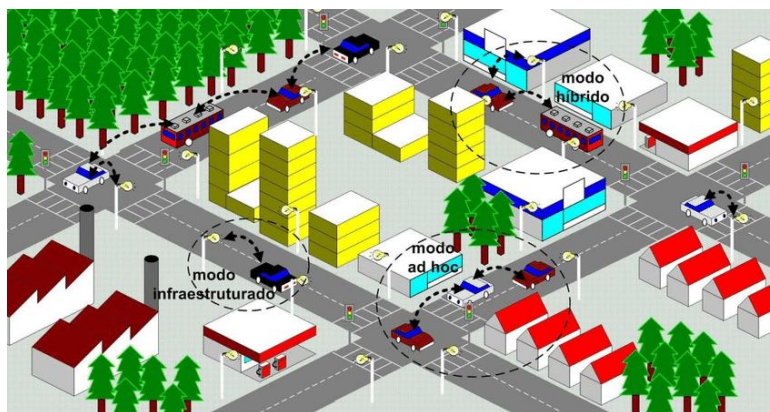


Figura 1.1: Exemplo de um cenário e arquitetura de uma rede veicular, Alves (2009).

1.2. Motivação

Como já mencionado anteriormente, há uma dificuldade na implantação de redes veiculares devido ao alto custo dos equipamentos e as limitações que a tecnologia atual impõe, para a implementação de redes VANETs, conforme, Mateus (2010, p. 30) que enfatiza que apesar de apresentar uma boa solução para conectividades em redes veiculares, a arquitetura das mesmas é inviável devido ao alto custo envolvidos, principalmente na instalação e implementação de infraestrutura adequada.

Desta forma, na expectativa de encontrar soluções viáveis para os empecilhos no custo de implementação dessa tecnologia e no desafio da criação de uma rede em movimento, as aplicações e avaliações são desenvolvidas geralmente em ferramentas de simulação. Segundo SEIGA (2013) estudos realizados em redes veiculares, baseiam-se na necessidade de alternativas que auxiliem a experimentação destes cenários, uma vez que, os custos envolvidos na implantação das mesmas são significativos e os riscos associados ao mal planejamento são enormes.

Diante dessa conjuntura o presente estudo é instigado a confrontar resultados de desempenho dos padrões IEEE 802.11g e IEEE 802.11p, em simulações que envolvam as mesmas situações de cenários. Permitindo assim, uma análise minuciosa dos resultados, afim de definir qual padrão apresenta melhor desempenho na criação de uma rede móvel e menor custo de implementação.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é apresentar uma análise comparativa entre o desempenho dos padrões IEEE 802.11g e IEEE 802.11p, utilizando o protocolo de roteamento *Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing (AODV)* e por meio do simulador de redes *Network Simulator (NS-2)*, averiguar qual dos padrões demonstra um melhor desempenho na transmissão de vídeo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Estudar redes veiculares e padrões de redes;
- Apresentar os dois padrões citados anteriormente e suas características;
- Simular cenários de rede, em situações distintas aplicando movimentação dos nós;
- Comparar e avaliar os resultados do desempenho dos padrões nos cenários de redes propostos, obtidos através da coleta de dados por meio das simulações;
- Comparar e Avaliar a qualidade do vídeo transmitido por ambos os padrões, utilizando métricas de QoE (*Quality of Experience*).

1.4. Organização do Trabalho

Abrangendo esta primeira seção introdutória, que contextualiza o tema estudado e apresenta a motivação e objetivos do trabalho, o texto está estruturado em 5 seções, descritos sinopticamente a seguir:

Seção 2 – Fundamentação Teórica: apresenta as definições sobre os conceitos relacionados às redes veiculares, padrões de roteamento e modelos de bateria, que são essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

Seção 3 – Trabalho Correlatos: abordar o levantamento bibliográfico onde são destacados os trabalhos encontrados com mais relevância na literatura que condiz com tema, servindo como fundamento para este trabalho.

Seção 4 – Simulações e Resultados: é relatado os ambientes de simulações os quais as mesmas foram realizadas e também apresenta e avalia os comparativos dos resultados obtidos.

Seção 5 – Conclusão: expõe as considerações finais compreendidas no transcorrer do curso do trabalho.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Redes Veiculares

Os avanços obtidos na computação móvel e na comunicação sem fio conduziram ao desenvolvimento do Sistema Inteligente de Transportes, cujo o principal objetivo é melhoria na segurança das estradas e fornecer conforto ao usuário. Mohammad S. Almalag (2009). Nessa conjuntura, as redes veiculares assumem um importante papel no que diz respeito a prevenção de acidentes no trânsito, os quais geram conseqüentemente altos custos com tratamentos das vítimas. No entanto, para que as redes veiculares se tornem uma realidade para os usuários é indispensável solucionar desafios de pesquisas existentes.

Recentes avanços tecnológicos na área de comunicação de curto alcance têm permitido o desenvolvimento de um vasto perfil para redes sem fio. Em particular, as redes *ad hoc* vem evoluindo nos últimos anos como uma das áreas de pesquisa de destaque na comunidade de redes de computadores. Uma rede *ad hoc* se configura com um conjunto de nós equipados com interfaces sem fio, permitindo que os nós se comuniquem entre si independentemente de qualquer tipo de infraestrutura.

Redes *ad hoc* veiculares (VANETs) são consideradas subclasse de rede *ad hoc* móvel (*Mobile Ad hoc NETWORK*) que surgiram graças ao grande avanço na tecnologia de transmissão de redes sem fio. Embora semelhante a uma MANET, a rede *ad hoc* veicular possui características particulares. Por conta destas particularidades, conjuntos de regras e padrões desenvolvidos para MANET não são adequados para funcionarem em VANETs (TAHA; HASAN, 2007).

Em uma VANET duas categorias de aplicação podem ser desenvolvidas, as voltadas a segurança e as que devem proporcionar conforto aos passageiros. A primeira contribui para melhorias na eficiência do tráfego veicular e redução de situações de risco, como por exemplo o envio de mensagens alertando os demais veículos ao entorno em casos de acidentes.

Já a segunda categoria tem como foco principal proporcionar aos passageiros um transcorrer de viagem agradável. Isto é possível por meio de aplicações que forneçam acesso à Internet, bate papo com passageiros ocupantes de outros veículos, acesso multimídia, informações de estabelecimentos e outras importantes ao conforto da viagem (MOUSTAFA; ZHANG, 2009).

2.1.2. Infraestrutura das Redes Veiculares

Segundo Festag et. Al (2008) os elementos principais que constituem a arquitetura de uma rede veicular são:

- Unidades de aplicação (*Application Unit* – AU): responsável pela execução de serviços e tarefas como adivo de congestionamentos e colisão;
- Unidade de bordo (*On-Board Unit* – OBU): Unidade embarcada nos veículos que proporciona a comunicação entre os nós da rede;
- Unidade de acostamento (*Road Side Unit* – RSU): estações fixas, localizadas às margens de uma rodovia, para a comunicação entre os veículos.

Segundo Kosch (2004), o conceito fundamental de VANETs é simples: aplicar, com algumas adequações, o padrão largamente adotado e barato de redes locais sem fio (WLAN – *Wireless Local Area Network*) em veículos.

Os veículos produzem e avaliam grande quantidade de dados, no entanto, geralmente, os mesmos encontram-se dentro de um único veículo e não são compartilhados. Nas VANETs, isso pode ser realizado diretamente entre os veículos através de um enlace (V2V – *Vehicle-to-Vehicle*) com simplesmente “um salto” de comunicação ou ainda os veículos podem assumir o papel de repetidor de sinal, reenviando mensagens, permitindo assim “múltiplos saltos” de comunicação. No intuito de aumentar a cobertura da comunicação, infraestruturas fixas podem ser implantadas ao longo das estradas (RSU) permitindo o enlace (V2I – *vehicle-to-Infrastructure*), onde o veículo se comunica com a infraestrutura que assumem o papel de nó intermediário de comunicação na rede.

De acordo com Hartenstein e Laberteaux (2010), embora seja conceitualmente simples, é um esforço tecnicamente e financeiramente desafiador projetar e implementar uma rede VANET. Dentre estes desafios, encontram-se:

- Características inerentes do canal de rádio: Para comunicação sem fio as redes veiculares expõem características adversas, pois apresentam nas rodovias vários obstáculos capazes de degradar a força e a qualidade do sinal recebido.
- Falta de um gerenciamento centralizado: Em uma rede considerada absolutamente descentralizada, a utilização justa eficiente da largura de

banda disponibilizada pelo canal sem fio, torna-se uma difícil tarefa. Pois, o uso ineficiente do canal ocasionado por um grande número de colisão de pacotes é conseqüentemente resultado da falta de uma entidade capaz de sincronizar e gerenciar os eventos de transmissão dos nós.

- Alta mobilidade e a grande variedade das condições ambientais: A elevada mobilidade proporciona um desafio para grande parte dos algoritmos de otimização que visa uma utilização aprimorada da largura de banda do canal ou o uso predefinido de rotas para transmitir informações.
- Segurança e privacidade: A garantia de segurança e as necessidades de privacidades são desafiadoras em uma rede. Por um lado, os receptores querem assegurar-se da confiabilidade na fonte de informação. Na contrapartida, tal confiança disponibilizada pode contrariar os requisitos de privacidade de um remetente.
- Padronização x flexibilidade: Devido ao grande número de fabricantes de equipamentos e de algumas diferenciações inerentes de seus produtos, surge a necessidade de padronização de comunicação para permitir que VANETs possam operar de forma abrangida.

Segundo Mateus (2010), A alta mobilidade dos automóveis caracteriza a elevada dinâmica das redes veiculares, cuja a velocidade dos nós é superior quando comparado com outro tipo de rede ad hoc. As constantes mudanças na topologia da rede é fruto da alta velocidade dos nós, que conseqüentemente geram o aumento na instabilidade dos enlaces sem fio, uma vez que o tempo de permanência em contato entre dois nós é bastante reduzido dificultando o estabelecimento de uma conexão e a transferência de seus dados.

Para Raya e Hubaux (2005), são características principais de redes veiculares:

- Largura de Banda: Dependentes da capacidade do hardware para realização de comunicação característica típica das redes sem fio, são significativamente menores do que as redes cabeadas
- Fragmentação da rede: Ocasionado pelo alcance do raio de comunicação e ao elevado dinamismo dos veículos e sua velocidade
- Cooperação: A cooperação dos veículos é ponto crucial para a funcionalidade da rede, pois estes atuam como roteadores na mesma.

- Topologia: Considerada o gargalo na implementação de VANETs devido sua periodicidade, possui difícil gerenciamento pelo fato da elevada velocidade relativa entre os veículos da rede;
- Energia: As VANETs não apresentam dificuldades no quesito energia pois, possuem o suficiente para o desenvolvimento de suas aplicações, uma vez que os automóveis possuem geradores que recarregam constantemente suas baterias.
- Segurança: Devido ao acesso compartilhado as redes veiculares são mais vulneráveis a ataques, do que as redes cabeadas.

2.1.3. Aplicações das Redes Veiculares

Alvo de inúmeras pesquisas nos últimos anos, as redes veiculares focam no desenvolvimento de sistemas inteligentes de transportes. Além disso, dado a importância dos automóveis na vida cotidiana das pessoas, a embarcação de softwares inteligentes nos mesmos pode melhorar substancialmente a qualidade de vida dos usuários. Fato esse, unido a expressiva demanda do mercado por mais segurança, conforto e ambientalização, desencadeou a necessidade no desenvolvimento e no suporte importantes para redes veiculares e suas aplicações.

Duas grandes categorias podem classificar essas aplicações: Aplicações de segurança e aplicação de conforto (Mateus 2010).

2.1.3.1. Aplicações de Segurança

O desenvolvimento das redes veiculares e de sistemas de transporte inteligente, foram sempre motivados pelo desejo de um trânsito mais confiável e seguro. Somado a isso, os grandes gastos com tratamento de vítimas de acidente de trânsito e reparação de bens envolvidos nos mesmos, elevam os interesses dos grandes consórcios automobilísticos em aplicações seguranças cada vez mais eficientes.

No intuito de divulgar rapidamente informações sobre situações adversas no trânsito ou em seu próprio veículo dando condições para que o condutor ou o sistema de segurança ativo reajam em tempo hábil evitando situações de risco, o

caráter preventivo e emergencial são pontos primordiais nas aplicações de segurança. Aplicações desse tipo buscam maximizar o número de veículos alertados, utilizando-se comumente de comunicações via difusão. Destacamos como principais requisitos para as aplicações de segurança, a baixa latência e a alta confiabilidade. Ademais, mensagens falsas e informações conflitantes precisam ser minuciosamente gerenciadas por essas aplicações o que requer uma robustez em suas estruturas.

Atualmente tecnologias de segurança são baseadas em um único veículo, por exemplo, sensor de ultrapassagem e de estacionamento. Com isso, esse tipo de tecnologia limita a capacidade desses veículos a trocarem informações com os demais ao seu entorno. Além disso, não há funcionalidade dessa tecnologia quando não existem veículos dentro do raio de visão direto. Essas limitações levaram ao desenvolvimento de tecnologias mais apuradas no desejo de proporcionar maior segurança no trânsito.

A aptidão dos veículos em comunica-se entre si, compartilhando informações importantes que podem ser utilizadas por alguma aplicação, colabora no caráter preventivo aumentando a segurança no trânsito. Estas aplicações podem utilizar comunicações do tipo V2V, V2I ou híbrida. Podemos classifica-las em cinco diferentes categorias (Mohammad S. Almalag 2009).

- Sistema de anticolisão em cruzamentos: Geralmente as comunicações V2I e/ou V2V são a base dos sistemas de anticolisão em cruzamentos. As informações dos veículos mais próximos são coletadas por sensores que compõem a infra-estrutura nas proximidades dos cruzamentos. Logo após a coleta esses dados são submetidos uma análise para determinar se há alguma situação perigosa que possa vir a ocasionar um acidente. Se a possibilidade de tal sinistro existir uma mensagem de aviso é enviada para os veículos naquela área.
- Segurança pública: As aplicações na segurança pública são projetadas para auxiliar as equipes de emergências na guarnição de seus serviços, assim como auxiliar motoristas que venham a necessitar de cuidados médicos. Dar mais mobilidade as equipes de emergências minimizando o tempo de traslado é o objetivo da maioria das aplicações de segurança pública. Requisição de ajuda quando motoristas são acometidos de acidentes,

prevenindo assim acidentes secundários é outro tipo de aplicação dessa categoria.

- Sinalização estendida: O principal objetivo dessa aplicação é a manutenção do motorista sempre em alerta. Motivada pelo fato da grande demanda de novas tecnologias que surgiram nos últimos anos, como telefonia móvel, GPS e aparelhos multimídias com telas retrátil, vêm sendo utilizadas durante o ato de dirigir, o que contribui na distração do motorista. No intuito de prevenir acidente devido essa distração esta aplicação basicamente alerta os motoristas sobre as sinalizações das vias. Através principalmente de mensagens enviadas periodicamente, esta categoria de aplicação utiliza-se de comunica V2I.
- Diagnóstico e manutenção de veículos: Essa aplicação tem como objetivo principal alertar os proprietários dos veículos sobre defeitos que podem comprometer a segurança do veículo e também sobre o cronograma de manutenção de seus veículos. O recall de segurança é tido como principal aplicação dessa categoria, onde uma mensagem é enviada para veículos que estão qualificados para o recall por meio da infraestrutura.
- Informação de outros veículos: Utilizando-se de comunicação de curto alcance entre veículos, esses tipos de aplicações podem obter diferentes tipos informações, que podem ser utilizadas de diversas maneiras por cada uma delas no intuito de aproveitar sua funcionalidade da melhor forma possível. São exemplos de aplicações dessa categoria: alerta de mudança de faixa, alerta sobre a condição da via, alerta de ultrapassagem e alerta cooperativo de colisão.

2.1.3.2. Aplicações de Conforto

Atualmente com o vai e vem da vida cotidiana, muitas pessoas passam grande parte do tempo dirigindo, pensado na qualidade de vida desses usuários aplicações vem sendo embarcadas em seus veículos, sendo esse o principal foco da aplicação de conforto.

As aplicações dessa categoria têm por objetivo promover conforto e conveniência ao usuário. Adaptações simples de aplicações comuns na Internet, estruturam algumas dessas aplicações que são utilizadas para compartilhamento de

arquivos entre usuários, correios eletrônicos, download de músicas e filmes, dentre outras (Cavalcanti 2008).

De acordo com Mateus (2010), diversas aplicações para redes veiculares têm defendido o uso de arquitetura do tipo ad hoc por essa, não necessitar de uma infraestrutura para estabelecer uma comunicação entre veículos. Visto isso, diversas aplicações de entretenimento optam por utilizar sistemas par-a-par (*Peer-to-Peer – P2P*) ao invés do modelo cliente-servidor, que é centralizado. Somado a esses fatos, as aplicações P2P, tornam-se viáveis no contexto das redes veiculares devido, a capacidade de armazenamento e processamento dos nós pertencentes a rede.

Envolvendo diversos tipos de aplicação, as aplicações P2P não se limitam em apenas trocas de arquivos. Em (Uichin Lee et al. 2009), as aplicações P2P são classificadas pelos autores de acordo com o papel do veículo na gestão de dados:

- Fonte de dados: Nessa categoria de aplicação, os veículos são considerados exclusivamente fonte de dados. Tido como uma plataforma ideal para coleta e produção de dados, graças a recursos existentes nos veículos, o uso de diversos sensores são imprescindíveis para o monitoramento urbano. Sensores como câmera de vídeo, detectores químicos ou até mesmo sensores acústicos se destacam nessa categoria. Um veículo pode alertar um outro sobre um possível acidente ou congestionamento através de uma mensagem que antes tratava-se de uma imagem que foi capturada da via depois processada e encaminhada. Uma peculiaridade nos nós das redes veiculares, e a capacidade de gerar uma taxa de dados superior as das redes de sensores tradicionais. O armazenamento de dados constante e seguro para uma recuperação posterior é um dos requisitos primordiais para esse tipo de aplicação. Além disso, é imprescindível protocolos de rede que sejam eficientes na retirada de dados de interesse, por exemplo, quando houver o encontro de todos os veículos em certa localização e dado período de tempo.
- Consumidor de dados: Nessa categoria, os veículos apresentam-se apenas como consumidores de dados ou conteúdo. Ao possuir recursos locais que possibilitem a transferência de uma grande quantidade de dados, esses veículos podem vir a se tornar um consumidor de conteúdo em potencial. Englobando vários tipos de dados os conteúdos consumidos pelos veículos, podem ir desde dados sobre as condições das vias à arquivos de multimídia.

Durante uma viagem o motorista e os passageiros podem lançar mão de aplicações dessa categoria para diversas finalidades, tais como auxílio à navegação e até mesmo entretenimento. Aplicações dessa categoria relacionadas à vídeos, músicas e aplicações sensíveis à localização destacam-se no auxílio da navegação e no entretenimento dos ocupantes dos veículos.

- Consumidor e produtor de dados: Nessa classe de aplicações, os veículos são consumidores e produtores de conteúdo. Em se tratando de aplicações interativas, o destaque principal fica com os jogos, online ou não. Alguns autores propuseram um novo paradigma para esses jogos, isso após identificar os principais desafios possibilitando a utilização de jogos nas redes veiculares, esses paradigmas adaptam às limitações desse ambiente fazendo uso de suas características dinâmicas. Vídeo conferência são aplicações que pertencentes também a essa categoria. Retiradas e disseminação de dados sensíveis à localização são exigências de aplicações dessa categoria. Em ênfase, é indispensável para aplicações interativas uma comunicação em tempo real entre os veículos.
- Intermediário: A confiança em veículos intermediários é primordial em todas as categorias de aplicações descritas anteriormente. Com a tarefa de armazenar, encaminhar dados ou consultas para outros, um dado veículo pertencente a um grupo pode cooperar para aumentar a qualidade do desempenho das aplicações no grupo todo.

Em resumo, a análise de requisitos deve ser realizada caso a caso, pois as aplicações de conforto abrangem um grande percentual de aplicações, que mesmo pertencentes a mesma categoria podem apresentar diferentes requisitos.

2.1.4. Padrão WAVE (IEEE 802.11p)

Em 2004, o IEEE iniciou a padronização das comunicações em redes veiculares dentro do grupo de trabalho IEEE 802.11. O padrão, ainda em fase de desenvolvimento, é conhecido como IEEE 802.11p *Wireless Access in the Vehicular Environment* (WAVE).

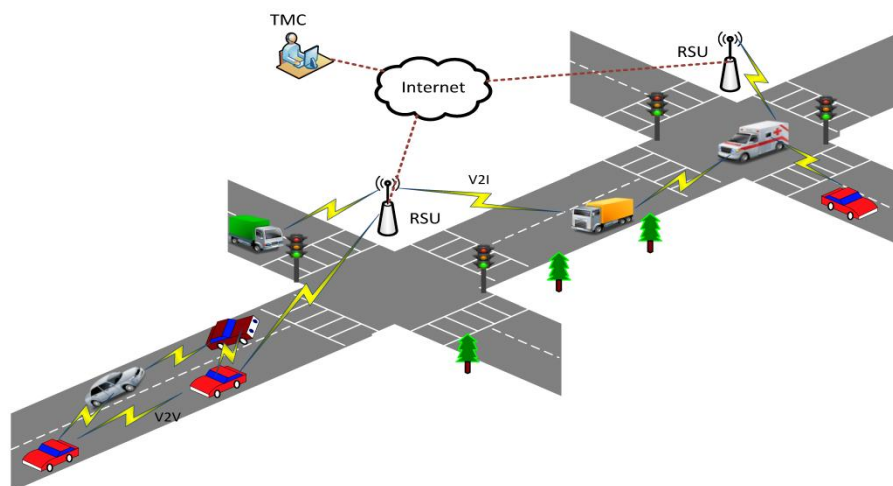


Figura 2.1: Cenário veicular Protocolo 802.11p WAVE (Unai Hernandez-Jayo et al. 2014)

O objetivo principal do 802.11p WAVE é prover um conjunto padronizado de interface para que diferentes fabricantes de automóveis possam prover comunicação entre veículos ou entre veículos e infra-estrutura. É fundamental uma padronização para o desenvolvimento em uma escala global das redes veiculares, sendo que para a expansão do uso das redes veiculares é essencial que haja a interoperabilidade entre todos os dispositivos fabricados.

A arquitetura WAVE é definida em seis documentos: IEEE P1609.1, IEEE P1609.2, IEEE P1609.3, IEEE P1609.4, IEEE 802.11 e IEEE 802.11p. O padrão 802.11p, que tem como base o padrão de redes locais 802.11a, define as camadas físicas e de controle de acesso ao meio (MAC) para redes veiculares. Os padrões da família IEEE 1609 define outras camadas da pilha de protocolos da arquitetura WAVE, bem como características de Segurança.

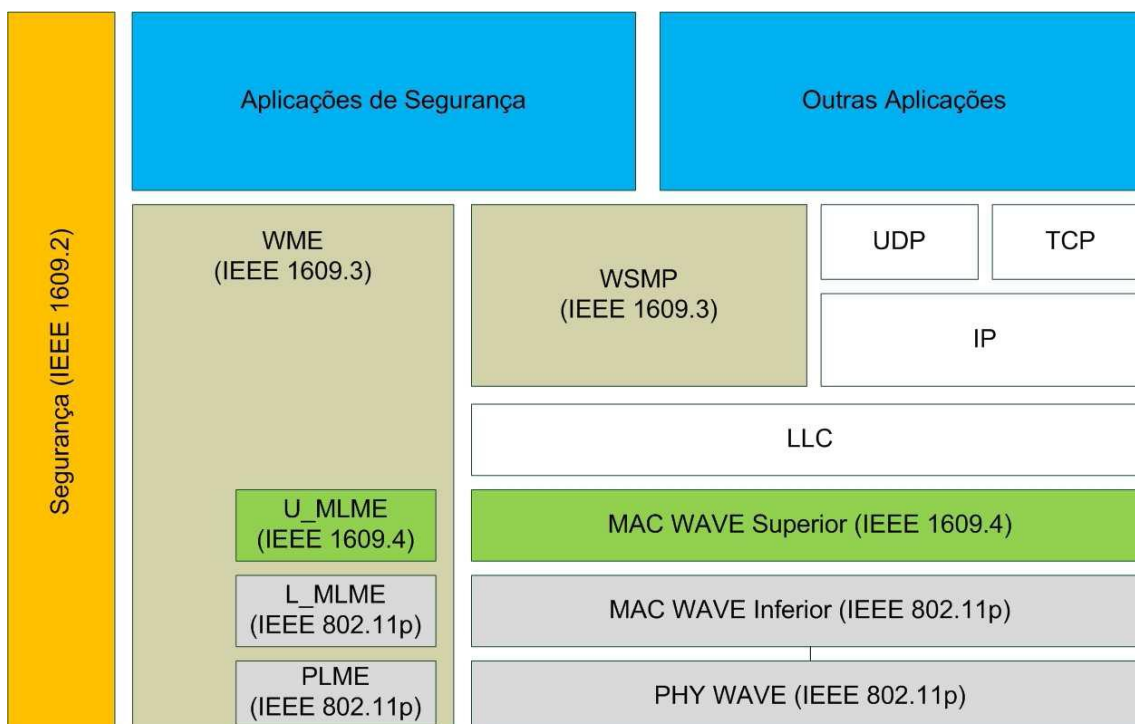


Figura 2.2: Pilha de Protocolo 802.11p WAVE (Alves et al. 2009)

A arquitetura WAVE é definida pelos padrões da família IEEE 1609, além do IEEE 802.11. O padrão IEEE P1609.1, trata da especificação de serviços e interfaces da aplicação de Gerenciamento de Recursos da arquitetura WAVE (IEEE 1609.1 2006). O objetivo principal desse padrão é permitir interoperabilidade completa de aplicações utilizando a arquitetura WAVE, visando a simplificação da unidade de bordo, aumentando o desempenho e reduzindo o custo. Por se tratar de uma aplicação WAVE, não é representado em sua arquitetura o Gerente de Recursos definido pelo padrão IEEE 1609.1.

O padrão IEEE 1609.2 define a pilha de segurança da arquitetura WAVE e o formato e processamento das mensagens (IEEE 1609.2 2006). Muitas aplicações para redes veiculares possuem uma natureza de segurança delicada tornando-se de essencial importância o uso de serviços especificados na arquitetura WAVE para proteger as mensagens de ataques maliciosos. Com a implementação da arquitetura WAVE em redes veiculares, cujos proprietários desses veículos particulares têm direito a privacidade, é de extrema necessidade que tais serviços de segurança sejam idealizados de modo a assegurar esse direito.

O IEEE P1609.3, especifica os serviços das camadas de rede e transporte, incluindo o endereçamento e o roteamento e é representada na arquitetura pela

Wireless Management Entity (WME) e pelo *Wireless Short Message Protocol* (WSMP). Compõe o escopo do padrão IEEE P1609.3 os protocolos *Transmission Control Protocol* (TCP), *Internet Protocol* (IP) e o *User Datagram Protocol* (UDP), assim como a camada de controle lógico (*Link Layer Control* –LLC).

O padrão IEEE P1609.4, define as modificações no padrão 802.11 para operar em múltiplos canais, as camadas físicas (PHYs), e a camada de acesso ao meio (MAC) (IEEE 1609.4 2006). É definido pelo padrão 1609.4, a utilização do canal de controle *Control CHannel* (CCH) e dos canais de serviços *Service CHannel* (SCH).

O padrão IEEE 802.11p é uma extensão da família de protocolos IEEE 802.11. O IEEE 802.11p se baseia principalmente na extensão “a” do IEEE 802.11, no entanto, opera na faixa DSRC de 5,9 GHz.

No padrão IEEE 802.11, a comunicação de um conjunto de estações através de um ponto de acesso (AP) é denominada um conjunto básico de serviço, ou BSS (Basic Service Set). Atuando como controlador de acesso de recursos e serviços do AP, o conjunto BSS também permite que uma interface de rádio filtre os quadros transmitidos por outras estações que não o pertença.

Para ingressar em um BSS, uma estação deve detectar primeiramente o AP através de sondas transmitidas por ele, e então executar diversas etapas incluindo processo de autenticação e associação. Com um procedimento iterativo semelhante ao modo ad hoc de operações estabelece um IBSS (Independent BSS).

É através de um SSID (Service Set Identification) anunciada nas sondas que os usuários de uma rede IEEE 802.11 identificam um BSS. Por outro lado, um BSS é identificado por interface de rádio no nível MAC através do BSSID (BSS Identification), que é um campo da sonda com formato que se assemelha ao endereço MAC.

Sobre modificações na camada física o padrão IEEE 802.11p realiza poucas alterações em relação a camada física do IEEE802.11, de forma a minimizar as modificações necessárias no projeto de uma interface de rádio IEEE 802.11a. Se por um lado as modificações no padrão da camada MAC na maioria das vezes acarretam modificações de *software*, na extensão IEEE 802.11p procurou-se evitar modificações significante na camada física, no intuito de não necessitar de novas tecnologia de radiotransmissão, por exemplo, como novas técnicas de modulação.

Conforme Alves et al. (2009), A camada física do IEEE 802.11p realizou três principais alterações em relação ao IEEE 802.11a. A primeira, no IEEE 802.11p os

canais contam com largura de 10 MHz em vez dos 20 MHz definidos no IEEE 802.11a. com a utilização de canais mais estreitos, busca-se compensar o maior espalhamento do atraso RMS previstos em ambientes veiculares. A segunda modificação diz respeito a restrições impostas por requisito de desempenho do receptor de radio em relação ao IEEE 802.11a, especialmente no que diz respeito à rejeição de canais adjacentes.

Espera-se desta forma, a redução de interferência entre canais, problema de grande relevancia em um cenário com grande densidade de veículos. A terceira modificação, específica à utilização do rádios IEEE 802.11p no EUA, no aspecto DSRC, determina quatro máscaras de transmissão dedicadas a quatro classes de operação distintas.

2.1.5. Padrão IEEE 802.11g

A norma 802.11g foi introduzida no ano de 2003 e uma das particularidades que a tornaram desvantajosa foi o facto de ser mais cara do que a norma antecedente, 802.11b. Contudo, esta norma é a primeira que introduz uma velocidade de transmissão de dados de 54 Mb/s e permite um suporte a vários utilizadores. Para além disso, utiliza uma banda de frequências de 2.4 GHz que sofreu uma alteração.

Com estas modificações, ocorreu um aumento da extensão de dados, o que lhe permitiu que o alcance do sinal fosse maior e não fosse tão facilmente obstruído. Contudo, esta alteração da norma não implica que os aparelhos, como telemóveis e micro-ondas não incomodem a transmissão de informação pois operam perto dessa banda de frequências.

Desta forma, uma das maiores vantagens desta norma é a sua versatilidade e compatibilidade com as normas estabelecidas previamente. Isto é, os pontos de acesso que operam com a norma 802.11g são conciliáveis com os adaptadores de redes sem fios que se regem pelas normas previamente em vigor (802.11a e 802.11b) (IEEE Std 802.11g. 2003).

3. Trabalhos Correlatos

Durante os estudos para referenciar e embasar teoricamente este trabalho, foram localizadas algumas literaturas que também tratam da proposta de aperfeiçoamento da qualidade da comunicação de redes veiculares.

Dentre elas, podemos citar o trabalho de Mateus (2010), que estuda e analisa o impacto da densidade veicular, da carga da rede e da mobilidade no desempenho de protocolos de roteamento para redes veiculares. Tal estudo basea-se na análise através de simulações para fornecer diretrizes para os projetistas de redes veiculares desenvolverem protocolos de roteamento eficazes, capazes de se adaptar aos cenários urbano e de rodovia. Para alcançar seu objetivo, lançou mão em analisar quatro protocolos existentes na literatura em cenários urbano e rodoviário, onde dois eram voltados exclusivamente para redes veiculares e os outros dois tradicionais de redes ad hoc. Obteve como conclusão de seu trabalho que os protocolos de roteamento ainda precisam evoluir para alcançar um desempenho satisfatório. Contudo, alguns pontos relevantes a respeito da deficiência dos protocolos foram observados como: necessidade de uso de métricas contendo informações de cenários variados e a necessidade de um mecanismo que controle a sobrecarga da rede.

Outro trabalho encontrado, é o de Almeida et al (2018). Este tem como proposta comparar uma possível equivalência de medições reais envolvendo cenários V2I e V2V. Para isso, confrontou-se os resultados obtidos por meio de OBUs e RSUs, com os obtidos pelo simulador NS-3, analisando três métricas: alcance máximo, taxa de entrega de pacotes e o tempo entre recepções de pacote. Foi analisado também o comportamento de diferentes tipos de modulações permitido pelo padrão e de diversos padrões de mobilidade.

Os resultados revelaram que apenas a modulação associada à taxa de 6 Mbps oferece um alcance satisfatório de 700 m em ambos os ambientes, o que sugere o uso de baixas taxas em relação a comunicações de longo alcance. Nas outras modulações, o alcance foi maior no mundo real. Notou-se também uma degradação

da PDR (*Packet Delivery Rate*), nas simulações com o aumento da velocidade, enquanto que nas medições reais isso não foi observado. As diferenças encontradas nos resultados dos dois ambientes indicam a necessidade do aprimoramento dos modelos usados em simulações de redes veiculares.

Em Jafari et al. (2012), os autores investigam o impacto do aumento da velocidade (80 km/h a 130 km/h) e do tamanho do pacote (250 a 1.000 B) integrando um modelo de mobilidade realística no simulador NS-2. Foram medidas a taxa de transferência de pacotes, o atraso fim-a-fim e a taxa de perda de pacotes (*Packet Loss Rate – PLR*). Os resultados apontam que veículos a até 138 m do transmissor podem receber dados. A esta distância, as diferentes velocidades não afetam os resultados. Um compromisso entre o tamanho dos pacotes com o atraso fim-a-fim e a taxa de transferência foi identificado.

Santos, G. (2016) apresenta uma avaliação por meio do simulador NS-3, dos protocolos de roteamento DSDV, AODV e OLSR, quando aplicados a redes de comunicação veicular. Onde foram analisados os parâmetros de taxa de entrega de pacotes (PDR), *goodput*, *routing overhead* e atraso de entrega, em diferentes condições de densidade da rede e velocidade de deslocamento dos Nós (veículos).

Os resultados das simulações mostraram que tanto em condições de baixa densidade quanto em cenários com baixa velocidade de deslocamento, os protocolos DSDV e OLSR possuem um desempenho superior ao protocolo AODV. Porém com o aumento da quantidade de Nós e também em condições de aumento da velocidade os protocolos DSDV e AODV, são diretamente afetados e tem suas performances reduzidas. Sendo o protocolo OLSR o qual apresentou os melhores resultados, seja sob a influência do aumento densidade ou da velocidade, isto devido a sua boa característica de gerenciamento.

Menani, P. A. (2018) apresenta um trabalho que visa a implementação de um método já existente de transmissão de vídeos em redes veiculares DASH (*Dynamic Adaptive Streaming over HTTP*) e baseado nessa implementação, foram feitas análises estatísticas para chegar a uma conclusão em relação ao QoE (*Quality of Experience*) e QoS (*Quality of Service*) deste método para o usuário final.

O trabalho concluiu que o algoritmo do DASH se comporta melhor em cenários menos densos, mesmo que estes apresentem um dinamismo de movimento maior, como nos cenários de auto estradas. Porém, pode ter seu desempenho prejudicado quando aplicado em ambientes mais densos e com um dinamismo maior de nós na rede, como nos cenários urbanos. Apresentou também um melhor desempenho na transmissão de vídeos com maior duração.

Junior et al. (2017), apresenta um mecanismo baseado em teoria dos jogos para formação de pelotão denominado de TJ2P, o qual possibilita a transmissão de vídeo com suporte a QoE em redes veiculares. O mecanismo TJ2P Seleciona Veículos com velocidade similares e uma distância aproximada para a formação de pelotão. O referido trabalho teve como resultados em suas simulações um eficiente desempenho do mecanismo TJ2P em garantir a transmissão de vídeo com QoE adequado, sem o aumento do consumo de combustível e a emissão de CO₂, em comparação aos protocolos BLR e XLinGO.

4. Simulações e Resultados

Para a finalidade deste trabalho, em estabelecer uma avaliação comparativa de desempenho dos padrões de rede na transmissão de vídeos, em um ambiente de redes veiculares já anteriormente abordados na seção 2.1, utilizou-se a versão 2.35 do software de simulação Network Simulator 2 (NS-2). Desta forma, por intermédio de estipulações métricas, a simulação permitiu moldar a rede de acordo com suas especificidades e realizar a análise da qualidade dos vídeos transmitidos em cada padrão de rede.

4.1. Ambiente de Simulação

O NS-2 é um simulador de eventos discretos de código fonte aberto, permitindo que sejam feitas as modificações necessárias para satisfazer às características da rede. A ferramenta abrange a um grande número de tecnologias de rede, tanto cabeadas quanto tecnologias sem fio, cenários distintos com base em protocolos TCP e UDP, perfis de tráfego, políticas de fila, dentre outros.

O simulador lançar mão de duas linguagens de programação para compor as simulações. Para construção de sua estrutura básica (e.g., agentes, protocolos, etc.), é aplicada a linguagem orientada a objetos C++, que apresenta maior praticidade e velocidade na implementação desses recursos, aprimorando o desempenho da memória também. Já para interface com o usuário, definição de parâmetros e manipulação de objetos, faz-se uso da linguagem OTCL (Objectoriented Tool Command Language), que por ser interpretada, facilita as corriqueiras modificações de ajustes nos parâmetros que são configurados nos *scripts*, necessários para simular o cenário, sem a necessidade de recompilar.

Nos *scripts*, o usuário define os parâmetros da rede, como: topologia, protocolos, agentes, modelo de bateria, de transmissão, padrão de tráfego e movimentação. Depois de executados, os *scripts* dão origem arquivos de *trace* contendo os dados da simulação, que posteriormente poderão ser analisados. O NS-2 também conta com um visualizador de simulações Network Animator (NAM), que produz uma animação da topologia da rede.

O simulador possui alguns protocolos de roteamento desde a sua instalação, a exemplo do AODV, sendo o protocolo adotado neste trabalho. Da mesma forma, o NS-2, possui em sua base de instalação suporte necessário para atender diversos tipos de tecnologia de padrões de rede, ponto crucial para a elaboração e desenvolvimento deste trabalho.

4.1.2. Descrição dos Cenários

Para as simulações, foi utilizado apenas um tipo de topologia para se obter com precisão o desempenho de cada padrão. Neste ambiente, como mostra a Figura 4.1, os nós foram distribuídos aleatoriamente por uma área de tamanho 600x300 metros, visando simular um cenário cotidiano de trânsito de centros urbanos. Inicialmente os nós apresentavam uma distância no eixo X de 150 metros e no eixo Y de 100 metros entre si, tendo com nó transmissor o nó (0) e receptor final o nó (9). A ferramenta utilizada para visualizar o cenário simulado foi o NAM Console v1.15, recurso este disponível no NS-2.

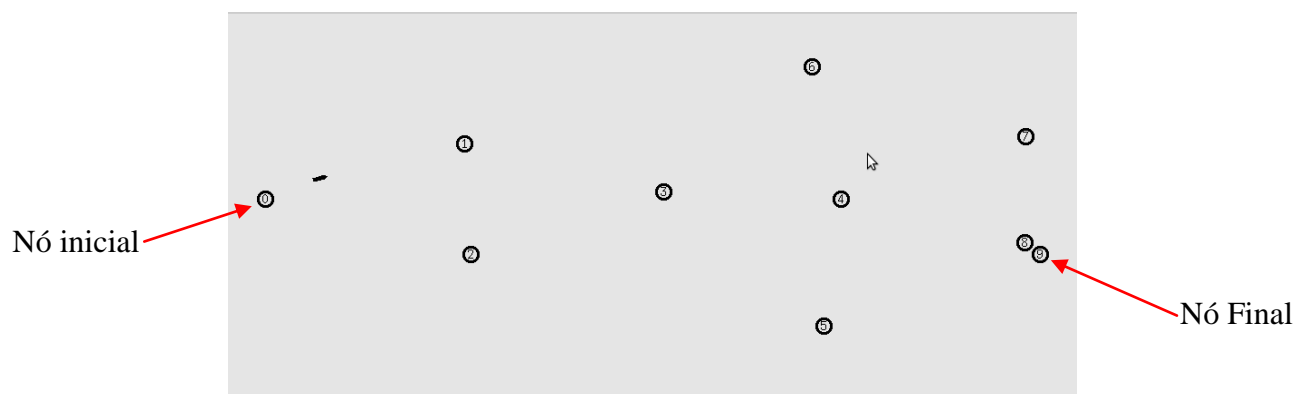


Figura 4.1: Cenário com 10 nós aleatoriamente distribuídos.

Com o auxílio do programa de artes gráficas CorelDRAW, traçamos algumas linhas para que tivéssemos uma visão melhor do ambiente simulado Figura 4.2, uma vez que o NAM não nos possibilita tal recurso.

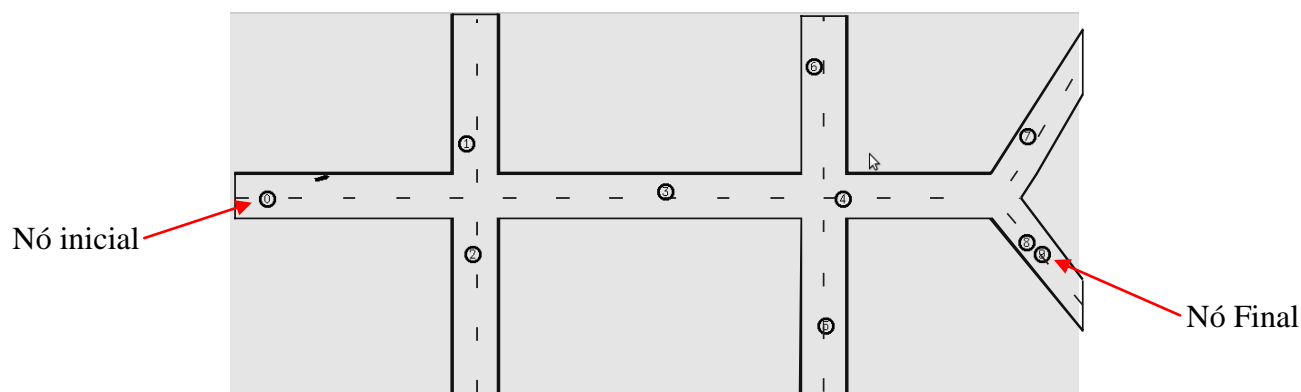


Figura 4.2: Cenário traçado para uma melhor compreensão.

A rede foi simulada de acordo com as definições dos padrões IEEE 802.11g e IEEE 802.11p, utilizando-se de tráfego o *myevalvid*, e pacotes com 1052 bytes de tamanho. Filas do tipo *DropTail* com limite máximo de 5000000000 pacotes também foram definidas. Para o modelo de propagação de ondas de rádio, adotou-se o *TwoRayGround*, que considera tanto o caminho direto de comunicação quanto as reflexões do solo. O protocolo de roteamento empregado foi o AODV e, mantemos estáveis a quantidade de nós.

As simulações foram inicialmente executadas considerando o padrão 802.11g. Posteriormente, aplicou-se o padrão 802.11p para compará-los.

Área	600x300 m
Tempo de Simulação	67s
Quantidade de Nós	10
Tipo de Tráfego	Myevalvid
Tamanho de Pacotes	1052 bytes
Tipo de Antena	Omnidirecional
Energia inicial dos nós	400J

Tabela 4.1: Configurações básicas da simulação.

4.1.3. Configuração da Velocidade dos nós

Segundo Hernandez et al. (2015). O aumento da velocidade dos nós influi negativamente no estabelecimento de caminhos de comunicação em redes móveis ad hoc, particularmente em redes veiculares. Sendo assim definimos três

parâmetros de velocidade para serem submetidos em nossas simulações conforme Tabela 4.2.

Velocidade Baixa	Abaixo 5 m/s
Velocidade Média	Entre 5 m/s e 10 m/s
Velocidade Alta	Acima 10 m/s

Tabela 4.2: Parâmetros de velocidade estabelecido

De acordo com Junior et al. (2008). É considerado de baixa mobilidade ou velocidade, nós que apresentam mobilidades inferior a 5 m/s, de média mobilidade nós que estão acima de 5 m/s e inferior a 10 m/s e alta mobilidade nós que estão a partir de 10 m/s.

4.2. Parâmetros Estabelecidos

Com o cenário definido e as velocidades dos nós estabelecidas, as simulações tiveram como objetivo a transmissão de um arquivo de vídeo, contendo 298 frames, onde inicialmente o mesmo é codificado resultando em um arquivo *st_a01* (*Source_Video_Trace*) que é o arquivo de rastreamento de vídeo que contém as informações sobre cada quadro do vídeo e será usado pelo ns-2 como fonte de tráfego. Após a simulação, o ns-2 criará dois arquivos, *sd_a01* (*Send_time_file*) e *rd_a01* (*Recv_time_file*) (o nome do arquivo usado no arquivo *tc1*), que registram o tempo de envio e o tempo de recebimento de cada pacote, respectivamente.

Para reconstruir o vídeo transmitido como ele é visto pelo receptor, os arquivos de vídeo e rastreo são processados pelo etmp4 (Avaliar traços da transmissão do arquivo MP4): Isso gera um arquivo de vídeo (possivelmente corrompido), no qual todos os quadros perdidos ou corrompidos são excluídos da trilha de vídeo original.

O vídeo reconstruído também demonstrará o efeito do jitter introduzido durante a transmissão de pacotes. O etmp4 também cria alguns outros arquivos, que estão listados abaixo: *loss_bus_cif_recv.txt* contém I, P, B e a perda total de quadros em porcentagem. *delay_bus_cif_recv.txt* contém frame-nr, lost-flag, atraso de ponta a ponta, remetente de lacuna inter-frame, receptor de gap inter-frame e jitter cumulativo em segundos. *rate_s_bus_cif_recv.txt* contém tempo, bytes por segundo

(intervalo de tempo atual) e bytes por segundo (cumulativos) medidos no emissor e no receptor.

Por fim o vídeo recebido e decodificado para o formato yuv.

Utilizando-se da ferramenta especializada em métricas de qualidade de vídeo MSU, obtivemos os valores de PSNR, VQM e SSIM, referentes a cada simulação, os quais foram de suma importância para o objetivo deste trabalho.

4.3. Análise de Resultados

Nesta seção, os resultados comparativos entre as métricas de qualidade de vídeo (PSNR, VQM e SSIM), obtidos através das simulações referentes aos dois padrões citados anteriormente, são expostos por meio de gráficos. Porém, durante as simulações notou-se um comportamento divergente entre os dois padrões, no que diz respeito a quantidade de frames de vídeo entregues ao receptor, com relação ao aumento da mobilidade dos nós. Dados esses também ilustrados em gráficos.

4.3.1. Análise das Métricas de QoE

Aqui são apresentados os gráficos que ilustram o comparativo do comportamento de cada padrão, conforme os parâmetros de velocidade estabelecidos para os nós em cada simulação. São também expostos os gráficos de entrega de frames de vídeo ao receptor.

4.3.1.1. Simulações em Baixa Velocidade dos nós

Neste primeiro momento foram realizadas simulações de transmissão de um arquivo de vídeo, originalmente contendo 298 frames, com a velocidade dos nós abaixo de 5 m/s, considerada baixa velocidade. Após as simulações observamos que padrão P transmitiu o vídeo na íntegra já o padrão G transmitiu apenas 184 frames. Submetidos os resultados das simulações a avaliações de métricas de QoE temos: Na Figura 4.3, é comparado graficamente o desempenho dos dois padrões estudados através dos valores de PSNR de cada um, onde notamos um desempenho superior do padrão P em aproximadamente 37,5% em relação ao

padrão G que obteve o valor de 26,9, considerada uma qualidade de vídeo muito ruim.

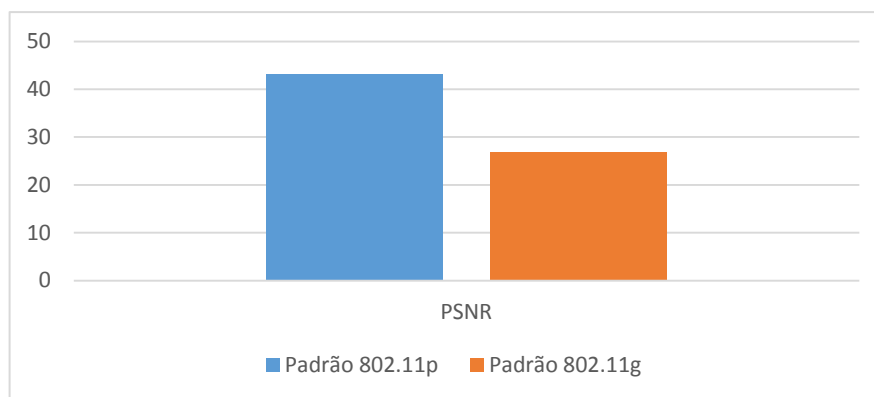


Figura 4.3: Gráfico com os valores de PSNR em baixa velocidade

A métrica SSIM é baseada no modelo visual humano e assume que as imagens são altamente estruturadas, e estas dependência contêm informações muito importantes relativas à estrutura do objeto. Compara cada quadro das sequências de vídeo original e vídeo degradado para qualificar a degradação sofrida.

O Índice SSIM é baseado na medição de três componentes (similaridade de luminância, similaridade de contraste e similaridade estrutural) e combinando-os no valor do resultado. A Figura 4.4, exibe o gráfico dos valores de SSIM que quanto mais se aproxima de 1 melhor a qualidade do vídeo, notamos então que o padrão P mais uma vez se sobressai em relação ao G sendo uma diferença de aproximadamente 0,4 conforme a figura.

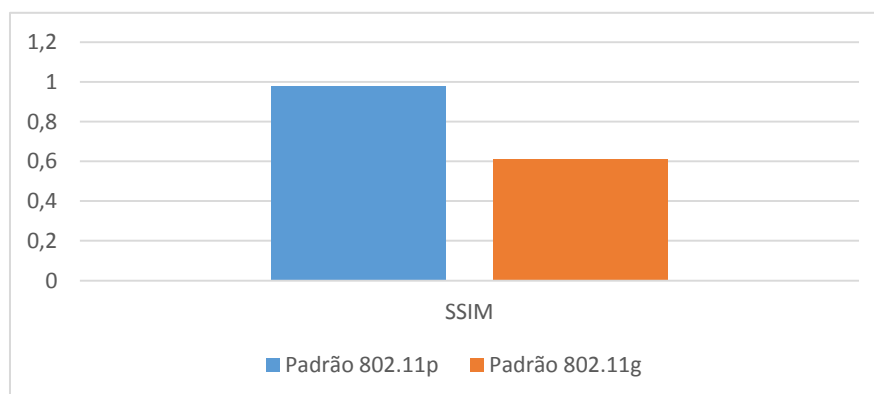


Figura 4.4: Gráfico com os valores de SSIM em baixa velocidade

O VQM utiliza a transformada discreta de cosseno (DCT – Discrete Cosine Transform), e tem como entradas o vídeo original e o vídeo degradado para avaliar a qualidade de vídeo. Na Figura 4.5, quanto mais o valor do VQM se aproxima de 5 pior e a qualidade do vídeo, então percebemos que o padrão G apresenta novamente uma qualidade inferior em seus vídeos transmitidos em relação ao padrão P.

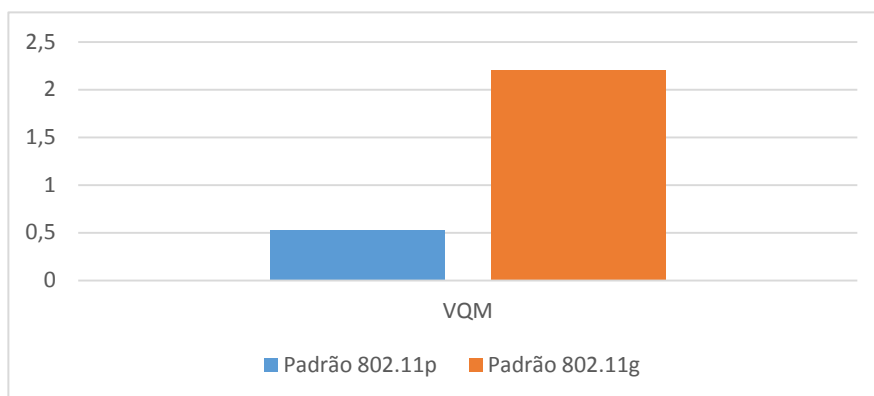


Figura 4.5: Gráfico com os valores de VQM em baixa velocidade

O arquivo de vídeo foi definido com uma frequência de quadros de 30 frames por segundo, onde percebemos que o vídeo trabalhado continha 298 frames em seu total, e que o padrão P transmitiu todos os frames, apesar das perdas de pacotes ocorridas durante a simulação as mesmas não interferiram na qualidade do vídeo a ponto de ser perceptível ao olho humano. Em contrapartida o padrão G além de não apresentar uma boa qualidade em seus vídeos transmitidos, ele também só foi capaz de transmitir 184 frames. Na Figura 4.6, o gráfico faz um comparativo do número de frames que foram entregues ao receptor final de cada simulação.

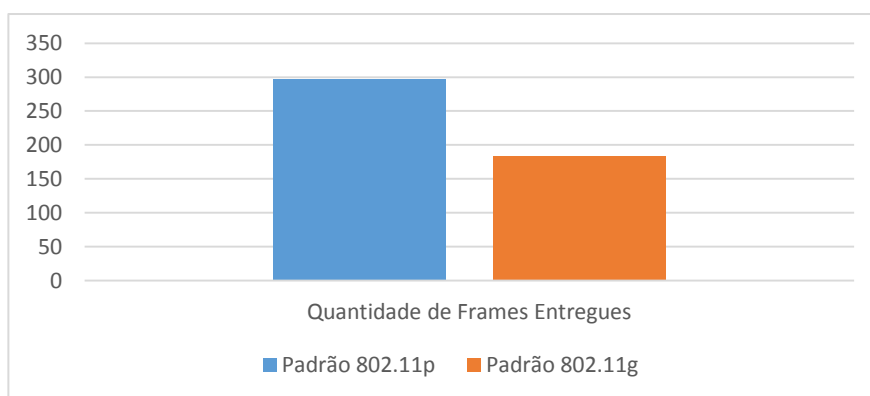


Figura 4.6: Gráfico com a quantidade de frames entregues após as simulações em baixa velocidade

4.3.1.2. Simulações em Média Velocidade dos nós

Neste segundo momento onde a velocidade dos nós está entre 5 e 10 m/s considerada média velocidade temos os seguintes resultados: Na Figura 4.7, fica evidente a influência da velocidade nas simulações, onde presenciamos que o padrão G sofre com perda de qualidade no vídeo transmitido, aumentando para aproximadamente 40,9% a diferença em relação ao padrão P, que não sofreu alterações com o aumento da velocidade mantendo seu valor de PSNR aproximadamente em 43,05, considerado de ótima qualidade.

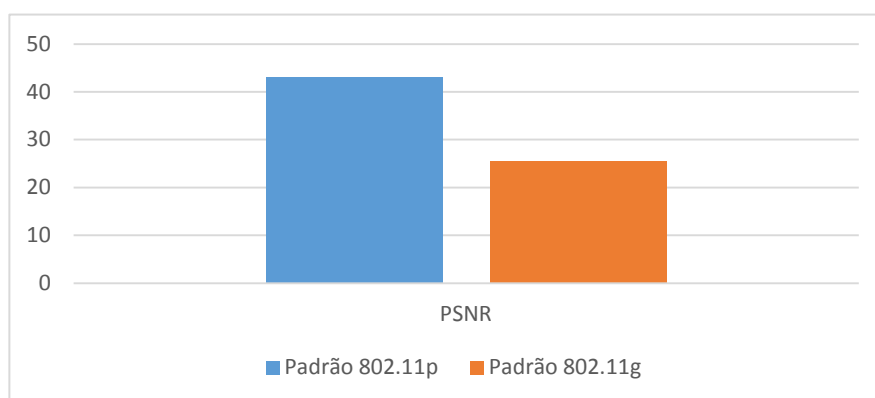


Figura 4.7: Gráfico com os valores de PSNR em média velocidade

As peculiaridades do ambiente das redes veiculares ficam cada vez mais evidenciada em cada simulação. Na Figura 4.8, observamos graficamente que padrão P se mantém estável com relação a simulação anterior mesmo com variação da velocidade, no entanto o padrão G sofre uma diminuição no valor do SSIM que em baixa velocidade era de aproximadamente 0,61 como o aumento da mesma decaiu para aproximadamente 0,58.

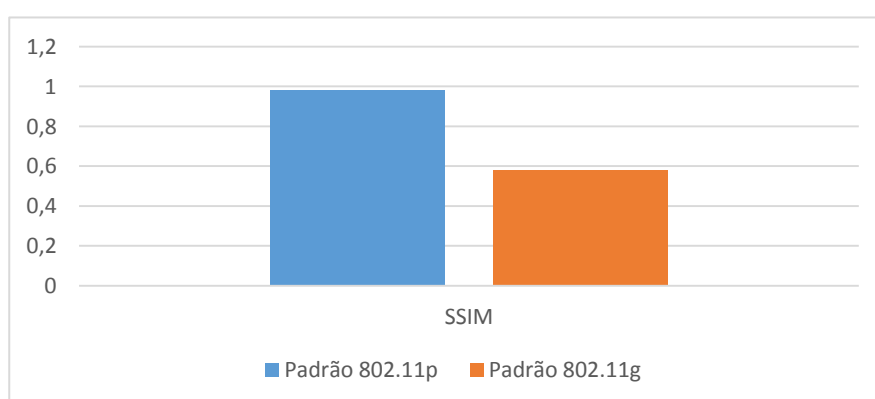


Figura 4.8: Gráfico com os valores de SSIM em média velocidade

Como já vimos anteriormente a escalada do valor da métrica de VQM só tende a comprometer a qualidade do vídeo entregue ao receptor final. A Figura 4.9, nos mostra que os resultados obtidos com as simulações em média velocidade dos nós, não se difere dos resultados das métricas anteriores onde o padrão P não sofre alteração mantendo-se com o valor de VQM em 0,52775 já o padrão G aumenta o seu valor de aproximadamente 2,2 em baixa velocidade para 2,3 em média velocidade.

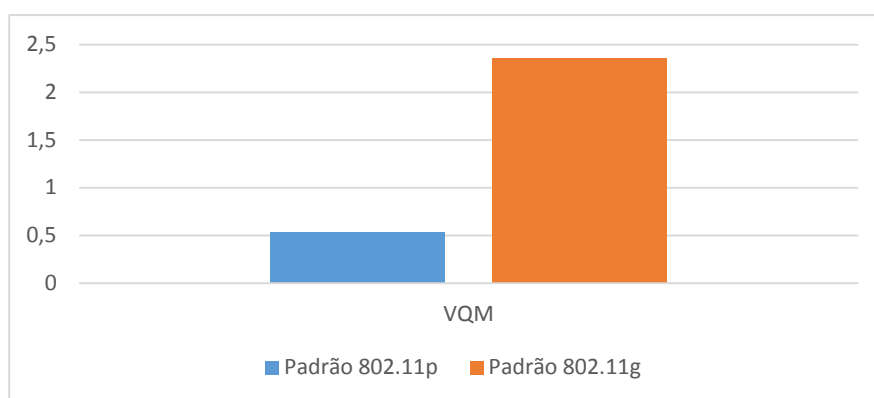


Figura 4.9: Gráfico com os valores de VQM em média velocidade

Por fim a Figura 4.10, vem ratificar a interferência sofrida nas simulações com o aumento da velocidade, onde o gráfico ilustra que o padrão P se manteve intacto transmitindo todos os 298 frames, já o padrão G sofreu um pouco mais com o aumento da velocidade reduzindo para 174 frames transmitidos.

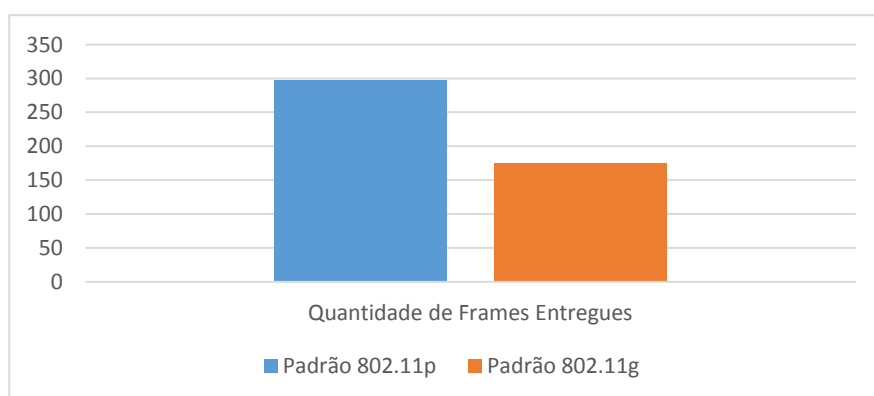


Figura 4.10: Gráfico com a quantidade de frames entregues após as simulações em média velocidade

4.3.1.3. Simulações em Alta Velocidade dos nós

No terceiro momento das simulações onde os nós foram implementados com velocidade de deslocamento acima de 10 m/s, considerado alta velocidade. A Figura 4.11, mostra que o padrão P ainda se mantém estável e o padrão G continua tendo perdas, um pouco menos acentuadas no valo do seu PSNR.

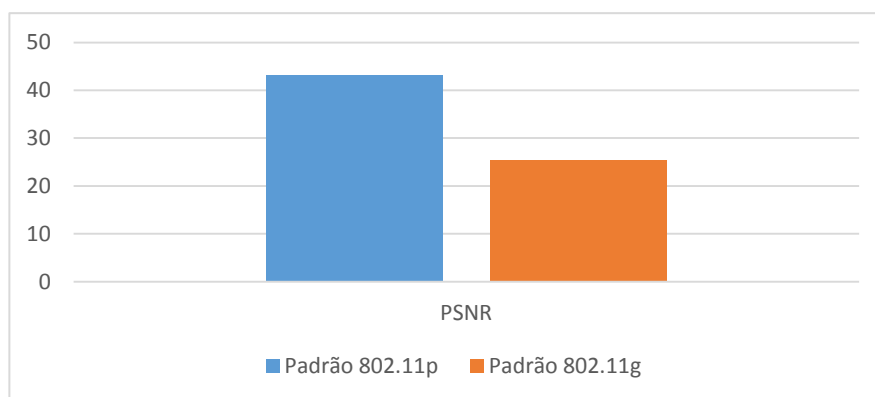


Figura 4.11: Gráfico com os valores de PSNR em alta velocidade

A partir da comparação do vídeo de referência do vídeo distorcido como citado anteriormente. A Figuras 4.12, nos mostra o valor de SSIM em alta velocidade dos nós, onde o gráfico confirma a estabilidade do padrão P com valor de 0,97925 a degradação menos acentuada na qualidade do vídeo transmitido pelo padrão G com o valor de 0,576963973, onde anteriormente era de aproximadamente 0,578

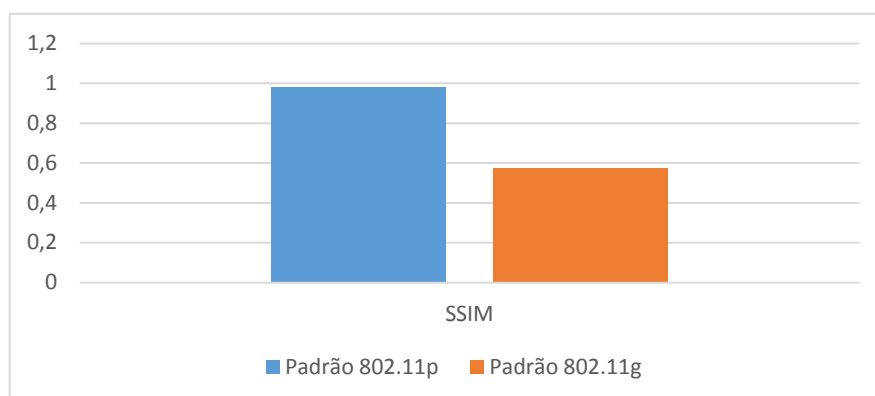


Figura 4.12: Gráfico com os valores de SSIM em alta velocidade

Na Figura 4.13, o gráfico demonstra que padrão P apesar do aumento da mobilidade dos nós se mantém estável com o valor de VQM em 0,52775 já o padrão

G continua a perder qualidade, bem menos acentuada passando de 2,355873926 para 2,355874195. Apesar de ser uma mudança considerada desprezível o fato é que a variação da velocidade dos nós continua a interferir na qualidade do vídeo transmitido.

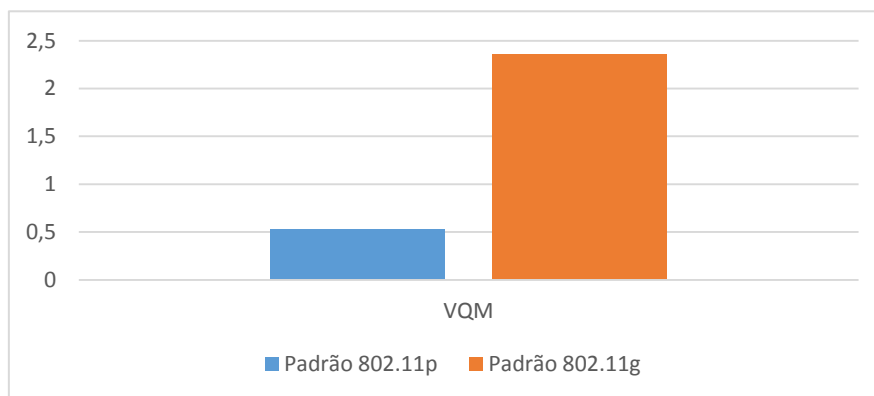


Figura 4.13: Gráfico com os valores de VQM em alta velocidade

Como acompanhamos no decorrer dos resultados das simulações, o padrão G muito tem sofrido com o aumento da velocidade dos nós na rede, no entanto com a velocidade acima de 10 m/s, considerada em nosso trabalho de alta velocidade na Figura 4.14, o gráfico mostra que houve uma estagnação e que as quantidades de frames transmitidos se mantiveram as mesmas comparadas com as simulações consideradas de média velocidade, o padrão P com 298 frames e o padrão G com 174 frames transmitidos.

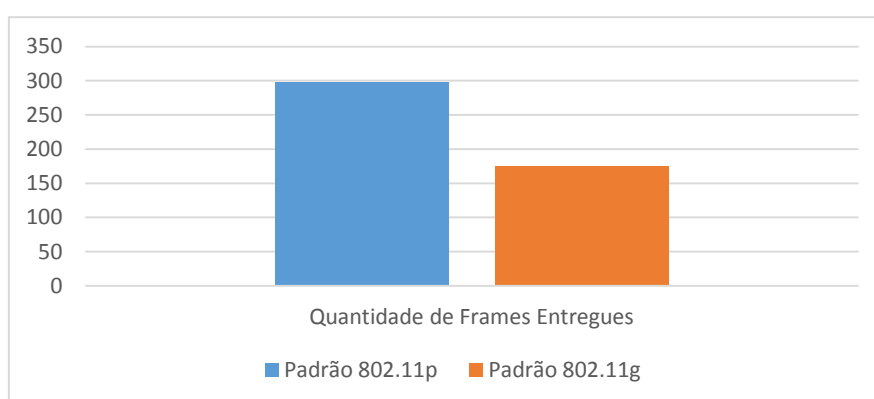


Figura 4.14: Gráfico com a quantidade de frames entregues após as simulações em alta velocidade

5. Conclusão

Este trabalho apresentou uma comparação entre os resultados das avaliações dos padrões IEEE 802.11g e IEEE 802.11p obtidos por meio de simulações realizadas no NS-2 e avaliações de métricas de QoE utilizando a ferramenta MSU. O objetivo era avaliar o desempenho dos padrões em diferentes situações de mobilidade dos nós em um cenário envolvendo comunicação do tipo V2V, com o intuito de desbravar novas alternativas que viesse a contribuir no avanço em simplificar a implementação de redes veiculares.

As simulações foram realizadas em um único cenário com a transmissão de um arquivo de vídeo. Por haver semelhança entre os padrões estudados, a velocidade dos nós foi definida como fator crucial para a análise. Desta forma para ambos os padrões simulados variou-se a velocidade em três estágios: abaixo de 5 m/s, entre 5 e 10 m/s e acima de 10m/s.

Diante da execução de diversas simulações, os resultados obtidos mostraram relevantes diferenças no desempenho de um padrão com relação ao outro. Enquanto que o padrão IEEE 802.11p, praticamente não sofreu perda de qualidade na transmissão do vídeo, o padrão IEEE 802.11g, nem ao menos conseguiu transmitir o vídeo por completo.

A partir da análise dos resultados, concluiu-se que o padrão IEEE 802.11g apresentou um pior desempenho quando confrontado ao padrão IEEE 802.11p, justamente por não apresentar uma estrutura adequada para o ambiente de redes veiculares, o qual acabou sofrendo grandes perdas de desempenho que foram influenciadas principalmente pela ação do efeito Doppler que segundo Almeida et al (2018). Para qualquer modulação, ao aumentar a velocidade do veículo há uma degradação das métricas avaliadas.

Este resultado pode ser atribuído ao impacto provocado pelo efeito Doppler nas ondas emitidas por objetos em movimento.

Por apresenta uma estrutura mais adequada para o ambiente de redes veiculares o padrão IEEE 802.11p, obteve melhor resultado não sofrendo tanto com os efeitos de interferências externas, pelos simples fatos das modificações de sua estrutura estudadas na seção 2.1.4, que trata das três principais modificações: a diminuição da largura de banda para 10 MHz compensando um maior espalhamento do atraso RMS previstos em ambientes veiculares, restrições impostas por requisito

de desempenho do receptor de rádio, no que diz respeito à rejeição de canais adjacentes visando a redução de interferência entre canais e por último, a utilização do rádio no espectro DSRC de 5,9 GHz, que determina quatro máscaras de transmissão dedicadas a quatro classes de operação distintas, proporcionando um maior alcance diminuindo por consequência o número de saltos tornando-se menos sensível a interferência externas como por exemplo o efeito Doppler.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, T. T., GOMES, L. C., ORTIZ, F. M., JUNIOR, J. G. R., COSTA, L. H. M. K. **Análise de Desempenho do IEEE 802.11p: Simulações versus Experimentos Reais**. Centro Federal de Educação Tecnológico de Minas Gerais (CEFET-MG), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – PEE/COPPE/GTA , 2018.

ALVES, R. S. A.; CAMPBELL, I. V.; COUTO, R. S.; CAMPISTA, M. E. M.; MORAES, I. M.; RUBINSTEIN, M. G.; COSTA, L. H. M. K.; DUARTE, O. C. M. B.; ABDALLA, M. **Redes Veiculares: Princípios, Aplicações e Desafios**. Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores – SBRC. 2009. p. 199- 254

Unai Hernandez-Jayo, Aboobeker Sidhik Koyampambil Mammu and Idoia De-la-Iglesia: **Reliable Communication in Cooperative Ad hoc Networks** – 2014. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/contemporary-issues-in-wireless-communications/reliable-communication-in-cooperative-ad-hoc-networks>> Acesso em: 11/03/2019 14:30.

CAVALCANTI, S. R. (2008). **Veer: Um Algoritmo de seleção de pares em rede ad hoc veicular**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

FESTAG, A.; NOECKER, G.; STRASSBERGER, M.; LUBKE, A.; BOCHOW, B.; TORRENT-MORENO, M.; SCHNAUFER, S.; EIGNER, R.; CATRINESCU, C.; KUNISCH, J. **Now-network on wheels: Project objectives, technology and achievements**. In: *Proceedings of 6th International Workshop on Intelligent Transpotations (WIT)*, Hamburg, Germany, 2008.

HARTENSTEIN, H e K. LABERTEAUX, **VANET Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies**. 1st Edn.,Wiley, USA. p.466, 2010.

Hernandez, D. A. B, Medeiros, D. S. V., Campista, M. E. M, Pedroza, A. C. P., **Uma Avaliação da Influência da Velocidade dos Nós no Estabelecimento de Caminhos em Redes Ad Hoc Veiculares**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Trabalho apresentado no XXXIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (2015).

IEEE Std 802.11g. (2003) IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and information Exchange between systems – Local and metropolitan area networks

IEEE1609.1, P. (2006). IEEE trial-use standard for wireless access in vehicular environments (wave) – resource manager. *IEEE Std 1609.1-2006*, pages c1-63.

IEEE1609.2, P. (2006). IEEE trial-use standard for wireless access in vehicular environments (wave) – security services for applications and management messages. *IEEE Std 1609.2-2006*, pages c1-105.

IEEE1609.3, P. (2007). IEEE trial-use standard for wireless access in vehicular environments (wave) – networking services. *IEEE Std 1609.3-2007*, pages c1-87.

IEEE1609.4, P. (2006). IEEE trial-use standard for wireless access in vehicular environments (wave) – multi-channel operation. *IEEE Std 1609.4-2006*, pages c1-74.

Jafari, A., Al-Khayatt, S., and Dogman, A. (2012). Performance evaluation of IEEE 802.11p for vehicular communication networks. In *Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP)*, 2012 8th International Symposium on, pages 1–5. IEEE.

Junior, J. J. J., Dias, K. L., Cerqueira, E. **Handover Transparente para Tráfego Multimídia em uma Arquitetura Integrada WIMAX/IP/MOLS Móvel**. Universidade Federal do Estado do Pará - Pará, Brasil, Universidade de Coimbra - Coimbra, Portugal. *Anais do 14º Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web (2008)*. Páginas 210-217

JUNIOR, W. L., ROSÁRIO, D., VILLAS, L. A., CERQUEIRA, E. **Mecanismo para Cooperação e Coligação de Veículos Baseados na Teoria dos Jogos para Transmissão de Vídeos em VANETs**. Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). XXXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. São Paulo, 2017.

KOSCH, T.; Local danger warbig based on vehicle ad hoc networks: Prototype and simulation In: *Proceedings of 1st International Workshop on Intelligent Transpotations (WIT 2004)*, 2004.

MATEUS, Bruno Góis, **Análise sobre o impacto da densidade veicular, da carga da rede e da mobilidade no desempenho de protocolos de roteamentos para Redes Veiculares**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará – Fortaleza, 2010

MENANE, P. A. **Transmissão de vídeo em VANETs utilizando a técnica DASH**. Bacharelado em Ciência da Computação. Universidade de São Paulo (USP) - São Paulo, 2018.

Mohammad S. Almalag (2009). **Vehicular Networks: From Theory to Practice, chapter Safety-Related Vehicular Applications**, pages 5[1-26]. Chapman & Hall/CRC

MORAES, Ana Luiza Dallora; XAUD, Arthur Fernandes dos Santos; XAUD, Marco Fernandes dos Santos. **Redes Ad Hoc Protocolos DSR, AODV, OLSR, DSDV**. gta.ufrj.br 2007. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/adhoc/index.html> Acesso em: 13/02/2018 15:19.

MOUSTAFA, H.; ZHANG, Y. *Vehicular Networks: Techniques, Standards, and Applications*. [S.l.]: Auerbach Publications Boston, MA, USA, 2009.

PEREIRA, W. (2007). **O Uso de Sistemas Inteligentes para o Aumento da Eficácia do Transporte Público por Ônibus: O Sistema de Bilhetagem Eletrônica**. PhD thesis, Dissertação de mestrado-Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro.

RAYA, Maxim e HUBAUX, Jean-Pierre The security of vehicular ad hoc networks.in **Proceedings** of ACM Workshop on Security of Ad Hoc and Sensor Networks (SASN), Novembro 2005.

SANTOS, G. Análise de desempenho dos protocolos de roteamento DSDV, AODV e OLSR, aplicados a uma rede de comunicação VANET. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Instituto Superior de Engenharia do Porto – ISEP, Cidade do Porto, Portugal 2016.

SEIGA, Marcos de Melo. **Integração das ferramentas VANETMOBISIM e NS-3 para simulação de redes VANETS**. Dissertação de Curso Superior em Tecnologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Medianeira 2013.

Soares, R., Galeno, S., and Soares, A. (2016). Simulação de redes veiculares. pages 19 – 43.

TAHA, M.M.I.; HASAN, Y.M.Y. VANET-DSRC Protocol for Reliable Broadcasting of Life Safety Messages. In: Proc. of the IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology. [S.l.: s.n.], 2007.

Uichin Lee, Ruan Cheung, and Gerla, M. (2009). *Vehicular Networks: From Theory to Practice*, Chapter Emerging Veicular Applications, pages 6[1-30]. Chapman & Hall/CRC.

Zeadally, S., Hunt, R., Chen, Y.-S., Irwin, A., and Hassan, A. (2012). Vehicular ad hoc networks (vanets): status, results, and challenges. *Telecommunication Systems*, 50(4):217–241.