



<http://ensaios.usf.edu.br/>

**ANÁLISE, MEDIDAS E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE REDE EM
AMBIENTE INDOOR**
*ANALYSIS, MEASUREMENTS AND EVALUATION OF NETWORK PERFORMANCE IN
INDOOR ENVIRONMENT*

SILVA, Luis Gustavo¹ SABLON, Vicente Idalberto Becerra² BUOSI, Leonardo³
¹Universidade São Francisco; ²Universidade São Francisco; ³DingLiCommunications Corp.
Ltd.

luis.gustavosilva@hotmail.com.br

RESUMO. Apresenta-se neste trabalho uma metodologia de testes para analisar, simular e avaliar o desempenho e qualidade das redes de telefonia celular em ambiente *indoor*. Neste contexto o trabalho objetiva avaliar a qualidade da cobertura *Indoor* das operadoras de celulares nas dependências da Universidade São Francisco – Campus ITATIBA. Para a coleta, processamento e análise de dados, foram utilizados softwares *Pilot Walktour* e *Pilot Navigator*, desenvolvidos e comercializados pela empresa DingLi Communications Corp., Ltd. Esses programas permitem ao usuário, medir a qualidade da sua conexão móvel, visualizando os resultados em tempo real, bem como o histórico das medições anteriores. A proposta, possibilita, através de um software, instalado no celular do assinante, acompanhar o desempenho e qualidade da rede. O software é executado em *background*, sem bloquear o uso do telefone. As informações coletadas ajudam a identificar e localizar problemas das redes de telefonia movel.

Palavras-chave: qualidade dos serviços, *pilot walktour*, *pilot navigator*, redes de telefonia, *testbed*.

ABSTRACT. This work presents the development of a test methodology to analyze, simulate and evaluate the performance and quality of cellular telephone networks in an indoor environment. In this context, the objective of this work is to evaluate the quality of the indoor coverage of cellular operators in PRÉDIO 03 (INTERCENTROS) - in the premises of the São Francisco University - ITATIBA Campus. For data collection, processing and analysis, Pilot Walktour and Pilot Navigator software were developed and marketed by DingLi Communications Corp., Ltd. These programs allow the user to measure the quality of their mobile connection by visualizing the results immediately, as well as the history of previous measurements. It is a methodology, which allows, through a software installed on the subscriber's cell phone to monitor the performance and quality of the network. The software runs in the background without disturbing the use of the phone. The information collected helps identify and troubleshoot networks.

Keywords: quality of services, *pilot walktour*, *pilot navigator*, telephone networks, *testbed*.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com dados divulgados pela Agência Nacional de Telecomunicações, a telefonia móvel registrou 241.062.955 linhas em operação no país em setembro de 2017 (ANATEL, 2017).

Visto que as redes de telefonia celular oferecem para os usuários diversos novos serviços e aplicações na área da educação, a qualidade da conexão móvel em ambiente *indoor* deve ser avaliada adequadamente, para que, aliada ao avanço da tecnologia, permita que serviços e aplicações na área educacional sejam oferecidos com qualidade dentro da Instituição.

Neste contexto o artigo objetiva avaliar a qualidade da cobertura *Indoor* das operadoras de celulares nas dependências da Universidade São Francisco - Campus ITATIBA. Para a coleta, processamento e análise de dados, foram usados softwares *Pilot Walktour* e *Pilot Navigator*, desenvolvidos e comercializados pela empresa DingLi Communications Corp., Ltd. Esses programas permitem ao usuário, medir a qualidade de sua conexão móvel, visualizando os resultados imediatamente, bem como o histórico das medições anteriores. Trata-se de uma metodologia, que possibilita, através de um software instalado no celular do assinante acompanhar o desempenho e qualidade da rede. O software é executado em *background*, sem atrapalhar o uso do telefone. As informações coletadas ajudam a identificar e localizar problemas das redes.

Redes de Telefonia Móvel

As redes de comunicações móveis passaram por mudanças estruturais a partir de 1973, quando foi efetuada a primeira chamada de um telefone móvel para um telefone fixo e todas as teorias comprovaram que o celular funcionava perfeitamente. A primeira geração (1G) emergiu no início dos anos 80 e foi baseada na tecnologia analógica. Estes sistemas analógicos utilizavam o FDMA (*Frequency Division Multiple Acces*), onde cada usuário era alocado em uma frequência diferente, e foram projetados somente para a transmissão de voz (OLIVEIRA, 2005). Segundo AL-SHAHRANI e AL-OLYANI (2008) os primeiros sistemas desenvolvidos foram o NMT (*Nordic Mobile Telecommunications*), AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*), TACS (*Total Access Communications System*), ETACS (*Extended Total Access Communications System*), C450 e o *Radicom 2000*. O serviço implantado no Brasil foi o AMPS.

Os sistemas de segunda geração (2G) começaram a aparecer no início da década de 90, baseado na transmissão digital, foi impulsionado pelo avanço da tecnologia dos circuitos integrados. Estes sistemas são capazes de transmitir voz, dados, fax, além de permitir uma utilização mais eficiente do espectro de rádio, uma vez que pode lidar com mais chamadas do que a tecnologia analógica FDMA. As principais tecnologias desenvolvidas foram o GSM (*Global System for Mobile Communications*), TDMA (*Time Division Multiple Access*), CDMA (*Code Division Multiple Access*) e PDC (*Personal Digital Communications*) (AL-SHAHRANI, Abdurrrhman; AL-OLYANI, Hammod, 2008).

Durante a segunda metade da década de 1990, tornaram-se uma realidade as tecnologias para transmissão de dados comutados por pacotes, geração 2.5G. Essa geração tem os sistemas GPRS (*General Packet Radio Service*), HSCSD (*High Speed Circuit-Switched Data*) e EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*). Estas tecnologias possibilitaram aumentar a velocidade da comunicação de dados, acessar a internet em alta velocidade e fazer downloads de arquivos pesados (OLIVEIRA, 2005).

Os sistemas de terceira geração (3G) abriram o caminho para uma nova era de serviços sem fio, devido à taxa de dados de alta velocidade, é capaz de suportar acesso rápido a internet, áudio, vídeo, multimídia e voz. Está baseado nos sistemas UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) e CDMA2000 ou 1xRTT. Estes sistemas passaram a ser oferecidos em 2001 e ainda são os mais utilizados no mundo (OLIVEIRA, 2005).

A quarta geração (4G), com base nas tecnologias LTE (*Long Term Evolution*) e WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), tem capacidade para velocidades

de até 1Gb/s para terminais fixos e de até 100 Mb/s para terminais em movimento. Continuando o desenvolvimento de redes móveis mais eficientes, a 4G facilita a transmissão de dados em altíssima qualidade e velocidades mais altas (ALMEIDA, 2012).

A partir de 2020 devem aparecer as redes de comunicações móveis comerciais de quinta geração (5G). Estudos indicam que a 5G terá, como principais características, alta disponibilidade, alta confiabilidade e baixa latência. Tais características devem alavancar as aplicações de IoT- Internet das Coisas (*Internet of Things*) e acelerar a evolução da indústria 4.0.

Pilot Walktour

O *Pilot Walktour* é uma ferramenta portátil de medição de rede *wireless*, desenvolvida usando os mais recentes dispositivos comerciais do mercado (por exemplo, dispositivos Android e iPhones). É uma solução multi-tecnologia que suporta teste e medição *indoor* e *outdoor* das tecnologias de rede LTE, WCDMA, GSM, CDMA e EVDO. Os dados coletados representam a verdadeira percepção do usuário sobre o desempenho dos serviços de voz e dados, bem como a qualidade da rede. É uma solução de medição com todas as capacidades de teste encapsulados em um único dispositivo portátil (ou *smartphone*). Isso permite ser usado em áreas que não são facilmente acessíveis com ferramentas de teste e medição com base laptop (DingLi Corp., Ltd).

Pilot Navigator

Pilot Navigator é uma solução para o pós-processamento e análise de redes *wireless* que, a partir dos dados coletados pelo *Pilot Walktour*, exibe medidas-chave para cenários de *benchmarking*. Gera relatórios de diagnóstico automáticos das tecnologias GSM, CDMA, EVDO, UMTS, TD-SCDMA, HSPA+, Wi-Fi, WiMAX, LTE e ilustra as condições atuais da rede sem fio, identificando problemas relacionados a interferência, potência do sinal e qualidade da chamada (DingLi Corp., Ltd).

METODOLOGIA

A primeira parte do projeto foi destinada ao estudo da teoria de sistemas de comunicações, com ênfase em telefonia celular. Além disso, estudamos os softwares *Pilot Walktour* e *Pilot Navigator*, ferramentas para testar, medir o desempenho e detectar potenciais problemas de redes *wireless* em ambiente *indoor*.

A segunda etapa foi coletar os dados em campo e avaliar a qualidade da cobertura *Indoor* das operadoras de celulares no PRÉDIO 03 (INTERCENTROS) - nas dependências da Universidade São Francisco - Campus ITATIBA. As medições foram efetuadas por meio de *walk test*, que é um tipo de medição que consiste em fazer a coleta de informações como se fosse um usuário comum, caminhando pelo prédio, conectado à rede a partir de um dispositivo *smartphone*.

Foram avaliadas as três principais operadoras celulares do país, denominadas Operadora 1, Operadora 2 e Operadora 3. As medições foram feitas com o dispositivo configurado no estado *idle* (ocioso), fornecendo informações essenciais sobre o nível de sinal, proveniente da estação radio base (ERB), que chega efetivamente ao usuário móvel.

Para a coleta dos dados foi utilizado o software *Pilot Walktour*, que detecta instantaneamente o potencial problema de rede, desenvolvido e comercializado pela empresa *DingLicom* (Figura 1).



Figura 1 – Ferramenta de medição portátil – *Pilot Walktour* (Fonte: Próprio autor).

Os passos a seguir permitem demonstrar na prática, a metodologia, o conceito e a tecnologia envolvida na realização da medição *Indoor*.

- I. Selecionar a tecnologia adequada ao projeto;
- II. Verificar as configurações do software *Pilot Walktour*;
- III. Criar um projeto *Indoor*;
- IV. Configurar um TestPlan;
- V. Executar uma medição.

Após a captura dos dados os arquivos de medição foram processados pelo software *Pilot Navigator*, também desenvolvido e comercializado pela *DingLicom*. *Pilot Navigator* é uma ferramenta para o pós-processamento e análise de redes *wireless* que, a partir dos dados recebidos, exibe medidas-chave para cenários de *benchmarking*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da cobertura *indoor*, das operadoras de celulares, efetuou-se por medição da potência do sinal em *downlink*, parâmetro RSCP (*Received Signal Code Power*) para UMTS e parâmetro RSRP (*Reference Signal Received Power*) para LTE, ao longo de cada trajeto em estudo. Outro quesito de análise foi “disponibilidade de rede”, que considera a quantidade de tempo que os usuários ficam conectados a tecnologia 3G ou 4G.

A qualidade da cobertura *indoor* depende não só do provedor (operadoras), mas também de fatores externos que atenuam o sinal e interferem na percepção do usuário. Estes fatores são, geralmente, paredes de concreto, objetos metálicos, entre outros (ANATEL, 2016).

Na Figura 2, é mostrado o gráfico “disponibilidade de rede” da Operadora 1, onde é possível visualizar o tempo de conexão em cada tecnologia nos 3 pavimentos do Prédio 3 (INTERCENTROS).

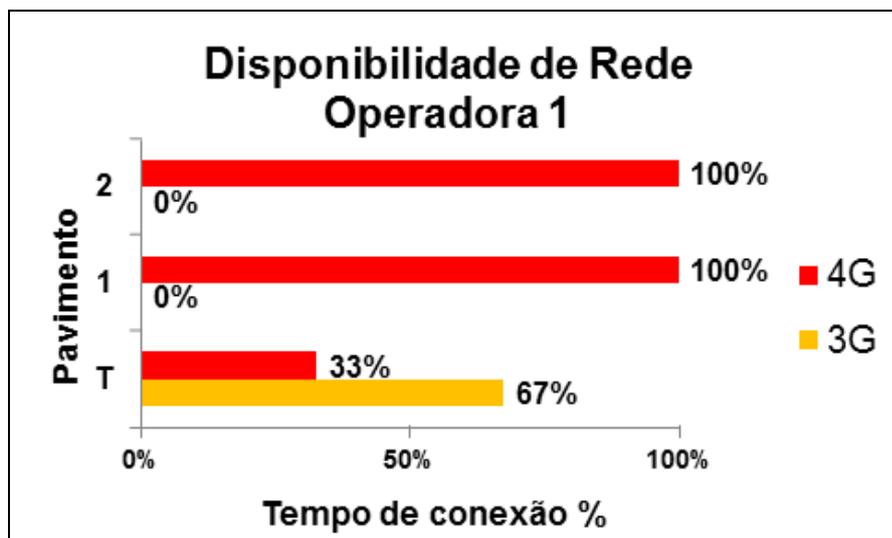


Figura 2 – Disponibilidade de Rede – Operadora 1 (Fonte: Próprio autor).

A Figura 3 representa o mapa de cobertura no *downlink* da operadora 1. Para valores de RSRP maiores do que -75 dBm, há a representação de um *Quality of Service* (QoS) excelente, ou seja, com ótima cobertura. Se estiverem entre -110 e -75 dBm são considerados sinais com qualidade aceitável, porém é esperado que o QoS sofra uma degradação, podendo acarretar uma redução na qualidade do sinal. Entretanto se o RSRP for inferior a -110 dBm, a qualidade da cobertura é considerada inaceitável, podendo ocorrer áreas com cobertura 3G (ROLIN, 2014).

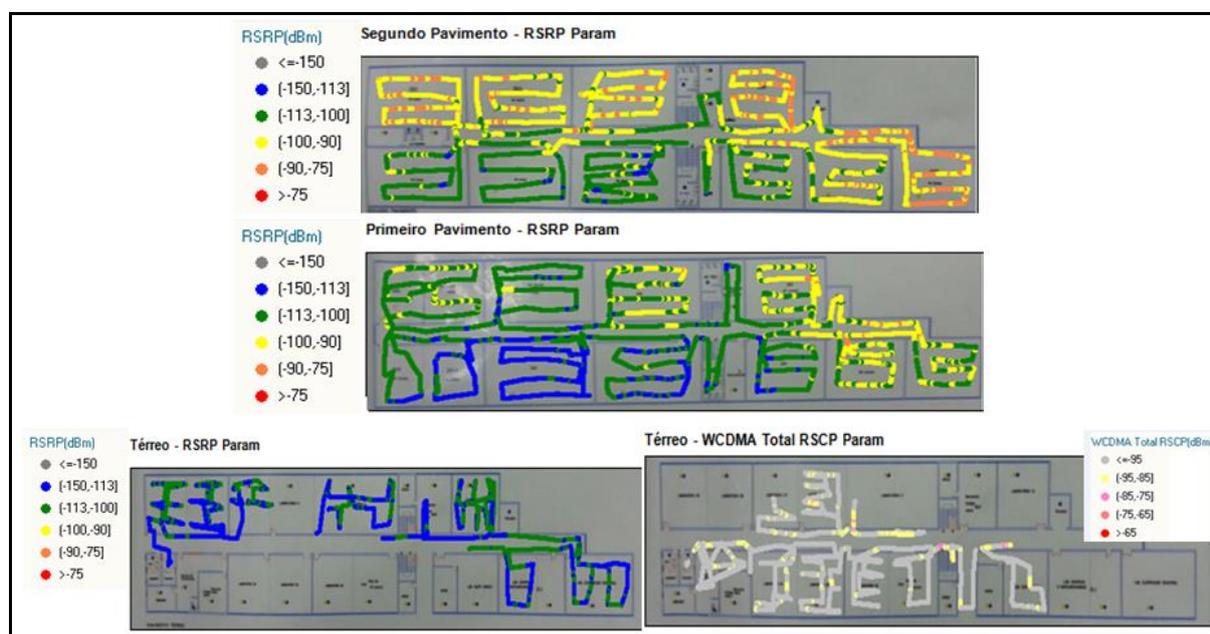


Figura 3 – Mapa de cobertura 3G e 4G – Operadora 1 (Fonte: Próprio autor).

Dessa forma, observa-se, a partir do gráfico da Figura 5 que, de uma forma geral, o mapa de cobertura da Operadora 1 apresenta valores de boa qualidade para o Segundo Pavimento, a partir do qual 98% das amostras apresentam cobertura aceitável. Entretanto, há regiões com cobertura muito ruim, como pode ser comprovado pela cor azul, representando 18% do total das amostras no Primeiro Pavimento e 57% do total das amostras no Térreo, onde ocorre áreas sem cobertura 4G.

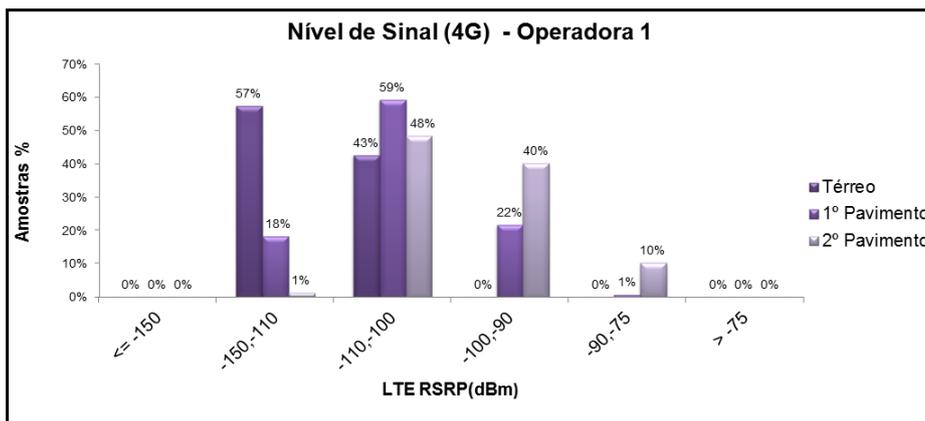


Figura 4 – Nível de Sinal 4G – Operadora 1 (Fonte: Próprio autor).

As Operadoras 2 e 3 disponibilizaram apenas tecnologia 3G durante as medições, como observa-se no gráfico, Figura 5.

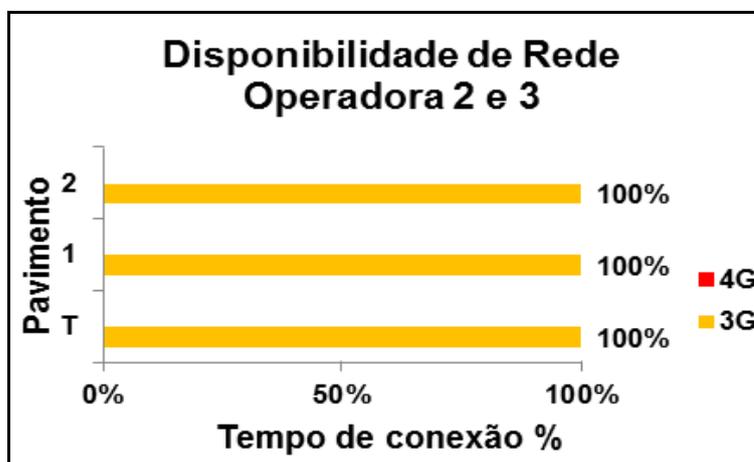


Figura 5 – Disponibilidade de Rede – Operadora 2 e 3 (Fonte: Próprio autor).

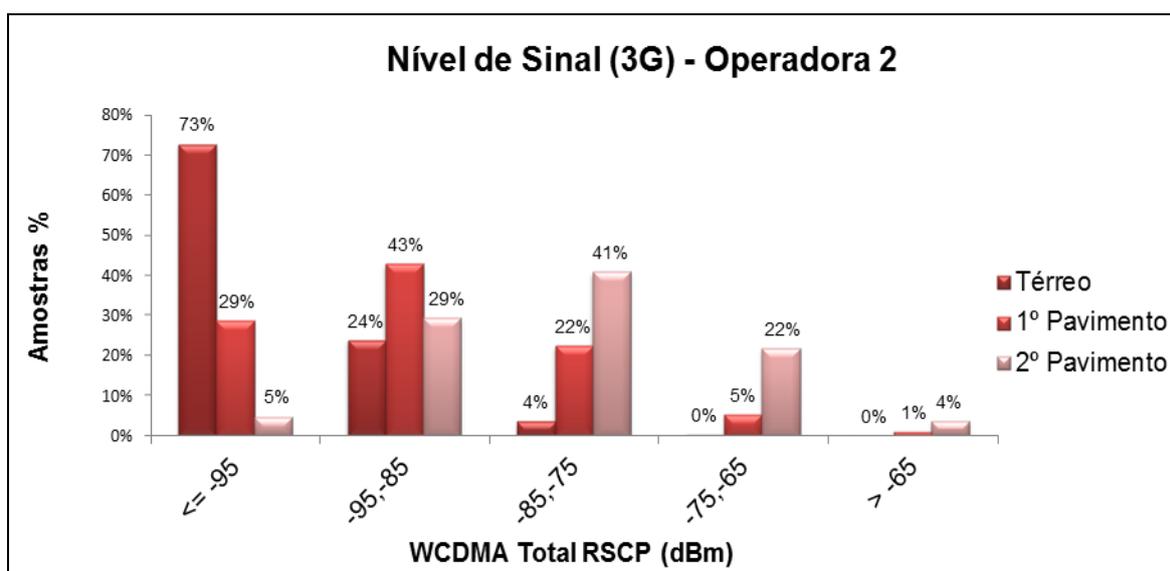


Figura 6 – Nível de Sinal 3G – Operadora 2 (Fonte: Próprio autor).

O gráfico da Figura 6 apresenta os percentuais de amostras para cada intervalo de valores RSCP da Operadora 2, durante o *walk test*. A Figura 8 mostra o mapa de cobertura 3G da Operadora 2.

Observa-se nas Figuras 7 e 8 que os valores RSCP estão compreendidos entre ≤ -95 e > -65 dBm. Para valores de RSCP menores do que -95 dBm, a qualidade da cobertura é considerada inaceitável (ANATEL, 2016).

A partir disto afirma-se que, das amostras medidas com a Operadora 2, 73% das amostras no Térreo, 29% das amostras no Primeiro Pavimento e 5% das amostras no Segundo Pavimento apresentaram cobertura extremamente ruim, como pode ser comprovado pela cor cinza no mapa da Figura 8.

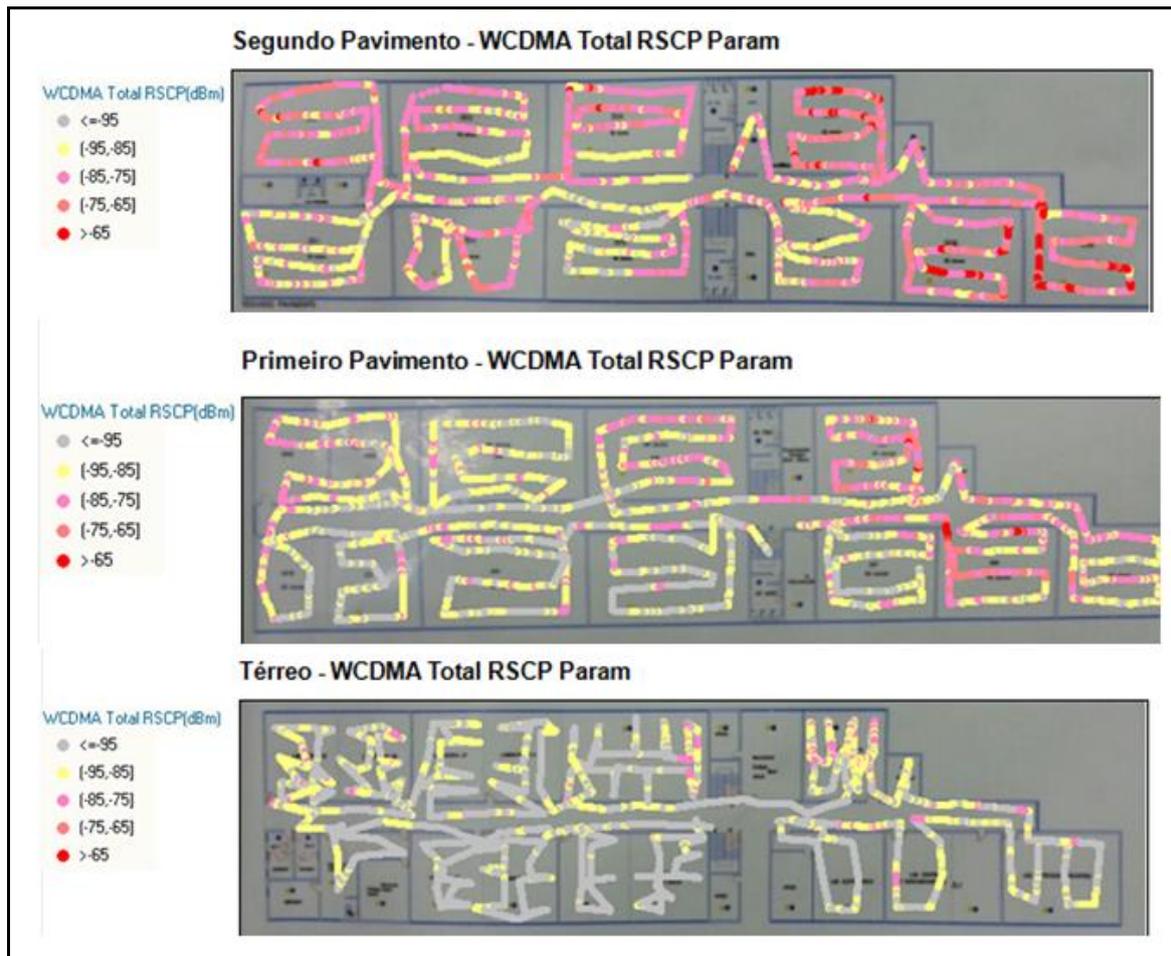


Figura 7 – Mapa de cobertura 3G – Operadora 2 (Fonte: Próprio autor).

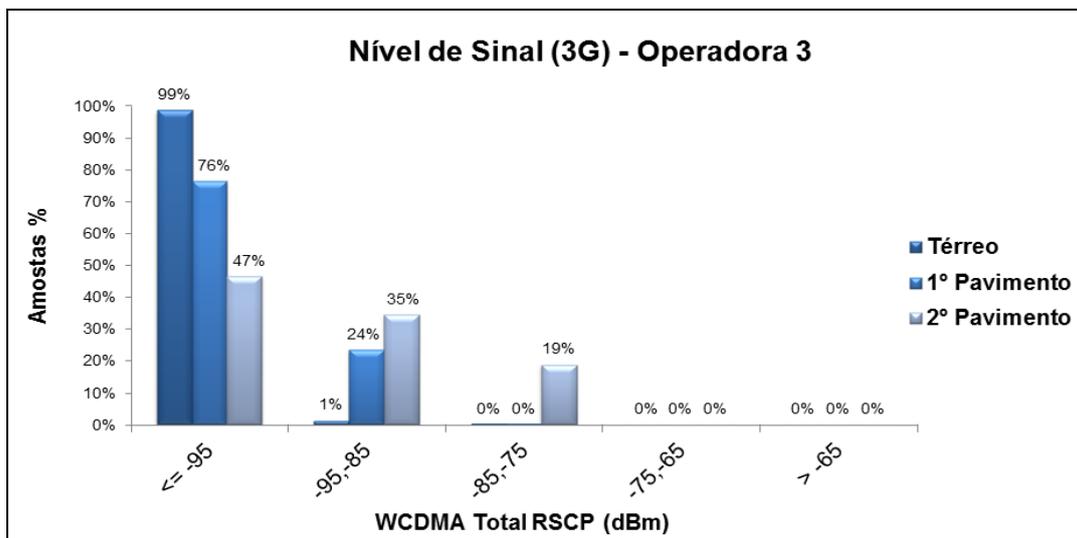


Figura 8 – Nível de Sinal 3G – Operadora 3 (Fonte: Próprio autor).

A figura 8 apresenta os percentuais de amostras para cada intervalo de valores RSCP da Operadora 3. A figura 9 mostra o mapa de cobertura 3G da Operadora 3.

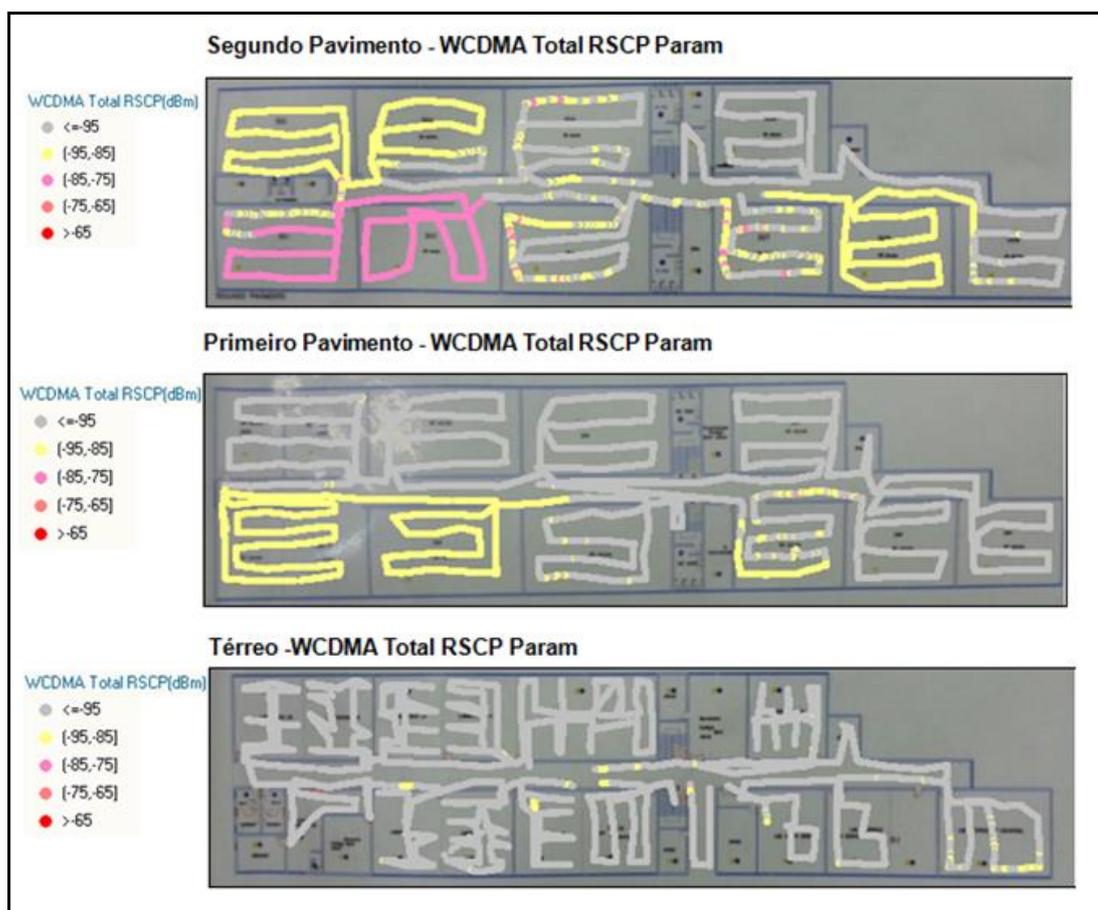


Figura 9 – Mapa de cobertura 3G – Operadora 3 (Fonte: Próprio autor).

Tendo como referência os valores de RSCP definidos na discussão do desempenho de cobertura da operadora 2 e os percentuais apresentados pelas figuras 9 e 10, observa-se que a Operadora 3 apresentou a pior qualidade de cobertura *indoor*. Como pode ser representado

pela cor cinza, 47% do total das amostras no Segundo Pavimento, 76% das amostras no Primeiro Pavimento e 99% das amostras no Térreo apresentaram cobertura inaceitável.

CONCLUSÃO

Permitiu-se extrair informações importantes sobre a rede sem fio, que afetam a percepção da qualidade pelo usuário. Por meio da análise dos dados, afirma-se que a qualidade da cobertura *indoor* das operadoras de celulares no PRÉDIO 3 (INTERCENTROS), nas dependências da Universidade São Francisco - Campus Itatiba, encontra-se extremamente baixa.

Os resultados serão disponibilizados como uma fonte para futuros trabalhos acadêmicos em otimização de rede móvel, nas dependências da Instituição.

AGRADECIMENTOS

A Universidade São Francisco -USF pelo estímulo a pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro e a empresa DingLi Communications pela parceria e por disponibilizar os softwares *Pilot Walktour* e *Pilot Navigator*, utilizados no realização do projeto.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10520: Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação.** Rio de Janeiro, RJ, 2002a. 7 p.

ANATEL. **Agência Nacional de Telecomunicações.** Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.anatel.gov.br/consumidor/telefonica-celular/direitos>>. Acesso em: 10.abril. 2017.

ROLIN, Evandro Cherubini. **Análise da qualidade e do desempenho da cobertura celular long term evolution em Curitiba, Paraná.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, 2014.

OLIVEIRA, Carlos Henrique Rodrigues de. **Análise de desempenho dos sistemas móveis celulares 2G, 2,5G, e 3G.** Campinas, SP: [s.n.], 2005.

ULABY, Fawwaz T. **Eletromagnetismo para Engenheiros.** Bookman, 2011.

BAUER, Wolfgang, WESTFALL, Gary D., DIAS, Helio. **Física para Universitários: Eletricidade e Magnetismo.** AMGH, 01/2012.

JR., FRENZEL, Louis E. **Fundamentos de Comunicação Eletrônica: Modulação, Demodulação e Recepção, 3ª Edição.** Vol 1. AMGH, 01/2013.

CARVALHO, Luiz de. **Introdução a Sistemas de Telecomunicações - Abordagem Histórica.** LTC, 09/2014.

DE ALMEIDA, Marco Antônio FR. **Introdução ao LTE–Long Term Evolution, 2012.** Disponível em: <http://teleco.com.br/pdfs/tutorialintlte.pdf>

HAYKIN, Simon, MOHER, Michael. **Introdução aos Sistemas de Comunicação, 2ª edição.** Bookman, 04/2011.

AL-SHAHRANI, A.; AL-OLYANI, H. **LTE, 2008**. Disponível em: http://systems.ihp-icr.electronics.com/uploads/downloads/2008_MK2_Z09.pdf

ALENCAR, Marcelo de. **Telefonia Digital, 5th edição**. Érica, 06/2011.

HAYKIN, Simon, MOHER, Michael. **Sistemas Modernos de Comunicações Wireless**. Bookman, 01/2008.

DingLi Corp., Ltd. Disponível em: < <http://www.dingli.com/?view=products> >. Acesso em: 27.outubro. 2016.