

# TRANSMISSÃO DE STREAMS DE VIDEO EM REDES 802.11

Antonio Marcos Almeida Ferreira<sup>1</sup>, Claudio de Castro Monteiro<sup>2</sup>

## RESUMO

Com o avanço tecnológico para transmissão de vídeos pela internet ou até mesmo em uma intranet, novas exigências vêm surgindo. O meio de transmissão é um fator determinante, uma vez que, a qualidade de serviço varia de acordo com o meio em que será efetuada a transmissão de um vídeo. Este artigo apresenta a medição de determinados parâmetros de (Qualidade de Serviço (*Q.O.S*), realizada em vídeos transmitidos em uma rede sem fio, utilizando o padrão 802.11g. Utilizamos os *softwares*, *VLC* [*VLC*] para transmissão de vídeo, o *WireShark* [*Wireshark*] para captura dos pacotes enviados pelo servidor de vídeo, o *Iperf* [*Iperf*] para gerar o tráfego de fundo, o *PSNR* [*PSNR*] para mensurar a qualidade de um vídeo antes e após a sua transmissão e o *GnuPlot* [*GnuPlot*] para gerar gráficos. Com o auxílio destes *softwares* foi realizada uma análise na transmissão de vídeos com tamanhos diferentes, e gerado um gráfico com os resultados obtidos. Nestes gráficos são apresentados os parâmetros (Vazão, Perda, Atraso e *Jitter*), comparados com o aumento gradativo do tráfego de fundo, numa tentativa de verificar o impacto dessas métricas na métrica objetiva de qualidade de vídeo psnr.

**PALAVRAS- CHAVE:** Vazão, Perda, Atraso.

## ABSTRACT

With the technological advancement for transmission of video over the internet or even an intranet, see

new requirements arise. The means of transmission is a factor, since the quality of service varies according to the means that will be performed in the transmission of a video. This paper presents the measurement of certain parameters (Quality of Service (QOS), held in videos broadcast in a wireless network using the 802.11g standard. We use the software, VLC [2] for transmission of video, Wireshark [1 ] to capture the packets sent by the video server, the Iperf [9] to generate the background traffic, the PSNR [30] to measure the quality of a video before and after its transmission and Gnuplot [8] to generate graphs. With the aid of analysis software was performed in the transmission of videos with different sizes, and created a graph with the results. These graphics are the parameters (Flow, Loss, Delay and Jitter), compared with the gradual increase of traffic fund in an attempt to verify the impact of these metrics in the objective metric of video quality psnr.

**KEY-WORDS:** Throughput, Loss, delay.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos anos, novas exigências foram incorporadas às redes sem fio. Um exemplo observado é a qualidade de serviço exigida para execução de aplicações que requerem melhores condições de tráfego devido à complexidade do fluxo das aplicações. Entre as aplicações que necessitam de um melhor ambiente destacam-se as que tramitem/recebem dados multimídia, pois necessitam de uma boa vazão, atraso

<sup>1</sup>IFTO - Instituto Federal de Educação do Tocantins.

<sup>2</sup>IFTO - Instituto Federal de Educação do Tocantins

e perdas baixas, visando à entrega das informações de forma rápida, sequencial e sem perdas.

A qualidade de serviço especifica valores mínimos para a vazão, a perda, o atraso e o jitter, para que um determinado serviço possa ser fornecido ao cliente com uma qualidade aceitável, medida através de parâmetros subjetivos (MOS) [MOS] e/ou objetivos (PSNR) [PSNR]. Para as redes sem fio, o ajuste desses parâmetros é ainda mais difícil de ser feito e mantido devido à escassez de banda, qualidade de conexão, alteração do ambiente e quantidade de ruídos, entre outros fatores com grande variação nesse tipo de rede.

O objetivo desse trabalho é apresentar os resultados de um estudo realizado em uma rede sem fio 802.11g. Montamos um teste capaz de avaliar a qualidade de um vídeo recebido em estações WiFi, ligadas a um access point, mediante o aumento gradativo de um tráfego de fundo baseado no protocolo TCP. Medimos as variáveis de QoS, visando concluir a partir os impactos dessas variáveis na qualidade de experiência do usuário ao receber o referido vídeo.

## 2. PADRÃO IEEE 802.11

O 802.11 surgiu através da padronização para comunicação de equipamentos para LAN's sem fio. O padrão é definido pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que passou a ser popularmente chamado de *WiFi*. Essa padronização visava à compatibilidade entre aparelhos de LAN sem fio, possibilitando a comunicação entre aparelhos de marcas diferentes. O padrão 802.11 especifica as camadas físicas (PHY - *Physical Layer*) e a camada de controle de acesso ao meio (MAC - *Wireless LAN Medium Access Control*) [TANENBAUM].

O padrão proposto deveria funcionar de dois modos:

- Na presença de estação base;
- Na ausência de estação base.

A diferença entre as denominações baseia-se na presença ou não de um ponto de acesso central (BBS - *Basic Service Set*), sendo que na ausência desse ponto, os computadores devem se comunicar diretamente. Um BBS é um grupo de computadores sob o controle de um DCF (*Distributed Coordination Function*), que tem a função de determinar quando um dispositivo pode enviar/receber dados. As redes infra-estruturadas podem ter sua estrutura aumentada com a interligação de vários pontos de acesso através de um *backbone*, chamado de sistema de distribuição (WDS - *Wireless Distributed System*). O conjunto de pontos de acesso e sistemas de distribuição forma os pontos de acessos estendidos (ESS - *Extended Service Set*).

### 1.1 Camada MAC do 802.11

A camada MAC do 802.11 é definida por dois tipos de funções de acesso ao meio, pontual e distribuída. Na função de coordenação distribuída (DCF - *Distributed Coordination Function*), a coordenação é realizada de forma individual, na qual cada ponto é responsável pelo controle de acesso. Já, na função de coordenação pontual (PCF - *Point Coordination Function*) a coordenação de quando realizar a transmissão é efetuado por um ponto centralizado, evitando a ocorrência de colisões [TANENBAUM].

Em redes 802.11 as colisões dificilmente são detectadas, pois os limites das redes não são completamente definidos, fazendo com que alguns nós não consigam se comunicar uns com os outros. Outro fator importante é que os transmissores são *half-duplex* (transmite ou recebe em um dado momento), não podendo ouvir e transmitir ao mesmo tempo, impossibilitando a detecção de

colisões.

### 1.1.1 Coordenação Distribuída - DCF

O DCF usa por padrão o protocolo CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*), que é o mecanismo de acesso ao meio do 802.11, onde as colisões não são detectadas, mas sim evitadas [RUBINSTEIN].

Como pode ser observado na figura 1, o CSMA/CA primeiramente checa se o meio está livre para transmissão, se o meio permanecer livre por um tempo superior a um DIFS (*Distributed Interframe Space*) a transmissão é iniciada, caso contrário, é iniciado o processo de *backoff*. O *backoff* é o processo, no qual é calculado um valor aleatório, entre zero e o tamanho da janela de contenção. O resultado é utilizado para inicializar o temporizador de *backoff* [RUBINSTEIN].

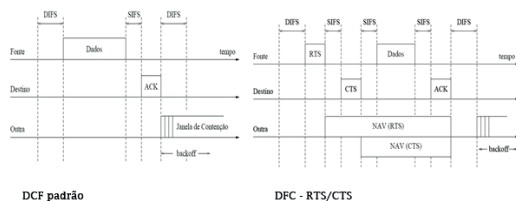


Figura 1 - Esquema de acesso no DCF padrão e no DCF - RTS/CTS [RUBINSTEIN]

Opcionalmente o DCF pode utilizar sinais de requisição e permissão, RTS (*Request To Send*) e CTS (*Clear To Send*), para reduzir o número de colisões. Como pode ser observado na figura 1, o funcionamento do DCF utilizando o esquema RTS e CTS consiste em ouvir o meio e verificar se o mesmo está ocupado, caso o meio esteja livre por um intervalo superior a um DIFS, é transmitido um frame curto RTS. Ao Receber o RTS, a estação receptora espera um intervalo de tempo denominado SIFS (*Short Interframe Space*) e envia o frame CTS. Caso receba-o, a estação inicia a transmissão, caso não receba-o, inicia o processo de *backoff* e retransmite o frame CTS.

O DIFS é o tempo

mínimo de espera para que serviços que utilizam o padrão DCF possam iniciar alguma transmissão. O SIFS é utilizado em transmissões de frames RTS, CTS e ACK e em tarefas que necessitam de um curto espaço de tempo.

### 1.1.2 Coordenação Pontual - PCF

O PCF é um serviço restrito a redes infra-estruturadas, nas quais o controle de tráfego é realizado por um ponto central, que é responsável pelo controle de acesso ao meio, definindo quando uma estação deve ou não transmitir. Essa função de coordenação visa evitar a ocorrência de colisões e possibilitar a transmissão sem contenção [RUBINSTEIN]. No caso de múltiplos BBS, a coordenação passa a ser distribuída entre os BBSs adjacentes, formando um ESS.

Para transmitir, o ponto de coordenação interroga todas as estações, em seguida, verifica se o meio está livre durante um PIFS (*Point Coordination Interframe Space*) e então, inicia o processo de transmissão livre de contenção [RUBINSTEIN].

## 1.2 . Sub-Padrões 802.11

O padrão IEEE 802.11, apresenta alguns sub-padrões, como por exemplo o 802.11a, o 802.11b, o 802.11g, o 802.11e, o 802.11f, o 802.11i e o 802.11n [BARCELOS].

- 802.11b: Possui velocidade nominal de 11 Mbps na frequência de 2,4 GHz. É bastante suscetível a interferência devido a sua frequência, que é a mesma de equipamentos como telefones sem fio, microondas, aparelhos *bluetooth*. Utiliza a modulação DSSS (*Direct-Sequence Spread Spectrum*), já que o FHSS (*Frequency-Hopping Spread Spectrum*), utilizado pelo 802.11, não permite tais velocidades [IEEE 802.11b].
- 802.11a: Possui velocidade nominal de 54 Mbps operando na frequência de 5 GHz. O *Spread Spectrum*, não é mais utilizado, em substituição é utilizada a técnica de modularização OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). O padrão 802.11a é incompatível com os demais padrões como o 802.11b/g/e/n,

por utilizarem modos de operação não compatíveis [IEEE 802.11a].

- 802.11g: Proporciona interoperabilidade com dispositivos 802.11b com velocidade de até 54 Mbps e frequência de 2,4 GHz. Utilizam a mesma tecnologia de modulação do 802.11a, denominada OFDM e permite autenticação WEP (*Wired Equivalent Protocol*) e WAP (*Wireless Protect Access*) com criptografia [IEEE 802.11g].
- 802.11e: Agrega serviços de QoS as redes 802.11 através do esquema de priorização de pacotes, que permite alguns pacotes tenham maior ou menor preferência para trafegar no meio. Possui interoperabilidade com redes 802.11a e 802.11b [IEEE 802.11e].
- 802.11f: Protocolo desenvolvido para comunicação entre APs, visando permitir *roaming* entre APs de marcas diferentes. Introduz o protocolo IAPP (Intra Access Point Protocol), permitindo que o processo de *handoff* seja executado de forma rápida e imperceptível ao usuário [IEEE].
- 802.11i: desenvolve melhorias referentes à segurança, com a criação do WEPv2 que corrige as falhas do atual WEP [IEEE 802.11i].
- 802.11n: Pretende ser o padrão para distribuição de mídia, com taxas de transmissão de 300 Mbps, nas frequências de 5 GHz e 2,4 GHz. Atende às necessidades do padrão HDTV [Testing IEEE 802.11n].

### 3. TRANSMISSÃO DE VÍDEOS EM REDES 802.11

Para entender o processo de transmissão de dados multimídia em uma rede 802.11, é necessário compreender o papel dos protocolos que são utilizados para este tipo de aplicação. Dentre os protocolos existentes, serão descritos:

- UDP (*User Datagram Protocol*): trata-se de um protocolo da camada de transporte, que possibilita o envio de datagramas IP encapsulados. “Amplamente utilizado em consultas e aplicações diretas do tipo cliente/servidor com solicitação/resposta, nas quais a entrega imediata é mais importante do que a entrega precisa, como a transmissão de dados de voz ou de vídeo” [TANENBAUM]. Diferente do protocolo TCP, este protocolo não é orientado a

conexões e não realiza retransmissão após receber um dado incorreto.

- RTP (*Real-time Protocol*): protocolo definido pela [RFC 3550](#) do IETF (*Internet Engineering Task Force*), normalmente é implementado na camada de aplicação e usa o protocolo UDP na camada de transporte. Utilizado em aplicações em tempo real, tais como: áudio e vídeo. Por meio de serviços de rede *unicast* e *multicast* [RTP].

Segundo Junior e Bueno [JUNIOR], o protocolo RTP é dividido em duas partes:

⇒ **Real Time Protocol:** provê mecanismos de temporização, tais como: marcadores de tempo e sequenciamento. O uso destes marcadores permite a identificação de pacotes entregues fora de ordem ou pacotes perdidos.

⇒ **Real Time Control Protocol:** utilizado para monitoração fim-a-fim. Verificam informações sobre entrega e qualidade de serviço (QoS).

- RTSP (*Real Time Streaming Protocol*): protocolo desenvolvido pela IETF (Internet Engineering Task Force) em 1998 com a [RFC 2326](#) para controlar a transferência de dados (áudio/vídeo) com propriedades em tempo real. Assim, como o protocolo RTP, este protocolo também está localizado na camada de aplicação, sendo um protocolo de controle que trabalha em conjunto com o protocolo RTP na transferência de um ou mais *streams* sincronizados em uma aplicação em tempo real.

### 4. QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS)

A Qualidade de Serviço (*Quality of Service* - QoS) é determinada por um conjunto de variáveis de tráfego (atraso, vazão, perda, *Jitter*), necessários para que determinados fluxos de dados sejam transmitidos de forma satisfatória.

A QoS é garantida pela rede através de seus componentes de hardware e software, que disponibilizam meios para que as métricas sejam alcançadas. Do ponto de



vista dos programas de aplicação, a QoS é tipicamente expressa e solicitada em termos de uma “Solicitação de Serviço” ou “Contrato de Serviço”. A solicitação de QoS da aplicação é denominada tipicamente de SLA (*Service Level Agreement*) [MARTINS].

Em uma rede IP, a Qualidade de Serviço é um fator operacional fundamental para o melhor desempenho de aplicações que exigem uma grande quantidade de dados trafegados de forma cada vez mais rápida e eficaz. Para isso, são determinados valores preferenciais, valores aceitáveis e os valores mínimos para cada tipo de serviço a ser executado. Esses valores são analisados pela camada de rede, determinando se os serviços poderão ser executados com qualidade [MARTINS].

Para definir os requisitos e valores que deverão ser garantidos pela rede para que os serviços possam ser executados, são criados os contratos de serviços (*Service Level Agreement - SLA*), que definem quais os requisitos devem ser garantidos para a aplicação ser executada com qualidade [MARTINS].

Segundo Brun, Voght e Mendes [BRUN], alguns parâmetros da QoS são: Retardo no estabelecimento da conexão (latência); Probabilidade de falha no estabelecimento da conexão; *Throughput* (vazão); Latência (atraso de transito); *Jitter*; Taxa de erros residuais (perdas); Proteção; Prioridade; Resiliência.

Nem todas as aplicações necessitam de parâmetros rígidos de qualidade de serviço para produzirem um desempenho satisfatório. Em geral, as aplicações que mais necessitam de uma maior exigência da QoS, são aplicações multimídia, para isso se deve definir limites para os seguintes parâmetros:

- *Throughput*: é o cálculo do número de bytes de dados transmitidos por segundo durante um intervalo de tempo. Esse

cálculo é realizado no sentido cliente-servidor e servidor-cliente.

- *Latência*: é um importante parâmetro para qualidade de serviço. Ela é calculada pelo tempo transcorrido entre o envio de uma mensagem e o recebimento da mesma. Essa propriedade está ligada ao atraso na propagação, velocidade de transmissão e processamento nos equipamentos. Os atrasos na propagação aumentam proporcionalmente com distância que a informação deve percorrer. Isso ocorre devido às redes de longa distância dependerem da tecnologia utilizada na transmissão. Entre os fatores que afetam a latência da rede está à capacidade de processamento dos equipamentos de rede como: roteadores, firewalls, hosts (servidores), entre outros, responsáveis pela comutação dos pacotes. Portanto, para que haja um baixo atraso na transmissão das informações, vários fatores devem ser observados para obter uma boa qualidade de serviço.
- *Jitter*: Segundo Martins [MARTINS], é a variação no tempo e seqüência na entrega dos pacotes, devido à latência da rede. Observa-se na Figura 2, a decorrência do *Jitter* entre a origem e o destino do pacote. Pode ser observado que a entrega dos pacotes ocorre fora da ordem que foram emitidos, devido à variação no atraso.

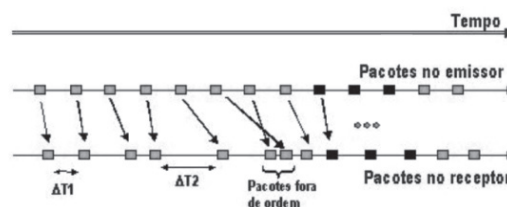


Figura 2 - Efeito do *Jitter* [MARTINS]

O *Jitter* é um parâmetro importante em redes que executam operações que possuem requisitos de tempos bem definidos de processamento, como é o caso de aplicações em tempo-real. Essas aplicações necessitam de mecanismos de qualidade de serviço que permita sanar as distorções causadas pelo *Jitter*, garantindo assim que a informação chegue às aplicações de forma seqüencial e sem perceptíveis *delay's*.

- *Perdas*: ocorrem devido a descartes de pacotes ocasionados por erros, congestionamentos, entre outros. O objetivo da QoS é proporcionar meios que garantam limites aceitáveis de perdas

que não comprometam a qualidade da aplicação. Em aplicações em tempo real, o limite aceitável de perdas diminui consideravelmente, pois uma taxa alta de perda implica negativamente na qualidade da aplicação. Essa taxa, quando alta, pode gerar uma qualidade de serviço inaceitável para determinadas aplicações.

## 5. QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA

Embora os níveis de qualidade de serviço possam apresentar medidas significativas para análise da qualidade das transmissões, quando se trata de serviços multimídia devem-se considerar aspectos além das métricas objetivas. Dessa forma, foram desenvolvidas métricas que permitem que sejam analisados além de métricas objetivas, os resultados percebidos pelo usuário final. Esse conjunto de métricas e das metodologias é denominada de Qualidade de Experiência (*QoE – Quality of experience*) [SILVA].

Para analisar os aspectos referentes à percepção do usuário, foram desenvolvidas métricas de qualidade de vídeo, VQM (*Video Quality Metrics*). Entre as principais estão [CLARO]:

- VMOS (*Video Mean Opinion Score*): É obtida através da média de pontuação dada por um conjunto de usuários.
- MSQ (*Mean Square Error*): É a média da taxa de erros.
- PSNR (*Peak Signal-to-noise ratio*): É obtido através da relação sinal/ruído de pico, entre a imagem original e o reproduzido. Esta métrica será adotada nesse trabalho.

### 1.1. Psnr

O PSNR (*Peak Signal-to-noise ratio*) ou razão sinal ruído de pico é o padrão para mensurar a qualidade de imagens e vídeos. Para mensurar a qualidade de uma imagem, é analisado o maior valor do sinal em relação à potência do ruído, quando comparados um sinal antes e

depois de um determinado processo de degradação. A unidade utilizada para esse tipo de comparação é o *decibel* (dB).

Segundo Filho [FILHO], matematicamente o valor do PSNR de uma imagem de dimensões “ $n \times m$ ” pixels é expressa pela fórmula, em decibéis:

$$PSNR(dB) = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{x^2_{peak}}{\delta^2} \right) = \left( \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{i,j} - \hat{x}_{i,j})^2 \right)$$

onde  $x^2_{peak}$  é o valor do maior pixel da imagem ao quadrado e  $\delta^2$  é o erro médio quadrático (*MSE – Mean Square Error*). O  $m$  é o número de colunas e  $n$  o número de linhas da imagem;  $x_{i,j}$  se refere aos elementos da imagem original e  $\hat{x}_{i,j}$  são os elementos da imagem reconstituída.

Valores PSNR acima de 42dB correspondem a perdas imperceptíveis ao olho humano, o que significa qualidade excepcional. Sinais com PSNR, entre 37 e 42dB, são consideradas excelentes para compreensão humana. Entre 36 e 31dB, temos uma qualidade boa (mediana) e entre 30 e 25dB razoável. PSNR entre 20 e 25dB são considerados inferiores e possuem distorções facilmente perceptíveis ao olho humano. Abaixo de 20dB, a qualidade apresentada já é bastante ruim e passa a comprometer a compreensão.

## 6. AMBIENTE EXPERIMENTAL

O ambiente experimental que foi montado para realização dos testes práticos é constituído de um ponto de acesso no padrão 802.11g e dois computadores, sendo que um dos computadores possui uma interface de rede sem fio. Os softwares utilizados na realização dos testes foram o *Wireshark*, *VLC Media Player*, *Iperf*, *PSNR (Peak Signal Noise Ratio)*, *OpenOffice* e *GNUPlot*.

### 6.1 Objetivo

O objetivo do experimento é analisar a

qualidade de vídeo em redes 802.11g, na presença de determinadas quantidades de tráfego na rede. Para isso, foram determinados alguns parâmetros para análise da qualidade de serviço e qualidade de experiência para avaliação do desempenho da transmissão dos dados, são eles: *Throughput*, Atraso, *Jitter*, Porcentagem de pacotes perdidos e PSNR.

## 6.2 Topologia

A topologia adotada para avaliação experimental consiste de dois computadores e um ponto de acesso. Um dos computadores (servidor) está ligado

ao ponto de acesso através de uma rede cabeada com tecnologia Ethernet e o outro computador (cliente) está ligado a este mesmo ponto de acesso através de uma conexão *Wi-Fi* 802.11g.

Foram realizadas transmissões de vídeo, entre servidor e cliente, através do *player VLC*. As transmissões cliente servidor foram realizadas a uma taxa de 1024 Kbps, codificado em MPEG-4. A transmissão foi realizada com o vídeo encapsulado em MPEG TS e empacotado em RTP com transmissão *unicast*. Na tabela 1, são apresentadas características dos vídeos usados nos teste.

Tabela 1 - Vídeos utilizados na análise Xiph

Vídeo	Resolução	Formato	Tempo	Frames
<i>Foreman</i>	352 x 288	CIF	14s	300
<i>Highway</i>	352 x 288	CIF	73s	2000

Simultaneamente aos *streams* de vídeo, foram gerados tráfegos de fundo, com auxílio do software *iperf*, com diferentes taxas de dados.

## 7. METODOLOGIA

A metodologia utilizada constitui em um servidor realizando *stream* de vídeo para uma estação cliente. Simultaneamente, é gerado um tráfego de fundo com taxas que vão de 0 a 40 Mbps, com variações de 5 Mbps. Para análise, foram realizadas três transmissões com cada valor de tráfego de fundo e analisada a transmissão que teve o *Throughput* médio entre as três transmissões.

Todos os pacotes trafegados foram capturados através do *Wireshark* no computador cliente, e os vídeos gravados para uma posterior análise visual e cálculo do PSNR

Inicialmente foram realizados *streams* do vídeo *Highway* sem tráfego de fundo,

ou seja, apenas o vídeo trafegou na rede. Na segunda transmissão, foi gerado um tráfego de fundo de 5 Mbps, que foi aumentado de 5 em 5 Mbps a cada transmissão consecutiva até chegar a 35 Mbps. O mesmo procedimento foi realizado para o vídeo *Foreman*.

## 8. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos nos testes após serem analisados, tornaram possível a obtenção dos valores necessários para avaliação das transmissões. Nos tópicos seguintes, serão analisados os resultados obtidos nos experimentos.

**Throughput.** O *Throughput* total do vídeo *Highway* manteve-se com pouca variação até o tráfego de fundo de 20 Mbps. Como pode ser observado na Figura 3. Houve uma pequena alteração do *Throughput* entre o tráfego de 20 e 25 Mbps. Com o tráfego acima de 25 Mbps, o *Throughput* cai para 12 Mb quando o tráfego é aumentado para 35 Mbps.

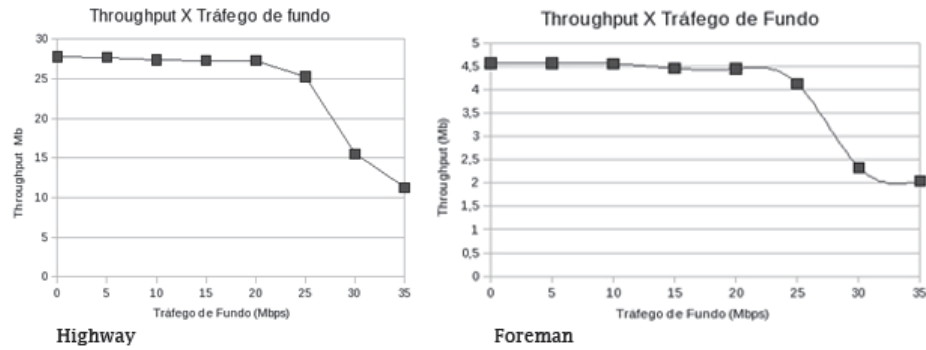


Figura 3 - *Throughput* Total pelo Tráfego de Fundo (*Highway*) e (*Foreman*).

Essa grande queda no total do *Throughput* é consequência da aproximação do tráfego de fundo do limite real da banda da rede 802.11g. Esse fato ocorre devido não haver um mecanismo de priorização do tráfego do vídeo, fazendo com que o *throughput* caia proporcionalmente ao aumento do tráfego de fundo, pois há uma maior competição entre os pacotes do vídeo que estão trafegando. Conseqüentemente há um maior descarte de pacotes e uma variação negativa do *throughput*.

Analisando a Figura 3 (*Foreman*), observam-se as mesmas características da Figura 3 (*Highway*), na qual o *Throughput* do vídeo “*Foreman*” mantém-se com pouca variação até o tráfego de fundo de 20 Mbps. Entre o tráfego de fundo de 20 e 25 Mbps, há uma pequena variação na vazão. Com o tráfego superior a 25 Mbps, o gráfico apresenta uma forte queda no *Throughput* até aproximadamente a taxa de 33 Mbps, quando o gráfico volta a

apresentar uma estabilização.

Também no vídeo *Highway*, o *Throughput* do vídeo, quando o tráfego de fundo atinge 35 Mbps, apresenta um valor menor que a metade do *Throughput* inicial, sem tráfego de fundo.

**Perda de Pacotes.** A Figura 4 mostra um gráfico com a porcentagem de perda de pacotes do vídeo em relação ao tráfego de fundo. Pode-se observar que a perda de pacotes é inversamente proporcional ao *Throughput* do vídeo sendo que, com o tráfego de fundo entre 0 e 20 Mbps a perda de pacotes é aproximadamente zero, apresentando uma pequena variação de 1,7% de pacotes perdidos.

Entre 20 e 25 Mbps de tráfego, há uma variação um pouco maior, por volta de 8,9%. Após o tráfego de 25 Mbps, há um aumento elevado na porcentagem de pacotes perdidos, chegando a 59,5% com o tráfego de fundo de 35 Mbps.

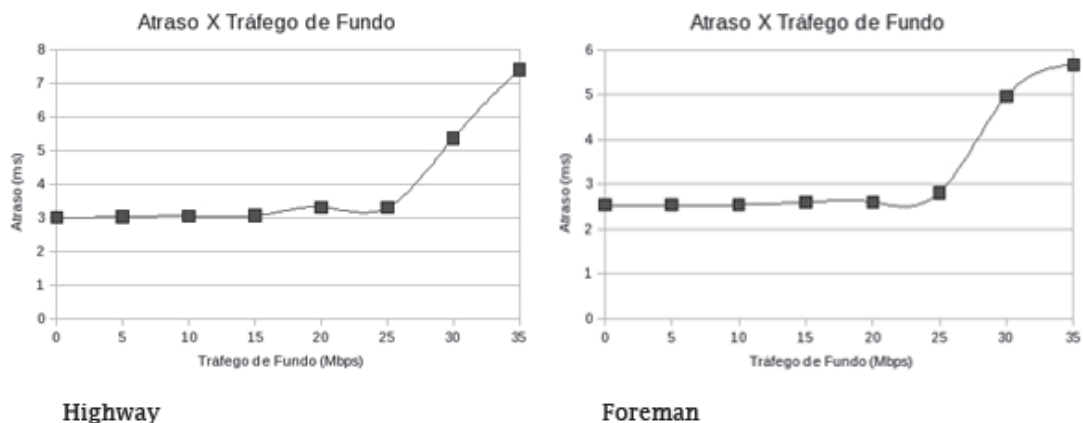


Figura 4 - Porcentagem de Perda pelo Tráfego de Fundo (*Highway*) e (*Foreman*).



A Figura 4 mostra o gráfico da porcentagem de perda de pacotes na transmissão do vídeo “Foreman”. Podemos observar uma grande semelhança com o gráfico com a porcentagem de perda do vídeo “Highway”. Em ambos os gráficos a perda de pacotes se mantém próxima a zero até o tráfego de fundo de 20 Mbps. Após os 20 Mbps, há um pequeno aumento na perda até os 25 Mbps de tráfego, quando começa a ocorrer uma maior perda de pacotes. Chegando aos 35 Mbps de tráfego a taxa de perda de pacotes chega a 55,3%.

**Atraso.** O atraso médio da transmissão do vídeo *Highway* é apresentado na Figura 5. Como pode ser observado, o atraso se mantém com pouca variação até o tráfego de fundo com 15 Mbps. Entre os 15 e 25 Mbps, há uma pequena variação para cima e para baixo. Com o aumento do tráfego de fundo acima de 25 Mbps, também há uma elevação no tempo de recebimento dos pacotes do vídeo transmitido, ultrapassando o dobro do tempo observado com tráfegos inferiores passando de 3,3 ms para 7,4 ms.

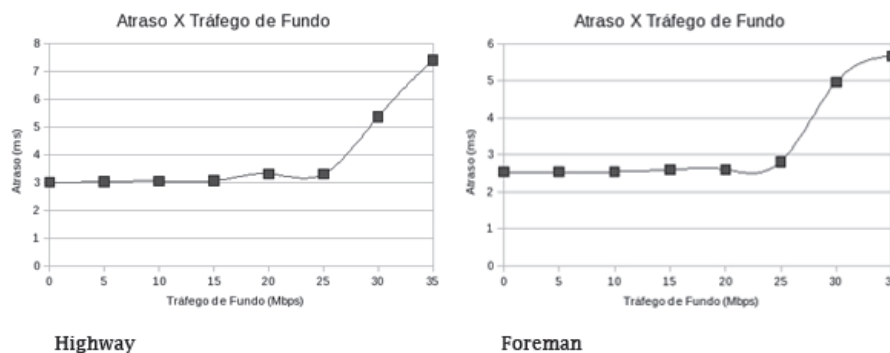


Figura 5 - Atraso Médio pelo Tráfego de Fundo (*Highway*) e (*Foreman*).

Na Figura 5, observa-se que a variação da média de atraso é muito próxima a da observada na transmissão do vídeo *Highway*. Apesar de apresentar valores mais amenos de atraso, a variação do atraso no vídeo *Foreman* foi muito próxima da observada no vídeo *Highway*.

Na transmissão do vídeo *Foreman*, o atraso também se manteve sem grandes variações até 25 Mbps de tráfego, passando a ter um grande aumento entre 25 e 35 Mbps de tráfego, quando houve um salto de 2,8 ms para 5,6 ms.

**Jitter.** O *Jitter* foi o parâmetro que obteve a maior variação durante as transmissões dos vídeos. Pode ser observado na Figura 6 que sem o tráfego de fundo o *Jitter* médio ficou em 0,15 ms e após a primeira inserção de tráfego de fundo na rede de 5 Mbps, a média do *Jitter* passou para 0,52 ms. Posteriormente o *Jitter* passou por pequenas variações até o tráfego de fundo de 25 Mbps, quando passou a apresentar 0,66 ms. Após os 25 Mbps de tráfego de fundo, houve um aumento significativo do *Jitter* até o tráfego de 35 Mbps, quando o mesmo apresentou a média de 1,22 ms.

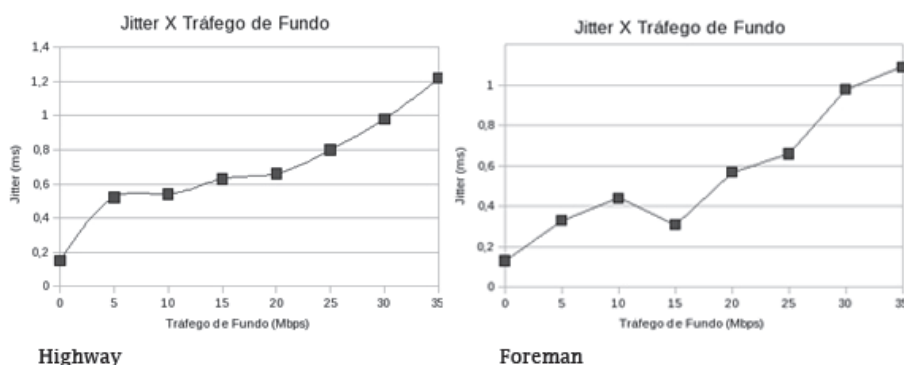


Figura 6 - *Jitter* Médio pelo Tráfego de Fundo (*Highway*) e (*Foreman*).

Nas transmissões, com o vídeo *Foreman*, houve maiores variações. Como pode ser observada na Figura 6, a média do *Jitter* variou para cima até o tráfego de fundo de 10 Mbps, quando alcançou 0,44 ms. Logo após, houve uma pequena variação para baixo, voltando a crescer em seguida, continuando a até o tráfego de fundo de 35 Mbps, quando o *Jitter* registrou a média de 1,09 ms.

**PSNR.** Através da Figura 7, é possível observar um alto valor de PSNR, entre 144 e 95 decibéis (dB), nas transmissões com

tráfego igual e inferiores a 20 Mbps. Isso ocorre devido o vídeo *Highway* possuir qualidade elevada, apresentando 200 frames por segundo (fps), fazendo com que o PSNR referente às transmissões iniciais que tiveram pouca degradação, obtivesse esse valor PSNR alto.

Mesmo com um vídeo de alta qualidade, as transmissões com tráfego de fundo acima de 25 Mbps, obtiveram um valor PSNR entre 24 e 16 dB, sendo considerados de qualidade ruim e péssima, respectivamente.

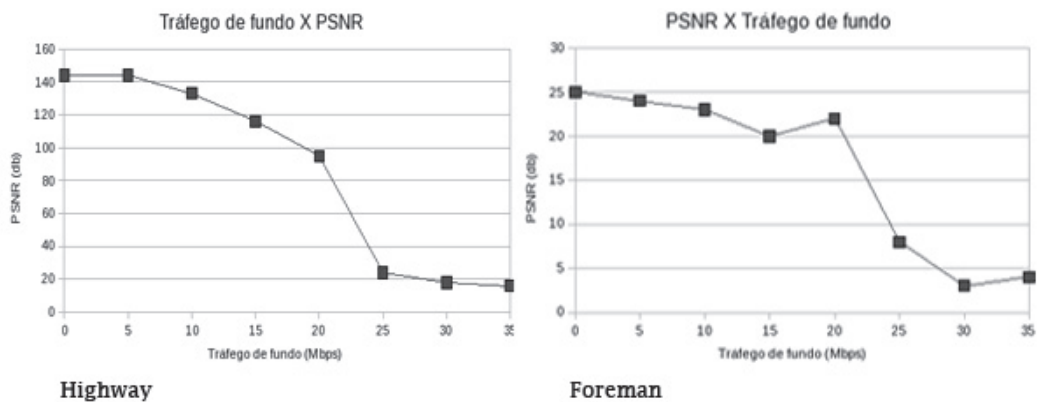


Figura 7 - Tráfego de fundo pelo PSNR (*Highway*) e (*Foreman*).

Apesar de apresentar uma variação de PSNR próxima da transmissão do vídeo *Highway*, a transmissão do vídeo *Foreman* apresentou valores de PSNR bem mais baixos. Isso acontece, devido ao vídeo de origem apresentar uma qualidade inferior ao *Highway*, apresentando 30 frames por segundo (fps).

Pode ser observado na Figura 7, que nas transmissões com tráfego de fundo entre 0 e 20 Mbps, o PSNR variou entre 25 e 20 dB, sendo considerados de qualidade ruim. Com tráfego de fundo superior a 20 Mbps, o PSNR do vídeo teve uma forte variação para baixo passando a apresentar

valores entre 8 e 4 dB, apresentando assim qualidade péssima.

Observa-se, também, que o PSNR apresenta uma queda significativa com tráfegos superiores a 20 Mbps, pois a rede passa a apresentar níveis altos de saturação, afetando consideravelmente a qualidade do vídeo. A figura 8 apresenta as seqüências de frames retirados dos resultados das transmissões realizadas. É possível analisar visualmente os resultados obtidos com transmissões entre 5 e 25 Mbps, os resultados obtidos com tráfegos acima desses valores são desprezíveis.

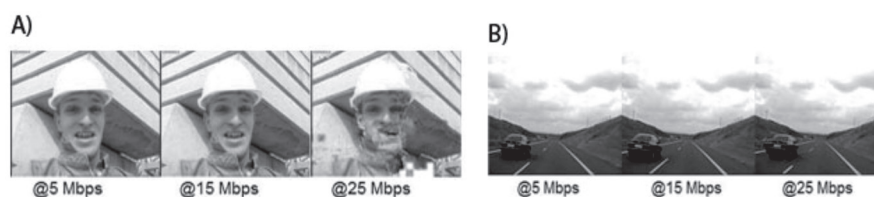


Figura 8 – (A) Seqüência de frames do vídeo *Foreman* e (B) Seqüência de frames do vídeo *Highway*.

## 9. CONCLUSÕES

Este artigo abordou o impacto das métricas de QoS na qualidade do vídeo em redes IEEE 802.11g, através da realização de *streams* de vídeo e posterior análise dos resultados obtidos de qualidade de serviço e qualidade de experiência, através da análise de métricas de QoS e QoE. Pode ser observado que a qualidade de serviço está diretamente proporcional ligada à qualidade do vídeo, isso porque ao analisar os resultados obtidos se observou que a qualidade do vídeo degradava, proporcionalmente, as métricas de qualidade de serviço.

Pode-se constatar que as transmissões, com um tráfego inferior a 20 Mbps tiveram pouco impacto na qualidade do vídeo, isso devido o tráfego se manter abaixo da largura da banda suportada pelas redes 802.11g. Ao realizar *streams*, com tráfegos de fundo superiores a 20 Mbps, foi verificado que as métricas de QoS tiveram uma variação negativa, impactando diretamente na qualidade da transmissão, que começaram a apresentar distorções significativas. Quando o tráfego foi elevado aos 30 Mbps, houve uma grande variação negativa na qualidade de serviço, tornando o *stream* inviável, por apresentar imagens de baixíssima qualidade, descartáveis.

Conclui-se então, que a qualidade de serviço impacta diretamente a qualidade de vídeos transmitidos em redes 802.11g, devido a sua velocidade de transmissão, que quanto mais próxima do seu limite apresenta variações negativas na qualidade de serviço.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Wireshark. Disponível em: <<http://www.wireshark.org/>> Acesso em: 25 maio 2009.

VLC *Media Player*. Disponível em: <<http://www.videolan.org/vlc/>> Acesso em: 30 maio 2009.

MARTINS, Joberto. **Qualidade de Serviço (QoS) em Redes IP Princípios Básicos, Parâmetros e Mecanismos**. Vol. 1. 1999. [http://www.inforede.net/Technical/Upper\\_Layers/Network\\_Mgmt/Paper%20QOS%20Quality%20of%20Service.doc](http://www.inforede.net/Technical/Upper_Layers/Network_Mgmt/Paper%20QOS%20Quality%20of%20Service.doc), acessado em março de 2009 - Pag. 8 e 12.

BRUN, Altamir; VOGT, Eide Marta Gonçalves; MENDES, Alessandra da Silveira. **QoS – Qualidade de Serviço em TCP/IP. 2002**. <http://www.dimap.ufrn.br/~glaucia/RAV/Monografia.pdf>, acessado em março de 2009 – Pag. 20.

GnuPlot. Disponível em: <<http://www.gnuplot.info/>> Acesso em: 4 jun 2009.

Iperf. Disponível em: <<http://iperf.sourceforge.net/>> Acesso em: 10 jun 2009.

Xiph. Disponível em: <<http://media.xiph.org/video/derf/>> Acesso em: 12 jun 2009.

TANENBAUM, Andrew. **Redes de Computadores – 4ºed**. Editora Campus – 2003 – cap. 1 e 4.

RUBINSTEIN, Marcelo G, REZENDE, José Ferreira. **Qualidade de Serviço no Controle de Acesso ao Meio de Redes 802.11. 2002**, <http://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/RuRe02.pdf>, acessado em abril de 2009 - Pag. 4, 5 e 6.

FILHO, Eddie Batista de Lima. **Compressão de imagens utilizando recorrência de padrões multiescalas com critério de continuidade inter-blocos**. 2004, Disponível em: <<http://www.lps.ufrj.br/profs/eduardo/teses/eddie-filho-msc.pdf>> Acesso em: 9 jun 2009.

LO, Anthony, HEIJENK, Geert,

NIEMEGEREERS, Ignas. **Performance Evaluation of MPEG-4 Video Streaming over UMTS Networks using an Integrated Tool Environment**. 2005, Disponível em: <<http://wwwhome.cs.utwente.nl/~heijenk/publications/spects2005.pdf>> Acesso em: 3 jun 2009.

BARCELOS, João Paulo Malheiro de, GONÇALVES, Raphael Guimarães, ALVES JR., Nilton. **O Padrão 802.11. 2003**, Disponível em: <[ftp://ftp2.biblioteca.cbpf.br/pub/apub/2003/nt/nt\\_zip/nt00303.pdf](ftp://ftp2.biblioteca.cbpf.br/pub/apub/2003/nt/nt_zip/nt00303.pdf)> Acesso em: 20 maio 2009.

SILVA, Frederico, BADRUDINO, Nizarali, SOUSA, Tiago. **IPTV – ARQUITECTURAS, PROTOCOLOS E SERVIÇOS**. Disponível em: <[http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2006\\_2007/MERC/Trab\\_5/CAV%20IPTV/IPTV.pdf](http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2006_2007/MERC/Trab_5/CAV%20IPTV/IPTV.pdf)> Acesso em: 02 jun 2009.

CLARO, André Miguel Dias. **Framework para “Personal TV”**. 2008 Acesso em: 15 jul 2009.

JUNIOR, Adonias Nobrega de Melo. BUENO, Gregorio Augusto Rocha Lassmar. **Qualidade de Vídeo em Redes IP: Um estudo de caso**. Universidade de Brasília, fevereiro de 2009.

IEEE 802.11a standard. 1999. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/reading/ieee/interp/802.11a-1999.html>> Acesso em: 13 jun 2009.

IEEE 802.11b standard. 1999. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/reading/ieee/interp/802.11b-1999.html>> Acesso em: 8 jun 2009.

IEEE 802.11g standard. 2003. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/reading/ieee/interp/802.11g-2003.html>> Acesso em: 11 jun 2009.

IEEE 802.11e standard. 2006. Disponível

em: <<http://www.ing.unipi.it/ew2002/proceedings/H2006.pdf>> Acesso em: 11 jun 2009.

IEEE. **Approves Two Amendments To Wireless Local And Municipal Area Network Standards**. Disponível em: <[http://standards.ieee.org/announcements/pr\\_80211F80216Con01.html](http://standards.ieee.org/announcements/pr_80211F80216Con01.html)> Acesso em: 10 jun 2009.

IEEE 802.11i standart. 2004. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/reading/ieee/interp/802.11i-2004.html>> Acesso em: 15 jun de 2009.

Testing IEEE 802.11n. 2007. Disponível em: <<http://www.tmworld.com/article/CA6428547.html>> Acesso em: 14 jun 2009.

1. PSNR. **Digital video image quality and perceptual coding**. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=JwMqUXzwYpUC&pg=PA395&dq=Peak+signal-to-noise+ratio+videos&ei=s9h5SpvHHZCCyQTAirXiDA#v=onepage&q=psnr&f=false>> Acesso em: 10 jul 2009.

2. MOS. **Digital video image quality and perceptual coding**. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=JwMqUXzwYpUC&pg=PA395&dq=Peak+signal-to-noise+ratio+videos&ei=s9h5SpvHHZCCyQTAirXiDA#v=onepage&q=psnr&f=false>> Acesso em: 20 jul 2009.

3. RTP. **RTP (Real Time Protocol)**. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=JwMqUXzwYpUC&pg=PA395&dq=Peak+signal-to-noise+ratio+videos&ei=s9h5SpvHHZCCyQTAirXiDA#v=onepage&q=psnr&f=false>> Acesso em: 20 jul 2009.

Data de submissão: 14/08/2009

Data de aceite: 01/02/2010