

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 – Comunicações móveis

Comunicações via rádio são caracterizadas pela transmissão de informações através da propagação das ondas eletromagnéticas entre pontos. Quando fala-se de uma transmissão via rádio móvel, tem-se que, no mínimo um desses pontos tenha a flexibilidade de poder estar em movimento. O seu estudo começou no século XIX através das experiências realizadas por Hertz e depois por Marconi, mas apenas no século passado o sistema de rádio móvel entrou em funcionamento. Nas décadas de 20 e 30, as polícias de Detroit e Nova Iorque utilizaram o rádio para despacho de viaturas numa frequência de 2 MHz [1].

Inicia-se, em 1933, o processo de autorização de canais para as bandas de 30 a 40 MHz pela *Federal Communcation Commission* (FCC) dos Estados Unidos, mas é no final desta década que se apresenta o maior desenvolvimento, até então, das tecnologias de rádio, onde aliados e alemães utilizaram largamente os sistemas de comunicações móveis na Segunda Guerra Mundial. Aviões, navios e submarinos eram unidades móveis que recebiam sinais de estações fixas em terra.

No final da década de setenta, entrou em operação nos Estados Unidos um sistema que funcionava no modo duplex com frequência de operação de 450 MHz.

Em 1978, entrou em funcionamento experimental o sistema AMPS (Advanced Mobile Phone System) de telefonia celular. Em 1983 a telefonia celular entrou em operação comercial nos EUA.

Nos anos 90, o desenvolvimento tecnológico e o mercado em si de telecomunicações sem fio (*wireless*) atingem um crescimento exponencial, mostrando a evolução das

telecomunicações, principalmente com a oferta dos serviços de comunicações pessoais, conhecidos pela sigla PCS.

Sistemas de tecnologia celular analógica são normalmente reconhecidos como sistemas de primeira geração que entraram em comercialização a partir dos anos 70. O sistema utilizado em quase todo o mundo, neste período, foi o FDMA que fornecia apenas serviços de voz. Este sistema de primeira geração foi chamado nos Estados Unidos, América Latina, Ásia e Oceania de AMPS. Os sistemas digitais utilizados atualmente, como GSM, PDC, cdmaOne (IS-95) e US-TDMA (IS-136), são sistemas de segunda geração. Estes sistemas têm suprido comunicações de voz via rádio para diversos líderes de mercado, e empresas estão também, de forma crescente, encontrando valor em outros serviços como “mensagem de texto” e “acesso à redes de dados”, que estão começando a crescer rapidamente.

Sistemas de terceira geração são projetados para comunicação multimídia. Nestes sistemas, a comunicação “pessoa a pessoa” será de alta qualidade de imagem e vídeo. Destacam-se como principais sistemas de terceira geração a serem aplicadas neste início de século o UTRA FDD e o cdma2000 como sistemas que utilizam plataforma CDMA, o UWC-136 e o DECT com plataforma TDMA, e o UTRA TDD utilizando tecnologia híbrida TDMA/CDMA. Todos estes sistemas utilizam banda larga de frequência.

O acesso a informação e a serviços em redes públicas e privadas será melhorado com a implementação de taxas mais altas de transmissão de dados e de uma comunicação mais flexível nos sistemas de terceira geração. Unindo isto à aplicação de sistemas evoluídos de segunda geração, como o GPRS e o EDGE, serão criadas novas oportunidades de negócios não apenas para concessionárias e fabricantes, mas também para os provedores de conteúdo e aplicação que utilizem estas redes.

Uma das missões dos PCS's é gerar serviços em todos os lugares do mundo, ou seja, oferecer serviços para milhões de usuários em áreas urbanas, suburbanas, rurais ou remotas. Para cada ambiente diferente é necessário um estudo aprimorado das condições físicas do local. Seja num ambiente florestal ou numa avenida urbana, o estudo do canal entre o

transmissor e o receptor de um sistema de comunicações móveis se faz necessário para uma utilização ótima do sistema com o mínimo gasto possível de recursos e espectro de frequência.

Quando se deseja fazer uma análise de um ambiente rádio móvel, existe a necessidade do desenvolvimento de alguma técnica ou modelo destinado à predição das perdas de potência ocorridas na propagação do sinal, sendo que cada modelo caracteriza um determinado ambiente com suas particularidades, como tipos de relevo do terreno, ou graus de urbanização de uma cidade. Assim, não há um modelo que possa ser usado para todos os tipos de ambientes. Neste trabalho, uma técnica determinística é desenvolvida afim de se encontrar a variação da potência do sinal no receptor do sistema em uma rua urbana cercada de prédios e árvores.

### **1.1.1 - Propagação de ondas eletromagnéticas em uma rua urbana**

Tentativas de reduzir o sinal de interferência e conseqüentemente aumentar a eficiência espectral de um sistema de comunicação de rádio celular em ambientes urbanos levaram a necessidade, em alguns casos, da redução da altura das antenas.

A instalação das antenas transmissoras e receptoras abaixo da altura de pequenos prédios (dois a três andares) resulta numa mudança nas características de propagação, onde a rua da cidade atua como um guia de onda para a propagação do sinal.

O problema foi estudado experimentalmente [2] em uma rua urbana cercada por prédios e árvores altas onde a altura das antenas era menor que a altura média dos prédios e a altura das copas das árvores.

Também foi realizado um estudo teórico utilizando o método de raios ópticos [3], [4] em bandas de UHF (ultra high frequency) para a modelagem do guia de onda. O resultado deste estudo não apenas permite calcular as variações dos parâmetros de energia do campo ao longo da rua, mas também apresenta expressões analíticas para a estrutura espacial do campo.

Em [5] foi proposto um estudo estocástico da distribuição de múltiplas fendas. O método proposto, no entanto, busca realizar a modelagem da rua em UHF com uma distribuição determinística destas fendas com o objetivo de se alcançar maior exatidão de resultados comparados com o método estocástico. Portanto, o guia de onda é apresentado com múltiplas fendas e anteparos distribuídos ao longo do guia de forma determinística que buscam representar a descontinuidade das laterais da rua devido o afastamento de prédios, casas e árvores.

A rua é modelada como um guia de onda plano paralelo com o coeficiente de reflexão variável. Utilizando o método de raios ópticos a partir da teoria da imagem neste modelo, o campo para um observador é dado por uma superposição de campo de múltiplos raios na faixa de UHF no receptor do sistema. Estes raios podem ser diretos, refletidos ou difratados por obstáculos.

Os raios diretos ou em linha de visada (LoS) são os raios que não encontram obstáculos entre os dois pontos que se deseja enviar e receber informações. Entretanto, se estes raios incidirem em obstáculos de dimensões transversais muito maiores que o comprimento de onda da portadora, ocorrerá a reflexão do mesmo, desde que a onda não seja totalmente absorvida pela obstrução. Neste caso, diz-se que a onda foi refratada ou absorvida e, portanto, sem contribuição de energia no receptor.

A difração de uma onda ocorre quando a frente de onda que se propaga encontra um obstáculo cujas dimensões são da mesma ordem de grandeza, ou menores, que o seu comprimento de onda. A difração de uma onda eletromagnética é sempre acompanhada por uma atenuação, que varia com o formato da estrutura do obstáculo. O caso específico de difração estudado neste trabalho é a difração em bordas retas com ângulo interno do obstáculo de  $90^\circ$  devido o formato dos prédios. Todos estes raios, principalmente o LoS e os refletidos, após uma certa distancia propagada, podem sofrer flutuações de sua energia ao longo do espaço propagado e, por isso, são classificados em campos coerente e incoerente [31].

É importante salientar que o modelo se limita a ondas eletromagnéticas em UHF ou em frequências maiores, onde as dimensões de elementos espalhadores pode ser considerável

em relação ao comprimento de onda do campo e, portanto, o efeito destes elementos pode ser estudado de forma individual e determinístico, como será feito com os campos difratados.

## **1.2 – Estrutura da tese**

No capítulo 2 deste trabalho, são apresentados os fenômenos eletromagnéticos que interferem diretamente na estrutura do canal de propagação apresentado no modelo. Esses fenômenos são explicados por algumas teorias como a óptica geométrica (GO) ou raios ópticos (OR), teoria da difração de Keller e teoria uniforme da difração (UTD), espalhamento estocástico em superfícies rugosas, bem como o estudo do espalhamento temporal do atraso da energia transmitida no receptor do sistema. O capítulo 3 apresenta a modelagem da rua urbana como um guia de onda plano paralelo. Utilizando um método de traçado de raios e as teorias da difração (Keller e UTD) são construídas as expressões coerentes e não coerentes da intensidade de campo. Esse capítulo também apresenta a distribuição determinística das fendas e anteparos ao longo do guia de onda e mostra como esta distribuição interfere diretamente na contribuição final do campo.

No capítulo 4 faz-se uma comparação quantitativa das medidas obtidas na campanha de medições realizada na avenida Bráz de Aguiar, no município de Belém, com os resultados do modelo teórico apresentado no terceiro capítulo. Resultados individuais dos fatores que influenciam no campo resultante como: a contribuição difrativa, a contribuição de campo não coerente, quantidade de fendas e outros, também são detalhados no capítulo 4.

No final deste trabalho são apresentadas as análises e conclusões dos resultados apresentados pelo modelo determinístico e a influência de cada fator no resultado final da modelagem.

Ainda é apresentado um apêndice que descreve os procedimentos empregados para a montagem dos laboratórios fixo e móvel para a realização das medições do sinal de rádio móvel dentro da região estudada.

