

# Avaliação Exploratória da Disseminação de Vídeos para Aplicações *See-Through* em Redes Veiculares

Wellington Lobato Junior<sup>1</sup>, Joahannes Costa<sup>1</sup>, Eduardo Cerqueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará – UFPA  
Grupo de Estudos em Redes de Computadores – GERCOM  
Belém – Pará – Brasil

{wellington1, joahannes, cerqueira}@ufpa.br

**Abstract.** *Vehicular Ad Hoc Networks allow the exchange of information between vehicles and can aid in the behavior of drivers, increasing their safety and comfort in travel. This type of network provides a large number of applications that make use of multimedia content in real time. However, such applications require strict Quality of Experience (QoE) requirements. Some applications categorized in Driver Assistance use video and require requirements related to the driver's perception of that content. An example of such an application is See-Through, which assists motorists in overtaking without a wide field of view of the track. In this context, this article presents an exploratory evaluation that makes it possible to analyze the behavior of See-Through applications, taking into account the number of vehicles and the distances between them. The results demonstrate the inversely proportional relationship between the number of vehicles in the platoon and the quality of the video, as well as the distance between them. Thus, this should be taken into account as a limiting factor for such applications in vehicular networks.*

**Resumo.** *As Redes Veiculares Ad Hoc possibilitam a troca de informação entre os veículos e podem auxiliar no comportamento dos motoristas, aumentando sua segurança e conforto nas viagens. Esse tipo de rede fornece uma grande quantidade de aplicações que fazem uso de conteúdo multimídia em tempo real. Entretanto, tais aplicações exigem rigorosos requisitos de Qualidade de Experiência (QoE). Algumas aplicações categorizadas em Assistência ao Motorista utilizam vídeo e exigem requisitos relacionados a percepção do motorista em relação à esse conteúdo. Um exemplo de tal aplicação é o See-Through, que auxilia os motoristas na hora de realizar ultrapassagens sem um amplo campo de visão da pista. Nesse contexto, este artigo apresenta uma avaliação exploratória que possibilita analisar o comportamento de aplicações See-Through, levando em conta o número de veículos e as distâncias entre os mesmos. Os resultados demonstram a relação inversamente proporcional entre o número de veículos no pelotão e a qualidade do vídeo, assim como a distância entre eles. Assim, isso deve ser levado em consideração como um fator limitador para aplicações desse tipo em redes veiculares.*

## 1. Introdução

De acordo com dados da Polícia Rodoviária Federal [PRF 2018], em 2016 as ultrapassagens ilegais e excesso de velocidade ocasionaram cerca de 20% dos acidentes nas estradas.

A ultrapassagem é uma situação complexa e difícil de garantir segurança aos condutores, principalmente quando o veículo da frente obstrui totalmente o campo de visão do motorista que deseja efetuar a manobra. Nesse contexto, ultrapassar ônibus e caminhões se torna muito perigoso, e requer alta atenção, pois suas dimensões obstruem o campo de visão dos motoristas [Lattarulo et al. 2017]. Para lidar com tais situações, diversos Sistemas Avançados de Assistência ao Condutor (*Advanced Driver Assistance Systems - ADAS*) foram desenvolvidos.

As aplicações de ADAS consideram a colaboração entre motoristas e sistemas de controle, tal colaboração se dá pela troca de informações entre os veículos por meio das Redes Veiculares Ad Hoc (*Vehicular Ad Hoc Networks - VANETs*) [Wang et al. 2017]. Tais aplicações tem por objetivo aumentar o conforto e segurança dos motoristas [Pan et al. 2017]. Além do mais, utilizam sensores do próprio veículo para gerar um conhecimento das condições de trânsito [Jeong and Oh 2016]. Por exemplo, câmeras instaladas no para-brisa podem capturar imagens de acidentes, pedestres, veículos ou outros eventos que servem de informação para outros motoristas [Abdi et al. 2017].

Nesse contexto, *See-Through* é uma das aplicações de ADAS, a qual toma proveito da comunicação entre os veículos para disseminação de fluxos de vídeo, com propósito de prover maior segurança nas tomadas de decisão de ultrapassagem em situações de visão obstruída [Olaverri-Monreal et al. 2010]. Em aplicações de *See-Through*, o veículo mais a frente pode disseminar um vídeo em tempo real das condições da via em que está se locomovendo. O vídeo será recebido pelos carros que não podem observar o que está ocorrendo devido a falta de visibilidade. Os principais objetivos dessa aplicação são auxiliar na execução de manobras de ultrapassagem, diminuindo o risco de acidentes nas rodovias, e aumentar o tempo de resposta do motorista [Zhang et al. 2017].

Nas aplicações de multimídia em VANETs, especialmente as que tratam de vídeo, os motoristas e passageiros aguardam receber o conteúdo com alto nível de Qualidade de Experiência (QoE), independente das condições em que a rede se encontra [Tsolkas et al. 2017]. Ou seja, as aplicações de vídeo em VANETs devem saber lidar com aspectos de rede para que os usuários não fiquem sem consumir esse conteúdo [Immich et al. 2018, Quadros et al. 2017]. Vários trabalhos foram propostos para avaliar a transmissão de vídeos na comunicação Veículo para Veículo (*Vehicle-to-Vehicle - V2V*), sempre buscando atender aos requisitos mínimos de qualidade na entrega do vídeo [Liu et al. 2016].

Uma das formas de aumentar a QoE dos vídeos transmitidos e aumentar o tempo de contato entre os nós, pois o curto tempo de contato entre os veículos colabora para decaimento da QoE, é agrupando os veículos com mesmos interesses para que eles tenham mobilidade semelhante, organizando-os em um pelotão (*Platoon*). Os veículos mantêm fixos a distância entre eles e a velocidade de viagem, mitigando falhas de comunicação entre os mesmos [Jia et al. 2014]. Outros benefícios podem ser apontados, como a melhora da vazão dos veículos na rodovia, redução do consumo de combustível e emissão de gases poluentes, tais como o  $CO_2$  [Amoozadeh et al. 2015, Lobato et al. 2017].

Desta forma, este artigo realiza uma avaliação exploratória de aplicação *See-Through* no que se refere à transmissão multimídia, mais especificamente na QoE dos vídeos transmitidos por tal aplicação. A avaliação considera um pelotão de veículos com

velocidades e distâncias fixas, utilizando o modelo de Controle de Cruzeiro Cooperativo Adaptativo (*Cooperative Adaptive Cruise Control - CACC*), para controlar a mobilidade dos veículos. O modelo permite que o veículo se torne autônomo e que os carros cooperem transmitindo informações entre os integrantes de um mesmo grupo definido.

Resultados obtidos por simulação testificam que aumentando o número de veículos, ou nós, recebendo o mesmo vídeo causa a diminuição de até 60% na qualidade do conteúdo recebido pelos usuários. Esse decréscimo é muito significativo para esse tipo de aplicação, pois a percepção do usuário está relacionada a decisão de será tomada durante sua viagem, a porcentagem na degradação da imagem é cerca de 40%. Outras avaliações mostraram um acréscimo de 15% no número de colisões de pacotes de acordo com o número de veículos transmitidos pelo pelotão.

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma. A Seção 2 discute os principais trabalhos relacionados envolvendo aplicações *See-Through* para VANETs e quais as metodologias empregadas para avaliar a qualidade dos vídeos transmitidos. A Seção 3 apresenta o cenário de simulação, a metodologia, bem como os resultados obtidos. Por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões obtidas e apresenta apontamentos para trabalhos futuros.

## 2. Trabalhos Relacionados

Inúmeros trabalhos implementaram e/ou avaliaram o sistema *See-Through* em VANETs. Gomes et al. [Gomes et al. 2012] implementou o sistema em 2 veículos para avaliar o comportamento em um cenário real. Os autores avaliaram a qualidade dos vídeos transmitidos e se eles poderiam se encaixar nos requisitos de segurança. Também foi avaliado o atraso fim a fim e a percepção da imagem pelos usuários durante a transmissão. O comportamento do vídeo foi avaliado em dois cenários, sendo o primeiro estático com os nós parados, e o segundo dinâmico com os nós em movimentação. Os autores não avaliam métricas de QoE para o vídeo transmitido.

Olaverri-Monreal et al. [Olaverri-Monreal et al. 2010] também desenvolveu um sistema *See-Through*, construindo um simulador para treinar novos motoristas a passarem por situações de ultrapassagem. O sistema foi avaliado com as métricas de atraso e perda de pacotes em função da distância entre o veículo que tem está gravando o vídeo e o veículo que está recebend. O objetivo principal do trabalho foi implementar a proposta em cenário real, porém, os autores também não avaliam os resultados utilizando métricas de QoE, nem o impacto de um alto número de veículos recebendo o mesmo vídeo.

Rameau et al. [Rameau et al. 2016] propuseram um sistema *See-Through* que trabalha em conjunto com realidade aumentada para auxiliar a visibilidade do condutor. Utilizam técnicas de computação gráfica para criar um mapa tridimensional. A arquitetura proposta também leva em consideração a comunicação entre os veículos e reduz a quantidade de informação transmitida entre os mesmos. Contudo, os autores não avaliam sua proposta com um número maior de veículos nem utilizam métricas de QoE para analisar os vídeos transmitidos.

Em nenhum dos trabalhos supracitados foi avaliado casos onde ocorre a formação de pelotões entre os veículos. Desta forma, no que se refere à formação de pelotão em VANETs, Peng et al. [Peng et al. 2017] faz uma análise probabilística do desempenho

nos pelotões. Métricas como: probabilidade de colisão de pacotes, atraso e vazão da rede são mensuradas para verificar a viabilidade de aplicações utilizando o protocolo IEEE 802.11p. Por mais que este trabalho apresente diversas avaliações relevantes e considere o agrupamento de carros na troca de informações, os autores não analisam aspectos de qualidade do conteúdo multimídia (QoE) em tais cenários.

De acordo com o estudo dos trabalhos relacionados, é possível constatar a importância de analisar a QoE dos vídeos transmitidos em sistemas *See-Through*, já que garantir a qualidade desse conteúdo colabora para tomadas de decisão mais acuradas por parte dos motoristas. O agrupamento entre veículos é uma maneira eficiente e segura de compartilhar informação.

No entanto, aplicações que coletam informação de sensores como câmeras, semáforos inteligentes e qualquer outro dispositivo conectado, o que proporciona o surgimento da comunicação Veículo-para-QualquerCoisa (*Vehicle-to-Everything - V2X*) [Brahim et al. 2017], devem apresentar uma qualidade necessária para auxiliar o comportamento e manobras dos usuários finais.

### **3. Avaliação Exploratória**

Esta Seção descreve a metodologia e métricas empregadas para avaliar a qualidade dos vídeos transmitidos em um pelotão de veículos. Foram realizadas simulações para avaliação da transmissão de vídeos com complexidades estruturais distintas e, também, diferentes distâncias entre os veículos. Adicionalmente, foi avaliado o impacto do número de saltos em relação a degradação da QoE dos usuários que receberam o conteúdo multimídia.

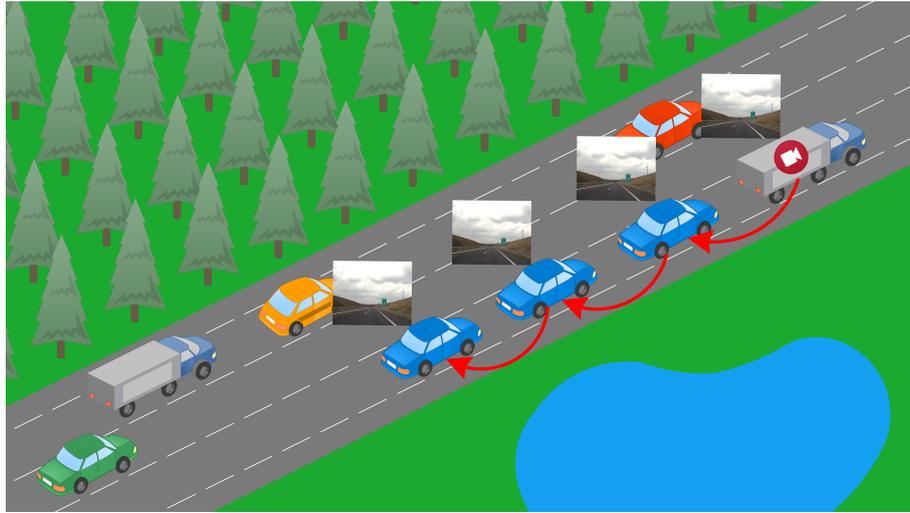
#### **3.1. Características da Avaliação**

A avaliação que será realizada tem como objetivo reforçar que toda e qualquer aplicação que envolva transmissão de vídeo em VANETs deve levar em consideração requisitos mínimos de QoE. Ou seja, as métricas tradicionais de Qualidade de Serviço (*Quality of Service - QoS*) não dão suporte para avaliações que se referem exclusivamente à qualidade do conteúdo transmitido/recebido por parte dos usuários.

A Figura 1 ilustra um cenário onde a aplicação *See-Through* opera. Onde, no caso da imagem, um conjunto de veículos se deslocam na mesma direção em uma rodovia com três faixas. Baseado em uma premissa qualquer definida, um pelotão se forma entre os carros azuis e o caminhão que está à frente deles. Como as dimensões do caminhão são superiores às dos carros, qualquer manobra de ultrapassagem pode se tornar perigosa, pois os motoristas nos carros não têm amplo campo de visão da pista à sua frente. Dessa forma, o caminhão coleta vídeo e transmite aos outros membros do pelotão formado.

#### **3.2. Métricas**

Quando se trata de avaliar a qualidade dos conteúdos multimídias, as métricas tradicionais de QoS não são precisas o bastante para descrever a qualidade dos vídeos transmitidos. Latência, variação do atraso, taxa de bits por segundo e perda de pacotes não possibilitam avaliar aspectos subjetivos do conteúdo do vídeo referente a experiência humana [Liotou et al. 2015].



**Figura 1. Cenário de funcionamento da aplicação See-Through**

Para contornar tal problema, as métricas de QoE, especialmente, SSIM (Structural SIMilarity) e VQM (Video Quality Metric) são amplamente utilizadas. O SSIM é um método para medir a similaridade entre duas imagens. O índice SSIM pode ser visto como uma medida de qualidade de uma das imagens que estão sendo comparadas, desde que a outra imagem seja a original. Avalia a distorção estrutural do vídeo, em vez de um erro ocorrido na transmissão. Ele mede três componentes básicos, a luminância, o contraste e a semelhança estrutural e as combina em um valor final que determina a qualidade da sequência de teste [Uhrina et al. 2016].

Os valores extraídos do *frame* recebido pelo usuário e do *frame* original são armazenados em vetores separados, sendo um vetor para a luminosidade, um para o contraste e outro para a estrutura. Com isso, obtêm-se a média de cada vetor e o indicativo da qualidade do vídeo é gerado pela combinação das três médias. O valor de SSIM é obtido através da Equação 1.

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)} \quad (1)$$

Onde:  $x$  é o vídeo original;  $y$  o vídeo degradado (transmitido);  $\mu_x$  a média de  $x$ ;  $\mu_y$  a média de  $y$ ;  $\sigma_x$  o desvio padrão de  $x$ ;  $\sigma_y$  o desvio padrão de  $y$ ;  $\sigma_{xy}$  a covariância de  $y$ ;  $L$  = o valor máximo que pode ser atribuído a cada pixel;  $k_1 = 0,01$  e  $k_2 = 0,03$ , por padrão; e  $c_1 = (k_1L)^2$  e  $c_2 = (k_2L)^2$  são constantes. Por fim, os resultados de SSIM são apresentados no intervalo  $[0,1]$ . Quanto mais próximo de 1 for o valor SSIM, melhor será a qualidade de vídeo.

Levando em considerações características do sistema visual humano, o VQM  $\in [0,4]$  examina o vídeo recebido de acordo com danos na percepção. Extrai informações do vídeo original e compara com as informações extraídas do vídeo degradado. Dentre as informações analisadas pelo VQM estão características: espaciais, temporais e crominância. A estimativa final de qualidade é fornecida por uma combinação linear dos parâmetros medidos e o impacto que tais parâmetros exercem no sistema visual humano

[Tan et al. 2016].

O cálculo de VQM possui 4 etapas, descritos como se segue:

1. Calibração: estima e corrige a mudança espacial e temporal, bem como o contraste e deslocamento de brilho da sequência de vídeo processada em relação à sequência de vídeo original;
2. Extração dos recursos de qualidade: extrai um conjunto de características de qualidade que caracteriza alterações perceptuais nas propriedades espaciais, temporais e de cromaticidade de fluxos de vídeo usando uma função matemática;
3. Cálculo de Parâmetros de Qualidade: calcula um conjunto de parâmetros de qualidade que descrevem alterações perceptuais na qualidade do vídeo, comparando os recursos extraídos do vídeo processado com os extraídos do vídeo original;
4. Cálculo VQM: a métrica é calculada usando uma combinação linear de parâmetros calculados a partir de passos anteriores.

Como resultado final, os valores retornados pelo VQM variam de 0 (defeitos imperceptíveis entre os vídeos) a aproximadamente 4 (defeitos extremamente perceptíveis). Alguns estudos apresentam que o VQM possui boa correlação com as notas subjetivas de qualidade por considerar fatores do sistema visual humano. A ferramenta MSU Metrics *Video Quality Measurement Tool* (VQMT) foi utilizada para calcular os valores de SSIM e VQM de cada vídeo transmitido.

### 3.3. Descrição do Cenário

O *framework* VEINS 4.6<sup>1</sup>, do simulador de rede OMNeT++<sup>2</sup>, foi utilizado para executar todas as simulações. O VEINS implementa a pilha de protocolo IEEE 802.11p que é utilizada para a comunicação entre os veículos. O cenário estabelecido e a movimentação dos veículos foram gerados pelo simulador de mobilidade urbana SUMO 0.30 (*Simulation of Urban MObility*)<sup>3</sup>. O cenário utilizado foi o trace sintético de uma rodovia com 10 km de extensão e 5 vias em uma única direção. Os carros que participam do pelotão tem a velocidade fixada em 50 m/s ou 180 km/h.

As simulações foram executadas 33 vezes com diferentes sementes de aleatoriedade e os resultados apresentam um intervalo de confiança de 95%. O tempo de simulação total é de 8000 segundos e os vídeos foram transmitidos a partir dos 100 primeiros segundos. O veículo que está mais a frente do pelotão manda o vídeo em direção ao último. É importante ressaltar que nesta avaliação assume-se que o pelotão esteja formado, assim, não há necessidade de demonstrar como o mesmo se forma e nem os passos executados para tal.

Para avaliar o comportamento nas transmissões multimídia entre veículos, os vídeos transmitidos possuem diferentes complexidades e características de movimentação. De acordo com [Liu et al. 2004], os vídeos são classificados em três classes (*A*, *B* e *C*) de complexidades. A classe *A* tem pouco detalhe espacial e movimentação, onde geralmente o fundo dos vídeos é estático. Na classe *B* os vídeos têm um nível médio de detalhe espacial, mas continuam com pouca movimentação e o fundo não é mais

---

<sup>1</sup><http://veins.car2x.org>

<sup>2</sup><http://www.omnetpp.org>

<sup>3</sup><http://www.dlr.de/ts/en>

estático. Por fim, na classe  $C$  existe um nível alto de detalhe espacial, movimentação e o fundo do vídeo é complexo em função da alta movimentação e conjunto de cores envolvidas.

Os vídeos utilizados nas simulações estão disponíveis na biblioteca *YUV Video Sequences* [Library 2018]. A duração de cada vídeo varia de 5 a 20 segundos. Todos os vídeos foram codificados em H.264 com 300 kbps, 30 quadros por segundo e resolução de 352 x 288 pixels. Os principais parâmetros da simulação estão presentes na Tabela 1. As simulações foram efetuadas para verificar o impacto de diferentes quantidades de veículos no pelotão e as várias distâncias entre eles na qualidade dos vídeos transmitidos.

**Tabela 1. Parâmetros de Simulação**

Parâmetros	Valores
Área de simulação	Rodovia com 10 Km e 5 vias
Tempo de simulação	8000 segundos
Velocidade dos veículos	50 m/s (180 km/h)
Quantidade de veículos	2, 5, 10, 15, 20
Camada MAC	IEEE 802.11p
Taxa de bits	18 Mbits/s
Potência de transmissão	1.6 mW
Raio de transmissão $R_{max}$	250 m
Tamanho do pacote	1024 bytes
Vídeos utilizados	Akiyo, Bus, Highway, Foreman, News e Hall
Características dos Vídeos	H.264, 30fps, 352x288 pixels

A Tabela 2 resume as características de cada vídeo utilizado na avaliação. O tempo de duração dos vídeos é similar, dando destaque ao vídeo *Bus* que possui dois segundos a menos que os demais e ao *Highway* que possui 20 segundos de duração. Os vídeos *Akiyo* e *Hall* possuem complexidade  $A$ , *Highway* e *Foreman* complexidade  $B$  e, por fim, *News* e *Bus* possuem complexidade estrutural  $C$ . O número de *frames* são semelhantes entre a maioria dos vídeos, onde os que diferem são *Highway* com 600 *frames* e *Bus* com 150 *frames*, respectivamente. A diversidade imposta na utilização dos vídeos é para demonstrar

**Tabela 2. Configuração dos vídeos utilizados na avaliação.**

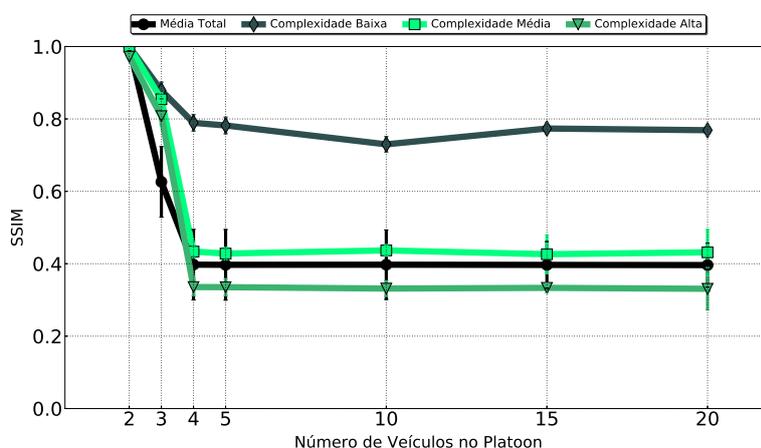
Vídeos	Complexidade	Nº de <i>frames</i>	Tempo de duração (s)
<i>Akiyo</i>	A	300	10
<i>Hall</i>	A	300	10
<i>Highway</i>	B	600	20
<i>Foreman</i>	B	300	10
<i>News</i>	C	300	10
<i>Bus</i>	C	150	8

### 3.4. Análise dos Resultados

O valor médio do SSIM para os vídeos transmitidos variando o número de veículos presentes no pelotão pode ser visualizado na Figura 2. Constata-se que quanto maior for o

número de usuários presentes no pelotão, pior será o vídeo recebido. Com apenas dois veículos no pelotão, o valor de SSIM equivale a 1, porém, a partir de 5 usuários pode-se perceber que a qualidade do vídeo decai cerca de 60%.

Os usuários que estão nas extremidades do pelotão (tail) são os mais prejudicados. Essa perda relacionada com o número de usuários se justifica devido as colisões geradas pela troca de mensagens entre os veículos. Quanto maior a quantidade de veículos no pelotão, maior será a quantidade de mensagens colidindo e, por consequência, degradando a qualidade do vídeo, já que nenhum mecanismo de reenvio de pacotes e/ou redundância de pacotes é empregada.



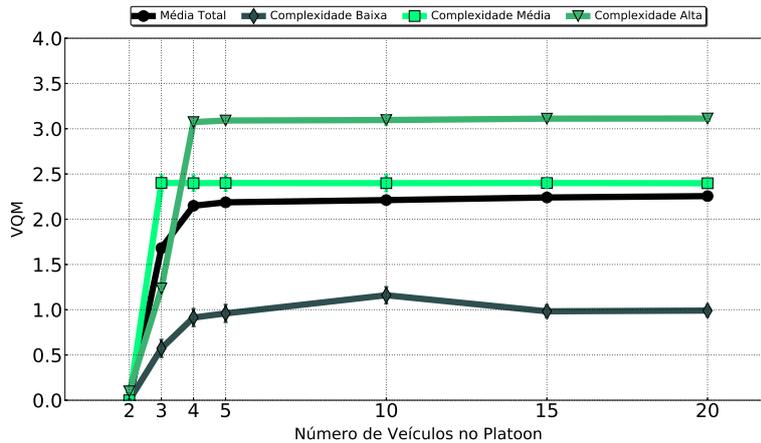
**Figura 2. SSIM para os vídeos transmitidos variando o número de veículos**

A Figura 3 mostra a média do VQM para os vídeos transmitidos variando o número de veículos presentes no pelotão. Diferente dos resultados obtidos para SSIM, quanto menor o valor do VQM melhor será a qualidade do vídeo. Por isso, os valores esperados são o oposto dos valores de SSIM e confirmam a questão da qualidade do vídeo associado ao número de veículos presentes no pelotão.

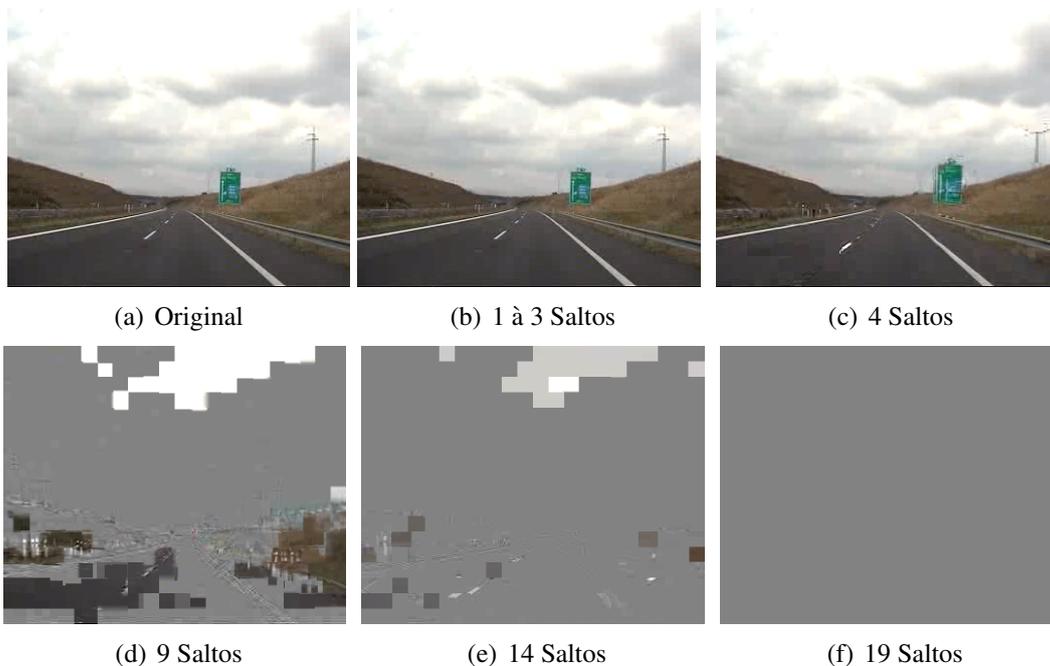
De acordo com os valores mostrados no gráfico, o valor de VQM é 37.5% melhor para apenas um veículo no pelotão do que com 5 veículos. Com base nesses primeiros resultados de SSIM e VQM é plausível relacionar o número de veículos como uma dos fatores que agrava a qualidade nas transmissões de vídeo em redes veiculares.

Para demonstrar os efeitos percebidos pelos motoristas ao receberem um vídeo com diferentes qualidades, selecionou-se aleatoriamente um frame dos vídeos recebidos pelo último veículo de cada pelotão, o resultado pode ser observado na Figura 4. O frame #435 do vídeo highway mostra o momento em que o líder do pelotão passa por uma placa contendo informações da pista, essas informações podem ser relevantes para os demais usuários do pelotão.

O número de saltos está relacionado com a quantidade de veículos no pelotão. Com apenas um salto temos 2 veículos, o líder do pelotão irá gravar o vídeo e enviar para o outro integrante, dessa forma tem-se 1 salto. Pode-se observar também na Figura 4 que com 9 saltos, o vídeo fica totalmente descaracterizado, com poucos traços que possam ser reconhecidos, afetando totalmente o QoE do usuário ao utilizar a aplicação.



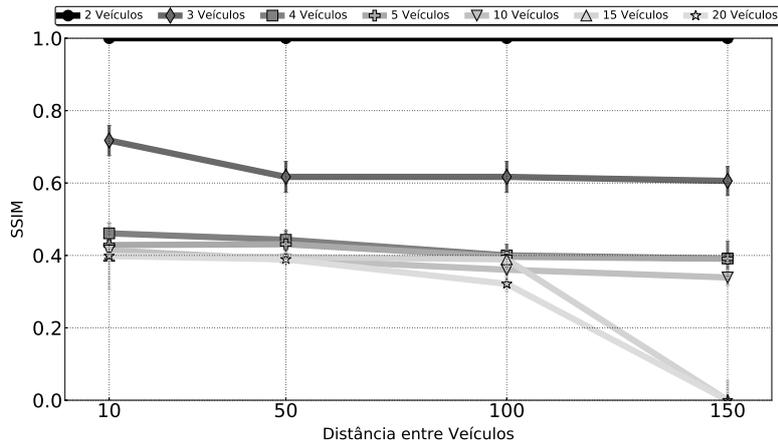
**Figura 3. VQM para os vídeos transmitidos variando o número de veículos**



**Figura 4. Vídeo recebido por diferentes numeros de saltos**

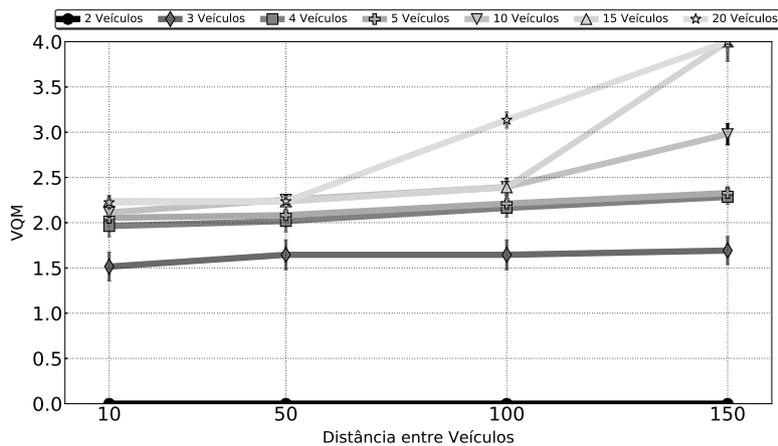
Também foi analisado a distância entre os veículos do pelotão e a sua influência na qualidade das transmissões, pode-se observar o resultado de SSIM na Figura 5. Para 2 veículos no pelotão, a distância não causa nenhuma interferência significativa, todos os vídeos transmitidos tiveram o SSIM mais alto. Entretanto, quando se variou o número de veículos, a distância se mostrou um parâmetro a ser examinado. Observa-se que os pelotões ainda conseguem manter uma qualidade média de 0,4 quando a distância entre os veículos são menor que 100 metros. A partir de 100 metros a degradação do sinal acaba contribuindo para a diminuição da qualidade dos vídeos.

O mesmo resultado pode ser observado na Figura 6, o valor de VQM sobe drasticamente, cerca de 40%, para os pelotões que possuem mais de 10 veículos recebendo o mesmo vídeo. Por mais que não tenha sido avaliado nas simulações, mas espera-se que



**Figura 5. SSIM para os vídeos transmitidos variando a distância entre os veículos**

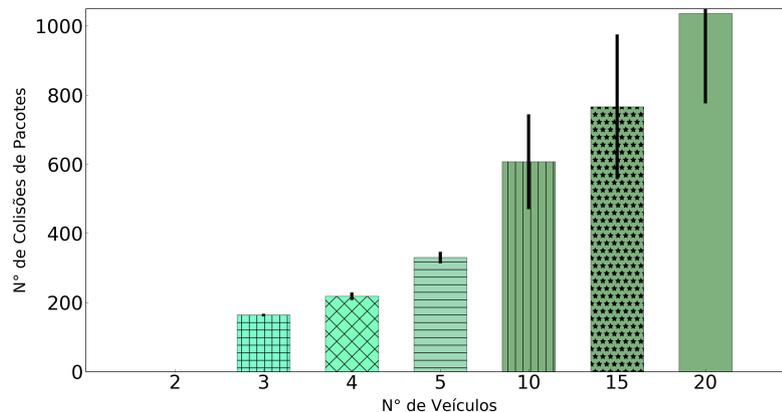
esses valores diminuem ainda mais em cenários com múltiplas aplicações concorrendo pelo mesmo canal.



**Figura 6. VQM para os vídeos transmitidos variando a distância entre os veículos**

O número de colisões de pacotes pode ser observado na Figura 7. Isso justifica os demais resultados de QoE, pois o número de colisões cresce exponencialmente. Com 2 veículos no pelotão nenhum pacote é perdido mesmo tendo variação da distância, porém com o crescimento do número de veículos, aumenta pelo menos 15% o número de colisão de pacotes na camada MAC.

A partir da análise de todos os resultados, é possível perceber a influência do número de saltos e da distância na qualidade de aplicações em tempo real que fazem transmissão multimídia em pelotões de veículos. Levando isso em consideração, mecanismos podem ser propostos para auxiliar tais aplicações, já que o alto número de veículos aumenta proporcionalmente as chances de colisões de pacotes na camada MAC. Assim, mecanismos de dessincronização do canal de comunicação podem ser utilizados para que os requisitos de qualidade de aplicações multimídia possam ser atendidos.



**Figura 7. Número de colisões de pacotes de acordo com a quantidade de veículos no *platoon***

#### 4. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou uma avaliação da transmissão de vídeo em aplicações *See-Through* em um pelotão de veículos. Aplicações como a *See-Through* foram concebidas para auxiliar os condutores em situações críticas nas rodovias. Por se tratarem de vídeos transmitidos por veículos, espera-se que a aplicação atenda os requisitos de segurança e percepção do usuário.

As simulações avaliaram o desempenho da aplicação com diferentes quantidades de veículos e distâncias entre eles. Os resultados obtidos mostraram que ocorreu redução de 60% na qualidade dos vídeos transmitidos e aumento de 15% no número de colisões quando o número de veículos se eleva. Tais resultados reforçam a relevância dessas variáveis para aplicações de vídeo em tempo real. A QoE esperada pelo usuário é alta, limitar o número de veículos por pelotão e diminuir a distância entre eles são duas possibilidades para melhorar as métricas e manter a usabilidade da aplicação.

Outro fator importante nesse cenário avaliado é o alto número de colisões na camada MAC, ocasionadas pela sincronização existente no canal de comunicação que é compartilhado. Ou seja, quanto maior o número de veículos transmitindo ao mesmo tempo, maiores as chances de pacotes colidirem. Tal aspecto deve ser levado em consideração principalmente em aplicações críticas, onde a perda de pacotes pode influenciar ou dificultar as tomadas de decisão que venham a ser realizadas.

Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar o cenário proposto com outras aplicações rodando no fundo, para competir pelo canal de transmissão, também espera-se propor um mecanismo que possa mitigar o número de colisões de pacotes e que ajuste a distância entre os veículos para melhorar o QoE do usuário.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências

- Abdi, L., Takrouni, W., and Meddeb, A. (2017). In-vehicle cooperative driver information systems. In *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2017 13th International*, pages 396–401. IEEE.
- Amoozadeh, M., Deng, H., Chuah, C.-N., Zhang, H. M., and Ghosal, D. (2015). Platoon management with cooperative adaptive cruise control enabled by vanet. *Vehicular communications*, 2(2):110–123.
- Brahim, M. B., Mir, Z. H., Znaidi, W., Filali, F., and Hamdi, N. (2017). Qos-aware video transmission over hybrid wireless network for connected vehicles. *IEEE Access*, 5:8313–8323.
- Gomes, P., Vieira, F., and Ferreira, M. (2012). The see-through system: From implementation to test-drive. In *Vehicular Networking Conference (VNC), 2012 IEEE*, pages 40–47. IEEE.
- Immich, R., Cerqueira, E., and Curado, M. (2018). Efficient high-resolution video delivery over vanets. *Wireless Networks*, pages 1–16.
- Jeong, J. and Oh, T. (2016). Survey on protocols and applications for vehicular sensor networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(8):1550147716662948.
- Jia, D., Lu, K., and Wang, J. (2014). On the network connectivity of platoon-based vehicular cyber-physical systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40:215–230.
- Lattarulo, R., Marcano, M., and Pérez, J. (2017). Overtaking maneuver for automated driving using virtual environments. In *International Conference on Computer Aided Systems Theory*, pages 446–453. Springer.
- Library, V. (2018). YUV Video Sequence Library. <https://media.xiph.org/video/derf/> Fev. 2018.
- Liotou, E., Tsolkas, D., Passas, N., and Merakos, L. (2015). Quality of Experience Management in Mobile Cellular Networks: Key Issues and Design Challenges. *IEEE Communications Magazine*, 53(7):145–153.
- Liu, J., Wan, J., Wang, Q., Deng, P., Zhou, K., and Qiao, Y. (2016). A survey on position-based routing for vehicular ad hoc networks. *Telecommunication Systems*, 62(1):15–30.
- Liu, Z., Yang, J., and Peng, N. (2004). A new tracking mechanism for semi-automatic video object segmentation. In *Pacific-Rim Conference on Multimedia*, pages 824–832. Springer.
- Lobato, W., Rosario, D., Gerla, M., and Villas, L. A. (2017). Platoon-based driving protocol based on game theory for multimedia transmission over vanet. In *GLOBECOM 2017-2017 IEEE Global Communications Conference*, pages 1–6. IEEE.
- Olaverri-Monreal, C., Gomes, P., Fernandes, R., Vieira, F., and Ferreira, M. (2010). The see-through system: A vanet-enabled assistant for overtaking maneuvers. In *Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2010 IEEE*, pages 123–128. IEEE.

- Pan, J., Appia, V., Villarreal, J., Weaver, L., and Kwon, D.-K. (2017). Rear-stitched view panorama: A low-power embedded implementation for smart rear-view mirrors on vehicles. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pages 20–29.
- Peng, H., Li, D., Abboud, K., Zhou, H., Zhao, H., Zhuang, W., and Shen, X. S. (2017). Performance analysis of IEEE 802.11 p dcf for multiplatooning communications with autonomous vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66(3):2485–2498.
- PRF, P. R. F. (2018). Dados abertos. <https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos> Fev. 2018.
- Quadros, C., Santos, A., Rosário, D., and Cerqueira, E. (2017). A qoe-aware reinforcement approach to disseminate warning videos on lte-vanets. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC'17)*.
- Rameau, F., Ha, H., Joo, K., Choi, J., Park, K., and Kweon, I. S. (2016). A real-time augmented reality system to see-through cars. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 22(11):2395–2404.
- Tan, T. K., Weerakkody, R., Mrak, M., Ramzan, N., Baroncini, V., Ohm, J.-R., and Sullivan, G. J. (2016). Video quality evaluation methodology and verification testing of hevc compression performance. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 26(1):76–90.
- Tsolkas, D., Liotou, E., Passas, N., and Merakos, L. (2017). A survey on parametric qoe estimation for popular services. *Journal of Network and Computer Applications*, 77:1–17.
- Uhrina, M., Bienik, J., and Vaculik, M. (2016). Coding efficiency of hevc/h. 265 and vp9 compression standards for high resolutions. In *2016 26th International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA)*, pages 419–423. IEEE.
- Wang, J., Zhang, G., Wang, R., Schnelle, S. C., and Wang, J. (2017). A gain-scheduling driver assistance trajectory-following algorithm considering different driver steering characteristics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(5):1097–1108.
- Zhang, B., Wilschut, E. S., Willemsen, D. M., Alkim, T., and Martens, M. H. (2017). The effect of see-through truck on driver monitoring patterns and responses to critical events in truck platooning. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, pages 842–852. Springer.