

## 7 Conclusão

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da modulação adaptativa usada no sistema HSDPA em canais com multipercursos, motivado pela ausência deste tipo de estudo na literatura e nas recomendações do 3GPP. Para isso, estendemos o estudo realizado em [4], onde é feita a análise de desempenho de sistemas HSDPA em presença de desvanecimento Rayleigh plano. Implementamos no simulador utilizado em [4], os modelos de um canal com duplo percurso, de um receptor Rake e de modificações no esquema de estimação da razão sinal-ruído a partir das amostras fornecidas pelo receptor.

No início do trabalho, foram apresentados conceitos básicos necessários, descrevendo os principais elementos da camada física do WCDMA. Então, foi descrita toda a estrutura do HSDPA, incluindo seu impacto na arquitetura da rede de um sistema WCDMA. Foi detalhada a camada física do HSDPA, explicando os canais HS-PDSCH, HS-PSCCH e HS-DPCCH do Enlace de Subida.

O Capítulo 4 apresentou uma modelagem detalhada do sistema de transmissão digital que corresponde ao enlace de descida do sistema WCDMA/HSDPA, incluindo a modelagem do transmissor, a caracterização do canal, bem como a modelagem do receptor convencional, adequado a canais não seletivos. Ao final do capítulo, foi feita a modelagem do receptor na presença de multipercursos, introduzindo-se o receptor Rake, com suas formas de combinação.

Os fundamentos da técnica de modulação adaptativa foram apresentados no Capítulo 5. Nele, a modulação adaptativa no sistema HSDPA foi analisada em presença de multipercursos, bem como alguns critérios de adaptação. Em seguida, foi apresentado o modelo de simulação utilizado, com as principais características do simulador desenvolvido e alguns aspectos para sua validação, através da aplicação de alguns parâmetros de desempenho apresentados.

Através da modelagem analítica apresentada no Capítulo 4 e do programa de simulação apresentado no Capítulo 5, foi feita uma avaliação de desempenho do sistema WCDMA/HSDPA em um cenário de duplo percurso.

O primeiro aspecto investigado foi o impacto das características dos códigos de espalhamento e *scrambling*. Verificou-se que as propriedades destes códigos não favorecem a rejeição de multipercursos, podendo afetar significativamente o desempenho do sistema. Os resultados mostraram que o código proposto em [7], truncado no comprimento do quadro, levou a resultados insatisfatórios na rejeição da interferência de um segundo raio. Por isso, propusemos um truncamento de acordo com o tamanho do fator de espalhamento, que no nosso caso é 16. Também fizemos testes com um código de comprimento igual a 15. Em ambos os casos, resultados bastante satisfatórios foram alcançados, porém, o código de *scrambling* proposto com truncamento em 16, obteve melhores resultados. Por essa razão, ele foi o código de *scrambling* utilizado em todo este trabalho.

Diversas simulações realizadas permitiram quantificar o desempenho em um canal com duplo percurso. Fica evidente que este desempenho é fortemente influenciado pelas características dos códigos de espalhamento e *scrambling* e que é essencial a utilização do receptor Rake. No melhor ajuste deste código e considerando operação idealizada do receptor Rake, verifica-se uma melhoria de desempenho no canal com duplo percurso, relativamente ao canal com desvanecimento plano. Melhoria que se torna mais acentuada quando os dois raios têm a mesma ordem de grandeza. Para se interpretar este resultado, deve ser levado em conta também que o modelo utilizado considera que a atenuação média do raio principal ao longo do canal é igual a 1 e, portanto, cada raio adicionado representa um acréscimo de potência no receptor. Assim, no caso de dois raios de mesma intensidade, a potência média que chega ao receptor seria duas vezes maior. Para conclusões mais realistas, os resultados devem ser escalonados de acordo com a relação entre a potência transmitida e a recebida em cada braço do Rake.

Alguns aspectos de implementação foram avaliados. Verificou-se que a adaptação a partir das amostras na entrada do detetor, mais realista, apresenta praticamente o mesmo desempenho do método baseado na estimativa ideal do  $E_b / N_0$  médio de cada quadro. O acréscimo da vazão obtida com a combinação MRC em relação ao EGC se mostrou não desprezível, principalmente para altas velocidades.

Outros aspectos investigados em [4] apresentaram o mesmo padrão de resultados. O atraso na realimentação da informação não tem nenhuma influência em baixas velocidades e influência marginal em altas velocidades. Verificou-se que a vazão é maior para um quadro de tamanho  $3T_{slot}$  que para um quadro maior.

O principal objetivo do HSDPA é proporcionar ao WCDMA um aumento da vazão para serviços de melhor esforço. Este trabalho se propôs a avaliar o desempenho dessa tecnologia em um canal com duplo percurso, estudando assim o impacto que um segundo raio traz ao sistema. A técnica de transmissão adotada para operar em ambiente de multipercursos foi usar o receptor Rake e códigos com boas propriedades de correlação para rejeição de multipercursos. Resultados favoráveis foram obtidos devido a algumas hipóteses de situações ideais. Assim, uma primeira sugestão de futuros trabalhos é o desenvolvimento de modelos mais realistas. Estudos mais abrangentes sobre os códigos de espalhamento e *scrambling* também seriam de grande interesse.

Trabalhos recentes sobre HSDPA, no entanto, têm considerado canceladores de interferência como dispositivos importantes no ambiente com multipercursos. Estudos envolvendo essas diferentes técnicas seriam bastante relevantes.

Outros aspectos vêm sendo avaliados na literatura e fornecem diversas possibilidades de novos estudos, sobretudo sistemas MIMO cujo potencial ainda carece de avaliações cuidadosas.

O WCDMA é o padrão de terceira geração que tem emergido como o mais promissor, dentre todos os propostos. Atualmente ele já está em funcionamento em algumas partes do mundo. Sua extensão de dados, o HSDPA, tem surgido como uma solução para alcançar taxas de transmissão até cinco vezes maiores que as do WCDMA. Neste trabalho esperamos ter contribuído de alguma maneira para o desenvolvimento e consolidação desta tecnologia.