

6

Análise dos resultados para tráfego de vídeo

Realizadas as implementações necessárias para que fosse possível a análise do desempenho das técnicas de agregação utilizando ferramenta de simulação NS2, estas foram validadas ao longo do Capítulo 5. Na sequência deste mesmo capítulo a foi realizada a análise da vazão; atraso máximo e médio; e perda de pacotes de ambos os métodos de agregação.

Neste capítulo utilizamos como base os resultados obtidos das simulações e análises feitas no Capítulo 5, para então avaliar o desempenho das técnicas de agregação na transmissão de vídeo real. Para isto foram realizadas novas simulações utilizando as técnicas de agregação na transmissão de vídeos reais. Esta análise busca verificar se as técnicas de agregação em conjunto as demais melhorias que fazem parte do padrão 802.11n são capazes de atender os requisitos de vazão, atraso e perda de pacotes que a transmissão de vídeo requer.

O Capítulo 6, começa com a apresentação do cenário, na seção 6.1, no qual as simulações foram realizadas, passando pela implementação e validação da geração do tráfego de fundo pelo NS2 que é apresentada pela seção 6.2, prosseguindo, na seção 6.3, com a análise da perda de pacotes de acordo com carga inserida para então realizarmos as simulações de vídeo e a análise dos resultados na seção 6.4. O resumo das análises realizadas é apresentado pela seção 6.5. Com os resultados apresentados, a seção 6.6 trás a análise dos resultados obtidos com a transmissão de vídeos reais para mais de uma estação. Para finalizar, a seção 6.7 apresenta a análise dos resultados obtidos com a transmissão de vídeos reais para uma estação e demais tráfegos para outra estação, no intuito de verificar se altera o desempenho dos métodos de agregação.

6.1. Cenário da Simulação

O cenário da simulação para análise da transmissão de vídeo é composto por quatro elementos: um servidor de vídeo; um servidor que gera através do processo de Poisson, o tráfego de fundo, tráfego este que será utilizado para obter a carga desejada; um Access Point (AP) com duas antenas uma para cada *stream* espacial e uma estação apta para receber altas taxas essa mesma estação irá receber tanto o tráfego de vídeo como o tráfego de fundo. Da mesma forma que anteriormente estes estão dispostos em uma região bidimensional quadrada com 100 metros de lado, o AP está localizado em um dos vértices da região, vértice esse que serve de ponto de origem para o sistema de coordenadas e a estação está 10 metros do AP. Os enlaces entre os servidores e o AP são ideais, para que estes *links* não influenciem na avaliação de cada dos um métodos. A Figura 6.1 mostra a topologia do cenário e a

Tabela 6.1 mostra os valores adotados para os parâmetros do sistema 802.11n, essa tabela que contém as mesmas informações da Tabela 5.1 mas que é rerepresentada por conveniência.

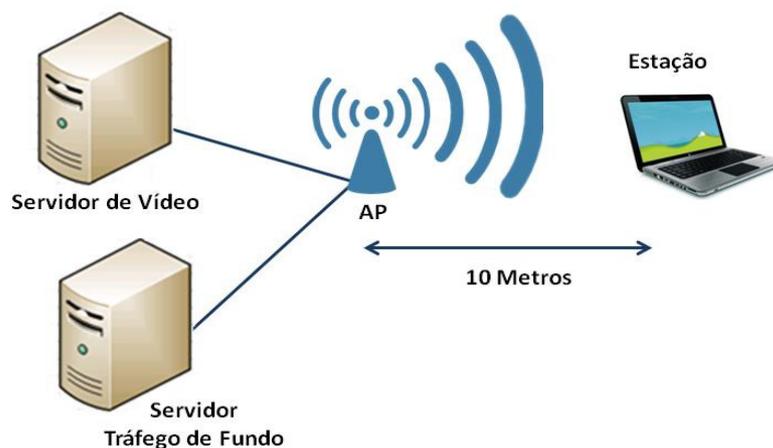


Figura 6.1 - Cenário utilizado nas simulações com transmissão de vídeo.

Tipo de Antena	Omni
Frequência	5 GHz
CWmin	15
CWmax	1023
Slot Time	9 μ s
SIFS	16 μ s

Tabela 6.1 – Parâmetros do padrão 802.11n utilizados na simulação

Foram utilizadas as mesmas máquinas virtuais nas quais implementamos os métodos de agregação A-MPDU e A-MSDU, cuja implementação fora validada no decorrer do Capítulo 5. Diferentemente das simulações anteriores nas quais obtemos resultados para diferentes taxas de erro de pacote, para as simulações com vídeo queremos nos aproximar ao máximo da realidade. Como o padrão 802.11n faz uso do recurso de rápida adaptação do *link* (*fast link adaptation*) que permite através de uma escolha dinâmica do melhor MCS de acordo com as condições do canal, este é capaz de manter a PER em 1% de acordo com [27] e [28], desta forma utilizamos então este valor de PER nas simulações com vídeo obtendo assim uma avaliação mais próxima da realidade.

Cada sinal de vídeo possui um padrão de tráfego diferente devido ao perfil de movimentação em cada cena gerando assim uma complexidade que é peculiar a cada vídeo, conforme mostrado por [9]. Sendo assim para abrangermos diferentes tipos de perfis, fizemos uso de 4 sequências de vídeo. As 4 sequências vídeos utilizadas são referência na avaliação de vídeos e representam os principais perfis de movimentação. As sequências utilizadas foram: Foreman, Mobile, Football e Crew.

A sequência de vídeo Foreman representa os vídeos onde há baixa movimentação como telejornais, a sequência de vídeo Mobile representa os vídeos que possuem uma movimentação média e uma elevada complexidade de cena o que resulta em uma baixa taxa de compressão. Já a sequência de vídeo Football, representa os vídeos que possuem uma alta movimentação em cada cena, isso tipicamente ocorre em esportes.

E para completar a sequência de vídeo Crew possui um misto de cenas com baixa movimentação e cenas com alta movimentação e transições repentinas entre cenas. Além das sequências que são padrão na avaliação de sistemas de vídeo, foi utilizado também um trecho do filme Star Wars que possui o formato widescreen e um perfil de movimentação misto, representando os vídeos transmitidos no dia a dia.

Todos os vídeos foram codificados usando o software JSVM/SVC v9.19.3, que é o software de referência para codificação escalável, estes foram gerados com 6 camadas de escalabilidade MGS (*Medium Grained Scalability*), a Tabela 6.2 resume as características dos vídeos utilizados.

Vídeo	Duração da Sequência (s)	Quadros por segundo (FPS)	Taxa de bits (Mb/s)	Resolução
Foreman	10	30	3,02	CIF (352X288)
Mobile	10	30	5,61	CIF (352X288)
Football	8,67	30	4,97	CIF (352X288)
Crew	10	30	3,84	CIF (352X288)
Star Wars IV	3720	30	3,00	672X288

Tabela 6.2 - Resumo das características dos vídeos utilizados

O servidor de tráfego de fundo gera dados segundo um processo de Poisson sendo o tempo médio entre as chegadas dos pacotes igual a $\frac{1}{\lambda}$. Como o sinal de vídeo não é capaz por si só de utilizar toda capacidade de transmissão do padrão 802.11n utilizamos o tráfego de fundo para representar os demais tráfegos que usualmente trafegam nas redes sem fio e em conjunto com vídeo gerar a carga desejada no sistema e assim obter a região onde os parâmetros utilizados vão garantir sucesso da transmissão de vídeo.

A geração do tráfego Poisson não é um elemento nativo da ferramenta de simulação NS2, por isso essa funcionalidade foi desenvolvida e adicionada à NS2 e validada conforme a seção 6.2 que detalha a implementação e realiza a validação da geração do tráfego Poisson.

6.2. Implementação e validação da geração de tráfego Poisson no NS2

Conforme mencionado anteriormente a ferramenta NS2 não possui de forma nativa a geração de tráfego de acordo com a distribuição de Poisson, então realizamos a implementação desta funcionalidade na ferramenta. Esta implementação foi realizada criando um novo tipo de tráfego, o qual utiliza os parâmetros fornecidos pelo NS2 e as equações que fazem com que o tráfego tenha um comportamento de Poisson, estas foram implementadas através de linhas de código. Criado este novo gerador de tráfego, seus parâmetros foram inseridos nas bibliotecas do NS2, que foi recompilado para que o novo recurso fosse disponibilizado para uso.

Para validarmos a implementação realizada, foi gerado pelo NS2 um arquivo trace, em cada computador virtual, contendo o instante de tempo em que cada pacote seria enviado considerando a taxa de 50 Mb/s. Com esse arquivo trace foi calculado o tempo entre o envio de cada pacote para então gerar o gráfico com a distribuição acumulada do envio de pacotes. Para validarmos o gráfico obtido pelo tráfego gerado pelo NS2, utilizamos a equação (6-1), para a função de distribuição de probabilidade para a variável aleatória exponencial correspondendo ao tempo entre chegada, com valor de λ igual a 4473,94, pois são enviados no total, 447394 pacotes durante a transmissão que dura 100 segundos.

$$P(X \leq x) = 1 - e^{-\lambda x} \text{ para } x \geq 0 \quad (6-1)$$

Com as informações geradas pelo NS2 e aquelas calculadas analiticamente foram gerados o dois gráficos, conforme ilustrado na Figura 6.2. Na Figura A é apresentado o gráfico com as informações geradas pela ferramenta NS2 com o método A-MPDU implementado e na Figura B o gráfico com as informações geradas pelo NS2 com o método A-MPDU implementado.

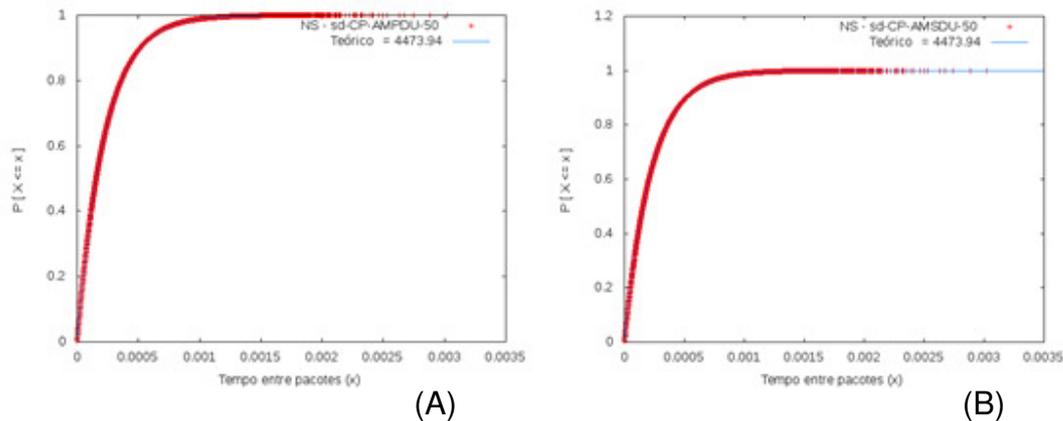


Figura 6.2 - Curvas Analíticas e baseada nas informações geradas pelo NS2 referente a geração do tráfego Poisson.

Vemos na Figura 6.2 os dados gerados pelo NS2 batem exatamente com os cálculos teóricos e portanto podemos concluir que a implementação da geração do tráfego Poisson foi implementada corretamente.

6.3.

Levantamento da curva da perda de pacotes de acordo com a carga

Antes de iniciarmos as simulações para a avaliação da transmissão de vídeos reais, precisamos identificar a carga máxima suportada pelo sistema, ou seja, a partir da qual o sistema não é capaz de atender os requisitos necessários de transmissão que possibilitem que o receptor possa receber o vídeo com qualidade.

Com este intuito foi levantada a curva de perda de pacotes de acordo com a carga introduzida no sistema. Para isso foi utilizado o tráfego de vídeo, nesse caso se utilizou a sequência de vídeo Mobile para representar a transmissão de vídeo, combinado com o tráfego de fundo que é gerado por um processo de Poisson. A sequência de vídeo possui a taxa de transferência fixa em 5,61 Mb/s enquanto a taxa de transmissão do tráfego de fundo é determinada de acordo com o necessário para se atingir o carregamento desejado.

Foram obtidos dados tanto para o método de agregação A-MPDU quanto para o método A-MSDU. A PER utilizada foi a de 1% ou 10^{-2} , a mesma que será utilizada em todas as simulações realizadas neste capítulo, conforme descrito na seção 6.1. Para este valor de PER a taxa de transmissão máxima é de 120,3 Mb/s para o método A-MPDU é de 86,6 Mb/s para o método A-MSDU, conforme

apresentado pela Tabela 5.6. Desta forma considera a transmissão máxima de cada método, 100% de carga de cada método, assim para o método A-MPDU ao inserirmos 100% de carga na rede estamos transmitindo à 120,3 Mb/s, enquanto que para o método A-MSDU ao inserirmos 100% de carga na rede estamos transmitindo a 86,66 Mb/s. Para obtermos a curva de perda de pacotes de acordo com a carga, esta foi variada de 80% até 120% para ambos os métodos, ou seja, para o método A-MPDU foi variada a taxa de transmissão de 96,2 Mb/s até 144,4 Mb/s e para o método A-MSDU foi variada de 69,3 Mb/s até 104 Mb/s, lembrando que a variação da carga é feita pelo tráfego de fundo uma vez que a taxa de transmissão requerida pelo vídeo é fixa.

Devido a perecibilidade dos pacotes de vídeo causada pela baixa tolerância a atrasos, os pacotes cujo retardo foram maiores do que 200ms foram descartados e considerados perdidos. Com essa premissa a Figura 6.3 ilustra o percentual de pacotes de vídeo perdidos para que possamos identificar a carga máxima tolerada pelo sistema, carga para qual o sistema é capaz de assegurar a qualidade do vídeo recebido.

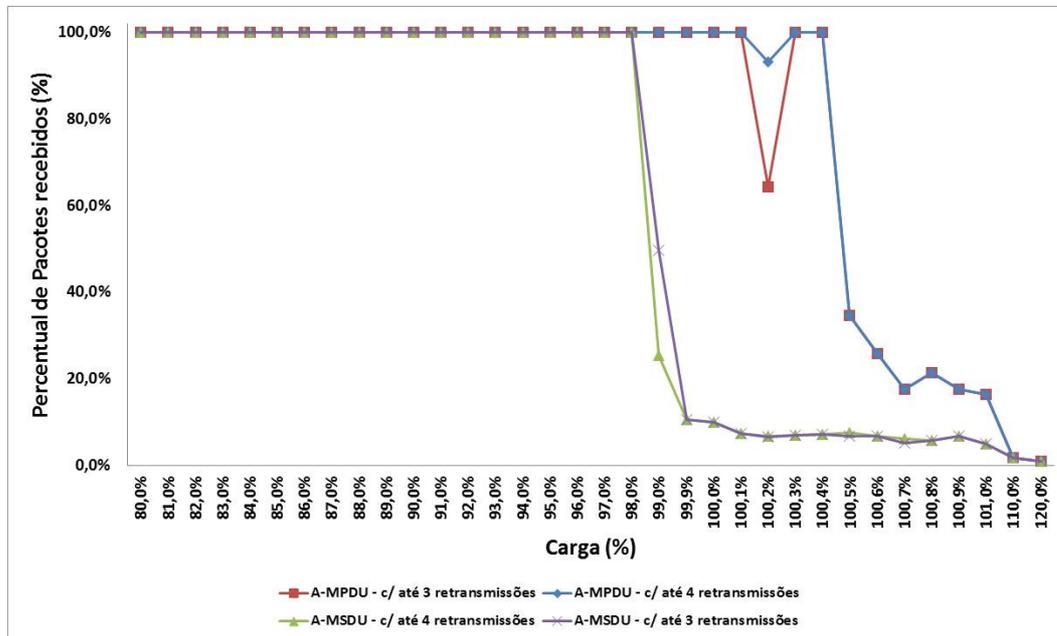


Figura 6.3 – Percentual de pacotes recebidos com ambos os métodos de agregação obtidos em função do número de retransmissões, com PER igual à 1% e considerando taxa máxima da camada física = 135 Mb/s.

Nesta figura são apresentadas as curvas de ambos os métodos tanto com até 3 retransmissões quanto com até 4 retransmissões. A curva obtida para até 7 retransmissões é idêntica a curva com até 4 retransmissões para ambos os métodos e por isso não foi apresentada.

Vemos na figura que até com 98% de carga ambos os métodos de agregação são capazes de transportar os pacotes de vídeo sem perda. A partir desta carga o quantitativo de pacotes pedidos está associado não somente ao método de agregação utilizado, mas também a quantidade de retransmissões permitidas. Analisando os dados gerados é possível notar que com 110% da vazão máxima transmitida por cada um dos métodos de agregação, ou seja, com a taxa de transmissão de 132,3 Mb/s para o método A-MPDU e 95,3 Mb/s para o método A-MSDU, o limite de saturação do sistema é atingindo e que qualquer taxa superior a essa gera uma perda de buffer de transmissão, onde os pacotes são perdidos antes mesmo de serem transmitidos.

Para as simulações seguintes onde iremos obter os dados para avaliar o desempenho da transmissão de vídeos reais através de redes 802.11n com os métodos de agregação, A-MPDU e A-MSDU, separadamente, focamos as análises para uma variação de carga entre 90% a 110% da vazão tolerada por cada método.

6.4.

Análise dos resultados obtidos com a transmissão de vídeos reais.

Após conhecermos a região onde os parâmetros utilizados podem influenciar no sucesso da transmissão de vídeo, vamos nesta seção analisar a transmissão dos 5 sinais de vídeo que foram transmitidos, cada um deles em conjunto com um tráfego de fundo gerado por um processo de Poisson.

O tráfego de fundo da mesma forma que anteriormente, representou as demais aplicações que usualmente são transportadas pela rede 802.11n juntamente com o vídeo.

Os cinco vídeos e seus parâmetros estão detalhados na Tabela 6.2. Todos os vídeos foram transmitidos tanto pelo método A-MPDU quanto pelo método A-MSDU e em ambos os casos foi variada a taxa de transmissão do tráfego de fundo para gerar uma carga entre 90% a 110% da vazão tolerada por cada método.

Deve ser lembrado que para PER igual a 1% o método A-MPDU possui a taxa de transmissão máxima de 120,3 Mb/s e o método A-MSDU possui a taxa de 86,6 Mb/s e que essas taxas de transmissão máximas são consideradas 100% de carga que cada método é capaz de transmitir. Sendo assim quando variamos a carga inserida estamos variando a taxa de transmissão inserida na rede, onde a variação de 90% até 110% da carga para o método A-MPDU é a variação da taxa de transmissão de 108,3 Mb/s até 132,3 Mb/s e de 78 Mb/s até 95,3 Mb/s para o método A-MSDU.

As simulações foram realizadas para o número máximo de retransmissões de 3 e 4 de acordo com o verificado no Capítulo 5. Além disto foram repetidas para até 7 retransmissões para que possamos verificar como o número de retransmissões influencia a transmissão de vídeo.

Ao longo desta seção iremos analisar a vazão; o atraso (máximo e médio); e a fração de pacotes recebidos para cada um dos vídeos e para cada número de retransmissões, em conjunto com a análise comparativa entre os métodos de agregação A-MPDU e A-MSDU.

Análise da Vazão

O primeira métrica que será analisada é a vazão obtida da transmissão dos 5 vídeos reais que foram transmitidos.

Nosso objetivo é verificar o comportamento da vazão do vídeo quando esse é transmitido em conjunto com outras aplicações, aqui representadas pelo tráfego de fundo, quando a taxa de transmissão destas aplicações é variada de forma a compor de 90% a 110% da vazão máxima tolerada para cada método, considerando a PER igual a 1%.

Iremos analisar os resultados obtidos para o método A-MPDU e na sequência analisaremos os resultados do método A-MSDU.

A Figura 6.4 ilustra as curvas de vazão total, vazão do tráfego de fundo e principalmente o percentual da taxa de transmissão requerida pelo vídeo que foi alcançada pela vazão da transmissão do vídeo de acordo com a carga inserida no sistema, para o método A-MPDU.

A vazão obtida da transmissão do vídeo é apresentada na figura como normalizada pela taxa de transmissão requerida pelo vídeo, ou seja, $\frac{\text{Vazão do tráfego de vídeo}}{\text{Taxa do vídeo}}$. Essa normalização é útil, pois nos permite comparar os resultados entre os vídeos, mesmo estes tendo taxas de transmissão diferentes.

A figura mostra de forma separada os resultados obtidos para cada um dos cinco vídeos para quais as simulações foram realizadas.

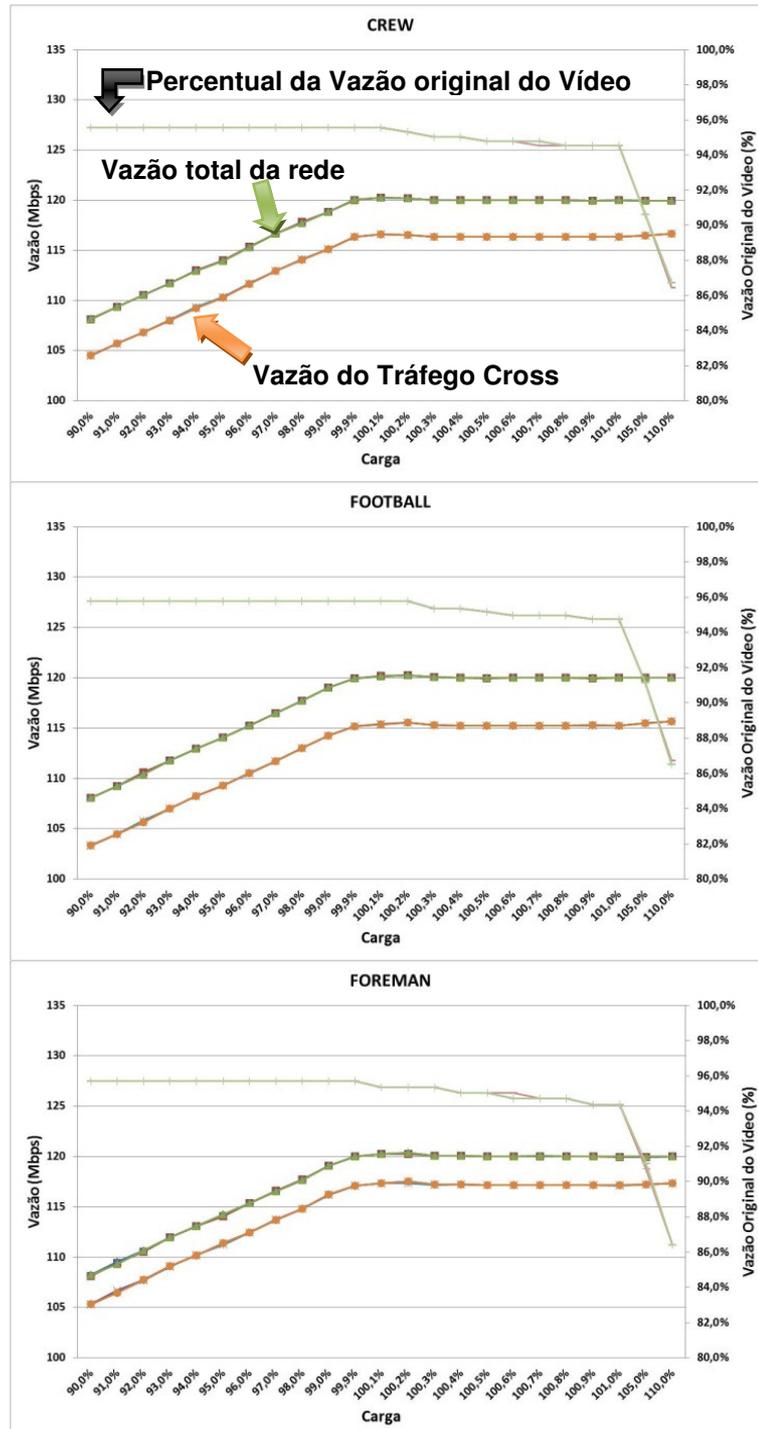




Figura 6.4 – Percentual da taxa de transmissão obtida pela vazão da transmissão de vídeo, vazão do tráfego *cross* e vazão total obtidas utilizando o método de agregação A-MPDU de acordo com a carga inserida no sistema.

De acordo com a Figura 6.4 vemos que as curvas para até 3, 4 e 7 retransmissões se sobrepõem praticamente em todos os pontos avaliados.

Vemos, também, que vídeo Star Wars obteve a vazão mais próxima da taxa de transmissão requerida pelo vídeo, alcançando 97% da taxa do vídeo. E o vídeo Mobile conseguiu manter constante a sua taxa de transmissão até a carga de

100,3% enquanto os demais tiveram sua vazão reduzida antes desta carga ser atingida.

A Tabela 6.3 mostra o percentual máximo da vazão que cada vídeo obteve em relação a sua taxa de transmissão requerida, assim o vídeo Star Wars IV obteve uma vazão de 97% da taxa de transmissão requerida pelo vídeo, ou seja, obteve uma vazão máxima de 2,9 Mb/s, para essa vazão a tabela ainda mostra até qual a carga inserida que foi possível manter essa vazão máxima, pela tabela temos para o vídeo Star Wars IV que até carga de 99% temos uma vazão de 97% da taxa de transmissão deste vídeo e partir destas cargas temos uma queda na vazão deste vídeo. Os demais vídeos seguem a mesma linha.

	Taxa de Transmissão do vídeo	Máxima Vazão obtida Tx de Trans do vídeo	Carga máxima na qual a tx de transmissão foi mantida
Star Wars IV	3,00 Mb/s	97,0 %	99,0 %
Foreman	3,02 Mb/s	95,7 %	99,9 %
Crew	3,83 Mb/s	95,6 %	100,1 %
Football	4,97 Mb/s	95,8 %	100,2 %
Mobile	5,61 Mb/s	95,7%	100,3%

Tabela 6.3 – Percentual da vazão obtida por cada vídeo em relação a sua taxa de transmissão e a carga que cada vídeo manteve da vazão máxima.

Analisando a Tabela 6.3 notamos que quanto maior é a taxa de transmissão requerida pelo vídeo, maior é a carga tolerada antes que a vazão do vídeo seja reduzida. Parece existir também uma relação entre taxa de transmissão requerida pelo vídeo com o percentual que a vazão obtida representa da taxa de transmissão, neste caso vemos uma tendência de queda na relação quando a taxa de transmissão requerida pelo vídeo é maior, o ponto de exceção é o vídeo Football que obteve uma vazão proporcionalmente maior que a maioria dos vídeos, sendo menor apenas para vazão obtida pelo vídeo Star Wars IV, porém esse desvio pode

ser devido à imprecisão do simulador uma vez que os valores obtidos são muito próximos.

Conforme mencionado anteriormente à taxa introduzida pelo sistema foi variada de 90% a 110% da vazão máxima obtida para o método A-MPDU. Porém podemos notar na Figura 6.4 que independente do vídeo, a vazão total da transmissão utilizando o método A-MPDU é atingida quando se chega a próximo a 120,3 Mb/s, esse valor é o mesmo valor encontrado nas análises realizadas nas seções anteriores.

Neste ponto ocorre a saturação do sistema, porém a taxa do tráfego de fundo é elevada até obtermos uma taxa de transmissão que em conjunto com o tráfego de vídeo alcance, no método A-MPDU, a taxa de 132,3 Mb/s que representa 110% da vazão aceita pelo sistema. Neste ponto de saturação vemos que a transmissão de vídeo é prejudicada, inclusive sua vazão é reduzida de forma significativa em detrimento ao tráfego de fundo. Conforme demonstrado pela Tabela 6.3 cada um dos vídeos conseguiu manter sua vazão constante até uma determinada carga, conforme citado anteriormente.

Com relação ao número de retransmissões, a alteração deste parâmetro, no caso do método A-MPDU, afeta de forma muito pontual a vazão. Além disso, em todos os cinco vídeos experimentados, a vazão obtida para até 4 retransmissões foi a mesma obtida para até 7 retransmissões. Pelo fato da vazão obtida para até 4 retransmissões ser a mesma obtida para até 7 retransmissões pode nos indicar que mesmo sendo possível se efetuar até 7 retransmissões para que o pacote seja entregue ao receptor, são suficientes até 4 retransmissões para entregar todos os pacotes.

Nos casos em que para uma determinada carga se obteve uma vazão diferente para até 3 retransmissões e até 4 e 7 retransmissões a vazão obtida para até 4 e 7 retransmissões foi maior que a vazão para até 3 retransmissões, com exceção do vídeo Mobile onde a vazão para até 3 retransmissões obtida foi maior .

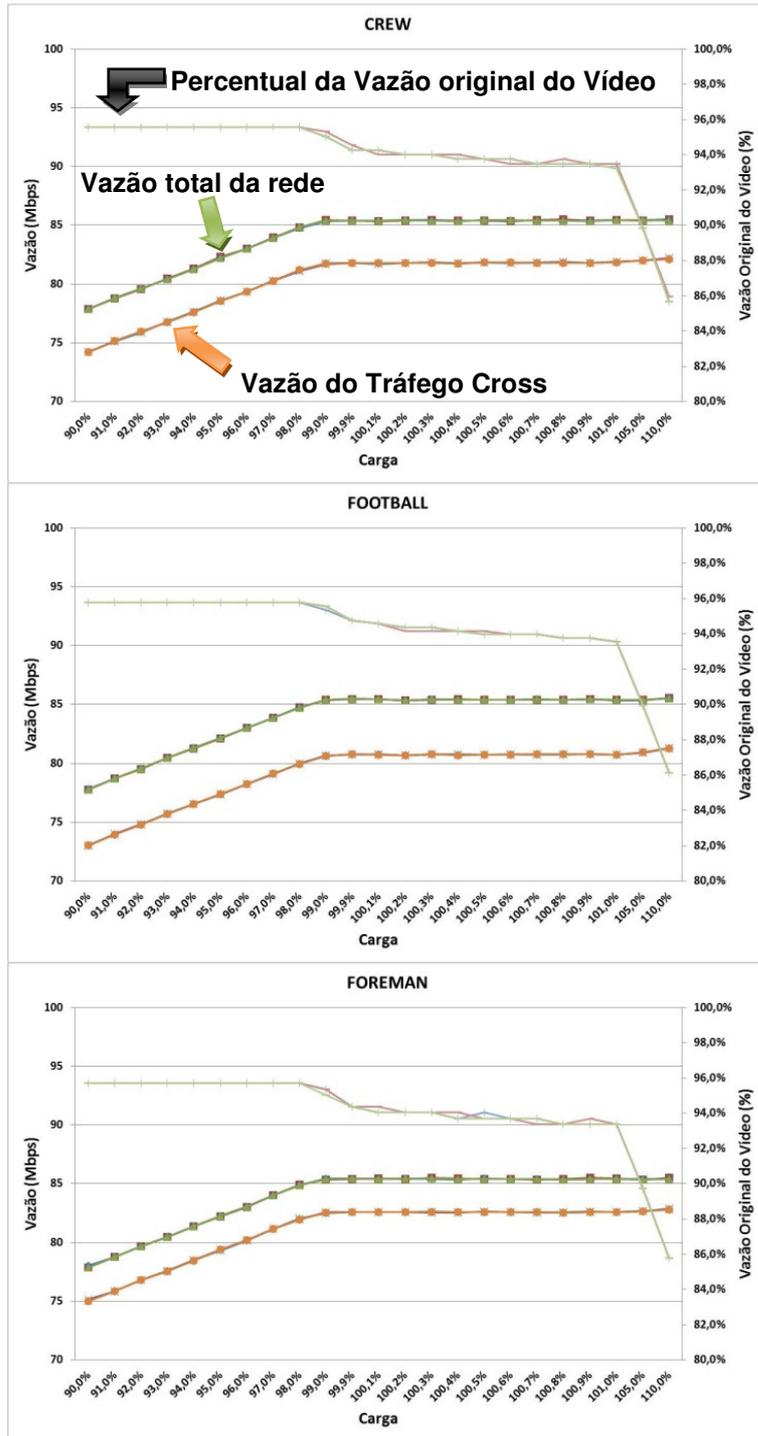
Assim como para o método A-MPDU, a Figura 6.5 ilustra as curvas de vazão total, vazão do tráfego de fundo e principalmente o percentual da taxa de transmissão requerida pelo vídeo que foi alcançada pela vazão da transmissão do vídeo de acordo com a carga inserida no sistema, para o método A-MSDU. Deve ser lembrado que a vazão obtida da transmissão do vídeo é apresentada na figura como o percentual da vazão obtida do tráfego de vídeo em relação à taxa de

transmissão requerida pelo vídeo, ou seja, $\frac{\text{Vazão do tráfego de vídeo}}{\text{Taxa do vídeo}}$. Da mesma forma também a figura trás de forma separada os resultados obtidos para cada um dos cinco vídeos para qual as simulações foram realizadas, facilitando assim a análise dos resultados obtidos.

Pode-se verificar que, com o método A-MSDU, as curvas para até 3, 4 e 7 retransmissões também se sobrepõe praticamente em todos os pontos avaliados.

Na Figura 6.5 verifica-se, ainda, que o vídeo Star Wars também obteve com o método A-MSDU a vazão mais próxima da taxa de transmissão requerida pelo vídeo, alcançando 97%. Este é o mesmo valor obtido com o método A-MPDU.

Assim, em ambos os métodos a vazão máxima obtida para o vídeo Star Wars IV foi de 2,91 Mb/s. No caso do método A-MSDU todos os 5 vídeos mantiveram constante a sua taxa de transmissão até a carga de 98%, que no método A-MSDU, representa uma taxa de transmissão de 83,93 Mb/s, a partir desta carga todos os vídeos tiveram sua vazão reduzida.



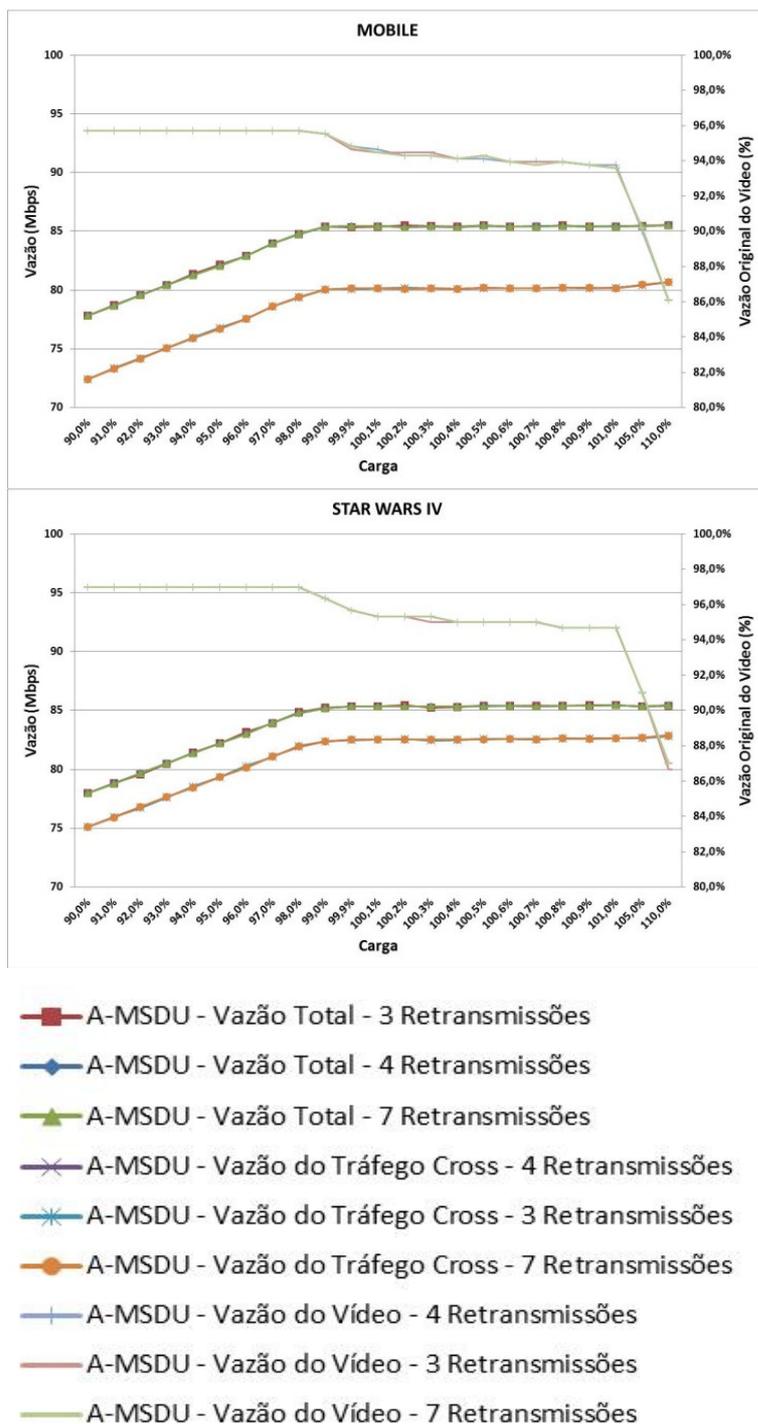


Figura 6.5 – Percentual da taxa de transmissão obtida pela vazão da transmissão de vídeo, vazão do tráfego cross e vazão total obtidas utilizando o método de agregação A-MSDU de acordo com a carga inserida no sistema.

A Tabela 6.4 mostra o percentual da vazão que cada vídeo obteve em relação a sua taxa de transmissão. Assim o vídeo Star Wars IV obteve uma vazão de 97% da taxa requerida por este vídeo, ou seja, obteve uma vazão máxima de 2,9 Mb/s.

No método A-MSDU é possível manter a vazão máxima de todos os vídeos até carga de 98%, conforme mencionado anteriormente.

Assim, para o vídeo Star Wars IV temos uma vazão de 97% da taxa de transmissão deste vídeo até carga de 98%, partir desta carga temos uma queda na vazão deste vídeo.

Os demais vídeos seguem a mesma linha.

	Taxa de Transmissão do vídeo	<u>Máxima Vazão obtida</u> Taxa de Tx do vídeo
Star Wars IV	3,00 Mb/s	97,0 %
Foreman	3,02 Mb/s	95,7 %
Crew	3,83 Mb/s	95,6 %
Football	4,97 Mb/s	95,8 %
Mobile	5,61 Mb/s	95,7%

Tabela 6.4 – Percentual da vazão obtido por cada um dos vídeos em relação a sua taxa de transmissão para o método A-MSDU.

Na Tabela 6.4 podemos notar que os valores obtidos para a relação entre a vazão máxima e a taxa de transmissão requerida pelo vídeo para o método A-MSDU são idênticos aos valores obtidos para o método A-MPDU apresentados pela Tabela 6.3. Parece existir também, com o método A-MSDU, uma relação entre a taxa de transmissão obtida pelo vídeo e o percentual da vazão total que o vídeo obtém da taxa de transmissão total.

Podemos verificar uma tendência de queda na relação quando a taxa de transmissão requerida pelo vídeo é maior. O ponto de exceção, assim como no método A-MPDU, é o vídeo Football que obteve uma vazão proporcionalmente maior que a maioria dos vídeos, sendo menor apenas para vazão obtida pelo vídeo Star Wars IV.

Na Figura 6.5 podemos notar que o ponto de saturação da vazão do sistema como um todo está próximo da taxa de 86,66 Mb/s, que é a taxa que verificamos anteriormente ser o ponto de saturação quando se utiliza o método A-MPDU.

Porém, podemos constatar que a vazão de todos os vídeos é degradada mesmo antes de se atingir os 100% de carga.

Com relação ao número de retransmissões, a alteração deste parâmetro com o método A-MSDU faz com que, apesar de pequena, tenhamos uma variação na vazão.

Diferentemente do método A-MPDU, no método A-MSDU não podemos dizer se a vazão obtida para 4 retransmissões em todos os casos foi a mesma para 7 retransmissões, na maioria das vezes isso é verdade contudo existem alguns casos em que a vazão obtida para 3 retransmissões é igual a obtida para 4 ou 7 retransmissões e neste último caso diferente da vazão obtida para 4 retransmissões. Nos casos em que para uma determinada carga se obteve uma vazão diferente entre 3, 4 e 7 retransmissões ou entre um destes a maior vazão foi obtida por diferentes quantidades de retransmissões dependendo da carga aplicada e também do vídeo em questão.

Para determinar a quantidade de retransmissões mais adequada para o método A-MSDU verificamos os casos onde foi obtida uma vazão diferente para 3, 4 e 7 retransmissões e analisamos qual destas retransmissões possuíam mais vezes a maior vazão.

Desta forma descobrimos que 57% das vezes a vazão obtida com 3 retransmissões foi a maior vazão, em seguida temos 46% das vezes a vazão obtida com 4 retransmissões foi a maior vazão e por último, 35% das vezes a vazão obtida com 7 retransmissões foi a maior vazão.

É importante ressaltar que a soma dos percentuais excede os 100% isso porque temos casos conforme já mencionado onde a vazão obtida 3 retransmissões é igual 4 retransmissões que por sua vez é maior que a vazão obtida para 7 retransmissões, neste caso é contabilizado a maior vazão tanto para 3 retransmissões quanto 4 retransmissões e assim por diante.

Com esses resultados podemos verificar que para o método A-MSDU quanto menor a quantidade de retransmissões mais chances se tem da vazão ser mais elevada. Isso se deve pelo fato do pacote A-MSDU possuir somente um CRC para todos os pacotes que estão agregados, conseqüentemente todos os pacotes agregados devem ser retransmitidos.

Já com o método A-MSDU a quantidade de retransmissões possui pouca influência sob a ótica da vazão uma vez que cada pacote agregado possui o seu próprio CRC.

Análise do Atraso

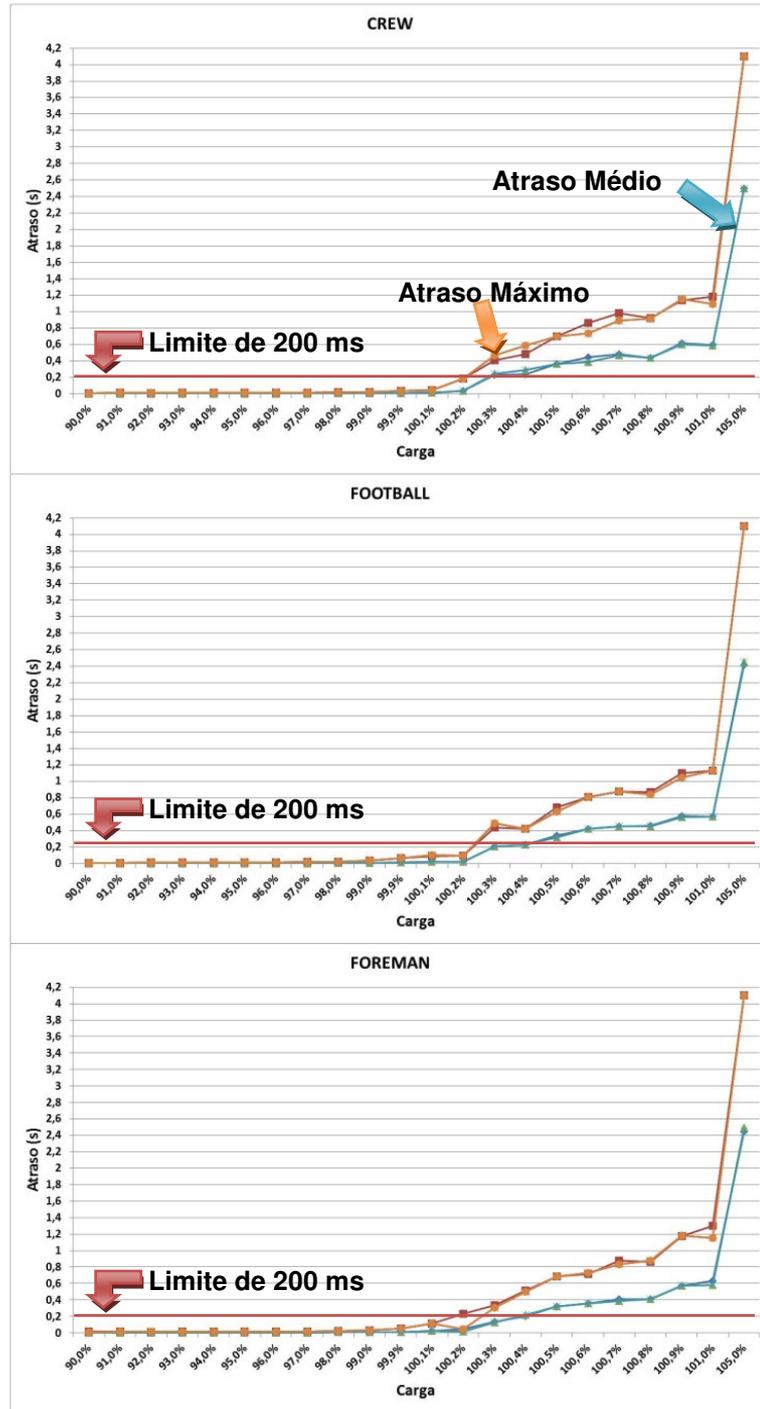
A próxima métrica que vamos analisar é o atraso médio o atraso máximo.

Esta métrica é bastante importante quando se transmite vídeo, pois esta aplicação possui restrição rigorosa com relação ao atraso. Em outras palavras, os pacotes de vídeo devem chegar à camada de aplicação do receptor em no máximo 200 ms [17],[18] e [24]. Após esse período o pacote não tem mais utilidade. Por isso, considera-se que pacotes com atraso maior que 200 ms são descartados.

Vamos primeiramente analisar o atraso médio e máximo obtido com a transmissão dos 5 vídeos utilizando o método de agregação A-MPDU e na sequência realizaremos a mesma análise para os resultados obtidos com a utilização do método de agregação A-MSDU de forma semelhante realizada na seção anterior.

A Figura 6.6 ilustra as curvas de atraso médio e máximo obtidos para cada um dos vídeos transmitidos utilizando o método A-MSDU de acordo com a carga introduzida no sistema, considerando 3, 4 e 7 retransmissões. Essa figura trás os resultados obtidos para cada um dos vídeos separadamente.

No intuito de facilitar a análise e comparação dos resultados entre os vídeos, nesta mesma linha os resultados para atraso médio e máximo foram plotados juntos. Assim, podemos realizar uma comparação e verificar melhor a distância entre o atraso médio e máximo para cada um dos cinco vídeos transmitidos.



A Tabela 6.5 mostra para cada vídeo a carga máxima suportada antes do atraso médio e máximo ultrapassar o limite requerido. Assim temos, por exemplo, para o vídeo Mobile que o valor do atraso médio e máximo permaneceu baixo dos 200 ms até a carga de 100,3% , ou seja, no método A-MPDU, o atraso médio é máximo do vídeo Mobile se manteve abaixo dos 200 ms até a taxa de transmissão inserida de 120,6 Mb/s. Importante lembrar que no método A-MPDU a taxa máxima possível é de 120,3 Mb/s.

	Taxa de Transmissão do vídeo	Carga máxima considerando atraso médio menor de 200ms			Carga máxima considerando atraso máximo menor de 200ms		
		3	4	7	3	4	7
Nº Máximo de retransmissões	-	3	4	7	3	4	7
Star Wars IV	3,00 Mb/s	99,9%			99,0%		
Foreman	3,02 Mb/s	100,3%			100,2%		
Crew	3,83 Mb/s	100,2%			100,2%		
Football	4,97 Mb/s	100,2%			100,2%		
Mobile	5,61 Mb/s	100,3%			100,3%		

Tabela 6.5 – Carga máxima transmitida pelo método A-MPDU antes que o limite de atraso seja atingido, sob o ponto de vista do atraso médio e máximo e de acordo com o número máximo de retransmissões permitidas

Analisando a Tabela 6.5 podemos ver que existe uma tendência do atraso médio ser menor que 200 ms até a mesma carga que o atraso máximo para os vídeos de maior taxa de transmissão, sendo assim podemos ver que os vídeos de menor taxa de transmissão divergem desta tendência. Exemplo disto são os vídeos Star Wars IV e Foreman que apesar de suportarem respectivamente as cargas 99,9% e 100,3% sob aspecto do atraso médio, se analisarmos o atraso máximo isso não é verdade. Isso significa que apesar da maioria dos pacotes chegarem em até 200 ms, alguns chegaram acima deste tempo e por consequência serão descartados ocasionando assim uma perda na qualidade da imagem.

Nesta mesma tabela podemos verificar que quanto maior a taxa de transmissão maior a carga suportada sem perdas e que a carga suportada é a mesma independente do número máximo de retransmissões.

A princípio isso pode significar que o número de retransmissões não tem influência significativa na transmissão de vídeo quando se utiliza o método A-MPDU. Contudo, ao analisarmos a Figura 6.6 vemos que dependendo do vídeo e da taxa podemos sim obter atrasos maiores ou menores dependendo no número máximo de retransmissões.

Analisando todos os atrasos médios e máximos obtidos vemos que são raras as exceções onde o atraso tanto médio quanto máximo obtido para 4 e 7 retransmissões difere um do outro. Isto pode significar que são raras as exceções que são necessárias mais de 4 retransmissões e com isso o valor obtido para até 7 retransmissões é igual ao obtido para até 4 retransmissões.

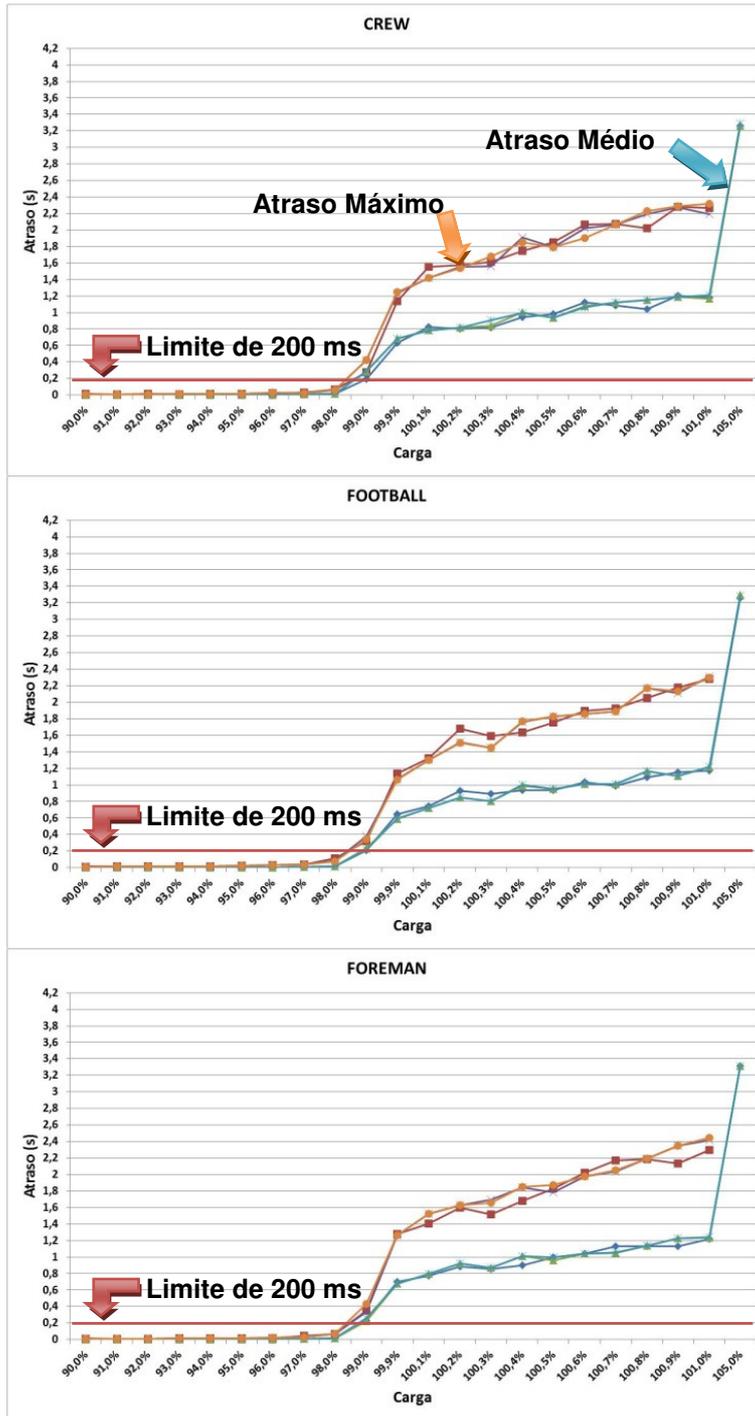
É possível notar, também, que o atraso médio e máximo obtido na maioria das vezes é o mesmo quando se utiliza até 4 ou 7 retransmissões pouco difere do obtido para até 3 retransmissões. Sendo assim para o método A-MPDU, até 4 retransmissões é o mais indicado no ponto de vista de atraso médio e máximo.

Vamos, agora analisar os resultados obtidos com o método A-MSDU.

A Figura 6.7 mostra os valores obtidos tanto para o atraso médio quanto para o máximo atraso de acordo com a carga introduzida no sistema, da mesma forma que os gráficos anteriores esse mostra a curva obtida para atraso médio e máximo de cada vídeo de forma separada no intuito de facilitar a visualização e análise dos dados, contudo neste caso os pontos referentes à carga 105% nas curvas de atraso máximo não foram apresentadas no gráfico em questão.

Esses valores não estão sendo apresentados pelo fato de possuírem um valor muito elevado o que faria com que o gráfico ficasse reduzido, dificultando assim a visualização das variações no atraso, tanto médio quanto máximo, ocasionadas pelo número de retransmissões.

Para que estes valores não deixem de ser apresentados estes estão contidos na Tabela 6.6.



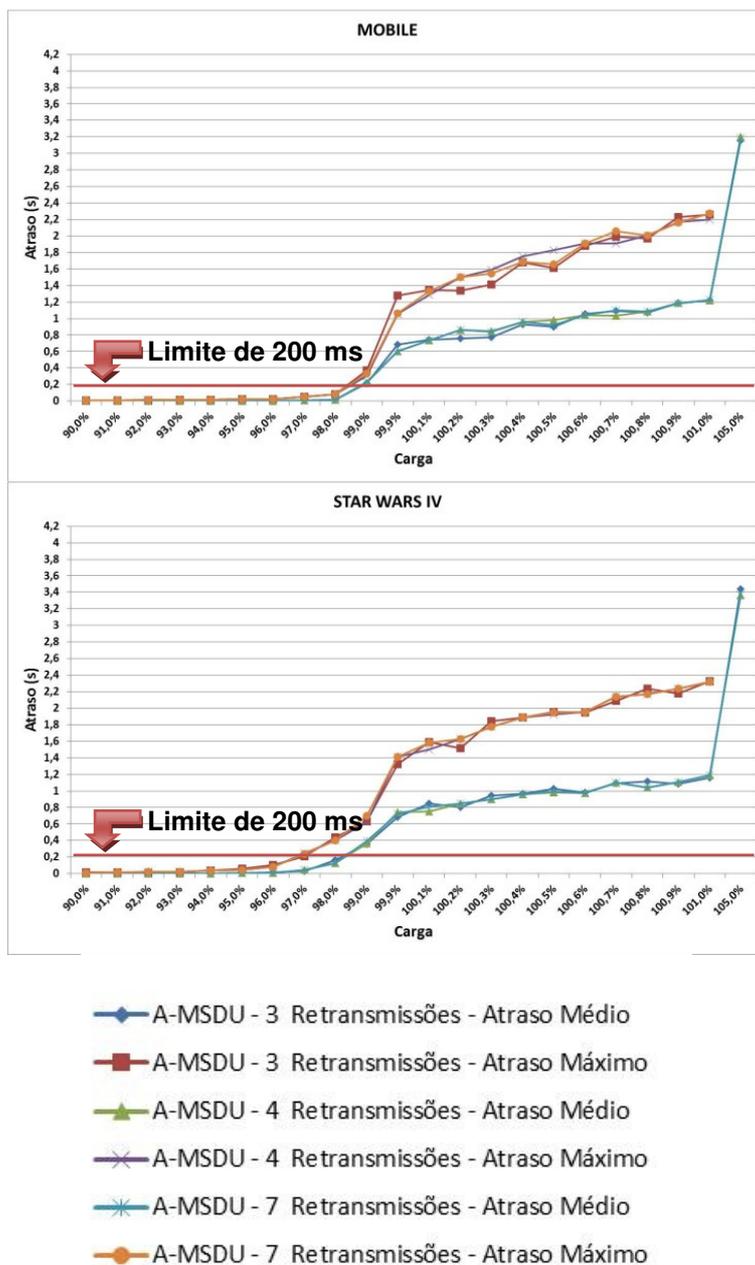


Figura 6.7 – Atraso Médio e Máximo da transmissão do vídeo utilizando o método de agregação A-MSDU obtido de acordo com a carga inserida no sistema.

	Atraso máximo (ms) obtido para a carga de 105%		
Nº Máximo de retransmissões	3	4	7
Star Wars IV	6,6	6,5	6,5
Foreman	6,5	6,5	6,5
Crew	6,4	6,3	6,4
Football	6,3	6,5	6,4
Mobile	6,2	6,3	6,2

Tabela 6.6 – Atraso Máximo da transmissão do vídeo utilizando o método de agregação A-MSDU obtido de acordo com a carga 105%.

É possível verificar na Figura 6.7 que quando o atraso obtido ultrapassa o valor de 200ms, o valor do atraso cresce de forma significativa e mais acelerada que o método A-MPDU.

Essa figura nos mostra também que praticamente todos os vídeos suportaram o atraso médio ou máximo menor que 200ms até a carga de 98%.

A exceção é o vídeo Crew que para até 3 retransmissões teve seu atraso médio menor que os 200 ms até a carga de 99%. O atraso máximo nesse caso ultrapassa os 200 ms significando assim que alguns pacotes não chegaram a tempo e foram descartados. Por esse motivo consideramos a carga de 98% como carga máxima suportada.

Outra exceção é o vídeo Star Wars que apesar de atraso médio se manter abaixo dos 200 ms até a carga de 98% assim como os demais vídeos, sob o aspecto do atraso máximo esse ultrapassou o limite com a carga 96% , Isso significa que acima desta carga teremos perda de pacotes, o que ocasiona uma perda da qualidade da imagem.

A Tabela 6.7 mostra para cada vídeo a carga máxima suportada antes do atraso médio e máximo ultrapassar o limite requerido.

	Taxa de Transmissão do vídeo	Carga máxima considerando atraso médio menor de 200ms			Carga máxima considerando atraso máximo menor de 200ms		
		3	4	7	3	4	7
Nº Máximo de retransmissões	-	3	4	7	3	4	7
Star Wars IV	3,00 Mb/s	98%			96%		
Foreman	3,02 Mb/s	98%			98%		
Crew	3,83 Mb/s	98%			98%		
Football	4,97 Mb/s	98%			98%		
Mobile	5,61 Mb/s	98%			98%		

Tabela 6.7 – Carga máxima transmitida pelo método A-MSDU antes que o limite de atraso seja atingido, sob o ponto de vista do atraso médio e máximo e de acordo com o número máximo de retransmissões permitidas

Diferentemente dos resultados obtidos para o método A-MPDU, os resultados obtidos para o método A-MSDU apresentados pela Tabela 6.7 não mostram uma tendência de maior suporte a carga inserida de acordo com a taxa de transmissão requerida pelo vídeo, vemos, contudo que o vídeo Star Wars IV suportou uma menor carga sob aspecto do atraso máximo, conforme mencionado anteriormente.

Podemos então afirmar que até a carga de 98% os vídeos tendem a serem transmitidos sem problemas relacionados a atraso, exceto se a taxa de transmissão requerida pelo vídeo for muito baixa.

Com esta tabela podemos verificar que a carga suportada pelos vídeos é a mesma, com algumas exceções mencionadas anteriormente, e que a carga suportada é a mesma independente do número máximo de retransmissões, com exceção do vídeo Star Wars IV sob aspecto do atraso máximo.

A princípio isso pode significar que o número de retransmissões não tem influência significativa na transmissão de vídeo quando se utiliza o método A-MSDU. Contudo, ao analisarmos a Figura 6.7 vemos que dependendo do vídeo e da taxa podemos sim obter atrasos maiores ou menores dependendo no número máximo de retransmissões. Podemos inclusive notar que os resultados obtidos com o método A-MSDU contém mais oscilações referentes ao número máximo de retransmissões que os resultados obtidos para o método A-MPDU.

Analisando todos os atrasos médios e máximos obtidos, vemos que na maioria das vezes o atraso obtido entre a quantidade de retransmissões é diferente uns dos outros. Porém, quando são iguais são iguais somente para 4 e 7 retransmissões, sendo raro obter o mesmo atraso para 3, 4 e 7 retransmissões, na prática este último somente correu em alguns casos com os vídeos de maior taxa de transmissão que são: Football e principalmente o vídeo Mobile.

Nesta análise, podemos notar que apesar de vermos na Figura 6.7 que o menor atraso se alterna entre até 3, 4 e 7 retransmissões, o menor atraso médio é obtido com até 3 retransmissões, e com relação ao atraso máximo fica praticamente empatado entre 3 e 4 retransmissões, sendo diferente somente por um ponto favorável a 4 retransmissões. Sendo assim para o método A-MSDU, 3 ou 4 retransmissões é o mais indicado no ponto de vista de atraso médio e máximo.

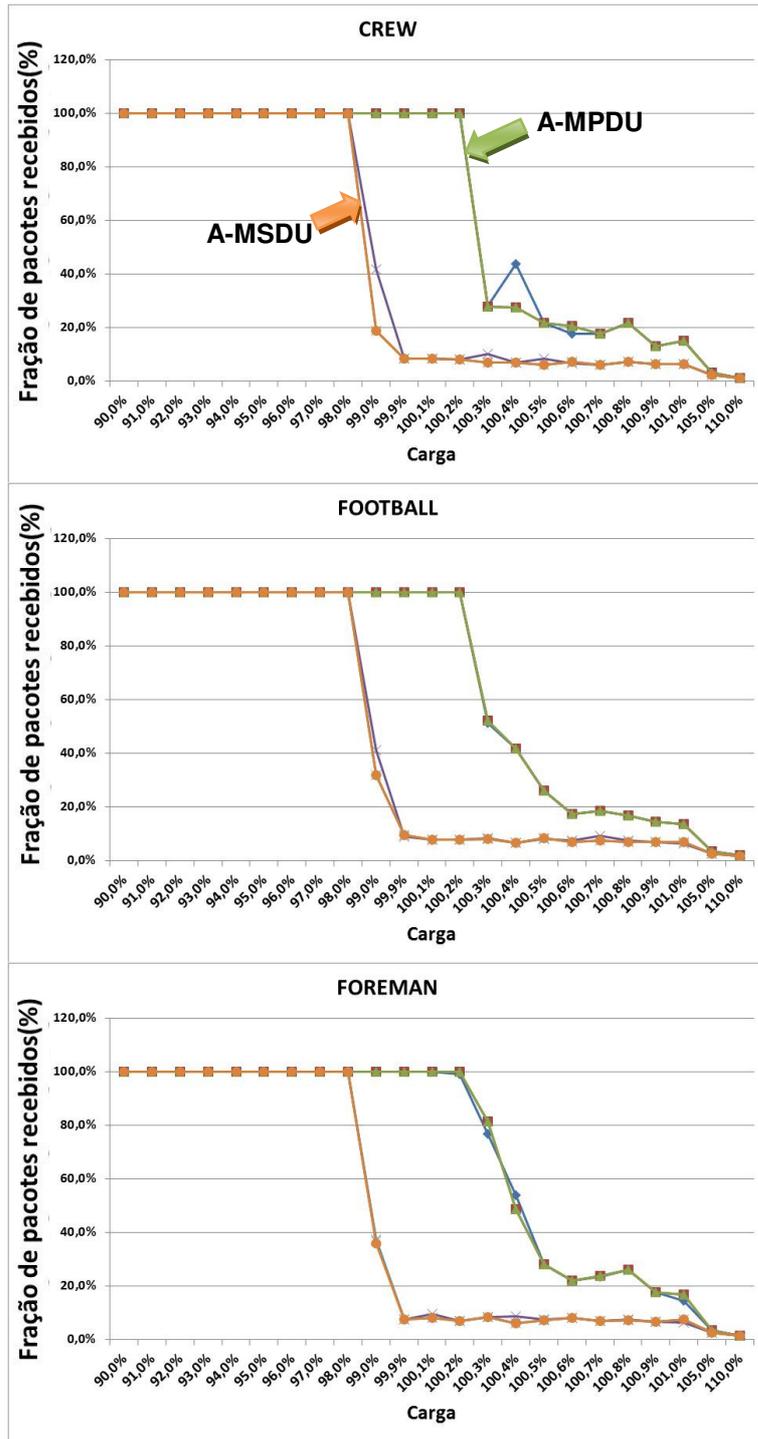
Análise da fração de pacotes recebidos

Nesta seção analisaremos a fração de pacotes recebidos para ambos os métodos de agregação (A-MPDU e A-MSDU). O objetivo é verificar a carga que cada um dos métodos de agregação é capaz de suportar antes ocorram perdas de pacotes referentes à transmissão de vídeo e conseqüentemente haja uma degradação na qualidade do vídeo recebido.

A carga foi variada de 90% até 110% e a fração de pacotes recebidos é calculada de acordo com a definição da Seção 5.2.

A fração de pacotes recebidos é apresentada pela Figura 6.8, que ilustra as curvas tanto do método de agregação A-MPDU quando do método A-MSDU, ambos com a informação da fração de pacotes recebidos de acordo com a quantidade de retransmissões.

As curvas de ambos os métodos foram plotadas na mesma figura no intuito de facilitar a comparação entre os métodos de agregação. Contudo conforme as figuras anteriores às curvas referentes a cada vídeo estão separas para facilitar a visualização e análise dos resultados obtidos.



Entretanto podemos observar que dependendo o vídeo em questão essa diferença é maior ou menor. Para verificarmos caso a caso a Tabela 6.8 apresenta para cada um dos vídeos transmitidos e para cada um dos métodos de agregação até qual a carga que cada vídeo suportou antes que tivéssemos perdas de pacote, sejam estas perdas por atraso acima dos 200 ms ou por outros fatores.

	Taxa de Transmissão do vídeo			A-MPDU			A-MSDU		
	3	4	7	3	4	7	3	4	7
Star Wars IV	3,00 Mb/s			99%			96%		
Foreman	3,02 Mb/s			100,2%			98%		
Crew	3,83 Mb/s			100,2%			98%		
Football	4,97 Mb/s			100,2%			98%		
Mobile	5,61 Mb/s			100,3%			98%		

Tabela 6.8 – Carga máxima transmitida pelos métodos A-MPDU e A-MSDU antes que o houvesse perda de pacotes de acordo com o número máximo de retransmissões permitidas

Com a Tabela 6.8 comprovamos o que havíamos verificado através da figura, que em mais essa métrica o método A-MPDU é capaz de suportar cargas maiores que o método A-MSDU, entretanto essa verificação era esperada uma vez que a vazão e o atraso estão diretamente associados à entrega dos pacotes com sucesso.

Vemos também que o método A-MSDU ficou limitado na carga de 98% para a maioria dos vídeos, a exceção é o vídeo Star Wars IV que começa a perder pacotes a partir da carga de 97%.

Com relação ao número de retransmissões ao analisarmos todos os dados percebemos que ao utilizarmos até 4 ou 7 retransmissões para ambos os métodos temos na maioria das vezes uma menor perda de pacotes do que se utilizarmos até 3 retransmissões.

Analisando a figura podemos verificar também que ao se iniciarem as perdas, estas na grande maioria das vezes são muito elevadas, fazendo o vídeo recebido não tenha uma boa qualidade.

6.5. Resumo dos resultados

Nas seções anteriores analisamos a vazão; atraso (máximo e médio); e a fração de pacotes recebidos para cada um dos vídeos, para cada número de retransmissões, e para ambos os métodos de agregação. Sendo assim vamos nesta seção sintetizar a análise comparativa entre os métodos de agregação A-MPDU e A-MSDU e unificar os resultados obtidos para encontrarmos o ponto ótimo de cada método de agregação, assim como encontrarmos o melhor método de agregação para ser utilizado em uma transmissão de vídeo.

Iniciaremos pela análise para o método de agregação A-MPDU e na sequência será realizando o mesmo para o método A-MSDU e por fim confrontaremos os parâmetros ótimos de cada métodos a fim de verificarmos o método de agregação mais indicado para transmissão do vídeo utilizando uma rede IEEE 802.11n.

A Tabela 6.9 mostra o valor da carga máxima que para cada parâmetro foi mantida características necessárias para a transmissão de vídeo utilizando o método A-MPDU, a tabela está aberta por vídeo e pelo número de retransmissões.

	Taxa de Transmissão do vídeo	Carga máxima considerando a máxima vazão			Carga máxima considerando o atraso máximo menor de 200ms			Carga máxima considerando a fração de pacotes recebidos =100%		
		3	4	7	3	4	7	3	4	7
Nº Máximo de retransmissões	-	3	4	7	3	4	7	3	4	7
Star Wars IV	3,00 Mb/s	99,0 %			99,0%			99,0%		
Foreman	3,02 Mb/s	99,9 %			100,2%			100,2%		
Crew	3,83 Mb/s	100,1 %			100,2%			100,2%		
Football	4,97 Mb/s	100,2 %			100,2%			100,2%		
Mobile	5,61 Mb/s	100,3%			100,3%			100,3%		

Tabela 6.9 – Resumo dos resultados obtidos de carga máxima para cada um dos parâmetros analisados utilizando o método A-MPDU.

Analisando a Tabela 6.9 pode-se verificar que os valores obtidos de carga máxima são iguais ou em alguns casos muito próximo aos obtidos entre cada um dos parâmetros.

Pode se observar ainda que para o método de agregação em questão, a existência de uma tendência de que quanto maior a taxa de transmissão maior é a carga suportada, conforme havíamos observado nas seções anteriores.

Com relação ao número de retransmissões, temos na Tabela 6.10 o número de retransmissões indicado sob a ótica de cada uma das métricas analisadas, essa informação foi obtida através das análises realizadas nas seções anteriores e agrupadas na tabela em questão.

	Carga máxima considerando a máxima vazão	Carga máxima considerando o atraso máximo menor de 200ms	Carga máxima considerando a fração de pacotes recebidos=100%
Nº Máximo de retransmissões indicado	4 ou 7	4	4 ou 7

Tabela 6.10 –Número máximo de retransmissões indicado sob a ótica de cada um dos parâmetros analisados utilizando o método A-MPDU.

Assim com o método A-MPDU é possível realizar uma transmissão de vídeo até quando a carga total inserida no sistema está entre 99% e 100,3%, onde 100% é quando se atinge a taxa de transmissão total de 120,3 Mb/s. Em termos de vazão temos que o sistema é capaz de transmitir vídeo com qualidade até quando a vazão total está entre 119,1 Mb/s e 120,6 Mb/s, o valor exato da vazão total suportada dependerá da taxa de transmissão requerida pelo vídeo em questão, quanto maior, maior será a vazão suportada. Com relação ao número de retransmissões e possível verificar através da tabela que para o método A-MPDU o mais indicado é o uso de até 4 retransmissões uma vez que obtemos em alguns parâmetros analisados os mesmos valores para até 4 e até 7 retransmissões, o que pode indicar que apesar de serem possíveis até 7 retransmissões na maioria das vezes é necessário apenas que sejam realizadas até 4 retransmissões para que os pacotes sejam entregues em seu destino.

Passando para o método A-MSDU temos a Tabela 6.11 que nos mostra o valor da carga máxima que para cada parâmetro foi mantida características necessárias para a transmissão de vídeo utilizando o método A-MSDU, assim como para o método A-MPDU a tabela está aberta por vídeo e pelo número de retransmissões.

	Taxa de Transmissão do vídeo	Carga máxima considerando a máxima vazão			Carga máxima considerando o atraso máximo menor de 200ms			Carga máxima considerando a fração de pacotes recebidos=100%		
		3	4	7	3	4	7	3	4	7
Nº Máximo de retransmissões	-	3	4	7	3	4	7	3	4	7
Star Wars IV	3,00 Mb/s	98%			96%			96%		
Foreman	3,02 Mb/s	98%			98%			98%		
Crew	3,83 Mb/s	98%			98%			98%		
Football	4,97 Mb/s	98%			98%			98%		
Mobile	5,61 Mb/s	98%			98%			98%		

Tabela 6.11 – Resumo dos resultados obtidos de carga máxima para cada dos parâmetros analisados utilizando o método A-MSDU.

Analisando a Tabela 6.11 pode-se observar que os valores obtidos de carga máxima são praticamente iguais. A única exceção é a fração de pacotes recebidos do vídeo Star Wars que é o vídeo de menor taxa de transmissão.

Com relação ao número de retransmissões temos sob a questão de carga que o número de retransmissões é indiferente, contudo sabemos pelas análises das seções anteriores que o número de retransmissões possui influência nas transmissões de vídeo.

Sendo assim coletamos das seções anteriores o resultado da análise do número de retransmissões indicado sob a ótica de cada um dos parâmetros indicados e os agrupamos na Tabela 6.12.

	Carga máxima considerando a máxima vazão	Carga máxima considerando o atraso máximo menor de 200ms	Carga máxima considerando a fração de pacotes recebidos=100%
Nº Máximo de retransmissões indicado	3	3 ou 4	4 ou 7

Tabela 6.12 – Número máximo de retransmissões indicado sob a ótica de cada um dos parâmetros analisados utilizando o método A-MSDU.

Temos então que, com o método A-MSDU é possível realizar uma transmissão de vídeo até quando a carga total inserida na rede é de 98%, exceto se a taxa de transmissão requerida pelo vídeo for igual ou menor que 3 Mb/s, neste caso temos que a carga máxima suportada é de 96% da vazão total da rede, onde 100% da carga é quando se atinge a taxa de transmissão total que no A-MSDU é de 86,6 Mb/s.

Em termos de vazão, temos que o sistema é capaz de transmitir vídeo com qualidade até quando a vazão total é de 84,92 Mb/s para vídeos com taxa de transmissão maiores que 3 Mb/s ou para vídeos iguais ou menores temos que vazão total suportada é de 83,2 Mb/s.

Com relação ao número de retransmissões, verifique através da Tabela 6.12 que para o método A-MSDU o mais indicado é o uso de até 4 retransmissões, se considerarmos que para uma transmissão de vídeo as métricas mais sensíveis e relevantes são o atraso e taxa de perda de pacotes.

Para finalizar essa seção, a Tabela 6.13 reúne as informações de ambos os métodos de agregação, sob o a ótica de máxima vazão que pode ser obtida para transmissão de vídeo com qualidade, ou seja atenda as limitações de atraso e perda de pacotes. A tabela trás, ainda, o número máximo de retransmissões que maximiza o uso da rede e aumenta a possibilidade de uma transmissão de vídeo ser realizada com sucesso.

	A-MPDU	A-MSDU
Vazão Máxima	Entre 119,1 Mb/s e 120,7 Mb/s	Entre 83,2 Mb/s e 84,9 Mb/s
Número de retransmissões	Até 4	Até 4

Tabela 6.13 - Comparativo da vazão máxima e do número de retransmissões entre os métodos de agregação, para transmissões de vídeo.

6.6.

Análise dos resultados obtidos com a transmissão de vídeos reais para mais de uma estação

Com os resultados obtidos e com as análises realizadas nas seções anteriores sabemos que uma transmissão de vídeo realizada em uma rede sem fio que utiliza o padrão IEEE 802.11n em conjunto com um dos métodos de agregação de quadros avaliados, possui uma maior capacidade de transmissão.

No caso do método A-MPDU podemos atingir uma taxa de transmissão total, transmissão de vídeo em conjunto com tráfego de fundo, entre 119,1 Mb/s e 120,7 Mb/s, a taxa exata irá do tipo de vídeo transmitido e que com o método A-MSDU podemos atingir uma taxa de transmissão total entre 83,2 Mb/s e 84,9 Mb/s, neste caso a taxa exata também irá depender do tipo de vídeo que se esta transmitindo. Para ambos os métodos identificamos que o número máximo de retransmissões que maximiza os resultados obtidos é de 4 retransmissões.

De posse destes resultados realizamos uma nova simulação onde variamos o número de estações que recebem o vídeo, deste uma estação até 10 estações. Cada estação recebe o vídeo em conjunto com um tráfego de fundo com taxa variável, mas de forma que a taxa de transmissão requerida pelo vídeo mais a taxa

do tráfego de fundo juntas possuem uma taxa de transmissão de 20 Mb/s. As informações enviadas para cada estação são as mesmas, porém estas são enviadas em *unicast* para cada uma das estações. Desta forma para cada nova estação, temos um incremento de tráfego de 20 Mb/s.

Assim a Figura 6.9 nos mostra a vazão total do sistema assim como o somatório da vazão obtida da transmissão do vídeo para cada estações utilizando o método A-MPDU, e a Figura 6.10 ilustra as mesmas informações para o método A-MSDU.

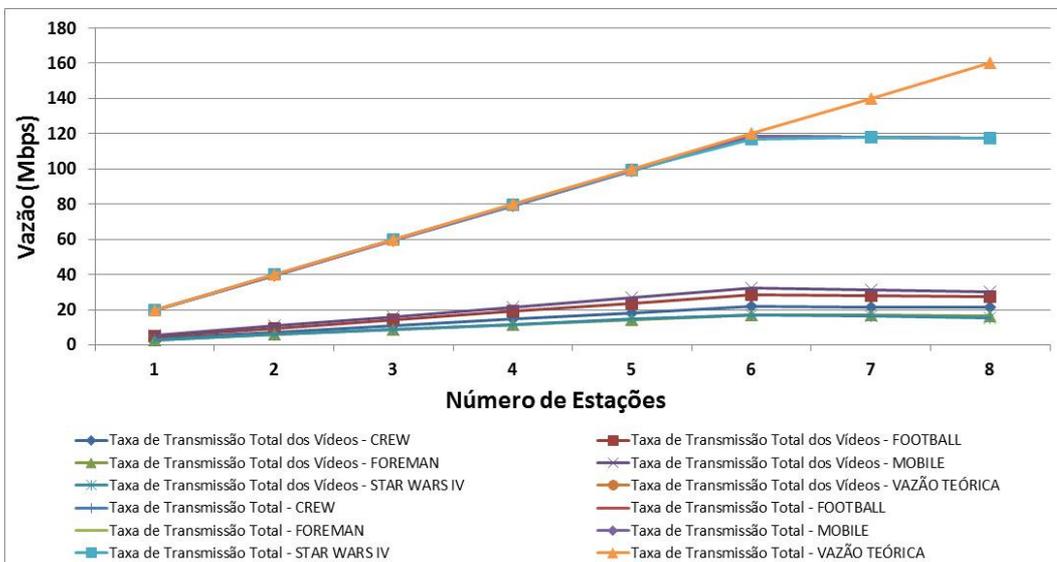


Figura 6.9 – Vazão Teórica Total e Vazão total obtida em conjunto com o somatório da vazão obtida da transmissão do vídeo para cada estações utilizando o método A-MPDU e com até 4 retransmissões.

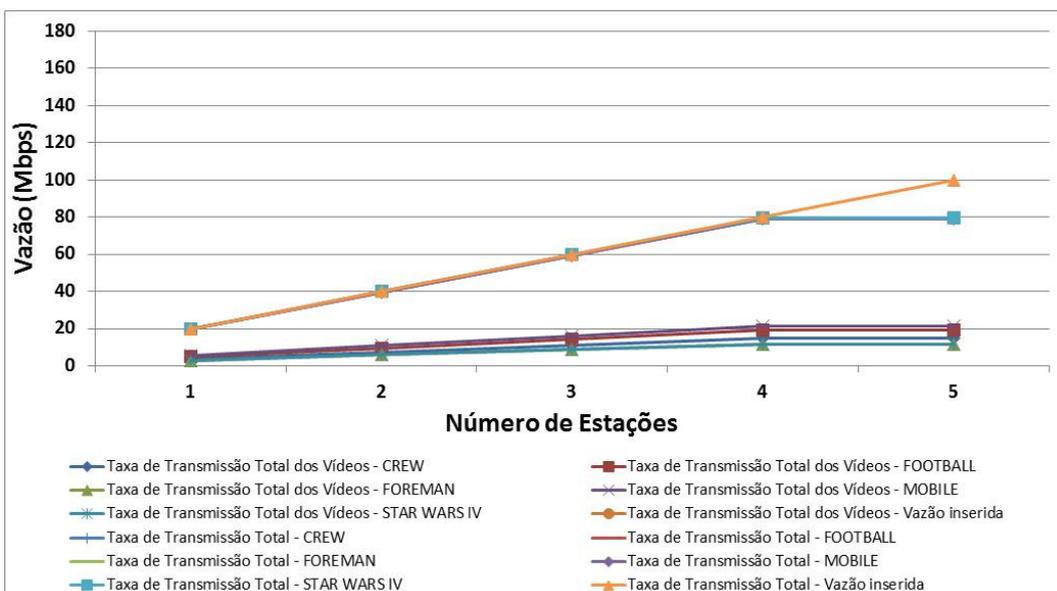


Figura 6.10 – Vazão Teórica Total e Vazão total obtida em conjunto com o somatório da vazão obtida da transmissão do vídeo para cada estações utilizando o método A-MSDU e com até 4 retransmissões.

Podemos notar que para ambos os métodos a vazão total obtida é bem próxima da vazão total teórica que leva em consideração que cada estação esta recebendo os dados á uma taxa de 20 Mb/s. Vemos também que muitas das curvas obtidas se sobrepõem e que a saturação da rede em cada um dos métodos é dada próxima aos valores previamente obtidos.

Sendo assim é possível transmitir vídeo mais um tráfego de fundo, nos quais juntos possuem uma taxa de 20 Mb/s para até 6 estações utilizando o método A-MPDU, quando que para o método A-MSDU é possível atender até 4 estações.

Com relação ao atraso médio é mostrado pela Figura 6.11 para o método A-MPDU e pela Figura 6.12 para o método A-MSDU. Ambas as figuras ilustram a média dos atrasos médios de cada estação para cada número de estações que estão recebendo as transmissões.

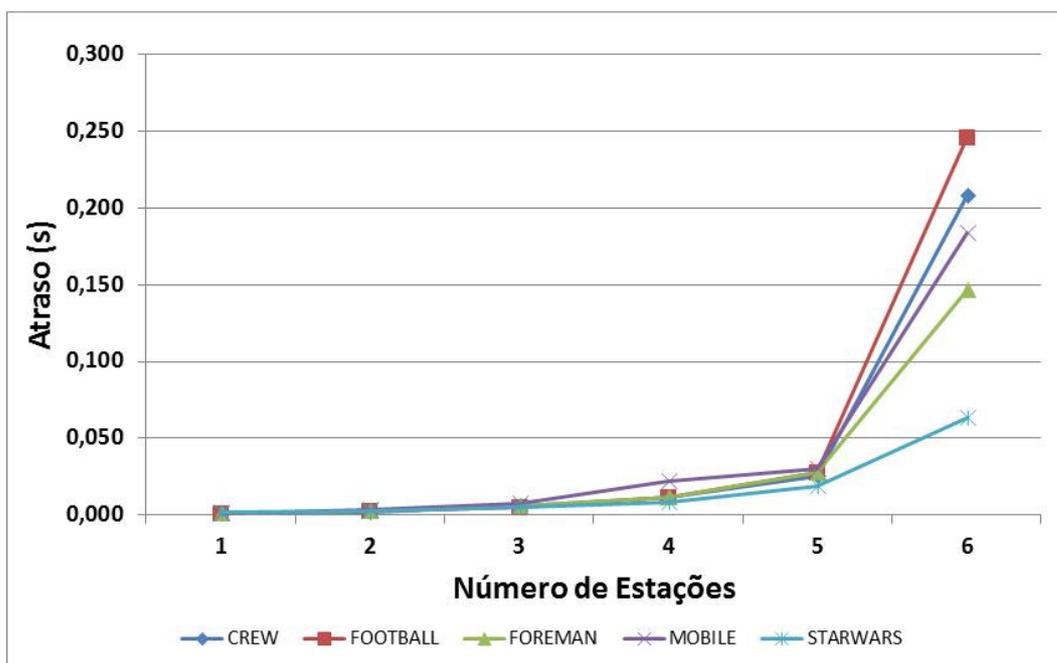


Figura 6.11 – Média dos atrasos médios obtidos por cada estação utilizando o método A-MPDU e com até 4 retransmissões.

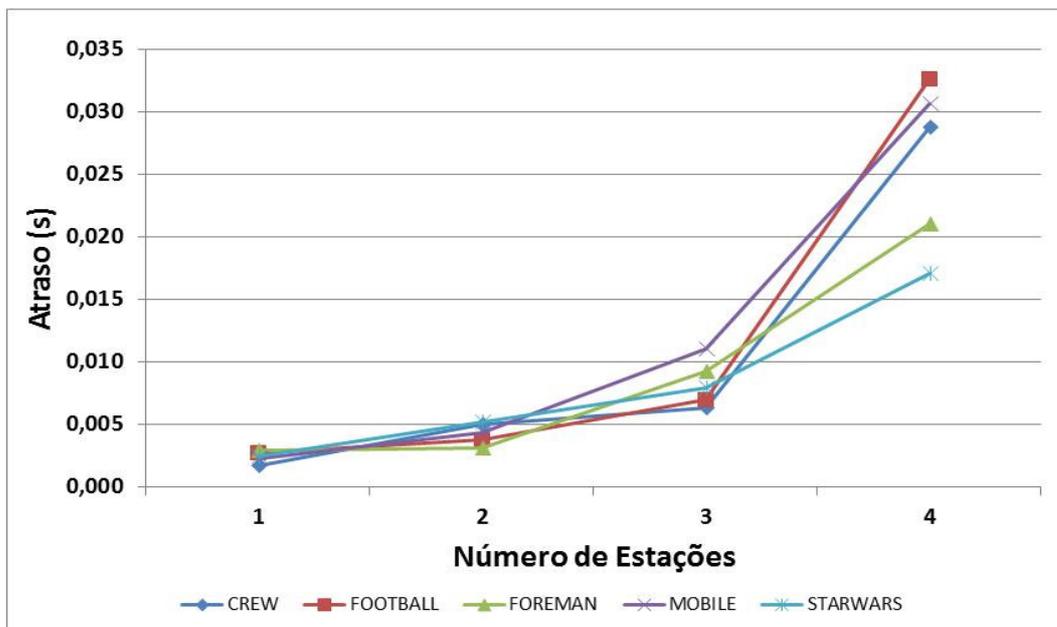


Figura 6.12 - Média dos atrasos médios obtidos por cada estação utilizando o método A-MSDU e com até 4 retransmissões.

Temos que para o método A-MPDU, dois dos cinco vídeos transmitidos tiveram a média dos atrasos médios maior que o limite requerido para transmissão de vídeo com 6 estações, enquanto os demais tiveram a média dos atrasos médios maior que limite com 7 estações, assim com esse método é possível atender sob a métrica do atraso médio 5 ou 6 estações de acordo com o vídeo.

Para o método A-MSDU temos que todos os vídeos tiveram o limite ultrapassado com 5 estações, na figura ilustra apenas os resultados obtidos para até 4 estações pois o atraso médio obtidos para 5 estações é significativamente elevado, contudo isso já era esperado uma vez que com 5 estações temos uma carga de aproximadamente 138% e conforme constatamos na seção anterior, esse método não é capaz de transmitir para essa carga, por esse motivo os resultados não foram apresentados

A Figura 6.13 ilustra o atraso máximo obtido para o método A-MPDU e para o método A-MSDU o atraso máximo é apresentado pela Figura 6.14. Ambas as figuras ilustram o máximo atraso obtido entre as transmissões de vídeo de todas as estações.

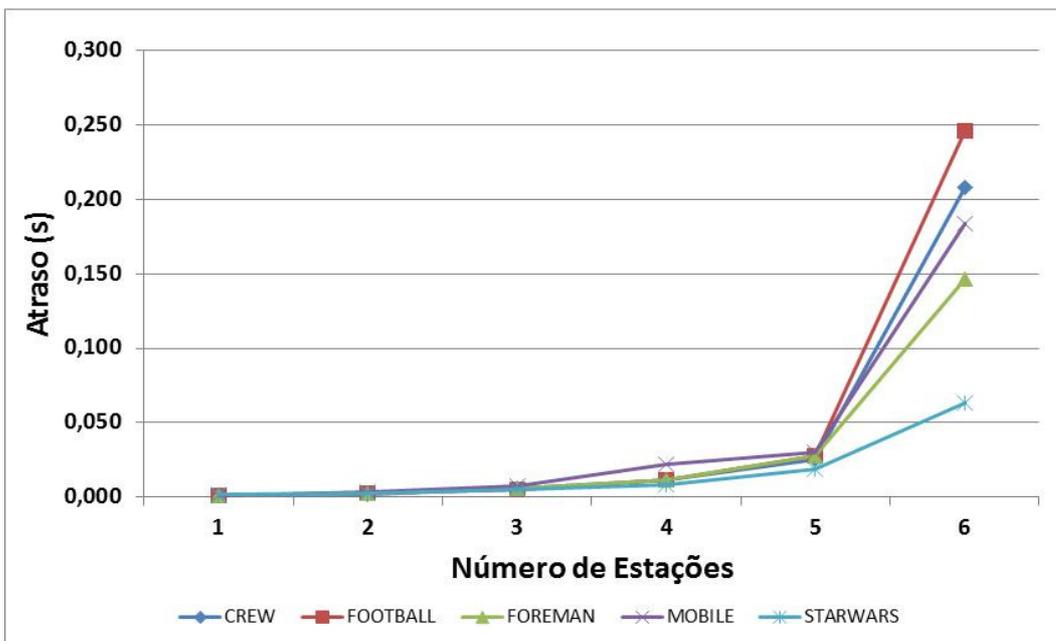


Figura 6.13 - Atraso máximo obtido entre as transmissões de vídeo de todas as estações, utilizando o método A-MPDU e com até 4 retransmissões.

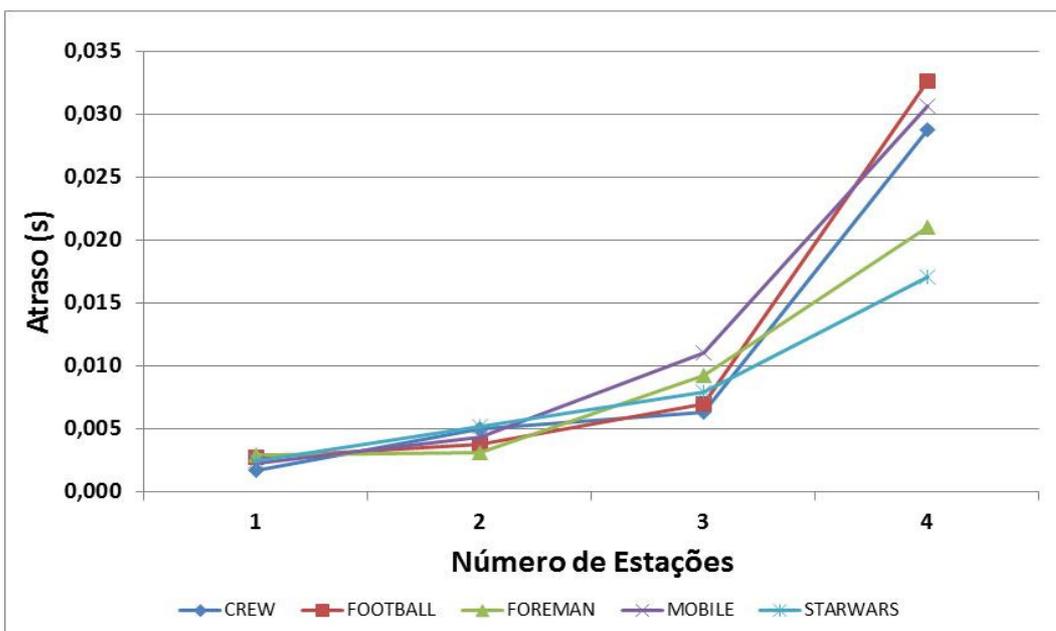


Figura 6.14 - Atraso máximo obtido entre as transmissões de vídeo de todas as estações, utilizando o método A-MSDU e com até 4 retransmissões.

Podemos notar que o atraso máximo obtido para ambos os métodos possui um perfil bastante próximo ao obtido para a média do atraso médio das estações em questão. Portanto, pelo atraso, é possível com o método A-MPDU a atender 5

ou 6 estações de acordo com o vídeo e com o método A-MSDU é possível atender até 4 estações.

Para finalizar essa seção vamos apresentar e analisar a de acordo com o número de estações, que estão recebendo o vídeo em conjunto ao tráfego de fundo, no qual juntos possuem uma taxa de transmissão de 20 Mb/s.

A Figura 6.15 ilustra a fração de pacotes recebidos para o método A-MPDU e a Figura 6.16 ilustra a fração de pacotes recebidos para o método A-MSDU.

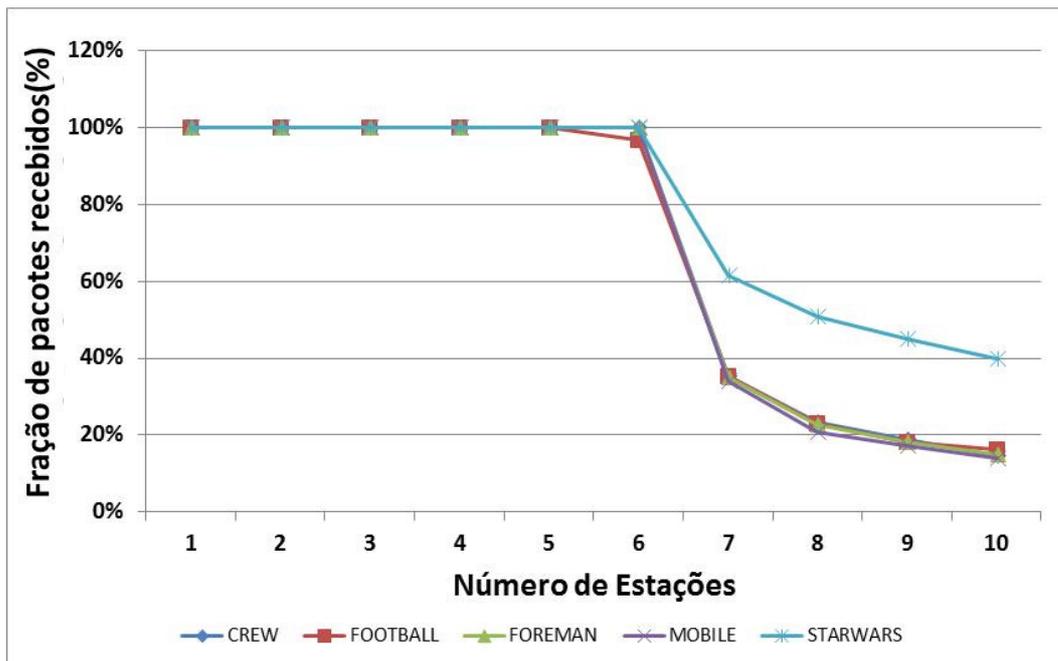


Figura 6.15 – Fração de pacotes recebidos obtida de acordo com o número de estação e, utilizando o método A-MPDU e com até 4 retransmissões.

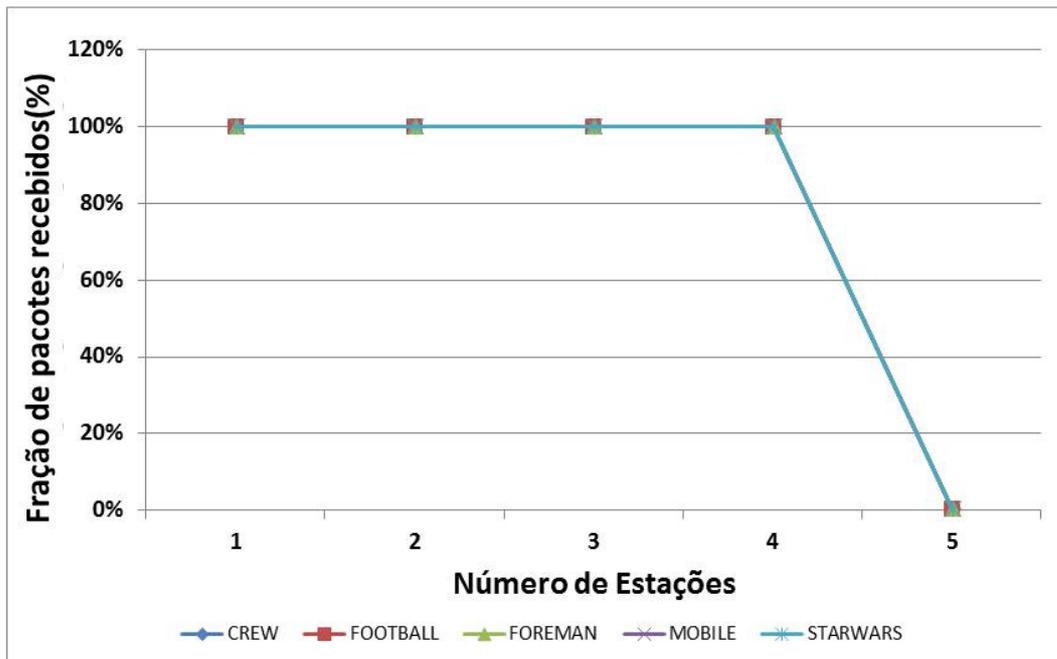


Figura 6.16 – Fração de pacotes recebidos obtida de acordo com o número de estação e, utilizando o método A-MSDU e com até 4 retransmissões.

Podemos verificar que para o método A-MPDU foi possível atender até 6 estações, com vídeo e outros tráfegos nos quais juntos com o vídeo totalizem 20 Mb/s, antes que tivéssemos perdas significativas que degradassem a qualidade do vídeo recebido. Para o método A-MSDU é possível atender até 4 estações, a partir disto a fração de pacotes recebidos é praticamente zero.

6.7.

Análise dos resultados obtidos com a transmissão de vídeos reais em uma estação e demais tráfegos em outra estação

Ao longo deste capítulo, utilizamos o cenário onde o tráfego de vídeo e os demais tráfegos eram transmitidos pela mesma rede e recebidos pela mesma estação.

Nesta seção iremos apresentar os resultados obtidos quando temos uma transmissão de vídeo para uma estação concorrendo com a transmissão de outros tráfegos pela mesma rede sem fio, porém sendo esse outro tráfego gerado por outra estação. Vamos verificar se o desempenho das redes sem fio utilizando os métodos de agregação sofre alguma alteração.

Para realizar esta nova análise, foi incluída, no cenário anterior, uma segunda estação que irá receber somente o tráfego de fundo e a estação já existente teve sua configuração alterada para receber somente o tráfego de vídeo.

Esta nova estação foi posicionada à mesma distância do AP que a estação já existente. Demais elementos e parâmetros não foram alterados. A Figura 6.17 mostra a topologia do novo cenário.

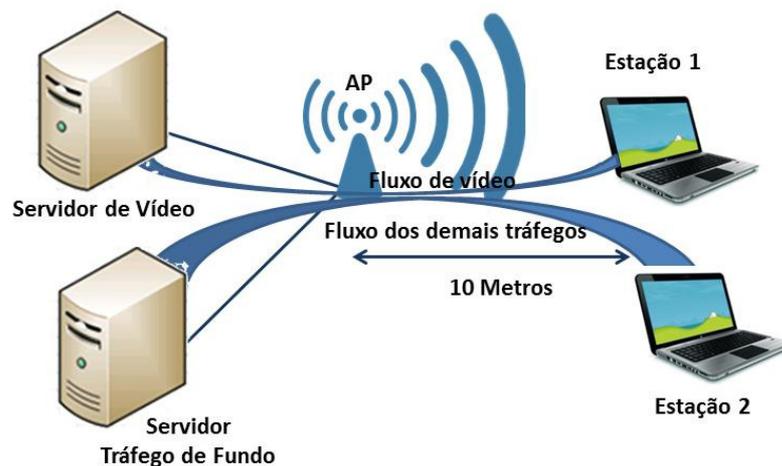


Figura 6.17 – Novo cenário utilizado nas simulações com transmissão de vídeo.

Com o novo cenário configurado, novas simulações foram realizadas e nestas simulações a carga inserida na rede foi variada da mesma forma que anteriormente, ou seja, de 90% até 110% da vazão máxima que cada método é capaz de transmitir quando a PER é igual a 1%. Desta forma para o método A-MPDU a variação da taxa de transmissão foi de 108,3 Mb/s até 132,3 Mb/s e de 78 Mb/s até 95,3 Mb/s para o método A-MSDU.

Estas novas simulações foram realizadas somente com o sinal de vídeo Foreman, que é suficiente para verificarmos se a alteração no cenário altera o desempenho e como este é modificado.

Nas seções anteriores verificamos que o número máximo de retransmissões mais indicado para ambos os métodos é de 4 retransmissões. Por isso nestas simulações foram coletadas para ambos os métodos de agregação os valores obtidos de: vazão, atraso (máximo e médio) e fração de pacotes recebidos quando são permitidas até 4 retransmissões.

Os valores obtidos para cada um dos parâmetros mencionados foram comparados aos valores obtidos anteriormente, assim a Figura 6.18 apresenta os

resultados obtidos para a vazão tanto do método A-MPDU quando do método A-MSDU.

Para ambos os métodos a figura apresenta ainda as curvas com os resultados obtidos com o novo cenário e a curva com os resultados obtidos utilizando o cenário anterior.

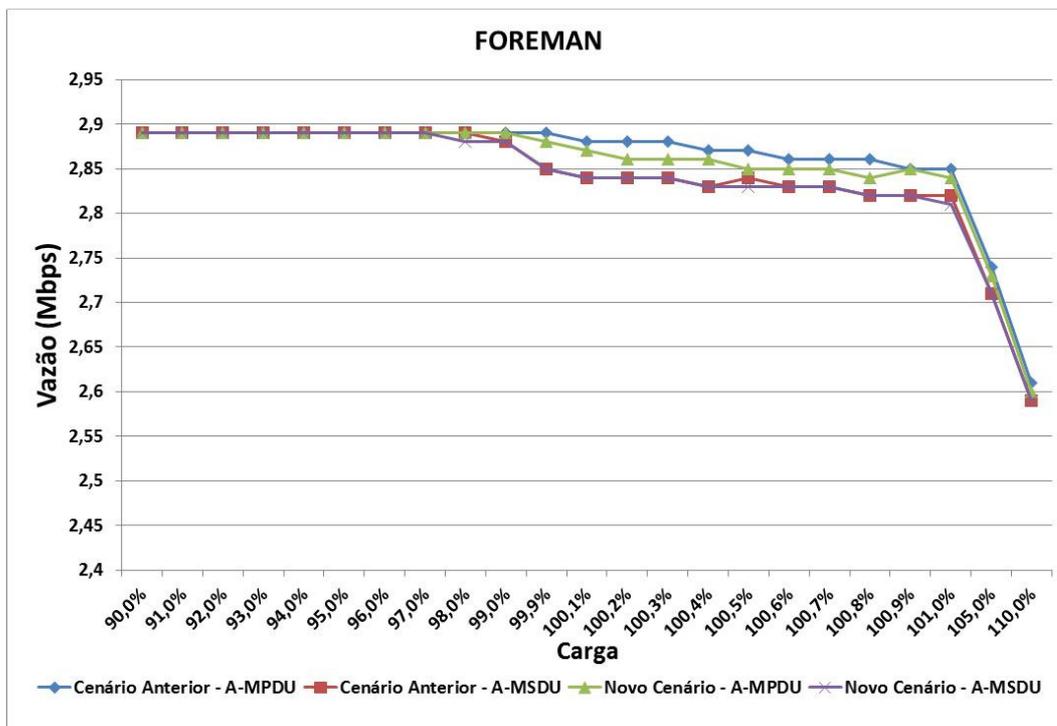


Figura 6.18 – Vazão do vídeo Foreman obtida utilizando os métodos de agregação A-MSDU e A-MPDU, de acordo com a carga inserida no sistema e com o cenário da simulação.

Com esta figura podemos notar que no novo cenário o método A-MPDU possui um desempenho um pouco abaixo que o cenário anterior, mas o desempenho continua ainda melhor que o obtido para o método A-MSDU.

No cenário anterior o método A-MPDU era capaz de manter esse vídeo em sua vazão máxima até a carga de 99,9% no novo cenário a vazão máxima é mantida até a carga de 99%.

Para o método A-MSDU a alteração do cenário afeta o desempenho de forma mais pontual. Contudo no cenário novo a vazão máxima é obtida até a carga de 97% enquanto que com o cenário anterior a vazão era mantida no máximo até a carga de 98%.

Com relação ao atraso médio e máximo, a comparação entre os resultados obtidos para cada cenário é apresentada pela Figura 6.19 para o método A-MSDU e pela Figura 6.20 para o método A-MPDU.

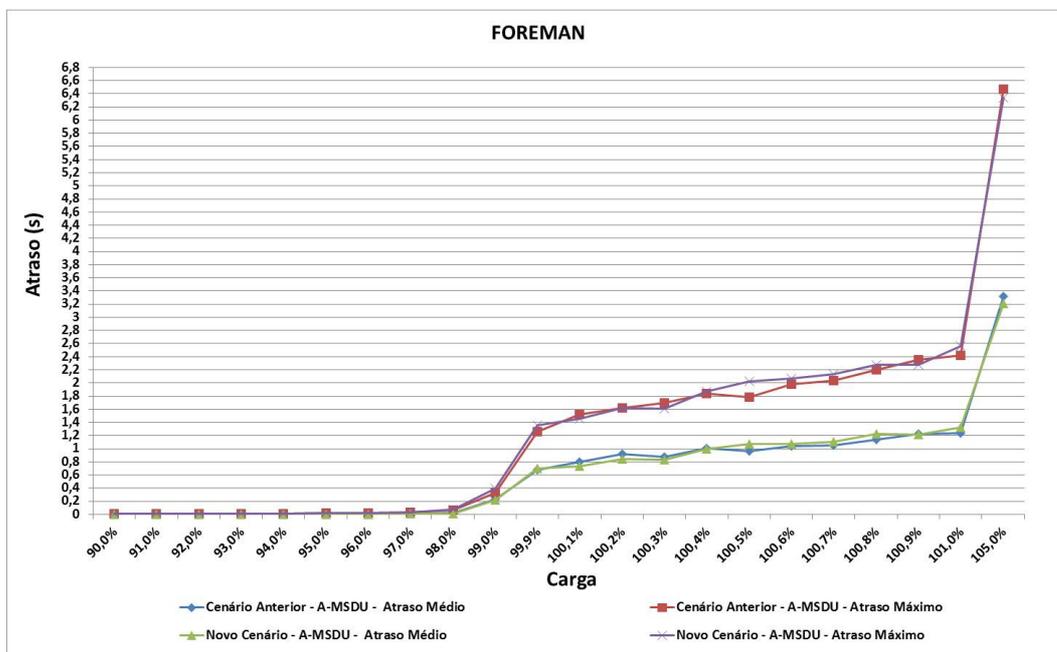


Figura 6.19 – Atraso Médio e Máximo do vídeo Foreman obtido utilizando o método de agregação A-MSDU, de acordo com a carga inserida no sistema e com o cenário da simulação

Para o método A-MSDU pode-se notar que assim como o resultado obtido para vazão, a alteração no cenário tem pouca influência no desempenho da rede utilizando este método.

No cenário anterior até a carga de 98% todos os pacotes eram entregues, no cenário novo isto não é alterado e todos os pacotes são entregues até a carga de 98%.

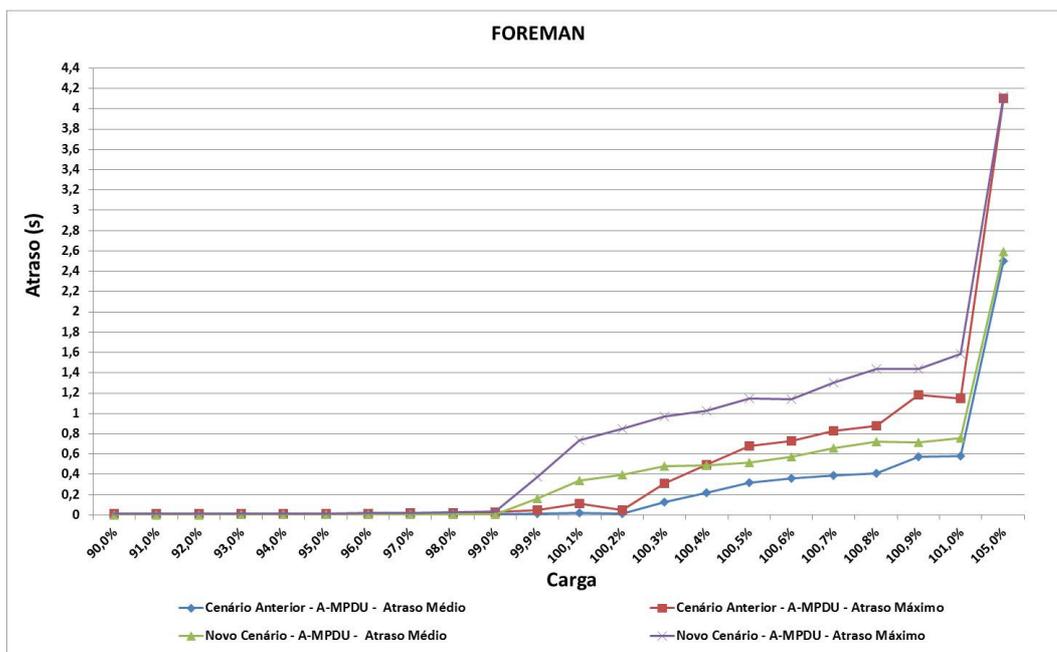


Figura 6.20 – Atraso Médio e Máximo do vídeo Foreman obtido utilizando o método de agregação A-MPDU de acordo com a carga inserida no sistema e com o cenário da simulação

Já para o método A-MPDU, podemos notar que, com o novo cenário, tanto o atraso médio quanto o atraso máximo obtidos são mais elevados que os valores obtidos com o cenário anterior.

No cenário novo todos os pacotes são recebidos abaixo dos 200ms até a carga de 99% para o método A-MPDU e no cenário anterior os pacotes são recebidos até 100,2%, ficando nítida a queda de desempenho no novo cenário. Apesar desta queda de desempenho com o método A-MPDU, o desempenho obtido ainda é superior ao obtido com o método A-MSDU.

A fração de pacotes recebidos, em função da taxa inserida na rede, obtida com o novo cenário é apresentada na Figura 6.21. Nesta figura é também mostrada a taxa de pacotes recebidos obtida com o cenário anterior para que possam ser comparados os desempenhos obtidos em ambos os cenários e com ambos os métodos de agregação.

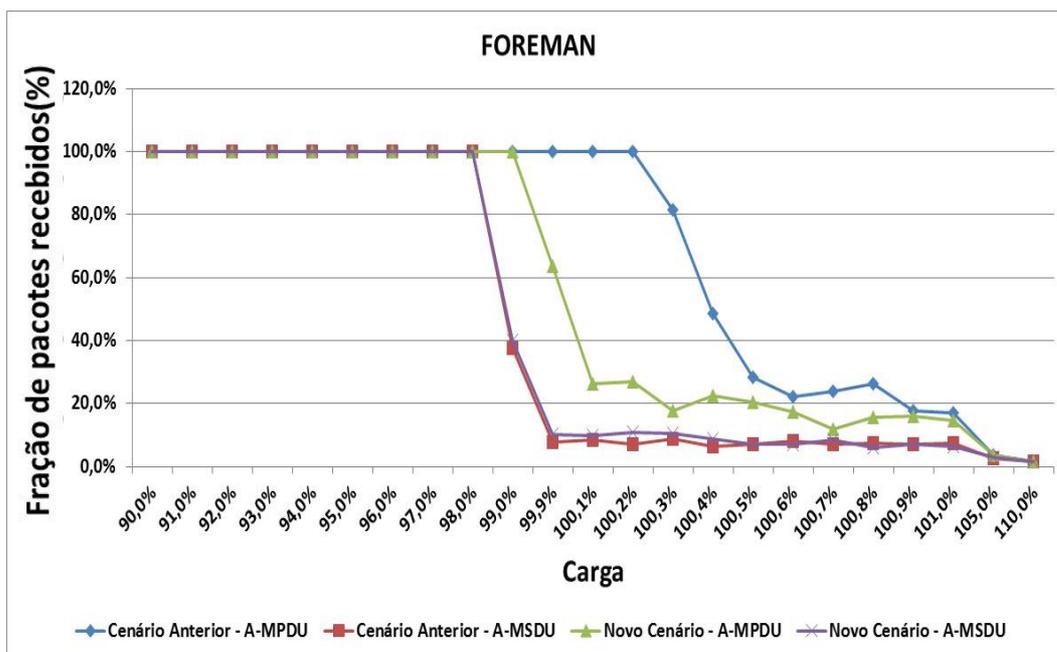


Figura 6.21 – Fração de pacotes recebidos do vídeo Foreman obtidas utilizando os métodos de agregação A-MPDU e A-MSDU, de acordo com a carga inserida no sistema e com o cenário da simulação.

Na Figura 6.21 podemos notar que assim como os demais parâmetros, o desempenho com método A-MSDU em ambos os cenários é muito próximo, inclusive todos os pacotes são recebidos até a carga de 98%. O mesmo não ocorre com o método A-MPDU que tem o desempenho inferior com o novo cenário.

No cenário anterior todos os pacotes são entregues até a carga de 100,2%, já no novo cenário os todos os pacotes são recebidos até a carga de 99%. Mesmo com a redução no desempenho no novo cenário, o desempenho obtido com o método A-MPDU é superior ao desempenho do método A-MSDU.

