

5 Conclusões

As tecnologias de comunicações móveis existentes e empregadas pelas operadoras na atualidade foram desenvolvidas e preparadas desde o início para operar no modo CS (*Circuit Switched*), eficiente quando tratamos do tráfego de voz, mas não para o tráfego de dados, assim estas tecnologias foram sendo adaptadas ao longo dos anos para suportar o crescente tráfego de dados.

Neste contexto, o LTE surge como uma tecnologia desenvolvida desde o início com a concepção de absorver o tráfego de dados, e irá operar somente no modo PS (*Packet Switched*), sendo a voz trafegada através de IP (*Internet Protocol*), VoIP (*Voice Over Internet Protocol*).

Para que toda expectativa relacionada à capacidade e desempenho das redes LTE sejam atendidas, um correto dimensionamento na fase de projeto deve ser realizado, a começar pela área de atuação de cada eNodeB, decorrente do raio máximo de atuação de cada célula.

Utilizando o modelo de propagação SUI (*Stanford University Interin*), determinamos que o raio máximo de cobertura de cada célula seria de 1,3 Km e para a área na qual se pretende prover o serviço celular sendo de 45 km², chegamos ao resultado onde 10 eNodeBs seriam suficientes para que a cobertura fosse atendida. No entanto, devido a capacidade do tráfego de dados desejado na célula ser da ordem de 25 Mbps (considerando 20 MHz como largura de banda), a área de atuação das células se tornou limitada ao raio de 1,193 Km, passando a necessitar 12 eNodeBs.

Sistemas celulares se baseiam no reuso de frequências para obter da rede uma maior capacidade e qualidade na área de cobertura. A configuração celular, com reuso de frequências para grupos de células adjacentes, gera uma interferência dentro do sistema denominada de interferência co-canal.

De acordo com a literatura e com o 3GPP, existe uma forte tendência para que os sistemas LTE adotem um fator de reuso de frequências unitário, $N = 1$, desta forma, verificamos que ao adotarmos um fator de reuso $N = 1$, os usuários da borda estariam atendidos com as modulações QPSK $\frac{1}{2}$ e QPSK $\frac{3}{4}$.

Outras possibilidades foram levadas em consideração para que a relação S/I fosse melhorada, e verificamos que utilizando a setorização tripla, com $N=1$ os usuários na borda das células estariam atendidos pelas modulações QPSK $1/2$, $3/4$, 16 QAM $1/2$, $3/4$ e pela modulação 64 QAM $1/2$.

Considerando o fator de reuso $N=1$ e setorização sêxtupla, os usuários na borda das células estariam atendidos por todas as modulações do sistema, QPSK, 16 QAM e 64 QAM, com exceção da modulação 64 QAM com taxa de códigos $5/6$.

Analisando os resultados percebemos que se pode utilizar o reuso unitário ($N=1$) em sistemas LTE sem que os usuários da borda estejam desprovidos de qualidade na cobertura.

No LTE, o principal indicador relacionado à capacidade é a distribuição da SNR ao longo da célula. Neste trabalho optou-se pela determinação do SNR requerido para cada modulação, e respectiva taxa de código através de cálculos considerando a equação de Shannon-Hartley, pois não foi encontrado na literatura e nas especificações da 3GPP, referências para cálculos dos níveis de projeto.

No Capítulo 4 realizamos um estudo de caso onde simulamos uma rede com 12 eNodeBs com fator de reuso unitário ($N=1$) e setorização tripla, e uma conclusão importante do mesmo foi que as bordas das células apresentam uma SNR suficiente para utilizar ao menos a modulação QPSK.

Verificamos que o *throughput* varia entre os valores de 8.4 Mbps (quando adotamos uma largura de banda de 5 MHz e modulação QPSK) a 100,9 Mbps (com largura de banda de 20 MHz e modulação 64 QAM) sem considerar MIMO. Taxas de dados maiores não serão atingidas devido ao limite que existe no canal de transmissão, com a máxima taxa de dados sendo atingida com 6 bits (64 QAM) por símbolo.

Este trabalho descreveu uma metodologia para o planejamento de cobertura e capacidade para sistemas LTE, abordando temas como o *link budget*, SNR requerido por modulação, raio de atuação celular, efeitos da interferência co-canal e a capacidade do canal de transmissão.

Vale ressaltar que as redes LTE terão sua eficiência aproveitada ao máximo, quando configurações que levam em consideração a utilização de bandas superiores a 10 MHz forem utilizadas, trazendo um relevante avanço em relação ao UMTS, seja no HSPA ou HSPA+.

Comparando-se os resultados encontrados com 5 MHz de banda, a mesma utilizada no UMTS, notamos melhoras na taxa entregue ao usuário, da ordem de 20% maior em comparação ao HSPA+ (considerando modulação de 64 QAM) e 75% maior em comparação ao HSDPA, existente hoje no mercado brasileiro.

Pelo que foi apresentando na presente dissertação, pode-se afirmar que as Redes LTE trarão grandes melhorias para o acesso em banda larga móvel, especialmente no que diz respeito à qualidade do serviço e às taxas de transferência de dados.