

## Degradação do Parâmetro de Qualidade *Jitter*: Análise do Meio

JOSUÉ MARCOS DE MOURA CARDOSO

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo - Brasil  
josue18c@gmail.com

ARGEMIRO BEVILACQUA

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo - Brasil  
bevilacqua.argemiro@gmail.com

LIA TOLEDO MOREIRA MOTA

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo - Brasil  
lia.mota@puc-campinas.edu.br

ALEXANDRE DE ASSIS MOTA

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo - Brasil  
amota@puc-campinas.edu.br

**Resumo** – A internet é usada cada vez mais para tráfego de voz ou *streaming* de vídeo. Tais aplicações são sensíveis à qualidade da conexão da rede. A qualidade de comunicação estabelecida pode ser avaliada através do parâmetro de qualidade *jitter*. Algumas barreiras físicas podem impedir a propagação do sinal de rádio, no caso o Wi-Fi. Assim, neste trabalho é demonstrado como obstáculos físicos podem interferir no comportamento de redes padrão IEEE 802.11. Materiais constituídos de madeira e alumínio foram usados para simular cenários na tentativa de ilustrar ambientes reais para demonstrar como o parâmetro de qualidade de serviço pode vir a se degradar.

**Palavras-chave:** QoS; *jitter*; planejamento de redes; Wi-Fi; IEEE 802.11.

**Abstract**– *The internet is being used very much frequently for voice traffic or video streaming. These applications are sensible to the quality of network connection. Network connection quality can be evaluated by means of the parameter of quality called “jitter”. Some physical barriers can prevent radio signal propagation, in our case: Wi-Fi. Thus, in this work it is demonstrated how physical barriers can interfere with IEEE 802.11 (Wi-Fi) networks operation. Wood and aluminum were used to simulate scenarios of the real world, in order to demonstrate how the jitter can be degraded.*

**Keywords:** QoS; *jitter*; Wi-Fi; network planning; IEEE802.11.

### Agradecimentos

À PUC-Campinas, à CAPES e ao CNPq pelas bolsas de iniciação científica concedidas.

### 1. Introdução

O setor de telecomunicações tem apresentado um crescimento significativo em escala global. Cada vez mais usuários estão aderindo a dispositivos eletrônicos capazes de, entre outras funções, se conectarem a redes

Wi-Fi para acesso à Internet. É comum encontrar acesso a este tipo de rede em diferentes estabelecimentos como aeroportos, restaurantes, hospitais, residências, etc. Diante desse crescimento, é necessário que as operadoras de telecomunicações forneçam redes com qualidade para seus clientes.

O padrão IEEE802.11 é o mais difundido na sociedade para conexão do usuário final a redes de computadores e/ou dispositivos sem fio. Com isso, é necessário garantir e manter a qualidade de serviço dessas redes.

A Qualidade de Serviço (QoS - *Quality of Service*) pode ser definida como um conjunto de parâmetros que representa o estado de funcionamento de uma rede de comunicação, ou seja, o desempenho da conexão em função da demanda do usuário (LORENZ, 2009). Dentre os parâmetros de qualidade de serviço estão: largura de banda, latência ou atraso de pacotes, perda de pacotes e *jitter*. Estes parâmetros representam a qualidade do sinal recebido pelo usuário. Caso haja deterioração de alguma dessas métricas, a qualidade da conexão estabelecida poderá ser afetada. Algumas condições de obstrução do sinal podem degradar os valores associados à sua propagação, o que pode impedir que o usuário usufrua da rede com qualidade.

Para realização dos testes deste trabalho foi usado o parâmetro *jitter*, que se trata da variação estatística do atraso. Esta variação não pode ser muito grande, pois pode comprometer o processo de bufferização na recepção dos pacotes solicitados pelo usuário.

As redes são projetadas para diminuir o *jitter*. Em aplicações que envolvam *streaming* de vídeo, a influência deste parâmetro é muito significativa. Para transmissão de vídeo que utilize o protocolo UDP (*User Datagram Protocol*), o atraso associado à rede não pode ultrapassar de 4 a 5 segundos (EKLUND, 2002).

O protocolo de rede UDP possibilita tráfego, sobretudo de *streaming* de vídeo. *Streamings* de vídeos são fortemente dependentes da qualidade de serviço do sinal e esta sensibilidade permite relacionar diretamente as características do tráfego com as métricas do QoS. Portanto, o protocolo UDP foi o protocolo adotado nos ensaios deste trabalho.

Este trabalho organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a tecnologia Wi-Fi e o padrão IEEE 802.11; a seção 3 contempla os materiais e os métodos usados nos ensaios, assim são especificados hardware, software e configurações necessários para o desenvolvimento da proposta; posteriormente, as seções 4 e 5 trazem os resultados com a coleta de dados e as discussões perante estes dados.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Padrão IEEE 802.11 e a Internet

O padrão IEEE 802.11 começou a ser desenvolvido em 1991, objetivando a criação de uma nova camada física e de dados no modelo OSI. Como consequência, foi criado o *Ethernet* sobre radiofrequência. Contudo, foi em 1995 que foi lançada a versão do IEEE 802.11. As camadas associadas ao modelo OSI estão ilustradas na **Figura 1** (TELECO, 2006).

Com o advento das redes sem fio, houve a necessidade da criação de normas que padronizassem a forma como as redes sem fio eram usadas e distribuídas. Assim, foi criado nos Estados Unidos no *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, IEEE, o comitê 802 que desenvolve e publica uma série

de normas para as redes locais e metropolitanas que foram adotadas mundialmente, inclusive pela ISO.

**Figura 1.** Modelo da Camada OSI para o Padrão IEEE 802.11.

|   |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|
| 7 | Aplicação       | APLICAÇÃO       |
| 6 | Apresentação    |                 |
| 5 | Sessão          |                 |
| 4 | Transporte      | TRANSPORTE      |
| 3 | Rede            | INTERNET        |
| 2 | Enlace de Dados | HOST TO NETWORK |
| 1 | Física          |                 |

A presente proposta de trabalho focará suas análises e estudos na rede padrão IEEE 802.11, que são as redes sem fio WLAN (*Wireless Local Area Networks*), ou Wi-Fi. O protocolo IEEE 802.11 foi publicado em junho de 1994 e estabeleceu algumas características para este padrão como: a frequência para as redes sem fio Wi-Fi de 2,4GHz; com a largura de banda de 22MHz; velocidades de transferência de 1Mbps ~0,125MB/s ou 2Mbps ~0,25MB/s; alcance *indoor*: 20m, *outdoor*: 100m (COLUNGA, 2008).

## 2.2. Protocolo de rede UDP (*User Datagram Protocol*)

O UDP prioriza a rapidez no envio e recebimento de dados. Ele não realiza a conferência da entrega de pacotes, assim o servidor continuará a enviar pacotes sem utilizar mais recursos da banda para averiguar o recebimento, e se for o caso, reenviar os pacotes perdidos. Paralelamente, existe o protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*) que garante a entrega de pacotes, e ainda os reenvia caso sejam perdidos no tráfego da conexão. Este protocolo utiliza *buffers* para ordenar os pacotes em Rx (receptor) e assim avaliar quais pacotes foram perdidos na transmissão para reenviá-los. Ambos os protocolos TCP e UDP, correspondem a protocolos de transporte em redes TCP/IP da quarta camada do Modelo OSI e da terceira camada do Protocolo TCP/IP, conforme a **Figura 1**. Como já mencionado, o protocolo utilizado neste trabalho foi o UDP.

## 2.3. Parâmetro de qualidade de serviço *jitter*

Para atender às necessidades do usuário e ao mesmo tempo oferecer um serviço estável com baixa taxa de erros, a TELECO (TELECO, 2008) define a qualidade de serviço, estabelecida entre usuário e estação, como um conjunto de parâmetros que podem ser mensurados para determinar a QoS de uma rede (BIAZOTTO, 2012).

O *jitter* é uma variação estatística do atraso na entrega de dados em uma rede. Ele pode ser definido como a variação do atraso entre os pacotes sucessivos de dados. Entre as causas do *jitter* estão as interferências eletromagnéticas, interferência com outros sinais (diafonia), dentre outras. Caso haja uma perturbação elevada na rede, este evento pode desencadear uma variação expressiva no atraso, o que acarreta em uma recepção não regular dos pacotes previamente enviados.

Em aplicações envolvendo serviços de VoIP, *streaming* de vídeo e jogos *on-line*, o *jitter* elevado é visto como muito prejudicial à rede. Uma das formas de minimizar os efeitos da variação do atraso é utilizar *buffers*. Estes elementos capturam os pacotes de dados, à medida que saem do Tx (transmissor) e chegam no Rx (receptor), fazendo com que eles sejam ordenados de forma seqüencial, de acordo com a ordem de envio, e ainda os encaminha para aplicação.

#### 2.4. Obstruções por barreiras constituídas de diversos materiais

Em um ambiente que estabeleça uma comunicação sem fio, o meio é constituído basicamente pelo ar. Hertz, por volta de 1884, comprovou que a propagação de ondas eletromagnéticas era possível em um espaço livre. Desde então, seus estudos embasaram o desenvolvimento dos sistemas de comunicação de rádio. (MOTA, S. J. 2003). Dentre os fenômenos que podem ocorrer na propagação de uma onda pode-se citar (RAPPAPORT, 2002):

- **Reflexão:** ocorre quando as ondas eletromagnéticas se cruzam com obstáculos de tamanhos superiores do que seus comprimentos de onda. As ondas refletidas podem interferir construtivamente ou destrutivamente no Rx. Exemplos: paredes, portas, divisórias;
- **Difração:** neste caso a onda eletromagnética circunda o obstáculo, sofrendo assim um desvio que acarreta em um não sombreamento da onda em determinada área. Exemplos: prédios, superfícies com geometria irregular;
- **Distância:** o sinal perde sua intensidade devido à atenuação causada por diferentes fatores de acordo com a distância que percorre.

### 3. Materiais e Métodos

O trabalho baseou-se em conectar dispositivos a um AP (Access Point - ponto de acesso à internet) e a partir do tráfego gerado, realizar análises sobre o comportamento da rede em diferentes cenários físicos. Os ensaios foram feitos nas dependências do Laboratório de Meios de Transmissão, da PUC-Campinas. Posteriormente, os dados foram tratados e plotados em gráficos com o *software Microsoft Excel*. Para a realização dos ensaios, foi necessária a reconfiguração do *firmware* do AP, **Figura 2.a**. Este é um AP inteligente desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Eficiência Energética da PUC-Campinas (MARQUES C., BEVILACQUA A. , MOTA A., MOTA L., 2014).

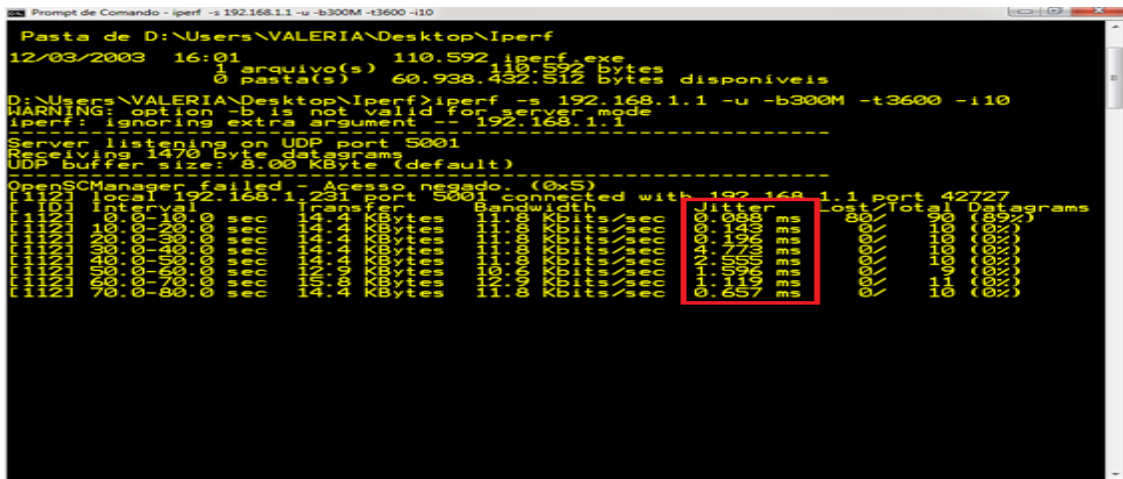
**Figura 2.a:** Roteador modelo: TP-LINK WR841ND.  
**b:** Notebook SAMSUNG modelo: RV411.



Uma vez configurado, o *software Iperf* foi introduzido no roteador a fim de gerar tráfego entre o AP e as estações clientes, coletando dados referentes ao

parâmetro *jitter*. O **Iperf** é um aplicativo gratuito e disponível para baixar na internet. Pela **Figura 3**, pode-se observar a interface gerada por este *software* no notebook associado ao trabalho. Dentre as informações geradas, estão os valores correspondentes ao jitter, a largura de banda e outros. A **Figura 2.b.** mostra o modelo do *notebook* utilizado no trabalho.

**Figura 3:** Tela gerada pelo *software Iperf*, destaque em vermelho os valores de jitter.



A fim de obstruir a transmissão do roteador foram adotadas duas caixas com composições diferentes. Uma delas é de madeira conforme **Figura 4.a.** A segunda caixa utilizada nos experimentos constitui-se de papelão e foi revestida com papel alumínio (comumente usado em cozinhas). A **Figura 4.b.** ilustra a caixa adaptada.

**Figura 4.a:** Roteador posto dentro da caixa da madeira.  
**b:** Caixa de papelão revestida com papel alumínio.



A comunicação entre o AP e o *notebook* foi feita com o *software PuTTY*, que está disponível gratuitamente na internet. Com ele, foi possível fazer a interface de comunicação e controle entre o *notebook* e o AP.

#### 4. Resultados e Discussão

Os resultados dos ensaios realizados são apresentados a seguir. As **Tabelas 1** e **2** apresentam as condições associadas a cada ensaio.

**Tabela 1:** Condições para realização do Ensaio I.

|   |  |
|---|--|
| <b>DATA</b>                                 | 15/05/2015   |
| <b>DISTÂNCIA entre AP e <i>notebook</i></b> | 1 metro  |
| <b>CONDIÇÕES DO CENÁRIO</b>                 | Linha de visada direta, inseridos obstáculos               |
| <b>OBSTÁCULOS USADOS</b>                    | Caixa de papelão revestida com alumínio e caixa de madeira |

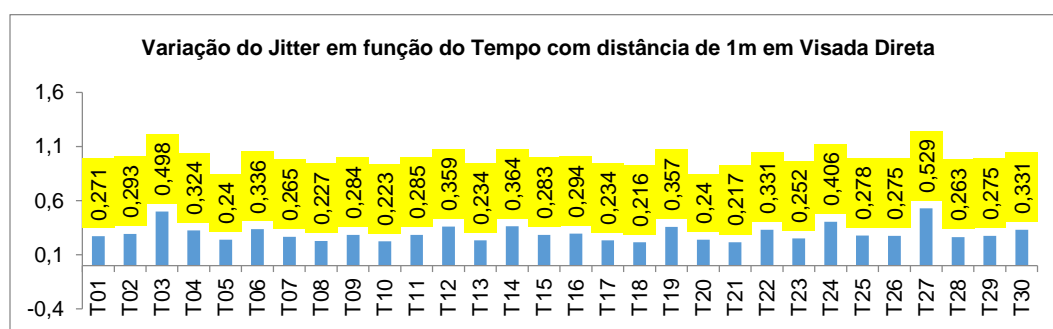
Tabela 2: Condições para realização do Ensaio II.

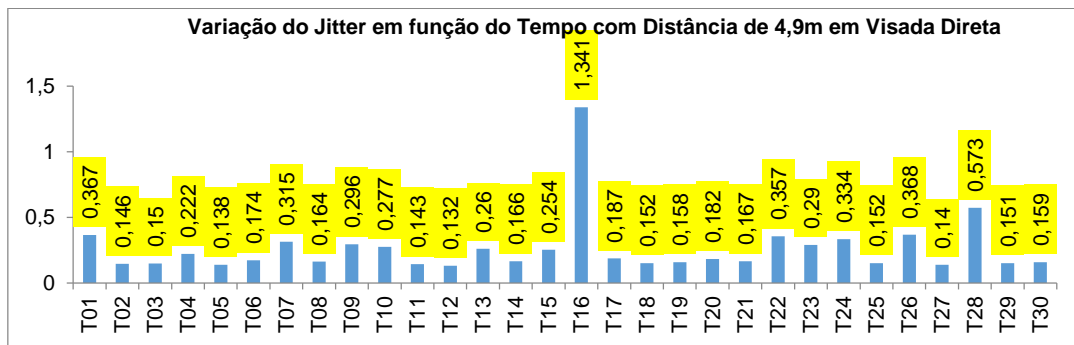
|   |  |
|---|--|
| <b>DATA</b>                                 | 22/05/2015   |
| <b>DISTÂNCIA entre AP e <i>notebook</i></b> | 4 metros e 90 centímetros                                  |
| <b>CONDIÇÕES DO CENÁRIO</b>                 | Linha de visada direta, inseridos obstáculos;              |
| <b>OBSTÁCULOS USADOS</b>                    | Caixa de papelão revestida com alumínio e caixa de madeira |

Os gráficos gerados a partir da manipulação dos dados no *software Iperf* são apresentados pelas **Figuras de 5 a 10**. Para cada ensaio, estabeleceu-se o intervalo de tempo de 5 minutos, cada amostra de *jitter* era realizada a cada 10 segundos, resultando, assim, em 30 amostras por ensaio.

As **Figuras 5 e 6** apresentam os gráficos gerados pela variação do *jitter* em função do tempo em linha de visada direta, ou seja, sem nenhum obstáculo físico.

A **figura 5** mostra os dados coletados no primeiro ensaio. A média dos valores de *jitter* neste caso foi de 0,299 ms. Pela **Figura 6** constata-se que a média dos valores associados ao parâmetro, com a distância de 4,9 metros foi de 0,263 ms.

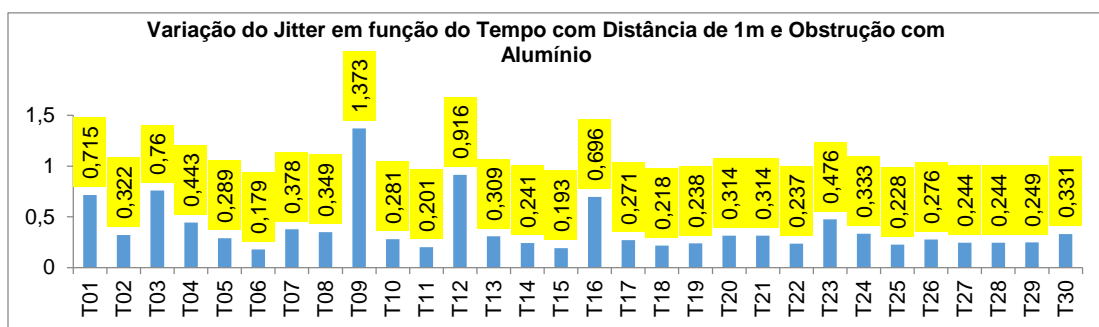
Figura 5: Variação do parâmetro *jitter* em linha de visada direta – distância de 1m.Figura 6: Variação do parâmetro *jitter* em linha de visada direta – distância de 4,9m.



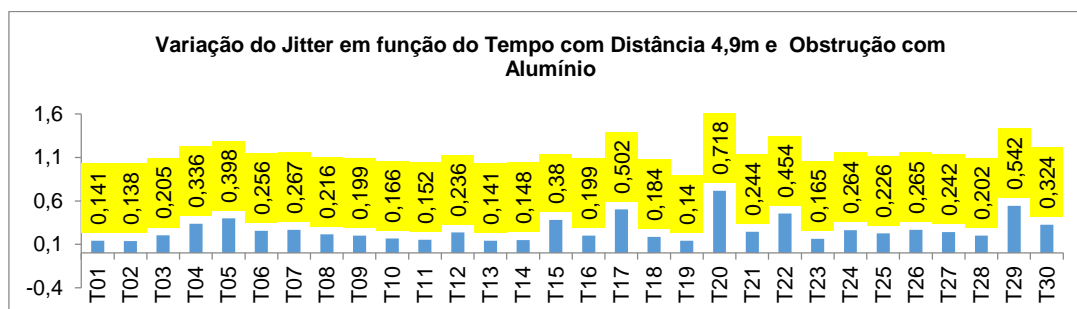
As médias dos valores de *jitter* para os ensaios com a caixa revestida de alumínio para 1 metro e 4,9 metros foram de 0,387 ms e 0,268 ms, respectivamente.

Pelas **Figuras 7 e 8** têm-se os dados realizados pelos dois ensaios usando a caixa de alumínio, **Figura 4.b**, cobrindo o roteador. Este foi um dos métodos adotados na tentativa de degradar o parâmetro de qualidade de serviço.

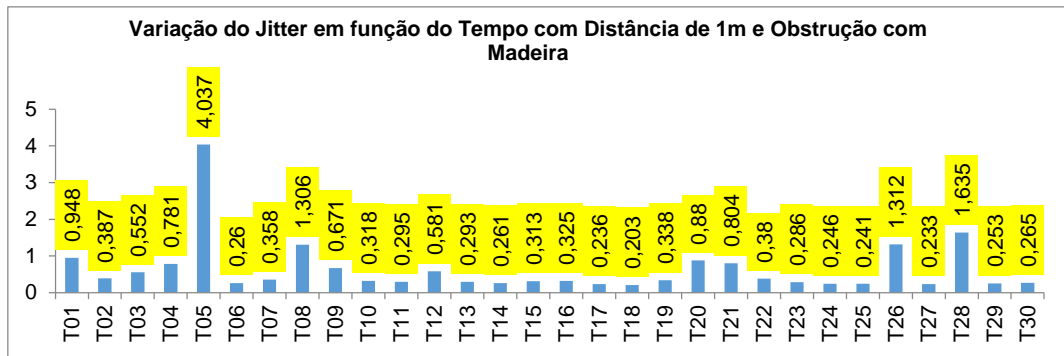
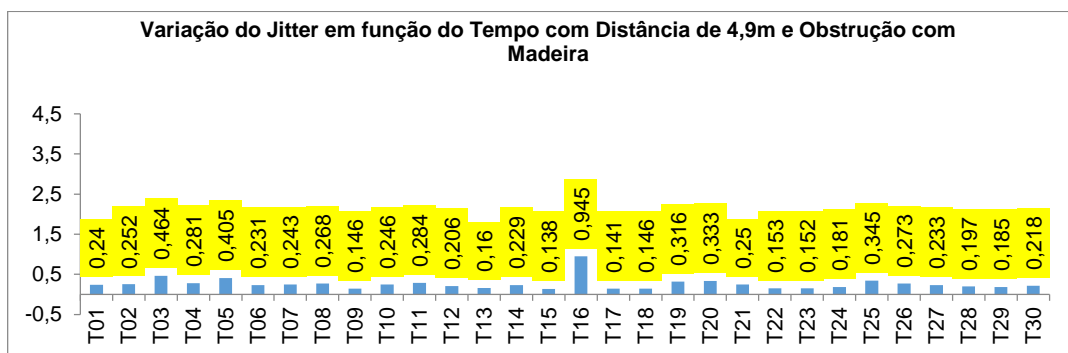
**Figura 7:** Variação do parâmetro *jitter* com obstrução com alumínio – distância de 1m.



**Figura 8:** Variação do parâmetro *jitter* com obstrução com alumínio – distância de 4,9m.



Os gráficos das **Figuras 9 e 10** trazem as variações do parâmetro *jitter* em função do tempo com a madeira sendo usada como obstrução. A média de valores de *jitter* relatada a cada ensaio, para 1 metro e 4,9 metros, respectivamente, foi de 0,633 ms e 0,262 ms.

**Figura 9:** Variação do parâmetro *jitter* com obstrução com madeira – distância de 1m.**Figura 10:** Variação do parâmetro *jitter* com obstrução com madeira – distância de 4,9m.

A **Tabela 3** apresenta a média do *jitter* de cada ensaio.

**Tabela 3:** Médias do *jitter* (em ms) para cada ensaio realizado.

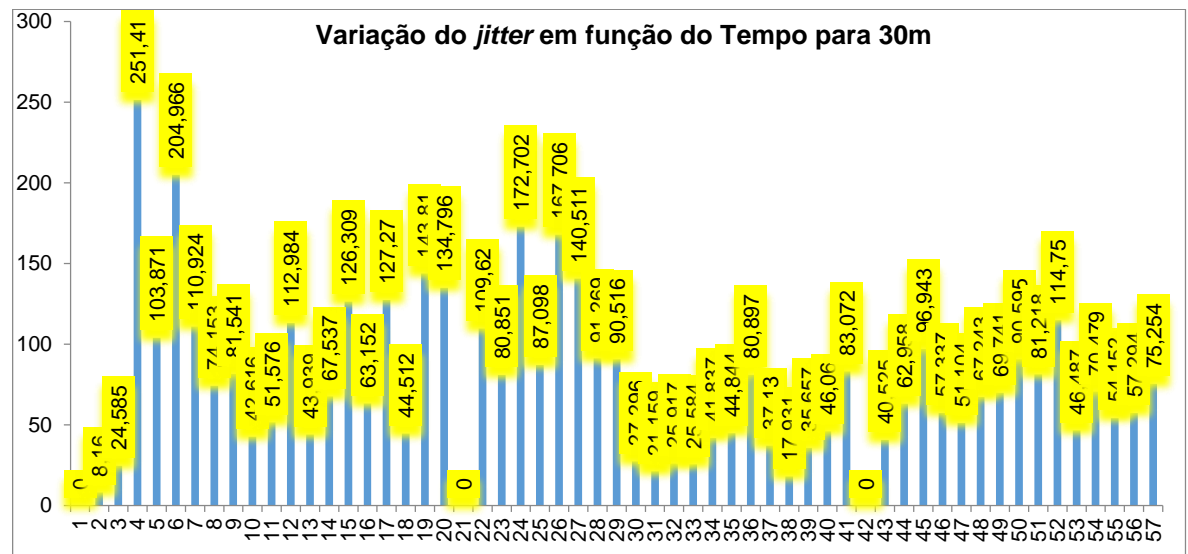
|               | 1 metro | 4,9 metros |
|---------------|---------|------------|
| VISADA DIRETA | 0,299   | 0,263      |
| ALUMÍNIO      | 0,387   | 0,268      |
| MADEIRA       | 0,633   | 0,262      |

Foi realizado um teste adicional (Ensaio III) na tentativa de degradar ainda mais o parâmetro de qualidade de serviço *jitter*. A **Tabela 4** apresenta as métricas associadas à medida. A distância existente entre o AP que se encontrava no LMT e o *notebook* que foi colocado no Laboratório de Conforto Térmico (LCT) é de aproximadamente 30 metros. Para este ensaio, o *software Iperf* foi programado para gerar 57 amostras. O gráfico gerado para este ensaio (**Figura 11**) mostra que a variação do *jitter* sofreu uma forte influência do meio. No caso, os dois laboratórios estão a 30 metros de distância um do outro. Entre os dois existem paredes, constituídas de diferentes materiais, e ainda outras interferências da rede, provocadas pelas redes da Universidade. Sendo assim, a média de valores associados ao *jitter* chegou a 75,120 ms. As amostras 21 e 42 apresentam valores de *jitter* iguais à zero, pois os pacotes enviados foram perdidos.



**Tabela 4:** Condições para realização do Ensaio III.

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <b>DATA</b>                              | 05/06/2015                    |
| <b>DISTÂNCIA entre o AP e o notebook</b> | 30 metros                     |
| <b>CONDIÇÕES DO CENÁRIO</b>              | Linha de visada com bloqueios |
| <b>OBSTÁCULOS DO CENÁRIO</b>             | Paredes dos laboratórios      |

**Figura 11:** Variação do *jitter* em função do tempo para a distância de 30m.

## 5. Considerações finais

O *jitter* é definido como a variação estatística do atraso (este também é um parâmetro da QoS). Para aplicações multimídias (VoIP – Voz sobre IP) o valor referencial limite para *jitter* é de 20ms. Acima deste valor pode ocorrer sobreposição, por exemplo, das falas nas chamadas, promovendo a perda de sincronização dos pacotes (TELECO, 2015).

Foi constatado que mesmo com as mudanças de cenário, introduzindo as caixas, as alterações nos valores de *jitter* não foram significativas a ponto de prejudicar a comunicação estabelecida entre o AP e o *notebook*. A observação apenas desse parâmetro não foi suficiente para qualificar a conexão mesmo com os cenários propostos neste escopo. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Meios e Transmissão da (LMT) PUC-Campinas, onde há uma forte interferência advinda de outras redes da própria instituição. Logo, estas interferências também devem ser levadas em consideração quando analisado qualquer parâmetro da qualidade de serviço. A espessura de cada caixa usada nos experimentos também é um fator relevante na propagação das ondas de sinal.

Através do teste adicional (Ensaio III) conclui-se que de fato com o aumento da distância entre o AP e a estação (*notebook*) há uma degradação maior do parâmetro de qualidade de *jitter*. Uma das justificativas para este evento é apresentado por (RAPPAPORT, 2002) que demonstra que a distância é um

dos fatores que influenciam na degradação da intensidade do sinal de rádio (Wi-Fi). Com isso, uma vez degradada a intensidade do sinal, a relação sinal ruído é afetada o que influi nos parâmetros de qualidade de serviço. Constata-se ainda que valores de *jitter* com picos de até 251,41 ms, o que perante estas constatações propostas por (TELECO, 2015) inviabilizaria aplicações multimídias ou VoIP.

## Referências

BIAZOTTO, Luiz Henrique. *Consumo de Energia e Qualidade do Serviço em Redes IEEE802.11*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Faculdade de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, São Paulo, 2012.

COLUNGA, M. *Redes Wireless*. Postado em 01/05/2008. Disponível em: <<http://redeswirelessdf.blogspot.com.br/2008/05/vantagens-e-desvantagens-das-redes-sem.html>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

MARQUES, C. P. C.; BEVILACQUA, A.; MOTA, L. T. M.; MOTA, A. A. *Especificação de Bancada de Testes em Redes IEEE802.11 para Detecção de Anomalia na Camada MAC*. IX WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA. São Paulo, 2014. Anais.

MOTA, SUSANA DE JESUS. *Caracterização do Canal de Propagação Direccional em Banda Larga para Sistemas Rádio Móvel*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações). Universidade de Aveiro, 2003.

P. LORENZ. *QoS in Next Generation Networks*. Revista Telecomunicações, Vol. 1, n. 2, 2009.

RAPPAPORT, T. S. *Wireless Communications Principles and Practice*. UpperSaddle River: Prentice Hall. 2002.

TELECO, 2015. Seção: VoIP. Tutoriais: Voz sobre IP II: Qualidade de Serviço. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoipconv2/pagina\\_1.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoipconv2/pagina_1.asp)>. Acesso em 18 ago 2015.

VIEIRA ROCHA, J. W. *TELECO WLAN De Alta Velocidade II: Recomendações IEEE*. Seção: Tutoriais Banda Larga, 2006. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredeswlanII/pagina\\_2.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredeswlanII/pagina_2.asp)>. Acesso em: 11 jun. 2015.