

# Caracterização do Perfil de Tráfego de Aplicações Adaptativas de Fluxo Contínuo de Mídia sobre HTTP

Maria Silvia Ito, Rafael Antonello, Djamel Sadok, Stênio Fernandes

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Recife – PE – Brasil

{msi, rta, jamel, sflf}@cin.ufpe.br

**Abstract.** *Currently, there is a strong interest in providing better Quality of Experience to the user of multimedia services, especially video content. In this paper, we study the network traffic profile of two popular adaptive streaming applications, namely Netflix and YouTube. Results showed poor reaction under bandwidth and loss restrictions and nearly regular behavior under delay constraints.*

**Resumo.** *Atualmente, existe forte interesse na entrega da melhor Qualidade de Experiência possível ao usuário de serviços multimídia, principalmente conteúdo de vídeo. Neste artigo, realizou-se um estudo do perfil de tráfego de duas de suas aplicações mais populares, Netflix e Youtube. Os resultados mostraram baixa reação na vazão fim-a-fim das aplicações, quando submetidas a restrições de recursos de rede.*

## 1. Introdução

O *HTTP Adaptive Streaming* (Fluxo Contínuo de Mídia Adaptativo sobre HTTP) é utilizado para o transporte de segmentos multimídia através da Internet. Essa tendência se iniciou com a necessidade de entrega de conteúdo a dispositivos diferentes e de otimização dos recursos de rede [Sodagar 2011] [Akhshabi et al. 2011]. Com essa, o fluxo contínuo de mídia adapta sua taxa de transmissão e qualidade de vídeo e áudio de acordo com as condições de rede [Sodagar 2011]. Esse comportamento adaptativo pode melhorar a Qualidade de Serviço (*Quality of Service*, QoS) e Qualidade de Experiência (*Quality of Experience*, QoE)[Fernandes et al. 2011]. Para padronizar as soluções de Fluxo Contínuo de Mídia Adaptativo sobre HTTP criou-se o *MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP* (DASH)[Stockhammer et al. 2012].

Netflix e Youtube são aplicações de entrega de conteúdo com alta representatividade. O montante de tráfego de rede gerado por ambas as aplicações afeta profundamente o perfil de tráfego da Internet atual [Rao et al. 2011]. O entendimento detalhado do padrão de tráfego dessas aplicações é importante para dimensionamento e planejamento de capacidade das redes pelos provedores de serviços, bem como para melhoria da QoS e QoE na entrega desses serviços [Antonello et al. 2008].

Este artigo é uma continuação do trabalho apresentado em [Ito et al. 2014], com a adição de dados como overhead e ECDF (Função de Distribuição Cumulativa Empírica) do comportamento observado. O trabalho original analisou métricas como vazão, tempo entre chegada de pacotes, tamanho de pacote, entre outros.

O restante deste trabalho é descrito a seguir. A Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados. A Seção 3 descreve a metodologia experimental. A Seção 4 mostra os resultados experimentais e a discussão. Observações finais e sugestões para trabalho futuro se encontram na Seção 5.

## 2. Trabalhos Relacionados

Existem alguns estudos recentes de avaliação de desempenho de sistemas de Fluxo Contínuo de Mídia Adaptativo. Os trabalhos estudaram, por exemplo, o Microsoft Smooth Streaming [Microsoft SS s.d.] [Akhshabi et al. 2011], o OSMF (*Open Source Media Framework*) [OSMF s.d.] [Akhshabi et al. 2011], o Netflix [Netflix s.d.] [Akhshabi et al. 2011] [Adhikari et al. 2012] [Martin et al. 2013] [Rao et al. 2011] [Ito et al.] e o Youtube [Youtube s.d.] [Rao et al. 2011] [Ito et al.].

Em [Ito et al.], os autores realizaram a caracterização do perfil de tráfego do Netflix e do YouTube. Os experimentos realizados observaram o comportamento das aplicações sob condições normais de rede, bem como sob restrições de largura de banda, perda e atraso. As restrições eram dinâmicas e impostas com o uso do Netem [Netem s.d.]. Esse trabalho observou métricas de vazão, atraso, tamanho de pacotes e intervalo de chegada de pacotes, porém não fez nenhuma menção à ECDF nem realizou estudo de overhead.

Este artigo apresenta continuação ao trabalho apresentado em [Ito et al.]. Recomenda-se a consulta a esse artigo ao leitor interessado no assunto. De maneira geral, esses artigos analisaram o comportamento das aplicações com o uso de diversos cenários, ao invés de somente considerar o ambiente sem restrições [Rao et al. 2011], com restrições de perda [Martin et al. 2013] ou com restrições de largura de banda [Akhshabi et al. 2011] [Adhikari et al. 2012]. O estudo é útil na previsão do impacto causado por essas aplicações em ISPs e no auxílio a pesquisadores e desenvolvedores para a criação de novos (e mais eficientes) algoritmos para Fluxo Contínuo de Mídia Adaptativo, bem como subsidiar o desenvolvimento de modelos analíticos e de simulação.

## 3. Metodologia de Avaliação

Esta seção fornece uma visão geral da metodologia utilizada para a avaliação do comportamento adaptativo do Netflix e do Youtube. O leitor mais interessado é estimulado a se referir a [Ito et al.]. A Figura 1 apresenta uma visão geral da configuração do ambiente de experimento utilizado.



**Figura 1 – Visão geral do ambiente de experimento**

Como conteúdo utilizamos dois vídeos com animações (uma para cada aplicação) que possuem características semelhantes para fins de justiça na comparação realizada. A captura de pacotes foi realizada com o TCPDump [TCPDump s.d.] entre as máquinas do cliente e do Netem. Após a captura do tráfego de rede, extraem-se as métricas no nível de pacote com o uso de uma ferramenta baseada em libpcap.

**Tabela 1 – Fatores e Níveis**

Fator	Player	Níveis					
		60s	60s	60s	60s	60s	60s
largura de banda (Mbps)	Netflix	3,8	2,66	1,9	1,14	1,9	2,66
	Youtube	2,15	1,505	1,075	0,645	1,075	1,505
Perda (%)	Ambos	1	5	10	15	10	5
Atraso (ms)	Ambos	5	100	500	1000	500	100

Para avaliar o comportamento das aplicações sob diferentes condições de rede, alteramos fatores como largura de banda disponível, perda e atraso. Deve-se notar, a partir da Tabela 1, que

os níveis de largura de banda aplicados ao Netflix e ao Youtube são diferentes. Isto ocorre devido às diferentes vazões geradas por ambas as aplicações no cenário sem restrições.

Os experimentos foram replicados para satisfazer os critérios de significância estatística, com nível de confiança de 95%. Em seguida, obtém-se os valores médios de vazão, calculados com intervalos de 10 segundos, de acordo com a metodologia de [Antonello et al. 2008].

#### 4. Resultados Experimentais e Discussão

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos com os experimentos. Inicialmente, apresentamos os resultados para os cenários de experimento sem restrições. A seguir mostramos os resultados experimentais ao limitar a largura de banda disponível, seguidos pelos resultados com restrição de perda e depois de atraso. Por último, é mostrado o resultado de overhead.

A Figura 2 apresenta a ECDF da vazão média de cada aplicação no cenário sem limitações na rede. Percebe-se que o Youtube mantém a vazão em duas grandes faixas, abaixo de 500kbps e algo em torno de 2Mbps. O Netflix, em contraste, apresenta uma curva de vazão mais suave.

A Figura 3 mostra a ECDF de vazão média das aplicações com restrições de largura de banda. A partir dela é possível observar que ambas as aplicações mantêm taxas de transmissão muito baixas. Como se pode ver, o Youtube apresentou maior variabilidade na vazão enquanto o Netflix apresentou duas faixas em que a vazão flutua: cerca de 30% do tempo a vazão fica entre 280kbps e 450 kbps, e 65% do tempo a vazão fica pouco acima de 450kbps.

A Figura 4 apresenta a ECDF da vazão média de ambas as aplicações sob restrições de perda. Neste cenário a variabilidade na vazão das aplicações foi muito parecida, sendo as adaptações do Youtube um pouco mais suaves que do Netflix.

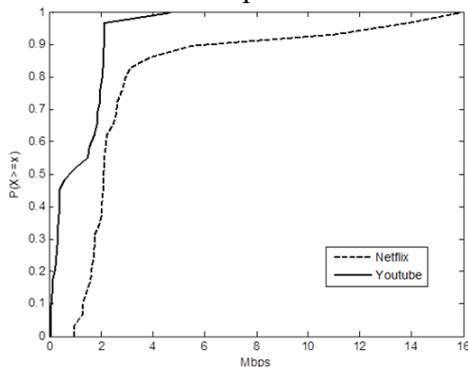


Figura 2 – ECDF Vazão sem restrições

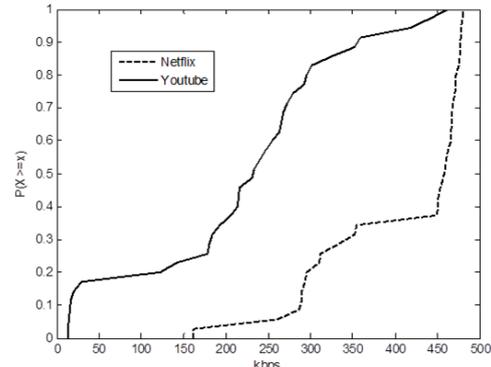


Figura 3 – ECDF Vazão com restrições de largura de banda

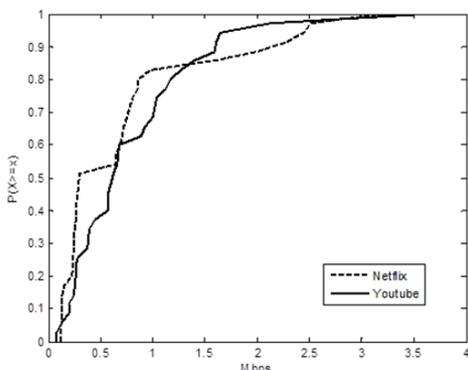


Figura 4 – ECDF Vazão com restrições de perda

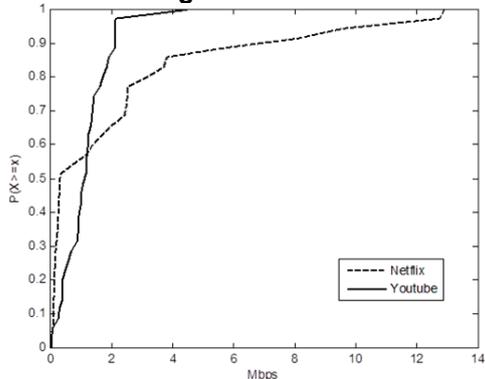


Figura 5 – ECDF Vazão com restrições de atraso

A Figura 5 apresenta a vazão média das aplicações sob restrições de atraso. Pode-se ver que o Youtube apresenta vazão semelhante à alcançada no cenário sem restrições. Pode-se argumentar

que o mecanismo de preenchimento do *buffer* no nível de transporte é suficiente para lidar com esses níveis de atraso. Em 50% do tempo o Netflix apresenta pouco tráfego, já no restante do tempo a vazão apresenta alta variação.

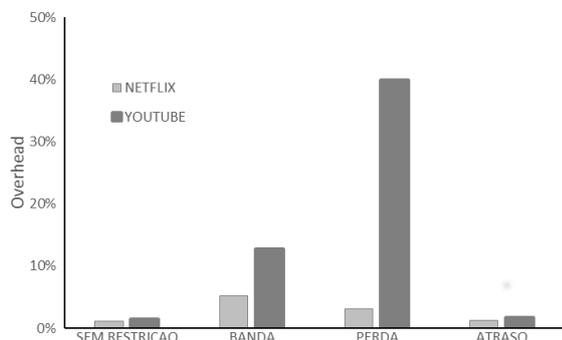


Figura 6 – Overhead de Protocolos

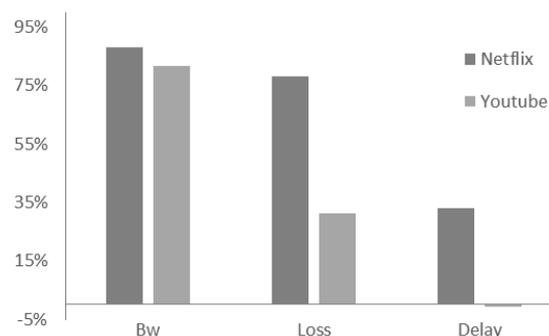


Figura 7 – Queda na vazão média considerando o cenário sem restrições

A Figura 6 apresenta os resultados de overhead, a relação entre metadados e volume total gerado (%), dos protocolos para cada cenário analisado. Para o cenário sem restrições o overhead é mínimo, porém o Youtube apresenta overhead ligeiramente superior ao Netflix. No cenário com limitação na largura de banda o Netflix também se sai melhor que o Youtube. No cenário com perdas de pacotes a diferença é maior, o overhead do Netflix gira em torno de 2%, já o Youtube apresenta quase 40%. Ambas as aplicações não apresentam aumento no overhead devido a restrições de atraso nos pacotes. Analisando os resultados, fica claro que o Netflix é mais eficiente em relação a overhead.

#### 4.4. Resumo e Discussão

Esta seção resume e discute as principais descobertas experimentais. A Tabela 2 apresenta o resumo de todos os cenários e métricas. Cada célula contém valores médios. A Figura 7 apresenta a queda na vazão média dos cenários emulados considerando o cenário sem restrições.

As aplicações são mais sensíveis a limitações na largura de banda, pois mesmo sob restrições moderadas as duas aplicações reduzem significativamente a quantidade de pacotes enviados e o tamanho médio dos pacotes. Além disso, o valor médio de IAT aumenta. Perdas também causam efeitos negativos, porém limitações de largura de banda causam maior dano à vazão. A partir disso, pode-se inferir que as métricas de capacidade da rede não são estimadas com precisão.

Tabela 2 – Resumo dos players

	Netflix				Youtube			
	Sem restrição	Banda	Perda	Atraso	Sem restrição	Banda	Perda	Atraso
Vazão (kbps)	3417	407	752	2293	1195	221	821	1204
Vazão (pps)	343	61	95	238	122	34	107	130
IAT (s)	0.005	0.053	0.026	0.038	0.28	0.527	0.145	0.084
Tamanho dos pacotes (bytes)	1249	794	924	254	1073	529	859	1082
RTT (ms)	298	278	277	647	64	378	47	443

Com relação ao atraso, para níveis baixos, ambas as aplicações apresentam comportamento semelhante ao observado no cenário sem restrições. Para níveis mais altos, no entanto, o Youtube apresenta melhor desempenho. Sob restrições leves de atraso, as aplicações apresentam comportamento similar ao cenário sem restrições. O Youtube necessita repensar seu mecanismo de

troca de mensagens, pois ficou claro que o sistema adotado causa um overhead muito alto nos casos de limitação na largura de banda e perda de pacotes.

O Netflix apresentou média de vazão maior em três cenários: sem restrição, sob restrições de largura de banda e de atraso. Conclui-se, a partir disso, que o primeiro apresenta melhor performance do que o segundo. De maneira geral, pode-se concluir que as aplicações possuem comportamento conservador em seus algoritmos de adaptação, devido à queda severa de vazão na maioria dos cenários com restrições, mesmo que essas sejam suaves. Portanto, essas aplicações têm muito a melhorar em suas lógicas de adaptação para obter a eficiência desejada pelo serviço de entrega de conteúdo, o que confirma a conclusão de [Akhshabi et al. 2011].

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou e discutiu o perfil de tráfego de duas aplicações populares que utilizam o Fluxo Contínuo de Mídia Adaptativo, Netflix e Youtube. Pode-se observar que as aplicações necessitam de melhorias em seus algoritmos de adaptação, de maneira a obter a performance necessária a serviços de entrega de conteúdo.

Como trabalhos futuros, pretende-se fazer a análise do Netflix e Youtube no nível de aplicação, mostrando o funcionamento de seus protocolos. Outro tópico de pesquisa seria correlacionar as métricas a nível de rede com métricas de qualidade, como o pico de relação sinal ruído (*Peak Signal-to-Noise Ratio*, PSNR).

## Referências

- Adhikari, V.K., et al. "Unreeling netflix: Understanding and improving multi-CDN movie delivery", IEEE INFOCOM 2012.
- Akhshabi, S. et al. (2011) "An experimental evaluation of rate-adaptation algorithms in adaptive streaming over HTTP", In: ACM MMSYS 2011
- Antonello, R., et al. (2008) "Traffic analysis and synthetic models of second life", In: ACM/Elsevier Multimedia Systems Journal
- Fernandes, S. et al. (2011) "An adaptive-predictive architecture for video streaming servers", In: Elsevier Journal of Network and Computer Applications
- Ito, M. et al. (2014) "Network Level Characterization of Adaptive Streaming over HTTP Applications", In: IEEE ISCC 2014.
- Martin, J. et al. (2013) "Characterizing Netflix bandwidth consumption", IEEE CCNC.
- "Microsoft Smooth Streaming" [Online]. Available: <http://www.iis.net/downloads/microsoft/smooth-streaming>.
- "Netem" [Online]. Available: <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/netem>.
- "Netflix" [Online]. Available: [www.netflix.com](http://www.netflix.com).
- "Open Source Media Framework" [Online]. Available: [www.osmf.org](http://www.osmf.org).
- Rao, A., et al. (2011) "Network characteristics of video streaming traffic", ACM CoNEXT.
- Sodagar, I. (2011) "The MPEG-DASH Standard for Multimedia Streaming Over the Internet", In: MultiMedia, IEEE, vol.18, no.4, pp.62,67.
- Stockhammer, T. e Sodagar, I. (2011) "MPEG DASH: The Enabler Standard for Video Delivery Over the Internet", In: SMPTE Motion Imaging Journal.
- "TCPDump" [Online]. Available: <http://www.tcpdump.org/>.
- "Wireshark" [Online]. Available: <http://www.wireshark.org/>.