



Predição de QoS em redes sem fio a partir do nível de sinal

Francirley Resendes Borges Costa¹, Claudio de Castro Monteiro², Manoel Campos da Silva Filho³,
Joaquim José de Carvalho³

¹ Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Telemática – IFTO Campus Palmas e-mail: fborges@ifto.edu.br

² Prof. Dr.º - IFTO Campus Palmas. e-mail: ccm@ifto.edu.br

³ Prof. Me. - IFTO Campus Palmas. e-mail: [mcampos, jjdecarvalho]@ifto.edu.br

Resumo: Este trabalho tem o objeto de apresentar uma proposta de métrica para seleção de rede baseada na predição da qualidade de rede em função de seu nível de sinal. O objetivo é propor uma métrica que tenha baixo consumo computacional e ainda seja eficiente. Através de análises estatísticas, este trabalho busca, principalmente, relacionar: nível de sinal; atraso; *jitter* e perda de pacotes ICMP, em um modelo de predição que possa determinar o QoS de uma conexão sem fios. Para tal, são utilizados os métodos de regressão linear múltipla. No primeiro momento são definidos os pontos de coleta e determinada a real quantidade de dados necessários para um estudo satisfatório, essa, por sua vez, definida através dos métodos de distribuição normal. A coleta dos dados é feita através de um software desenvolvido para este trabalho. Com a coleta dos dados terminada, três equações, expõem os modelos de predição de QoS encontrados. Assim, são apresentadas as considerações que validam e demonstram que é possível, através de um modelo de predição, determinar a qualidade de conexões sem fio através da relação entre nível de sinal (RSSI), atraso, *jitter* e perda.

Palavras-chave: QoS, Wi-Fi, Redes Móveis, Redes Convergentes

1. INTRODUÇÃO

É cada vez maior no cotidiano contemporâneo, o acesso a redes sem fios, sendo essas, dos mais diversos tipos como: *bluetooth*, *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) e 3G, por exemplo. Também, é crescente a popularização de aparelhos, como por exemplo, os *smartphones* e *laptops*, que, além de prover toda essa tecnologia com preços bem acessíveis, oferecem uma enorme mobilidade, pois o usuário pode deslocar-se facilmente, mantendo-se conectado às redes supracitadas.

O acesso a conteúdos multimídia, como vídeos, músicas e outros, por meio da Internet, são um exemplo de serviços consumidos por esta crescente demanda de usuários. Porém, esses não buscam apenas se manterem conectados, mais também, desfrutar de uma conexão com qualidade de acesso.

Definir o que seria a melhor rede para aparelhos que usam redes sem fio, ainda é algo que demanda uma série de verificações, além de requerer esforço computacional, consomem mais rapidamente a energia da bateria destes. A seleção de rede, na maioria dos casos, não é eficiente, pois não a fazem buscando qualidade usa critérios simplórios, como por exemplo, custo do acesso aos dados. Por último, a seleção da rede pode decorrer em tempo inviável para o usuário em relação, é claro, à qualidade do serviço (QoS).

Percebe-se que atualmente, há um desafio quando falamos de seleção de redes. Técnicas para escolher a melhor conexão para estes diversos aparelhos ainda são escassas. Este estudo busca soluções que, com baixo custo computacional e ainda eficiente, resolvam este desafio. Considerando que o custo computacional para medir informações de nível de sinal é mínimo, o estudo relaciona tal parâmetro com QoS de rede.

O artigo está organizado da seguinte maneira: na seção 2 apresentam-se alguns referenciais teóricos necessários para o entendimento do trabalho. Na seção 3 é apresentada a proposta do estudo, que, determina os objetivos, onde e como serão os processamentos, obtenção e refinamento dos dados



necessários. Na seção 4 são apresentados os materiais e métodos utilizados para realização do estudo, como, equipamentos e estudos estatísticos sobre os dados coletados. Na seção 5 são apresentados os resultados do estudo e modelos de predição de QoS da rede a partir das variáveis estudadas. Na seção 6 estão as considerações finais e propostas de trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tecnologias sem fio

Segundo ROSS (2008), as tecnologias sem fio podem ser classificadas, por sua área de cobertura, como:

- redes sem fio de área pessoal (WPAN) - estas redes são constituídas por equipamentos de uso pessoal (como, telefones e *smartphones*), que usam tecnologias de alcance reduzido entre um e dez metros de distância do emissor (por exemplo, tecnologias como *Bluetooth* e *Infra-red Data Association*(IrDA));
- redes sem fio de área local (WLAN) - redes de alcance de até cem metros, como os padrões 802.11 a/b/g/n, encontrados, por exemplo, em *notebooks*, *Access Points* (AP) e mesmo *smartphones*;
- redes sem fio de longa distância (WWLAN) - redes de alcance entre áreas metropolitanas, através de repetidoras. Dentre as tecnologias dessa categoria podem-se citar GSM, TDMA, CDMA, entre outras, presentes normalmente em aparelhos celulares.

As redes sem fio buscam principalmente disponibilizar um ambiente de mobilidade. Cada vez mais estas tecnologias se encontram presentes, também, em equipamentos como, por exemplo: impressoras, amplificadores de som, microfones, televisores e etc.

2.2 QoS

Segundo ROSS (2007), QoS, identifica a capacidade de uma rede, em oferecer serviços de tráfego de dados com garantia, mesmo em situações adversas.

Três regras caracterizam QoS de redes em geral: primeiro, a disponibilidade em que o serviço é oferecido ao usuário; segundo, a qualidade em que a informação é recebida pelo usuário, ou seja, a taxa de erros; e por fim, a entrega dos dados, onde o usuário tem garantido uma percepção com uma taxa e uma qualidade consistente. [MARTINELLI (2005)]

Alguns autores ainda citam determinados parâmetros que podem ser usados para verificar o QoS de uma rede, como:

- Taxa de transmissão - quantidade de dados que podem ser transmitidos por unidade de tempo. Normalmente é utilizada a unidade bits por segundo (b/s);
- Vazão - quantidade de dados transmitidos com sucesso por unidade de tempo em b/s;
- Retardo ou atraso - tempo decorrido na transmissão de uma informação;
- Variação do retardo ou jitter - variação no conjunto de valores de retardo para unidades de dados consecutivas;
- Taxa de erro de bits - razão entre a quantidade de bits recebidos com erro e a quantidade de bits enviados;
- Taxas de erros ou de perdas de pacotes - razão entre a quantidade de pacotes perdidos e a quantidade de pacotes enviados.

3. PROPOSTA

3.1 Introdução

Normalmente, equipamentos de acesso a redes sem fios contemporâneos, têm a possibilidade de acessar e/ou migrar entre várias redes a qualquer momento (sendo essas de tecnologias heterogêneas



ou não). Porém, há uma diversidade de parâmetros que influencia na seleção de redes sem fio, principalmente, quando o quesito é QoS. Segundo MONTEIRO (2012), devido à complexidade deste processo, variáveis e contexto a considerar, tais técnicas não se tornaram, ainda, um padrão adotado pela indústria, que continua inserindo, em seus dispositivos móveis, algoritmos para selecionar redes, baseados em métodos/critérios pouco eficientes. Nível de sinal da *interface* ou custo da tecnologia, como, por exemplo, o uso do Wi-Fi em vez do 3G, são algumas das técnicas presentes atualmente em dispositivos móveis, visto que, normalmente, o 3G tem um custo, financeiramente falando, maior.

Através de métodos estatísticos, este estudo busca prever o valor das outras variáveis que afetam a qualidade da rede. Sendo assim, o objetivo primário deste trabalho é propor uma solução para uma técnica de seleção de rede que tenha gasto computacional baixo (resultando também em economia de energia) e seja eficiente no quesito QoS. A hipótese baseia-se principalmente pela relação nível de sinal e as variáveis: atraso, *jitter* e perda de pacotes ICMP, que afetam diretamente o QoS das redes em geral.

3.2. Coletor de Amostras

A primeira etapa do trabalho foi desenvolver um software que fizesse a coleta automatizada das amostras necessárias para os estudos. Para isso, foi desenvolvido um programa em linguagem C, que através do comando PING envia uma série de requisições ICMP para um endereço IP na rede. O programa recebe como parâmetros: o endereço IP de destino (Host); a quantidade de requisições ICMP; a *interface* de saída e a quantidade de iterações que serão realizadas em cada ponto, constituindo assim, uma coleta. A quantidade de iterações indica quantas vezes o conjunto de requisições será executado no ponto de coleta.

O programa executa uma rotina que gera uma planilha eletrônica no formato CSV (Arquivo Separado por ponto-e-vírgula) com os seguintes dados para cada iteração:

- Média de atraso: variável que armazena a média de atraso das requisições;
- Média do *jitter*: variável que armazena a média de tempo entre cada requisição enviada e recebida com sucesso;
- Quantidade de perda de pacotes: variável que armazena a quantidade de requisições ICMP que não atingiram o seu destino;
- Média do nível de sinal da rede: variável que armazena a média do nível de sinal da rede sem fio no decorrer da iteração.

Ao tempo que o programa (através do comando PING) executa as requisições ICMP, o mesmo cria um novo processo que verifica e armazena o nível de sinal (através do comando IWCONFIG), até que todo o conjunto de requisições do comando PING termine. O algoritmo segue como os passos que ilustra a Figura 1 a seguir:

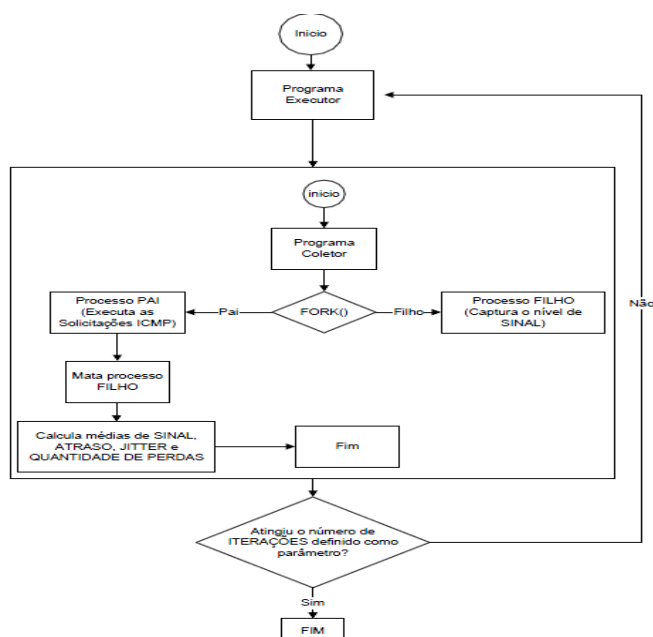


Figura 1 – Algoritmo coletor.

Percebe-se, através da Figura 1, que o algoritmo faz uso de dois programas, um chamado executor e outro chamado coletor. O primeiro faz a chamada do segundo de acordo com o número de iterações definidas via parâmetro, logo, o segundo, divide seu processamento em dois processos (pai e filho), sendo que: um realiza as requisições ICMP e o outro armazena o nível de sinal. Quando o processo pai termina de realizar as requisições parametrizadas, ele mesmo termina o programa filho. Em seguida, são calculadas as médias dos valores coletados (variáveis citadas anteriormente). O programa chega então ao ponto em que testa se o número de iterações pré-definidas foi atingido. Caso positivo, programa é finalizado; caso contrário, o programa executor chama o coletor até alcançar o número de iterações pré-estabelecidas.

3.3. Ambiente Utilizado

Foram definidos dez pontos de coleta, tendo entre cada ponto, dez metros de distância. Todos os pontos foram definidos como ilustra a Figura 2. A quantidade de pontos (dez) e a distância entre cada um deles (dez metros), foram definidas de forma aleatória, seguindo em uma linha reta apartir do emissor do sinal de rede sem fio (Access Point - AP).

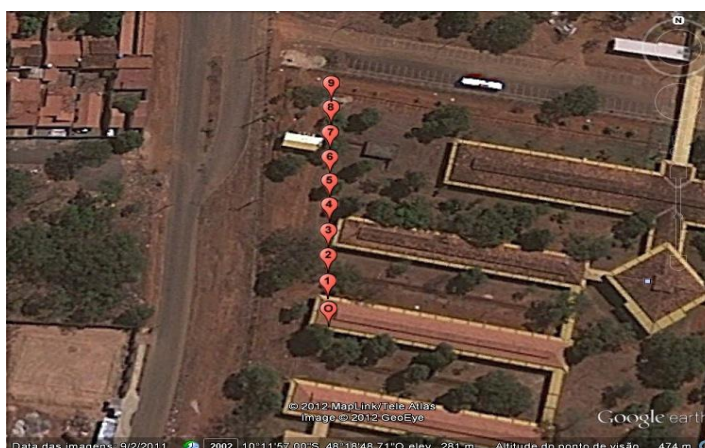




Figura 2 – Pontos de Coleta

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os equipamentos usados foram dois *netbooks* modelos ASUS EEE PC 1001PX, sendo que, um fez o papel de estação emissora do sinal de rede sem fio, e outro o de receptora. As controladoras de rede sem fio, presentes nos equipamentos supracitados, são de modelo Atheros AR9285 *WIRELESS NETWORK*. Todos os testes foram realizados, exclusivamente, com estes equipamentos. O sistema operacional utilizado foi o *Linux Ubuntu* versão 11.04. O padrão de rede utilizado foi o *Wi-Fi* 802.11 g.

4.2 Métodos

Com o programa coletor, foram feitas cinco iterações de seis mil requisições, em três pontos, constituindo, desta forma, a pré-amostra. Estes parâmetros foram escolhidos de forma aleatória, para apartir deles, fazendo uso de cálculos estatísticos, definir os valores ideais para a amostra da coleta.

Com os dados da pré-amostra, foram realizados os estudos para definir quantas iterações e quantas requisições por iteração deveriam ser feitas em cada ponto. Para tal, foram usados métodos estatísticos de distribuição normal (DN), que segundo FREUND (2004), entre as muitas distribuições que analisam dados contínuos, é a mais importante. Através da DN calcula-se o tamanho amostral de uma população contínua, com base nas estimativas das médias populacionais, pela seguinte equação abaixo:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

Equação (1)

Onde:

- n = Número de indivíduos necessários para a amostra ideal.
- $Z_{\alpha/2}$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado, caso uma amostra use as constantes, por exemplo, de $\alpha=95\%$, isto significa que uma nova amostra, em 95% dos testes, terá os mesmos resultados.
- σ = Desvio-padrão populacional da variável estudada.
- E = Margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença máxima entre a média amostral e a verdadeira média populacional.

Primeiro foi necessário definir o número de requisições ICMP para cada iteração. Para isso, através dos dados da pré-amostra, citada anteriormente, e com apenas os dados de uma das iterações de cada um dos três pontos, obtivemos os seguintes resultados, mostrados nas Tabelas 1 e 2 a seguir:

Tabela 1 – Desvios padrões e quantidade de perda dos pontos de coleta.

Variável	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Perda	74	102	91
Atraso	16,61	11,56	19,8
Nível de sinal	1,94	1,49	1,11
Jitter	23,11	15,55	27,51

Tabela 2 – Quantidades ideais de requisições por variável.

Variável	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Perda	384	784	476
Atraso	5270	2806	4568
Nível de sinal	3136	2401	1739
Jitter	6147	5270	9604

Na Tabela 1 têm-se os resultados dos desvios-padrão dos pontos 1, 2 e 3, necessários para uso na equação anteriormente citada. Em seguida na Tabela 2, com os valores de desvio padrão e aplicando a Equação (1), foi encontrada a real quantidade de requisições necessárias para cada iteração, que foi nove mil seiscentos e quatro (9.604). Para um valor mais preciso, este valor foi definido em dez mil (10.000) requisições. Com estes dados, foi possível estimar os reais intervalos de confiança (I.C.). Segundo FREUND (2004), através do I.C., é possível dar uma margem mínima e máxima da real variação dos valores estudados.

Segundo MENESES (2009), obstáculos como: árvores, montanhas, prédios, e condições climáticas podem enfraquecer ou mesmo eliminar o sinal de transmissão de redes sem fio. Em estudos prévios, notou-se que, mesmo coletando os dados no mesmo ponto, alguns fatores alteravam bastante os valores das variáveis estudadas. Desta forma, foi necessário estimar quantas iterações deveriam ser feitas em cada ponto. Para definir o número ideal de iterações, as mesmas regras e a Formula (1), anteriormente citada, foram usadas. Os resultados são expostos na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Quantidades ideais de iterações por variável.

Variável	Médias	Desvio Padrão	Erro	(N) Ideal
Atraso	3,98477	0,826	0,194	69,575
Sinal	43,454	0,998	0,235	69,347
Jitter	4,13384	1,040	0,250	66,515
Perda	130,2	122,328	29	68,355

Neste caso, foram usadas as médias das cinco iterações da pré-amostra, em vez de apenas uma. Outra informação que também deve ser citada é o erro amostral. O valor do “Erro” foi definido através de considerações diversas que permitissem a viabilidade do estudo, como, por exemplo, o tempo para coleta, fatores climáticos e capacidade da bateria dos equipamentos.

Com a análise dos dados, pode-se observar, na Tabela 3, que os valores da coluna amostra ideal ((N) Ideal), para todas as variáveis, ficam próximos de setenta (70). Logo, foi definido este valor como amostra ideal para o número de iterações necessárias em cada ponto de coleta.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Modelos de predição de QoS

Com a coleta ideal terminada, o próximo passo foi buscar os modelos de predição de QoS relacionando as variáveis estudadas. Para tal, foi utilizada a técnica de regressão linear múltipla normal (RLM).

A RLM envolve três ou mais variáveis, portanto, estimadores. Ou seja, ainda uma única variável dependente, porém duas ou mais variáveis independentes (explanatórias). A finalidade das variáveis independentes adicionais é melhorar a capacidade de predição em confronto com a regressão linear simples. [WONNACOTT 1986]. O modelo de predição, para RLM, foi determinado como ilustra a Equação (2).

$$Y = b_0 + b_1.x_1 + b_2.x_2 + b_3.x_3$$

Equação (2)

Onde:

Y = Variável dependente;

b_0 = Coeficiente de ajuste linear;

$b_{1,2,3}$ = Coeficientes das variáveis independentes 1, 2 e 3.

$x_{1,2,3}$ = Valores médios das variáveis independentes 1, 2 e 3.

A variável da qual se busca a predição é a variável dependente Y e as outras três são as variáveis independentes, das quais, através de uma relação, buscam prever o valor da variável dependente. No caso estudado, sempre, quatro variáveis eram relacionadas: nível de sinal, atraso, *jitter* e perda, sendo que uma delas faz o papel de variável dependente e as outras três de independentes. Neste contexto, quatro modelos de predição foram encontrados, porém, apenas três deles apresentaram coeficiente de determinação que validasse sua predição e são mostrados na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Modelos de predição.

Variável dependente	Equação de modelo de predição	(R ²) Coef. de determinação
Atraso	$Y = 320,564252 - 26,9289250037x_s + 47,1463341375x_j + 0,0127093936x_p$	0,8822654429
<i>Jitter</i>	$Y = 23,3186631316 + 0,0144121124x_a - 0,381432894x_s + 0,002428774x_p$	0,9843574233
Perda	$Y = 584,8607531902 - 0,3679054616x_a - 1,12599844x_j + 9,524006370x_s$	0,9739415504

x_a = Média de atraso; x_j = Média de *jitter*; x_p = Média de perda; x_s = Média de sinal;

O coeficiente de determinação (R²) é dado como uma medida de qualidade do modelo, em relação à sua capacidade de estimar corretamente os valores da variável dependente Y . [WONNACOTT 1986]

O R² indica quanto da variância de Y é explicada pela variância das variáveis independentes. Seu valor está no intervalo entre 0 a 1: quanto maior, mais explicativo é o modelo de predição, ou seja, mais preciso. Por exemplo, na Tabela 4, a variância da variável dependente atraso é explicada em cerca de 88,23% pelo conjunto das variáveis independentes: sinal, *jitter* e perda.

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Como já foi apresentado, ainda não há no mercado técnicas de seleção de rede eficientes. Tendo em vista buscar técnicas com baixo custo computacional, e ainda eficientes, este estudo apresenta resultados satisfatórios, provando que há relação entre as variáveis dependentes estudadas. A Tabela 4 apresenta estes resultados, onde a relação entre cada variável de QoS de rede e as demais apresentam coeficientes de determinação bem próximos de 1. Isso prova que há uma relação linear direta entre as variáveis. A variável *sinal* não é apresentada na tabela, como variável dependente, por não alcançar um R² satisfatório. No entanto, pode-se verificar que o coeficiente da variável sinal, em todas as equações, apresentou valores maiores que os demais, dando claros sinais de sua influência direta e importante no resultado medido para as demais variáveis (atraso, *jitter* e perda).

Pode ser concluído, então, que é possível prever, utilizando os limiares do nível de sinal medido em dispositivos WLAN, os valores das variáveis de QoS de rede. Isto é especialmente relevante sempre que forem considerados os esquemas de seleção de redes propostos na literatura [MONTEIRO 2012], que fazem uso de métricas complexas que necessitam ser coletadas em tempo real, gerando um aumento do consumo de bateria de tais dispositivos. Os resultados alcançados com este estudo apontam para a possibilidade de determinar, baseado nas equações propostas, limiares para



o nível de sinal medido, que possam representar a real situação de QoS das redes consideradas, fornecendo uma métrica objetiva e de nenhum consumo incremental de bateria para os dispositivos, visto que os mesmos já realizam a medição deste sinal por padrão. Sendo assim, passa a ser possível desenvolver uma técnica de seleção de rede eficiente e com baixo custo.

Entretanto, o resultado apresentado mostra a relação existente entre cada variável de QoS e as demais, caracterizando uma relação multi-variada, de modo que se as variáveis não existirem, em ambiente real, de forma independente. No entanto, este estudo pode ser continuado realizando uma análise estatística mono-variada entre o nível de sinal e cada um das variáveis de QoS de rede separadamente. Esta análise pode concluir sobre a existência de correlação simples entre estas variáveis, o que reforçaria os resultados apresentados aqui.

Além disso, o modelo proposto aqui pode ser expandido e generalizado para outros ambientes de teste, usando ferramentas matemáticas mais elaboradas que possam verificar correlações não lineares entre as variáveis estudadas. É possível ainda, usando este estudo como ponto de partida, propor um algoritmo que use seus resultados em conjunto com técnicas de seleção de redes já existentes no mercado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente aos professores Manoel Campos e Cláudio Monteiro pela paciência, descrição e competência ao mostrar e ajudar-me a corrigir os erros e dificuldades. Em especial agradeço ao professor Manoel Campos, pela grande amizade e sempre estar por perto ajudando, mesmo, não sendo meu orientador.

REFERÊNCIAS

[ARTHAS 2004] ARTHAS, Kael. **Tutorial Wireless**. 2004. Disponível em: <<http://www.babooforum.com.br/idealbb/view.asp?topicID=269602>>. Acesso em: 01/07/2012.

[FREUND 2004] FREUND, John E. **Estatística aplicada: economia, administração e contabilidade**. 11ª ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004.

[HARTMANN 2005] HARTMANN, Eduardo André; PACHECO, Edson Luiz. **Qualidade de Serviço em Redes Wireless**. Santa Catarina. 2005

[MONTEIRO 2012] MONTEIRO, Claudio de Castro. **Um ambiente para apoio à integração de redes sem fio heterogêneas**. Tese (Doutorado em engenharia elétrica).

[MENESES 2009] MENESES, Emerson Barros de. **REDE WIRELESS: UMA SOLUÇÃO SEM FIOS**. 2009. Disponível em: <<http://www.semanaacademica.org.br/sites/semanaacademica.org.br/files/redewireless.pdf>>. Acesso em 03/07/2012.

[MARTINELLI 2005] MARTINELLI, Thiago Cação. **Qualidade de serviço em redes sem fio**. 2005. Disponível em: <http://guaiba.ulbra.tcche.br/documentos_cursos/sistemas/tcc_estagio/tccII_2005_1/TCC2_Tiago.pdf>. Acesso em 19/07/2012.

[ROSS 2005] ROSS, Júlio. **Redes de computadores**. 1ª ed. São Paulo: Editora LivroTec, 2005.

[ROSS 2007] ROSS, Júlio. **VoIP Voz sobre IP**. Rio de Janeiro: Editora Antenna edições técnicas LTDA, 2007.

[TRIOLA 2008] TRIOLA, Mario F. **Introdução à estatística**. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.



[WONNACOTT 1986] WONNACOTT, Thomas H., e WONNACOTT Ronald J. **Regression: A Second Course in Statistics**. Malabar: Krieger Publishing Company, 1986.