

IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DE UMA SMALL CELL EM UMA REGIÃO ALTAMENTE CONGESTIONADA

Felipe Augusto M. Corrêa
UFU – campus Patos de Minas, FEELT,
Uberlândia – MG
felipeaugustomc@gmail.com.br

Diego Gomes C. Nunes
Algar Telecom, Coordenação de
Tecnologia TIC, Uberlândia – MG
diego@algartelecom.com.br

Gerson Gois de Araújo
Algar Telecom, Coordenação de
Tecnologia TIC, Uberlândia – MG
gersong@algartelecom.com.br

Resumo – O uso de small cells é uma das alternativas para o aumento da capacidade e desempenho das redes celulares em regiões de alto tráfego de usuários. Além disso, se mostra como uma solução interessante para as falhas de cobertura de uma macro cell. A implantação de small cells provocam alterações nos indicadores de desempenho das células ao redor e estas informações são importantes para os engenheiros avaliarem o comportamento da rede. Desta forma, este artigo apresenta o impacto da implantação de uma small cell em uma região altamente congestionada por meio de indicadores de desempenho da rede de acesso. Ainda, discute os principais benefícios do ponto de vista da operadora e percepção do usuário após a implantação.

Palavras-Chave – Capacidade, indicadores de desempenho, otimização, rede de acesso celular, small cell, WCDMA.

SMALL CELL DEPLOYMENT IMPACT IN A HIGHLY CONGESTED REGION

Abstract - The use of small cells is an alternative to increasing the capacity and performance of the cellular networks in areas with high traffic users. Furthermore, it is shown as an interesting solution for a macro cell coverage holes. Deploying small cells cause changes in the performance indicators of the surrounding cells and this information is important for engineers assess the behavior of the network. Thus, this paper presents the impact of the implementation of a small cell in a highly congested region through performance indicators of the access network. Also discusses the main benefits of the operator's point of view and users' perception after deployment.

Keywords - Capacity, KPI's, optimization, radio access network, small cell, WCDMA.

I. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por serviços multimídia está provocando um aumento no tráfego de dados nas redes

celulares. Para lidar com esta demanda e prover um serviço de melhor qualidade para os usuários finais, as operadoras estão investindo cada vez mais na capacidade da rede móvel. Geralmente, para aumentar a capacidade da rede celular são adicionadas novas estações rádio-base (ERBs ou 'macro cells') em determinada região ou aumenta-se a quantidade de células em uma ERB já existente. Contudo, existe uma grande dificuldade na construção de novas torres em centros urbanos e o espectro de frequências disponível é limitado [1]. Uma abordagem promissora para aumentar a capacidade das redes moveis é o desenvolvimento de células pequenas, de baixa potência, consumo e custo, que operem em conjunto com a infraestrutura existente, as 'small cells' [2 - 4].

As small cells são estações rádio-base desenvolvidas para operar em ambientes de alto congestionamento, com alto tráfego de usuários e deficiente de cobertura, como centros comerciais, terminais rodoviários, escritórios, hospitais, shopping, etc. Nestes ambientes, as macro cells não conseguem prover uma taxa de dados aceitável e o nível de sinal pode ser baixo. São nestes cenários em que as small cells se apresentam como o complemento ideal para uma rede macro e uma das soluções para lidar com o massivo tráfego de dados nas redes celulares [2] [5].

A interligação entre células pequenas e a rede celular macro é chamada de HetNet (Heterogeneous Network) e está sendo considerada para suportar as redes celulares da próxima geração. As redes heterogêneas por permitirem a integração entre small cells e redes macro proporcionam o aumento na taxa de dados, melhoria na cobertura, eficiência na utilização do espectro e redução de gastos operacionais e de capital (OPEX e CAPEX) [3] [6]. A Figura 1 ilustra uma rede heterogênea entre uma macro cell e uma small cell.

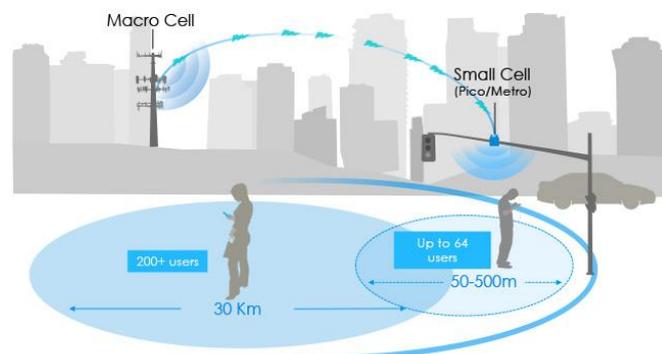


Fig. 1. Representação da operação conjunta entre uma macro cell e uma small cell. A small cell pode usar a mesma faixa de frequências ou canal da macro cell, ou ainda, operar em um canal dedicado.

Fonte: Silicon Image, 2015.



XIV CEEL - ISSN 2178-8308
03 a 07 de Outubro de 2016
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

O presente trabalho tem por objetivo mostrar o impacto da implantação de uma small cell em uma região com alto tráfego de usuários, por meio de indicadores de desempenho das macro cells próximas. Para tanto, o trabalho será organizado da seguinte forma. Na seção II são apresentados os aspectos básicos da rede celular WCDMA, como forma de facilitar o entendimento do tema proposto. Na seção III são apresentados os elementos da rede e as características da região em estudo, além da metodologia utilizada. Na seção IV são apresentados os resultados e as discussões sobre o tema, e por fim, na seção V são apresentadas algumas conclusões.

II. ASPECTOS BÁSICOS DA REDE CELULAR WCDMA

A rede celular WCDMA (Wide Code Division Multiple Access) é uma das tecnologias da terceira geração de sistemas celulares (3G), que surgiu com o intuito de prover serviços multimídia aos usuários. O WCDMA é a evolução natural das tecnologias de segunda geração, GSM (Global System for Mobile Communications), GPRS (General Packet Radio Service) e EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), entre as quais, compartilham o núcleo da rede (CN – Core Network) [7].

A. Cobertura e Capacidade

Nos sistemas celulares de primeira geração, somente uma célula era suficiente para cobrir uma cidade ou uma região extensa, isto devido principalmente à baixa quantidade de usuários. À medida em que o número de usuários cresceu, houve uma forte reestruturação nos sistemas celulares, e uma destas mudanças foi o uso da setorização [1].

A setorização está diretamente relacionada com a capacidade da rede celular. Dessa forma, para atender determinada região, as operadoras dispõem certa quantidade de células. A Figura 2 mostra a distribuição de células em uma Node B (nomenclatura de ERB no WCDMA), em que cada célula é direcionada para uma região diferente.

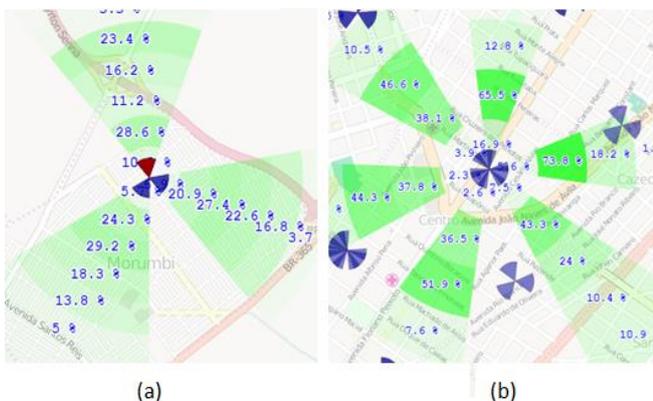


Fig. 2. (a) Node B com três células, (b) Node B com seis células utilizando o modelo de antena Twin Beam. Os valores em porcentagem indicam a taxa de tentativas de conexão pela distância. Este indicador de desempenho é chamado do 'Propagation Delay', o qual é usado como indicativo da cobertura de uma célula.

Para aumentar a capacidade, é comum a implantação de células sobrepostas no mesmo azimute (parâmetro em graus

que indica a disposição da célula) ou não, mas em portadoras (faixa de frequências) diferentes.

A cobertura de centros urbanos é feita em sua maioria por macro cells, devido principalmente a sua capacidade de atender um amplo número de usuários em uma região relativamente grande. Entretanto, em ambientes internos e com um alto tráfego de pessoas, as macro cells apresentam 'buracos' na cobertura e congestionamento na interface aérea, respectivamente. Nestes casos, as small cells se apresentam como uma solução interessante, devido à proximidade com o usuário. Além disso, a potência de transmissão é baixa e a capacidade para atender um número maior de usuários em uma área pequena é maior.

Assim que o usuário sai da área de cobertura da small cell, deverá ocorrer a transferência da conexão para a macro cell, de forma que o serviço não seja interrompido. Para que este processo ocorra, as vizinhanças (relação da célula fonte para a célula destino) devem estar declaradas. O processo de transferência de uma célula para outra é chamado de handover ou handoff.

B. Interferência e Ruído

Nos sistemas de comunicação sem fio, o principal fator que limita o desempenho é a interferência no uplink, sendo um gargalo importante no aumento da capacidade e está diretamente relacionado às quedas de chamadas [1] [8]. Nos sistemas celulares, qualquer dispositivo de radiofrequência que opere na sua faixa de frequências é uma fonte de ruído e causa interferência.

As interferências são geradas pelo próprio sistema e fora dele. No primeiro caso, as interferências são geradas entre células que operam na mesma portadora (interferência de canal) e em portadoras diferentes (interferência de canal adjacente). No segundo caso, as interferências são geradas por equipamentos de radiofrequência, como repetidores, reforçadores de sinal e aparelhos celulares.

III. METODOLOGIA

A região em estudo é o Terminal Central de transporte público da cidade de Uberlândia. Nesta região, segundo o COMTEC, empresa que administra os terminais urbanos da cidade, trafegam em média cerca de 120 mil pessoas por dia na plataforma de embarque, em uma área de aproximadamente 9371 m². Essa quantidade de pessoas gera uma demanda de dados incapaz de ser absorvida pela infraestrutura de determinada operadora naquela região. A Figura 3 mostra as Node Bs responsáveis por prover os serviços aos usuários no Terminal Central. As principais células estão destacadas com o indicador de Propagation Delay. Com isto, é possível notar que grande parte das tentativas de conexão estão concentradas sobre o Terminal Central.

O Terminal Central além de ser um local com alto tráfego de usuários, é localizado no centro da cidade. Os centros urbanos são regiões com alta concentração de pessoas, que estão em constante deslocamento. Dessa forma, a infraestrutura para atender estas regiões deve ser robusta para suprir a demanda.

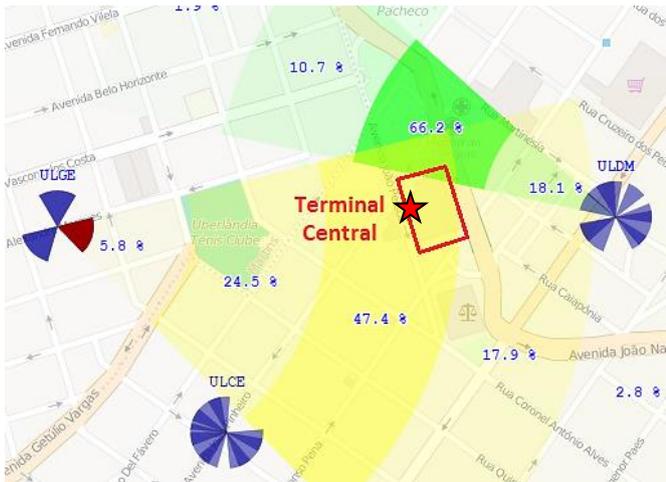


Fig. 3. Representação da infraestrutura da rede celular de determinada operadora na região do Terminal Central antes da implantação da Small Cell. Em 'amarelo' tem-se a taxa de tentativas de conexões na célula ULGEO1, e em 'verde' na célula ULDMB08.

Como mencionado anteriormente, a utilização de Small Cells é uma solução interessante para ambientes como o Terminal Central. A seguir são apresentados os principais aspectos técnicos das macro e small cells.

A. Aspectos Técnicos das Macro e Small Cells

As macro cells se diferem em muitas características técnicas em relação às small cells. Inicialmente, ambas foram desenvolvidas para atender demandas e regiões com características diferentes. Enquanto uma macro cell atende à demanda de um bairro, a small cell atende um terminal urbano ou um ambiente interno, por exemplo. A Tabela I mostra um comparativo da capacidade destas Node Bs baseado no Release 7 do 3GPP (Third Generation Partnership Project) [9].

Tabela I - Comparativo das especificações técnicas entre uma Macro Cell básica e uma Small Cell.

Elemento	Macro Cell	Small Cell
Portadoras	2	2
Potência de Transmissão/Portadora	20 W	5 W
Cobertura	Até 15 Km	100 - 500 m
Altura de Instalação	30 - 60 m	2 - 5 m
Usuários Simultâneos DL	480	180
Usuários Simultâneos UL	240	72
Taxa de Dados DL/Célula	21 Mbps	21 Mbps
Taxa de Dados UL/Célula	5,8 Mbps	5,8 Mbps
Channel Elements (R99)	420	180
Subunits (Banda Base)	5,5	2,5

Vale ressaltar que a capacidade da macro cell pode ser expandida com as ampliações de licenças e hardware, refletindo no número de portadoras, células, canais de banda base e R99. Já a expansão da capacidade de uma small cell não é possível. Caso seja necessário o aumento da capacidade, pode-se implantar uma small cell em conjunto.

A avaliação do impacto da implantação de uma small cell é realizada por meio de indicadores de desempenho. A seguir, serão descritos os indicadores usados para avaliar o

comportamento das células, após a implantação de uma small cell no Terminal Central.

B. Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho, conhecidos também como KPI's (Key Performance Indicators), são 'medições', parâmetros e informações estatísticas que refletem o comportamento de algo que se deseja monitorar, como os elementos da rede celular no caso. As informações podem ter um maior nível de profundidade ou não, e resultam em valores absolutos, porcentagens, contagem, dentre outros.

Na apresentação dos indicadores é comum o uso de gráficos, tabelas, mapas temáticos, georreferenciamento, etc. A seguir, serão apresentados alguns dos indicadores de desempenho utilizados para avaliar o comportamento da rede de acesso celular.

1) Número de usuários simultâneos

O KPI de número de usuários simultâneos indica a quantidade de usuários que estão simultaneamente conectados em uma célula, ou seja, que estão utilizando o serviço de dados ou voz. Geralmente, os períodos de maior movimento (PMM) estão entre 8:00 e 22:00 do dia. Fora desse período o número de usuários simultâneos em uma célula é mínimo.

2) RTWP

O RTWP (Received Total Wideband Power) indica o nível total de ruído dentro da faixa de frequência de uplink em uma célula. Portanto, são considerados os ruídos gerados por estações móveis no uplink, interferência entre células adjacentes e interferências externas.

Este indicador fornece informações sobre o nível de congestionamento na interface aérea em uma célula. Neste caso, as estações móveis que estão conectadas ou tentam se conectar são responsáveis pelo ruído. A Figura 4 mostra a relação entre o número de usuários simultâneos e o RTWP em uma célula durante uma semana, em que o dia 1 é um domingo e o dia 7 um sábado.

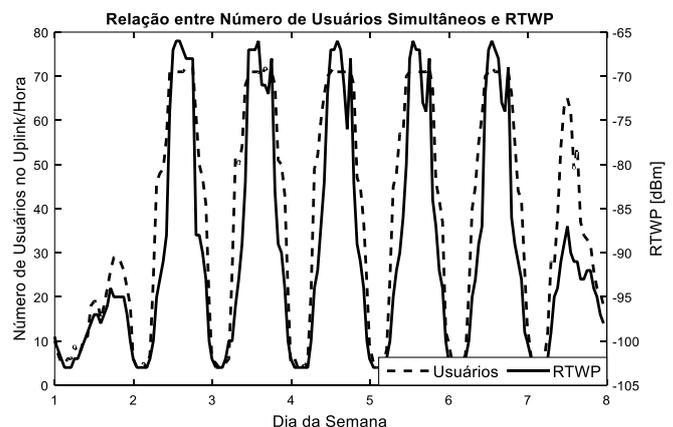


Fig. 4. Relação entre o número de usuários simultâneos por hora e o nível de interferência em uma célula.

Em uma região com baixo número de usuários, o valor médio do RTWP está em torno de -104,5 a -105,5 dBm. Valores em torno de -95 dBm indicam que a célula tem uma quantidade considerável de usuários e um nível médio de

interferência. Se o valor estiver em torno de -85 dBm, significa que o nível de interferência está elevado, a célula está congestionada ou existe outra interferência externa.

3) Quedas de voz

As quedas de voz ou quedas de chamadas é um indicador muito utilizado na avaliação da performance da rede móvel. O principal fator que aumenta as quedas de voz na rede WCDMA é a interferência. Em um cenário de interferência elevada (RTWP maior que -85 dBm) a taxa de quedas de voz tende a aumentar. Portanto, o controle da interferência pode ser uma solução para as quedas de voz.

A percepção do usuário sobre as quedas de voz é que as chamadas são interrompidas de repente. Isto pode ocorrer tanto na mesma célula, quanto nos processos de handover, sendo comum em células congestionadas.

4) Queda de dados

As quedas de dados provocam uma interrupção no serviço de dados no momento em que o usuário está conectado. As quedas de dados são mais recorrentes em regiões com altos níveis de interferência. Isto porque, a taxa de transmissão nos serviços de dados é maior que nos serviços de voz. As causas das quedas de dados são semelhantes às causas das quedas de voz, salvo alguns problemas relacionados ao hardware.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implantação da small cell no Terminal Central ocorreu no dia 4, no local indicado pela estrela na Figura 3. A apresentação dos resultados por meio dos indicadores será realizada em três partes: (a) análise do número máximo de usuários simultâneos, (b) nível de ruído e (c) taxa de queda de voz e de dados. Será dado um enfoque nas células que apresentaram maior variação nos indicadores, que justifique a implantação da small cell como evento causador. Por fim, serão apresentadas algumas discussões pertinentes.

A. Usuários Simultâneos

A implantação de alguma estação rádio-base em determinada região, absorve a demanda dos usuários naquela local. Dessa forma, o número de usuários conectados às células ao redor tende a diminuir.

Após a implantação da small cell, a célula da macro cell denominada pela sigla ULDMB08, sofreu a maior variação no número máximo de usuários simultâneos por hora, como mostra a Figura 5. A região com o retângulo pontilhado mostra a diminuição no número de usuários simultâneos se comparado com os dias anteriores à implantação. Era esperado que a quantidade de usuários absorvida pelas células da small cell (identificadas pelas siglas ULTE2SB01 e ULTE2SB04) fosse maior. Contudo, como a quantidade de usuários é muito grande naquela região, a implantação possibilitou que os usuários que não se conectavam, devido ao bloqueio causado pelo congestionamento, pudessem se conectar. Em resumo, os recursos disponibilizados pela small cell foram absorvidos pelos usuários que não conseguiam se conectar no Terminal Central.

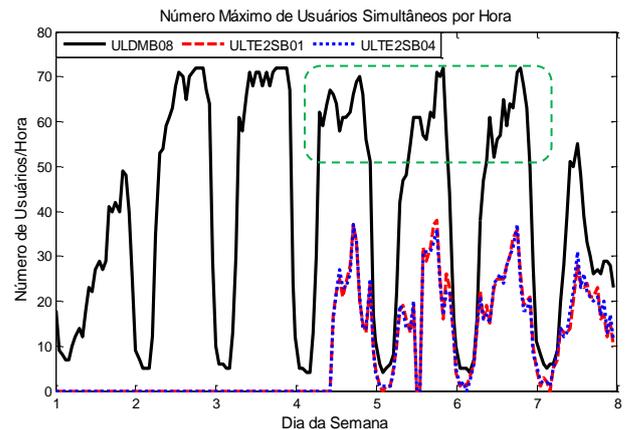


Fig. 5. Número máximo de usuários simultâneos por hora nas células da small cell e na célula com maior variação.

B. Nível de Ruído

O nível de ruído está diretamente relacionado com a quantidade de usuários simultâneos na célula. Após a implantação da small cell no dia 4, o nível de ruído na célula ULDMB08 diminuiu, em consequência da queda no número de usuários simultâneos na célula. A Figura 6 mostra a relação entre o número de usuários e o nível de ruído na célula. Antes da implantação o nível máximo de ruído foi de -74 dBm, e após a implantação foi de -87 dBm.

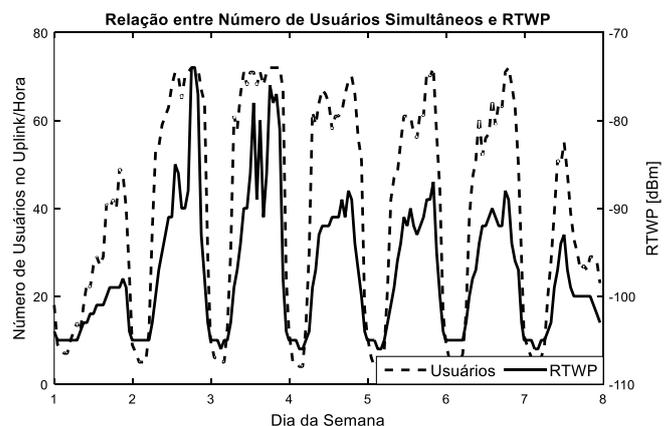


Fig. 6. Nível de ruído e número de usuários simultâneos na célula ULDMB08 após a implantação da small cell no Terminal Central.

Em outras células ao redor do Terminal Central, identificadas por ULCEB11 e ULGEO1, o nível de ruído também diminuiu, porém, a quantidade de usuários na célula não foi alterada. Nestes casos, os usuários que adicionavam ruído às células estavam tentando se conectar, mas não conseguiam devido ao congestionamento. Após a implantação, estes usuários se conectaram à small cell, assim, o nível de ruído diminuiu.

A Figura 7 mostra a relação entre o número de usuários e o nível de ruído na célula ULCEB11. Antes da implantação o nível máximo de ruído foi de -81 dBm, e após a implantação foi de -91 dBm.

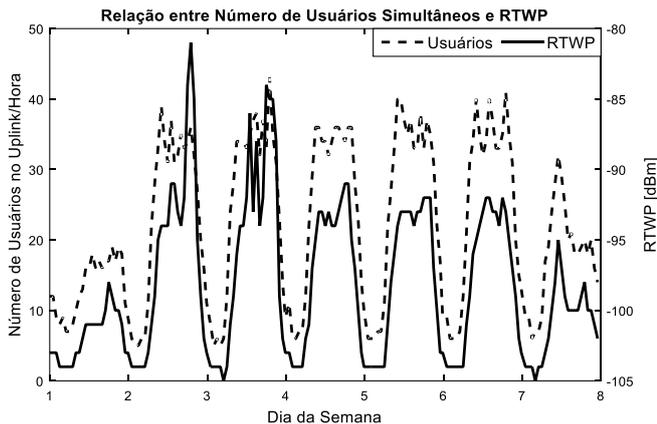


Fig. 7. Nível de ruído e número de usuários simultâneos na célula ULCEB11 após a implantação da small cell no Terminal Central.

C. Taxa de Queda de Voz e Dados

O nível de ruído interfere diretamente na taxa de queda de voz e de dados. Como o ruído está relacionado com o número de usuários em uma célula, as quedas de voz e de dados aumentam em células congestionadas. A Figura 8 mostra a relação entre o nível de ruído e a taxa de quedas de voz e de dados na célula ULDMB08, antes e após a implantação da small cell.

Nota-se que após a implantação, o número de usuários simultâneos na célula caiu. Por este motivo, a queda no nível de ruído contribuiu para a diminuição na taxa de quedas de voz e de dados. Além disso, o congestionamento na célula dificultava a alocação de recursos nos processos de handover, o que provoca a interrupção de chamadas e conexões de dados.

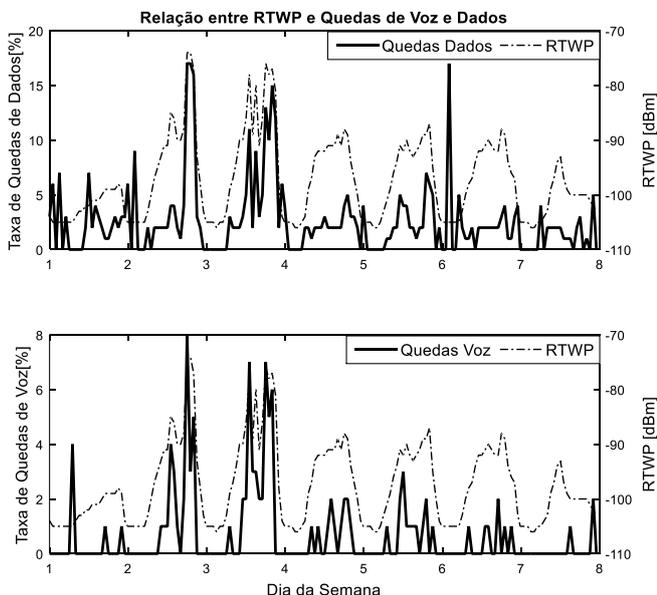


Fig. 8. Relação entre o nível de ruído e taxa de quedas de voz e dados na célula ULDMB08.

D. Discussões e Considerações Finais

A percepção do usuário após a implantação está relacionada com uma maior rapidez na conexão com a célula,

maior tempo resposta nas requisições, melhor nível de sinal e possivelmente maior taxa de dados. Todas essas melhorias são devidas, principalmente, à proximidade do usuário com a small cell.

Pelo lado da operadora, há uma melhora nos indicadores de desempenho da rede, ou seja, redução no nível de ruído, congestionamento nas células adjacentes e taxa de quedas de voz e dados. Além disso, economia de energia elétrica, visto que, as small cells consomem menos que as macro cells e ainda, economia com o aluguel da área de vento na torre, já que a small cell pode ser instalada na parede, por exemplo.

Como proposta para trabalhos futuros, é de interesse avaliar a cobertura e o tráfego de voz e dados em ambientes altamente congestionados, considerando os cenários anteriores e posteriores à implantação de small cells.

V. CONCLUSÕES

A implantação de small cells em ambientes internos e com alto tráfego de usuários, diminui o nível de ruído e quedas de voz e dados nas células adjacentes. Caso a implantação de uma small cell não seja suficiente para absorver a demanda e diminuir o congestionamento nas células adjacentes, é interessante a implantação de outras unidades.

Enfim, o uso de small cells como complemento para as macro cells, é uma ótima alternativa para lidar com a crescente demanda de dados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Algar Telecom pelas informações cedidas e às equipes de otimização, e implantação da rede de acesso celular pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- [1] T. S. Rappaport, *Comunicações sem fio: princípios e práticas*, Pearson Prentice Hall, 2ª Edição, São Paulo, 2009.
- [2] S. Chou, T. Chiu, Y. Yu, A. Pang, "Mobile small cell deployment for next generation cellular networks", *IEEE Global Communications Conference*, pp. 4852 – 4857, 8-12 December 2014.
- [3] M. Z. Shakir, M. Alouini, "On the area spectral efficiency improvement of heterogeneous networks by exploiting the integration of macro-femto cellular networks", *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pp. 5695 – 5700, 10-15 June 2012.
- [4] J. G. Andrews, "Seven ways that HetNets are a cellular paradigm shift", *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 3, pp. 136 – 144, 14 March 2013.
- [5] Nokia Solutions and Networks (2013), *Small Cells - Executive Summary*, pp. 6, Finland.
- [6] V. Chandrasekhar, J. G. Andrews, A. Gatherer, "Femtocell networks: a survey", *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 9, pp. 59 – 67, 12 September 2008.
- [7] J. U. Svezut, *Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS – Evolução a caminho da quarta geração (4G)*, Érica, 2ª Edição, São Paulo, 2012.

- [8] R. Razavi, S. Kucera, C. Androne, H. Claussen, “Characterisation of other-cell interference in co-channel WCDMA small cell networks”, *IEEE 75th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, pp. 1 – 5, 6-9 May 2012.
- [9] 3GPP (2007), *Overview of 3GPP Release 7*, 37th TSG CT Meeting CP-070665, pp. 92, 12 - 14 September 2007, Riga, Latvia.