

Alocação de Banda em Redes Sem Fio Baseada em Estimação Adaptativa do Parâmetro de Escala Global

Bruno Lopes de Abreu, Flávio Henrique Teles Vieira

Escola de Engenharia Elétrica e de Computação – UFG. CEP 74605-010 . Brasil

Bruno.LdeA@hotmail.com , flaviohtv@gmail.com

Palavras-Chave: Alocação de banda, tráfego, autossimilar, parâmetro de *Hurst*.

1.INTRODUÇÃO

Uma das necessidades evidentes nas comunicações sem fio é o controle de alocação de banda. Este controle visa delimitar e direcionar o uso dos recursos disponíveis na rede, visando a melhoria do desempenho e uma melhor utilização dos recursos disponíveis se comparado ao serviço que fornece uma taxa fixa de banda. Por outro lado, a alocação de banda pode ser feita de acordo com a demanda. Neste trabalho, é proposto um esquema de alocação de recursos para tráfego autossimilar, no qual uma quantidade de banda é alocada adaptativamente de acordo com os padrões de exigência adotados e levando em consideração uma estimação adaptativa para o parâmetro de escala global do tráfego. O algoritmo proposto de controle de banda pode ser utilizado não só para alocação de taxa, mas também para controle de admissão, no qual uma nova chamada poderá ser aceita em um sistema desde que os comportamentos das filas e dos enlaces para todos os usuários puderem ser mantidos no nível desejado.

2.ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1- Estudo de Estimação do Parâmetro de Hurst (Parâmetro de Escala Global).

O parâmetro de Hurst H_g define o grau de autossimilaridade do processo, quanto mais próximo de 1 (um), mais autossimilar é o processo. A autossimilaridade refere-se à propriedade de um determinado fenômeno manter certas características quando observado em diferentes escalas (tempo, espaço, etc.). Visualmente, a autossimilaridade do tráfego manifesta-se como uma invariância em relação à escala de tempo. Por exemplo: se forem construídos gráficos “Pacotes/Unidade de Tempo”

vs. Unidade de Tempo" para diversas escalas de tempo, pode-se verificar que o tráfego parece o mesmo [1].

Neste estudo, analisou-se diferentes séries de tráfego utilizando dois métodos em termos do Parâmetro de *Hurst*, que chamamos também de Parâmetro de Escala Global. O primeiro método é baseado na utilização do programa SELFIS, que pode ser encontrado em [3], o qual calcula um único valor de H_g para a série de tráfego. Foram analisadas 3 (três) séries de tráfego TCP-IP [4]. O TCP-IP é um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede (também chamado de pilha de protocolos TCP/IP). Seu nome vem de dois protocolos: o TCP (*Transmission Control Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão) e o IP (*Internet Protocol* - Protocolo de Interconexão). O conjunto de protocolos pode ser visto como um modelo de camadas, onde cada camada é responsável por um grupo de tarefas, fornecendo um conjunto de serviços bem definidos para o protocolo da camada superior. As camadas mais altas estão logicamente mais perto do usuário (chamada camada de aplicação) e lidam com dados mais abstratos, confiando em protocolos de camadas mais baixas para tarefas de menor nível de abstração [4].

As séries de tráfego consideradas nesta pesquisa estão disponíveis para download em [5]. Na tabela abaixo estão listados os resultados obtidos dos seus respectivos valores para o parâmetro de escala global utilizando o programa SELFIS:

Tabela 1. Parâmetro de Hurst para diferentes séries de tráfego.

Séries de tráfego	Parâmetro de Hurst
<i>Dec-pkt-2-100</i>	0.774
<i>Wireless 1</i>	0.565
<i>Wireless 5</i>	0.566

O segundo método é baseado na implementação de um algoritmo que faz um cálculo adaptativo de H_g em vários instantes do processo. A seguir está descrito o algoritmo proposto para tal cálculo. Este algoritmo foi proposto em [6].

Primeiro passo) Seja $p_{1,0} = 1$, $\hat{a}_0^q = [0 \ 0]$, $k=0, \dots, K$ e $q = 1, \dots, q_2$;

Segundo passo) Calcule $\hat{\underline{a}}_k^q = [\hat{\tau}_0(q) \log \hat{c}(q)]$ para todo valor de “ q ” utilizando as seguintes equações recursivas:

$$\underline{P}_{q,k} = \underline{p}_{q,k-1} - \underline{p}_{q,k-1} \underline{x}_k [I + \underline{x}_k^T \underline{p}_{k-1} \underline{x}_k] - \underline{x}_k^T \underline{p}_{q,k-1} \quad (1)$$

$$\hat{\underline{a}}_k^q = \hat{\underline{a}}_{k-1}^q - \underline{p}_{q,k} [\underline{x}_k \underline{x}_k^T \hat{\underline{a}}_{k-1}^q - \underline{x}_k \underline{y}_k^q] \quad (2)$$

onde:

$$\underline{y}_k^q = \log(|X^{(k)}|)^q e \underline{x}_k^T = [1 \log 2 \dots \log k] \quad (3)$$

Sendo $\hat{\tau}_0(q)$ a função de escala, e $c(q)$ é o fator de momento de um processo multifractal. Caso $\tau(q)$ seja linear em q o processo é dito ser monofractal, caso contrário, é multifractal [6].

A relação entre $\hat{\tau}_0(q)$ e α é dada por:

$$f(\alpha) = \min_q \{q\alpha - \tau(q)\} \quad (4)$$

onde $f(\alpha)$ é o espectro multifractal de um processo $X(t)$ e pode ser visto como a transformada de Legendre de $\tau(q)$.

Terceiro passo) Estime o valor do parâmetro α de τ_0 usando o algoritmo de Levenberg-Marquardt de acordo com a seguinte equação de atualização:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i - (H_{es} - \eta \text{diag}(H))^{-1} \nabla \Phi(\alpha_i) \quad (5)$$

Quarto passo) Aplique novamente o algoritmo de Levenberg-Marquardt para estimar os valores dos parâmetros ρ e γ da função $c(q)$.

A equação final para o cálculo de H_g é [6]:

$$H_g = 1 - \frac{\log_2\left(\frac{\alpha+1}{\alpha+0.5}\right)}{2} \quad (6)$$

O *software* utilizado para implementação do algoritmo foi o MATLAB. Neste caso, o parâmetro de escala global foi estimado em intervalos de 1 ms. A seguir, mostramos os gráficos obtidos diretamente do algoritmo para as mesmas séries de tráfego anteriormente analisadas:

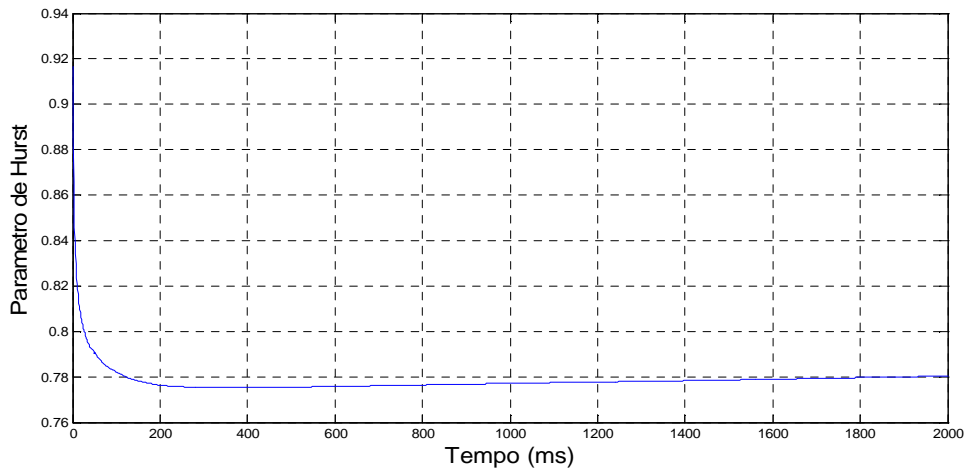


Fig. 1. Comportamento de H_g ao longo do tempo para série *dec-pkt-2-100*.

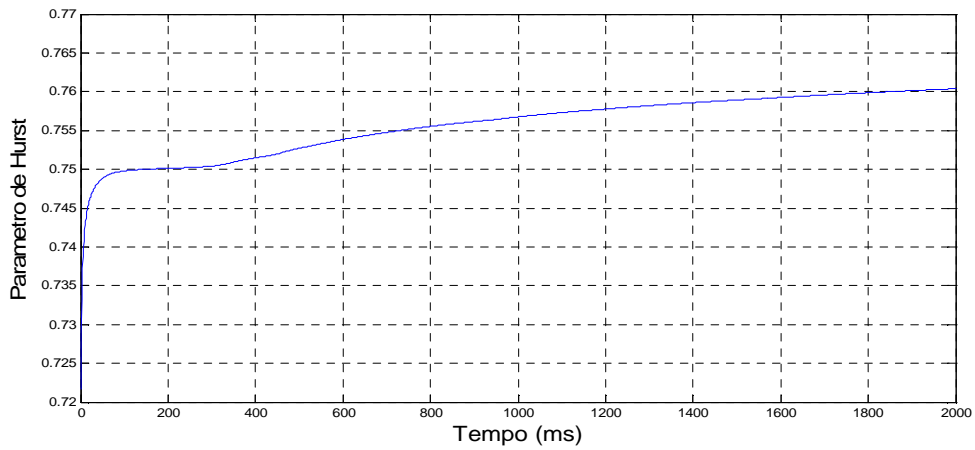


Fig. 2. Comportamento de H_g ao longo do tempo para série *wireless1*.

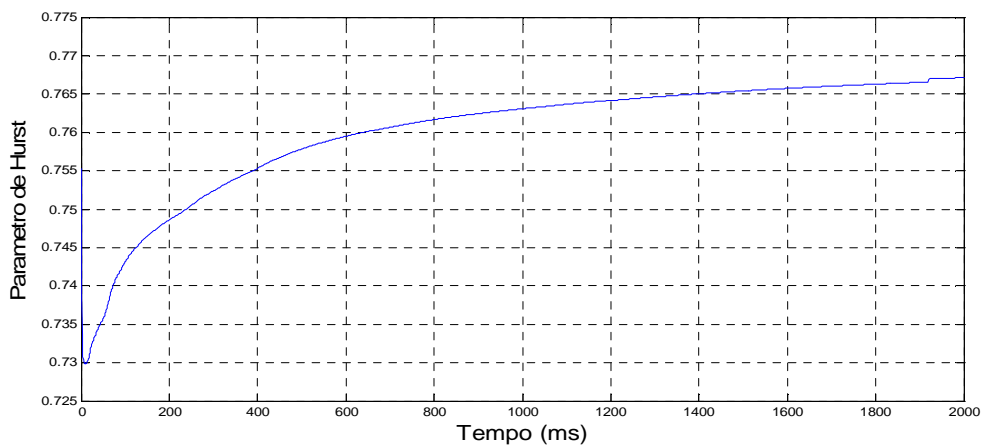


Fig. 3. Comportamento de H_g ao longo do tempo para série *wireless5*.

O algoritmo de estimação adaptativa fornece valores para o parâmetro de escala global que tendem aos valores estimados de forma estática utilizando o programa Selfis. Pode-se perceber que H_g tende a manter variações menores à medida com o tempo, mas não pode se dizer que isso seja uma regra geral.

2.2- Análise da Estimativa de Banda Alocada Para Diferentes Séries de Tráfego

Com os valores de H_g calculados adaptativamente, é possível estimar os outros parâmetros que definem o processo de alocação dinâmica de banda e assim obter estimativas para a largura de banda " C_n " que deve ser alocada num intervalo de tempo " n " do processo. Assim, com o propósito de comparação, implementamos o esquema de alocação dinâmica de recursos (*Dynamic Resource Allocation* - DRA) proposto em [2]. O algoritmo DRA é aplicável ao tráfego de redes com características monofractais e baseia-se na previsão do tráfego de entrada e na estimação de parâmetros como o H_g (parâmetro de Hurst) e μ (a média da taxa de tráfego de entrada). O algoritmo DRA é aplicado a um sistema de fila a fim de controlar os valores de taxas de transmissão do enlace adaptativamente a medida que um preditor de tráfego e um estimador de parâmetros fornece informações ao controlador de taxa, conforme representado pela Figura 4[6]:

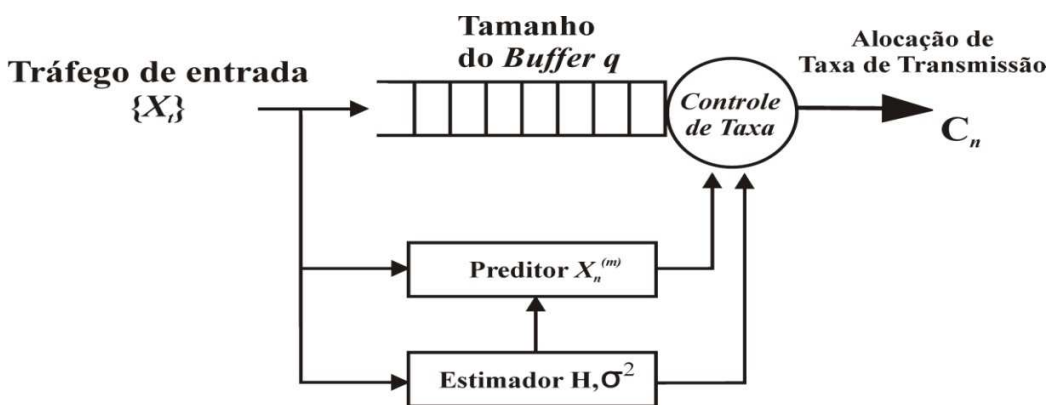


Fig.4. Esquema de alocação dinâmica de recursos (DRA – *Dynamic Resource Allocation*).[6]

No algoritmo DRA, define-se uma variável chamada de média do processo de tráfego dado em blocos como:

$$X_n^m = \frac{1}{m} (X_{nm-m+1} + \dots + X_{nm}) \quad (7)$$

onde $m, n = \{1, 2, \dots\}$, m é o tamanho do bloco e n o número do bloco.

Dessa forma, um preditor para $X_n^{(m)}$ pode ser dado por:

$$X_n^m = aX_{n-1}^m + (1 - a)\mu \quad (8)$$

onde $a = (2^{2H} - 2)/2$ e a está contido no intervalo aberto $(0, 1)$, ou seja, $a \in (0, 1)$. H é o parâmetro de Hurst.

A taxa alocada C para o bloco n é dada por :

$$C_n = X_n^m + \Delta C \quad (9)$$

Segundo os autores em [2] a seguinte aproximação é válida para se estimar ΔC :

$$\Delta C \approx \left(\frac{(-2 \ln \varepsilon + 2 \ln \frac{1}{\sqrt{2\pi}} y^{-1})^2 \sigma (1-a)^H (1-H)^{1-H}}{q^{1-H}} \right)^{1/H} \quad (10)$$

Onde ε é a probabilidade de violação do tamanho do *buffer*, σ o desvio padrão do tráfego considerado e q o tamanho do *buffer*. A variável y está relacionada com a aproximação:

$$\varepsilon \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} y^{-1} \exp \left(-\frac{1}{2} y^2 \right) \quad (11)$$

Em [2] os autores consideram o DRA como um método eficiente para alocação dinâmica de taxa, quando comparado ao serviço de taxa fixa, já que este esquema apresenta melhor utilização dos recursos enquanto provê as mesmas garantias de qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*). No entanto, o DRA pode não conseguir capturar eficientemente características do tráfego de redes, tais como rajadas de tráfego persistentes em diversas escalas de tempo. Isso porque ao aplicar o esquema adaptativo de alocação de taxa de transmissão ao tráfego de entrada, o algoritmo DRA considera a média como única estatística pertinente para cada bloco de tráfego. Os demais parâmetros utilizados no método, como σ e H são obtidos para toda série de tráfego, e por esse motivo não traduzem fielmente as características de cada bloco de tráfego [6].

Assim, propomos aplicar o algoritmo de estimação adaptativa do Parâmetro de Escala Global no algoritmo de alocação dinâmica de banda e também consideramos para tanto o cálculo adaptativo da média de tráfego à medida que o mesmo é recebido, de acordo com a seguinte relação:

$$\bar{h}(k) = \frac{k-1}{k} \bar{h}(k-1) + \frac{1}{k} h(k) \quad (12)$$

Ou seja, a medida que chega um valor de volume (bytes) de tráfego $h(k)$, a média $\bar{h}(k)$ da série

de tráfego é atualizada baseada no valor de média anterior $\bar{h}(k - 1)$ do tráfego. Além disso, comparamos a taxa de alocação com o valor real de tráfego conforme é mostrado nas figuras 5 e 6. Nestas figuras, o tamanho do *buffer* foi considerado como sendo de 2000 bits. O tráfego real nas figuras representa o cálculo de banda feito em intervalos de 20ms considerando para a banda alocada, a média das intensidades de tráfego real no intervalo de tempo considerado. A banda alocada nos gráficos é dada em bytes/s.

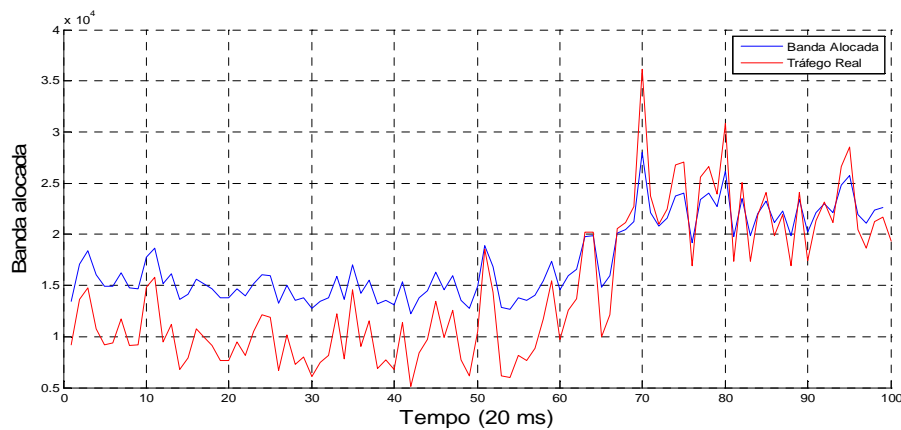


Figura 5: Estimativa de Banda Alocada para Série *dec-pkt-2-100* utilizando H_g adaptativo

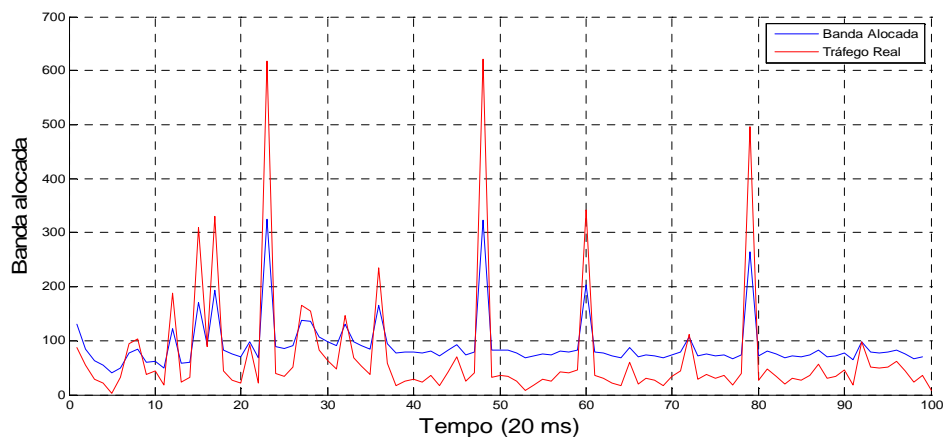


Figura 6: Estimativa de Banda Alocada para Série *wireless1* utilizando H_g adaptativo

A análise gráfica sugere que na maioria dos casos para cada instante de tempo a banda alocada foi superior ao tráfego real. Mais adiante neste trabalho será feita uma análise mais minuciosa dos parâmetros que permitem estimar parâmetros de *QoS* (*Quality of Service* – Qualidade de Serviço) do sistema em análise.

Agora, em vez de considerar um H_g adaptativo, fizemos a análise de alocação de banda utilizando

um H_g fixo, determinado pelo programa SELFIS, como mostra as figuras a seguir, e utilizando as equações de previsão de tráfego de acordo com [2].

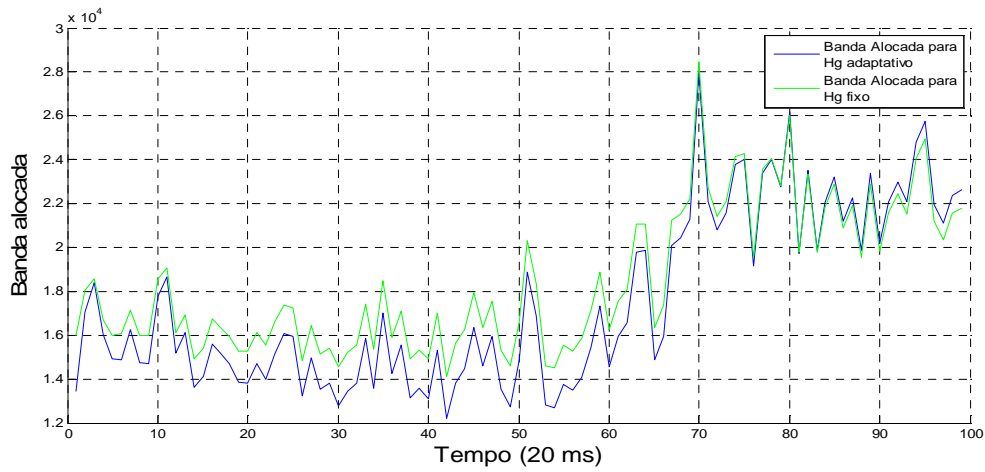


Figura 7: Estimativa de Banda Alocada para Série *dec-pkt-2-100* utilizando H_g fixo.

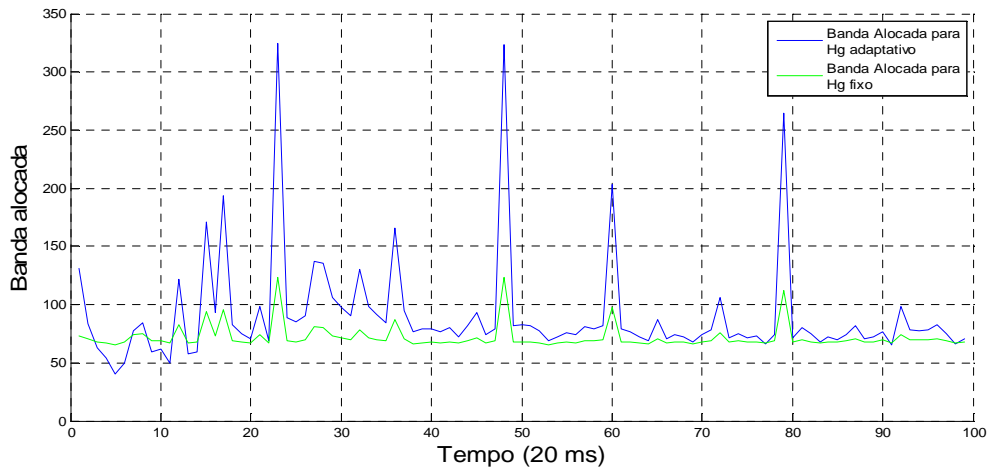


Figura 8: Estimativa de Banda Alocada para Série *wireless1* utilizando H_g fixo.

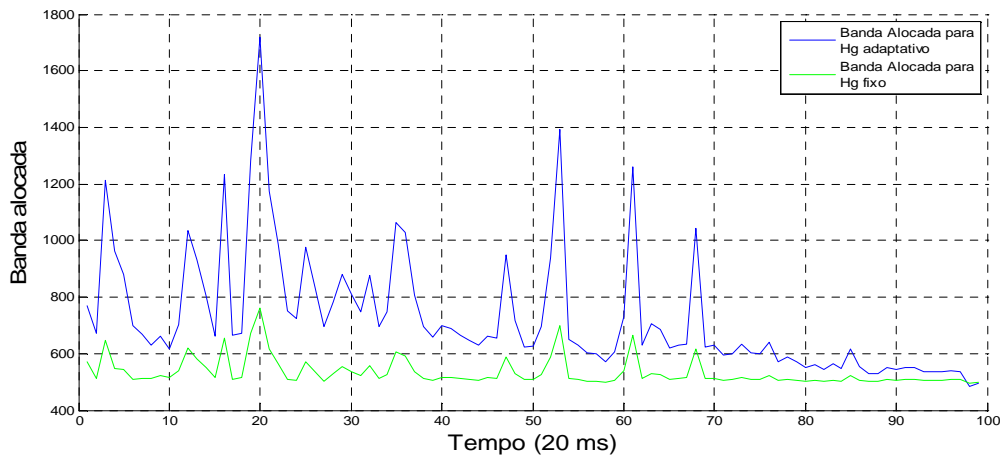


Figura 9: Estimativa de Banda Alocada para Série *wireless5* utilizando H_g fixo.

Percebe-se que para a série *dec-pkt-2-100* o comportamento da alocação tanto para H_g fixo quanto para H_g adaptativo foram bastante parecidos, sendo difícil de perceber visualmente qual se comportou melhor de forma a garantir a melhor utilização dos recursos disponíveis. Já no caso das séries *wireless* a análise gráfica sugere que o mecanismo de alocação dinâmica conseguiu obter uma quantidade de banda alocada superior se comparado ao cálculo com H_g fixo, isso ocorre porque este último método (de H_g fixo), pode não conseguir acompanhar de forma eficaz as características do tráfego de rede, pois como já foi mencionado anteriormente, ele considera como único parâmetro de estimativa apenas a média do tráfego para cada bloco, tendo por exemplo, o desvio padrão e H_g calculados para toda a série de tráfego.

2.3- Análise de Desempenho do Algoritmo de Alocação de Banda Proposto

Nesta parte do trabalho foi avaliado o comportamento de fila para as séries de tráfego utilizando 3 (três) técnicas. A primeira consiste em utilizar a nossa proposta de alocação adaptativa de banda (ou seja, com estimação adaptativa de H_g), a segunda, sugere um H_g fixo (calculado pelo programa SELFIS) e a terceira, utiliza-se como taxa do enlace, o valor médio dos valores alocados da primeira proposta. Na primeira parte, avaliamos os seguintes parâmetros: valor máximo e mínimo de *buffer* utilizado (Q_{max} e Q_{min}), média de utilização do *buffer* (Q_{med}), porcentagem de utilização do *buffer* (r_o), perdas (p , em bits) e porcentagem de perdas (pp , em %). Ao final dessa análise são apresentados os gráficos referentes ao tamanho da fila no *buffer* para as séries de tráfego analisadas

considerando a alocação adaptativa de banda (método proposto), onde o tamanho do *buffer* é $q=2000$ (bytes).

Tabela2. Análise de Desempenho dos Algoritmos de Alocação de Banda para *Dec-pkt-2-100*

	Q_{max}	Q_{min}	Q_{med}	ro	p	Pp
Método proposto	2.000	0	487,77	80,00	65.895	4,53
Média	2.000	0	722,79	73,02	185.050	10,66
H_g fixo	2.000	0	469,22	76,26	58.642	4,03

Tabela3. Análise de Desempenho dos Algoritmos de Alocação de Banda para série *wireless1*

	Q_{max}	Q_{min}	Q_{med}	ro	p	Pp
Método proposto	651,61	0	93,77	79,38	0	0
Média	751,08	0	232,08	79,38	0	0
H_g fixo	1.249,8	0	622,33	97,50	0	0

Tabela4. Análise de Desempenho dos Algoritmos de Alocação de Banda para série *wireless5*

	Q_{max}	Q_{min}	Q_{med}	ro	p	Pp
Método proposto	2000	0	213,21	71,21	925,86	1,77
Média	2.000	0	367,71	68,26	3057,80	4,23
H_g fixo	2.000	0	890.70	86,79	6.497,00	12,40

Observando as tabelas é possível inferir que o método de alocação dinâmica, entre os três métodos estudados, apresenta um desempenho melhor para as séries *wireless*. O método que aloca banda com um H_g fixo teve um desempenho razoável, porém utilizou uma maior porcentagem do *buffer*, mostrando uma boa utilização do enlace, mas mantendo perdas de bits com valores próximos, as vezes superiores às perdas do método proposto, principalmente para as séries *wireless*. O desempenho do algoritmo utilizando a média da banda alocada para série *dec-pkt-2-100* não se mostrou muito eficaz. Na verdade quando se utiliza a média de tráfego como banda alocada e a série possui rajadas persistentes em vários instantes de tempo é provável ter uma maior perda de dados devido a alocação de banda não acompanhar de forma fiel as características da série de tráfego em análise e ao mesmo tempo atender os requisitos de QoS. Na análise da série *wireless1*, todos os 3 métodos satisfizeram as expectativas, observando ainda que o terceiro método (que utiliza um H_g fixo) teve uma maior utilização do enlace na análise das séries *wireless*, em torno de 86 a 97%, enquanto para os outros métodos a utilização foi, em média, de aproximadamente 80%. A utilização do enlace é um parâmetro importante na análise de desempenho pois mostra o quanto do enlace foi utilizado durante toda a série, sendo um parâmetro importante para o dimensionamento dos recursos da rede.

Aprofundando a análise, observamos agora o tamanho da fila no *buffer* para as séries de tráfego utilizadas (considerando o controle de alocação de taxa adaptativo), podendo verificar então instantes em que se apresentava capacidade ociosa ou nos quais ocorreram perdas de bits:

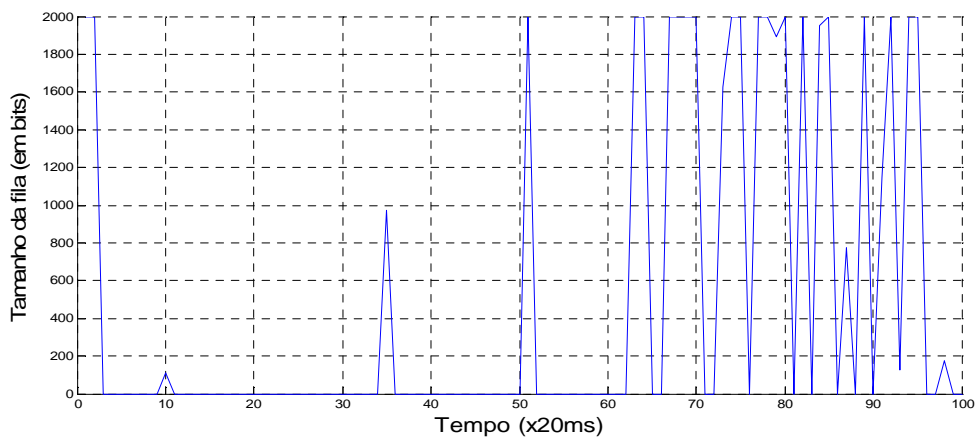


Figura 10: Tamanho da fila no *buffer* para série *dec-pkt-2-100*.

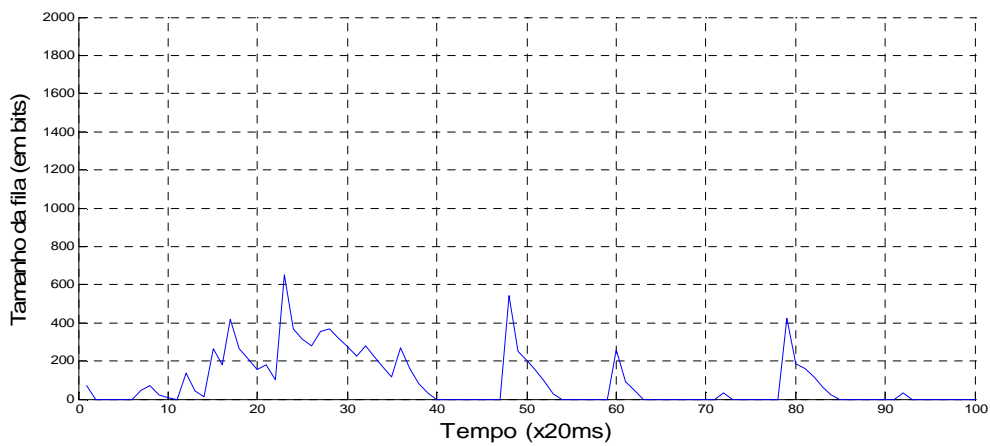


Figura 11: Tamanho da fila no *buffer* para série *wireless1*.

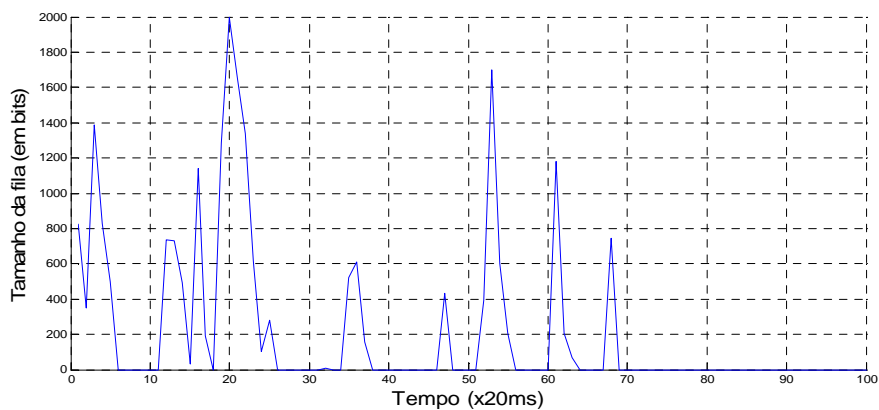


Figura 12: Tamanho da fila no *buffer* para série *wireless5*.

Os instantes onde os gráficos marcam zero são momentos em que há capacidade ociosa, e os

instantes onde o gráfico marca 2000 (tamanho total do *buffer*), é o momento onde ocorrem perdas de dados. Assim, não houve perdas para a série wireless 1, algumas perdas para a série *wireless5* e para a série *dec-pkt-2-100* ao se utilizar o algoritmo proposto.

Agora, faremos o estudo da influência do tamanho do *buffer* na porcentagem de perdas de dados. Verificaremos as taxas de perdas para os três métodos considerados utilizando as 3 (três) séries analisadas anteriormente:

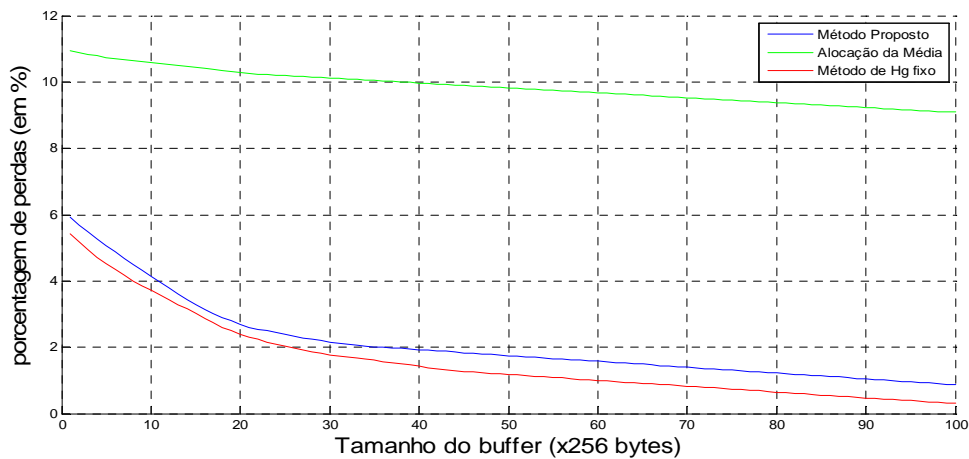


Figura 13: Influência do *buffer* na porcentagem de perdas de bits para série *dec-pkt-2-100*.

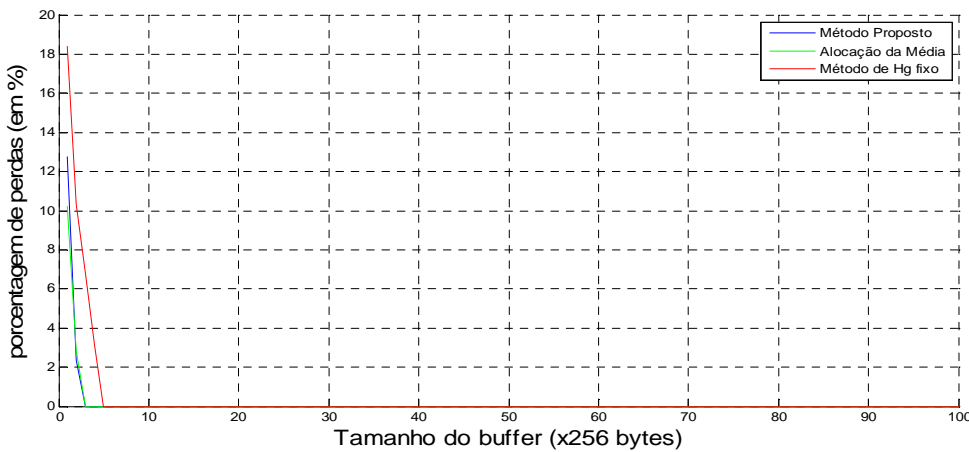


Figura 14: Influência do tamanho do *buffer* na porcentagem de perdas de bits para série *wireless1*.

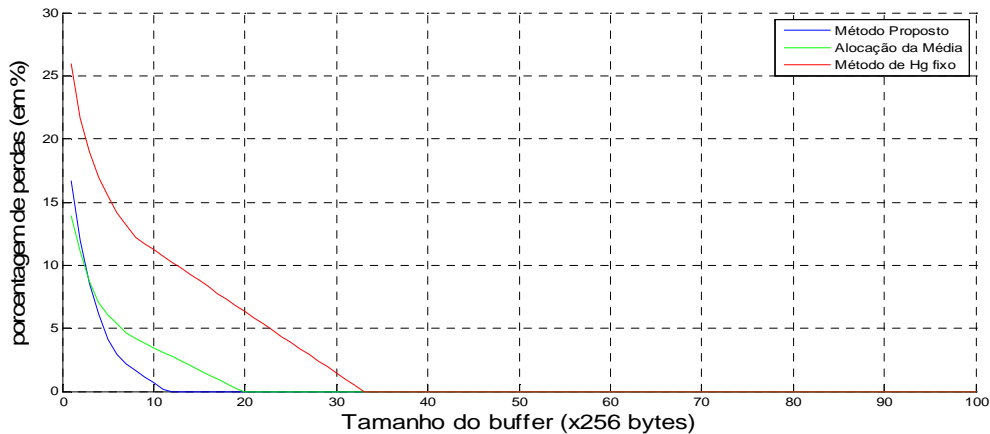


Figura 15: Influência do tamanho do *buffer* na porcentagem de perdas de bits para série *wireless5*.

É simples de constatar que quanto maior o tamanho do *buffer*, menor a porcentagem de perdas. Mas isso não significa que pode-se utilizar um *buffer* grande indiscriminadamente, tem-se ainda que verificar o custo e se realmente existe a necessidade de um *buffer* grande, sendo que um menor poderia atender às especificações de projeto, por isso esta análise se faz interessante.

Obtivemos taxas de perdas em geral menores, principalmente para as séries *wireless*, utilizando o algoritmo proposto de alocação de banda em comparação ao algoritmo com H_g fixo, conforme pode-se observar pelas Figuras 13 a 15.

3. CONCLUSÕES

A atual demanda sempre crescente por Internet sem fio de qualidade gera a necessidade de obtenção de melhorias de desempenho das redes utilizadas para o tráfego de dados. Um dos métodos propostos na literatura para se obter essas melhorias é o DRA. Neste trabalho foi proposto um algoritmo que utiliza as características do DRA mas leva em consideração uma estimativa adaptativa do parâmetro de escala global H_g e da média de tráfego. Ou seja, é um algoritmo mais realista onde não são feitas suposições prévias para o tráfego.

A utilização do método proposto neste trabalho é uma estimativa mais real para a banda que deve ser alocada para uma determinada série de tráfego já que durante a transmissão de dados não é possível prever o comportamento de toda a série e definir as características particulares das mesmas levando em conta apenas parâmetros estáticos. Além disso, observou-se que o esquema de alocação

dinâmica de banda baseada na estimação adaptativa de H_g obteve resultados similares e em alguns casos superiores ao método proposto pelo DRA. Nossa análise sugere que levando em conta a utilização do enlace e a taxa de perdas o esquema de alocação de banda proposto neste trabalho obteve um desempenho mais desejável, já que tendo uma boa utilização do enlace, mesmo sendo menor que a utilização do DRA, obteve porcentagem de perdas menores.

Pôde-se constatar também neste estudo que alocar como taxa a média do tráfego não é uma boa escolha, pois desta forma perde-se as características necessárias para uma boa utilização dos recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Prata Jr., O.G. Uma Proposta de Modelagem Matemática para Tratamento de Tráfego com Característica Auto-Similar. Santa Rita do Sapucaí, 2003. Instituto Nacional de Telecomunicações.
- [2] N. C. Trinh, T. Miki. Dynamic resource allocation for self-similar traffic in ATM networks Communications, 1999. APCC/OECC '99. Fifth Asia-Pacific Conference on ... and Fourth Optoelectronics and Communications Conference. Oct 1999
- [3] O programa SELFIS pode ser encontrado em: <http://www.cs.ucr.edu/~tkarag/selfis/selfis.html> (último acesso em 03-04-2011).
- [4] protocolo TCP/IP. <http://pt.wikipedia.org/wiki/TCP/IP> (último acesso em 17-03-2011).
- [5] The internet traffic archive. <http://ita.ee.lbl.gov/html/contrib/>. (último acesso em 19-03-2011).
- [6] Vieira, F. H. T. e Ling, L. L. (2009) "Adaptive wavelet-based multifractal model applied to the effective bandwidth estimation of network traffic flows". *IET Communications*; 3: p. 906.