

# MEDIÇÃO DE INTENSIDADE DE CAMPO EM AMBIENTE PREDIAL

Jefferson Costa e Silva, Alfredo Gomes Neto, Marcos Eduardo P. V. Zurita, Kécio Patrick D. Ferreira

Escola Técnica Federal da Paraíba – ETEFPB  
Grupo de Telecomunicações e Eletromagnetismo Aplicado – GTEMA  
Av. 1º de Maio, 720 – Jaguaribe  
58.015-430 – João Pessoa – Paraíba – Brasil  
e-mail: [jefferson@zaitek.com.br](mailto:jefferson@zaitek.com.br)

**Marcelo Sampaio de Alencar**  
Universidade Federal da Paraíba – UFPB  
Departamento de Engenharia Elétrica  
e-mail: [malencar@dee.ufpb.br](mailto:malencar@dee.ufpb.br)

## Resumo

*Devido à crescente demanda pelos sistemas de comunicação móveis sem fio, as operadoras de comunicações móveis estão procurando reduzir o tamanho de suas células, ao máximo, visando ao aumento de suas respectivas capacidades. Com isso, chegou-se às picocélulas que são utilizadas principalmente em instalações prediais. Este trabalho tem por objetivo verificar o comportamento de um sinal de 900 MHz em um ambiente predial, ao longo de um corredor, observando-se o efeito de multipercurso e a relação entre a intensidade do sinal medido e a distância percorrida.*

Palavras-Chave : Comunicações Pessoais. Propagação em ambiente indoor.

## 1. Introdução

O estudo de propagação em ambiente predial (*indoor*) é relativamente recente, com as primeiras pesquisas sendo feitas no início dos anos 80 [1][2]. Esses sistemas oferecem grande flexibilidade aos usuários e representam um componente chave nos futuros sistemas de comunicações pessoais (PCS). Os sistemas PCS foram desenvolvidos para lidar com a crescente demanda que os sistemas celulares têm experimentado em todo o mundo. Eles foram concebidos com vistas a permitir a integração de diversos serviços, em sistemas digitais de alta velocidade, permitindo tanto a comunicação dentro de edifícios, como o acesso ao mundo externo. Além do mais, os sistemas sem fio oferecem grande flexibilidade topológica em sistemas de redes locais, reduzido custo em termos de equipamento e de tempo de instalação.

Para se obter um bom projeto para um sistema microcelular *indoor* é necessário o conhecimento das características de propagação nos ambientes específicos em que esses sistemas vão ser implantados, tais como: prédios de escritórios, fábricas e hospitais. O canal de rádio *indoor* difere dos canais de rádio móveis tradicionais em dois aspectos [3]: as distâncias cobertas são muito menores e a variabilidade do ambiente é muito maior para uma faixa de separação transmissor-receptor muito menor. Dessa forma, medições realizadas em outros países, ou regiões, servem apenas para indicar um comportamento geral da propagação, visto que estas características mudam significativamente de uma região para outra, em função de detalhes construtivos e materiais utilizados[4]. Isso ressalta a necessidade de realizar medições locais para subsidiar futuros projetos de comunicações em ambientes prediais.

Os mecanismos de propagação em ambiente *indoor* são os mesmos utilizados para ambientes externos (reflexão, difração e espalhamento), porém essas condições são muito mais variáveis pois situações tais como localização da antena transmissora, ou disposição dos móveis podem alterar profundamente o nível do sinal. O efeito da atenuação do sinal com a distância em um ambiente *indoor* não é tão relevante como em um ambiente externo, pois o

efeito de guiamento da onda em corredores pode ser preponderante. Essa perda de sinal com uma distância  $d$  é tipicamente da forma  $P = d^{-n}$ , onde  $n$  pode variar de 2 (para corredores) a 6 (em ambientes obstruídos).

O efeito de multipercurso é outro parâmetro que afeta o nível do sinal recebido devido às múltiplas reflexões que este experimenta tanto nas paredes, quanto nos objetos presentes no ambiente. Este tipo de fenômeno representa a principal fonte de interferência em um sistema de picocélulas *indoor*, de modo que o sinal recebido é o resultado da soma de vários raios que chegam no receptor com diferentes amplitudes, atrasos e fases. Eles podem se somar construtivamente (ganho) ou destrutivamente (perda), causando forte desvanecimento. Mesmo que o receptor esteja parado, o sinal recebido varia significativamente, devido a não estacionaridade do ambiente que interfere no sinal de propagação. O multipercurso no canal de rádio cria efeitos de desvanecimento rápido. Os três efeitos mais importantes são: mudanças rápidas na intensidade do sinal sobre uma pequena distância percorrida ou intervalo de tempo, efeito *Doppler* e dispersão no tempo (eco) causados por atrasos nos sinais que se propagam através de percursos outros que não sejam o direto.

## 2. Procedimento de Medição

O equipamento montado para a realização das medições dentro do corredor das salas de aula era constituído de duas partes: o transmissor que consiste em um gerador de sinais que ficou localizado no início do corredor transmitindo um sinal CW de 900 MHz e ligado a uma antena diretiva; o receptor era constituído de um analisador de espectro localizado sobre uma unidade móvel e ligado a uma antena omnidirecional com altura de 1,5 m em relação ao solo, conforme mostra a Fig. 1.

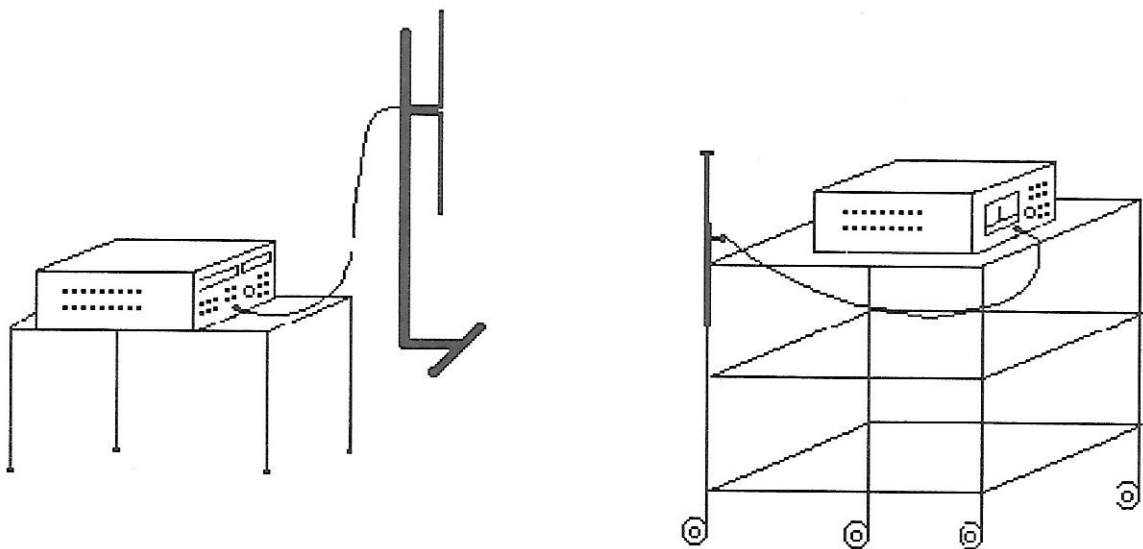


Figura 1. Equipamento de Medição

As medições foram realizadas no corredor entre as salas 13 e 25 da ETFPB, conforme mostra a Fig. 2. A largura do corredor é de 2 m e a distância percorrida foi de 96 m em intervalos de 25 cm. Do lado esquerdo ficam localizadas as portas de acesso às salas de aula e do lado direito encontra-se a parede que alterna intervalos onde se encontra totalmente lisa, com intervalos onde se encontra vazada com fendas de 11 cm de diâmetro e distância de 40 cm entre elas. Três conjuntos de medições foram realizados: no centro do corredor, no lado esquerdo (lado das salas de aula) e no lado direito (lado da parede), onde a potência do sinal recebido (em dBm) foi obtida.

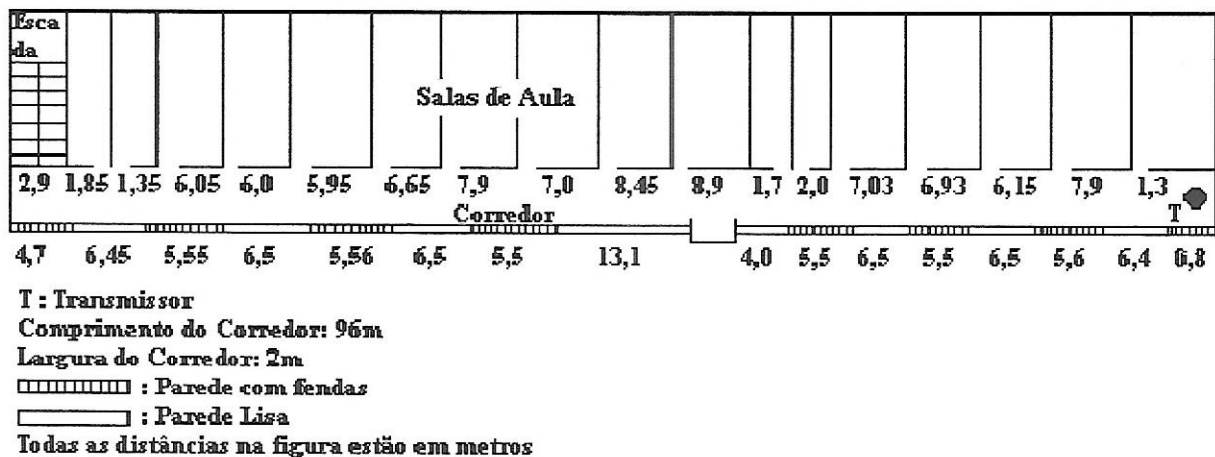


Figura 2. Ambiente onde foram realizadas as medições.

### 3. Resultados

Após o processamento dos resultados foram obtidos os respectivos gráficos para as medições realizadas no centro, no lado esquerdo e no lado direito do corredor, conforme mostra a Fig. 3. Os mesmos foram postos juntos para propiciar uma melhor comparação. Como pode ser visto, o sinal medido no lado esquerdo é o que apresenta maiores perdas por ser o lado onde estão as portas. Essas perdas são maiores nos últimos seis metros pois é uma área de vazio onde existe a escada de acesso àquele pavimento. Em torno de 45 m o sinal medido no centro do corredor apresenta uma perda considerável, ao contrário do sinal medido no lado direito que apresenta um ganho. Isto se deve a uma reentrância na parede de 1,40 m de comprimento por 60 cm de profundidade que faz com que as componentes de multipercursos tenham uma contribuição destrutiva no centro do corredor e uma contribuição construtiva na sua borda.

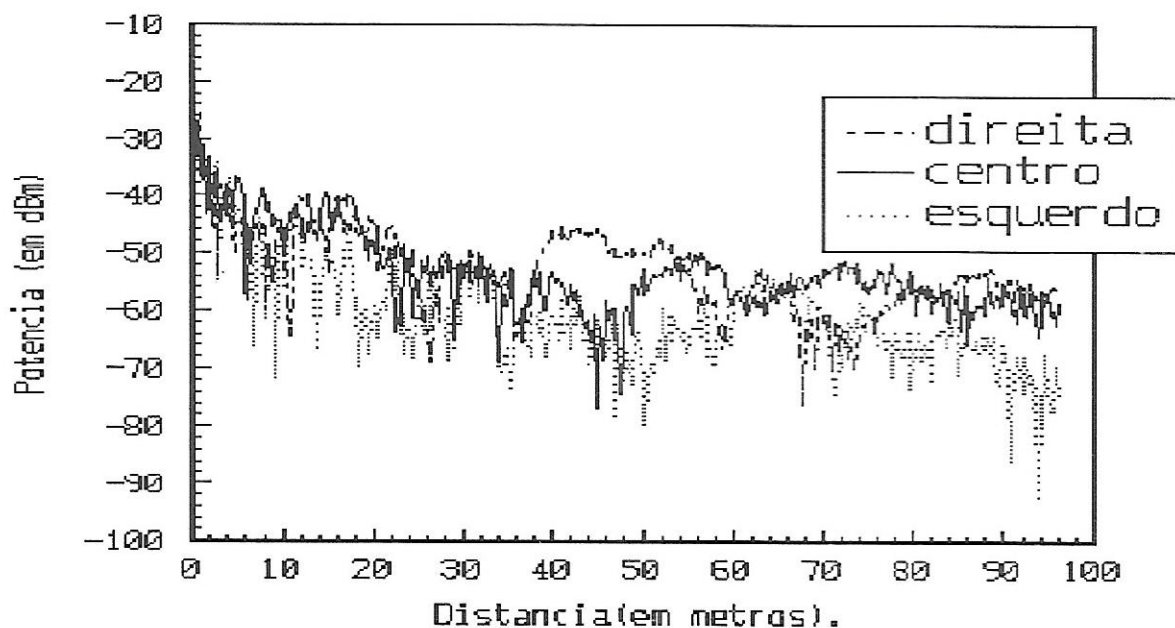


Figura 3. Potência recebida (em dBm) versus distância (metros)

Nas Figs. 4, 5 e 6 a seguir são observadas as curvas dos sinais medidos individualmente, juntamente com suas respectivas curvas de regressão, que foram obtidas através de polinômios de ordem 17 visando uma aproximação com o menor erro médio quadrático. Na obtenção das curvas de regressão, chegou-se aos seguintes parâmetros:

	ESQUERDA	CENTRO	DIREITA
Coefficiente de Correlação	-0,66	-0,62	-0,61
Média da Distância (m)	48	48	48
Média da Potência (dBm)	-60,70	-53,52	-52,96
Desvio Padrão da Distância (m)	27,78	27,78	27,78
Desvio Padrão da Potência (dBm)	9,09	7,41	7,45
Variância da Distância (m <sup>2</sup> )	772	772	772
Variância da Potência (dBm <sup>2</sup> )	82,64	54,95	55,54

Mais uma vez pode-se observar uma maior semelhança entre os dados obtidos no centro e na direita do corredor e uma maior diferença dos dados obtidos no lado esquerdo do corredor (lado onde se localizam as portas). A potência média no lado esquerdo é menor que no centro e no lado direito. O coeficiente de correlação demonstra um certo grau de linearidade entre a potência medida e a distância percorrida, além de mostrar que essa relação é de queda do nível do sinal com a distância.

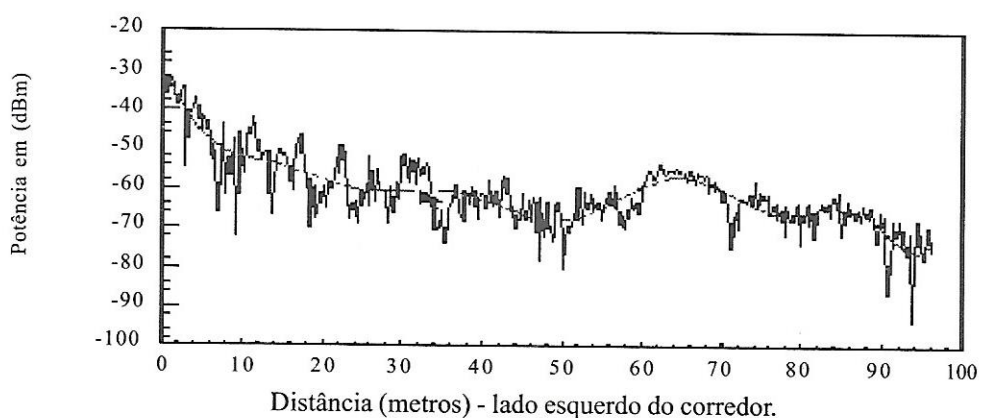


Figura 4. Curva de regressão polinomial– lado esquerdo

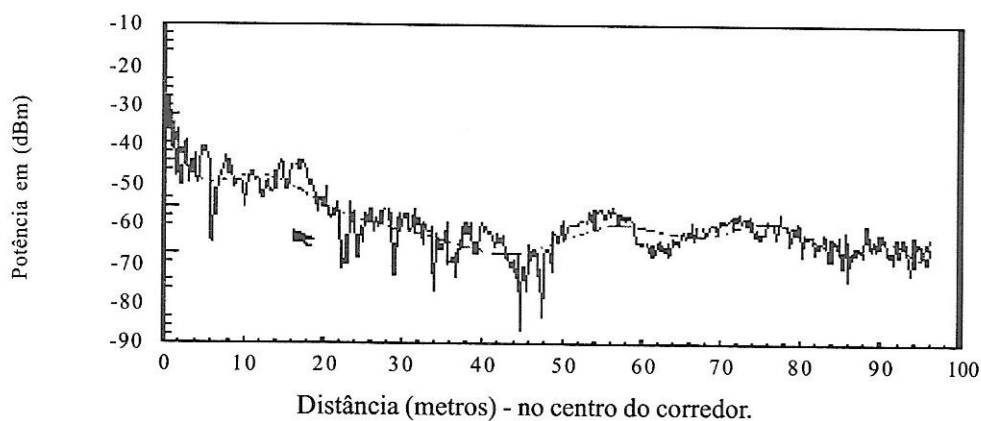


Figura 5. Curva de regressão polinomial - centro

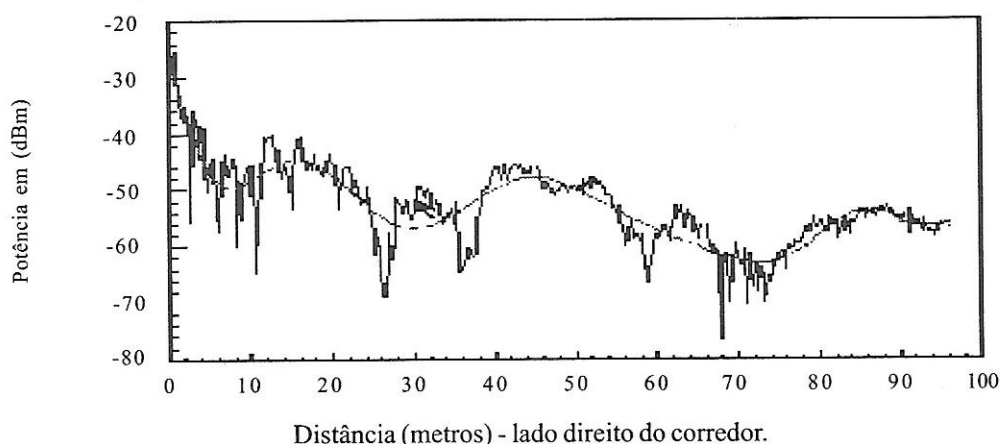


Figura 6. Curva de regressão polinomial - lado direito

#### 4. Conclusão

Foram feitas medições de potência em 900 MHz de modo a se observar o comportamento do sinal ao se propagar em um ambiente “indoor”.

As medições foram realizadas no corredor das salas de aula da ETFPB, onde o transmissor foi localizado em uma de suas extremidades e o receptor (analisador de espectro) foi localizado em três diferentes posições: no centro, no lado esquerdo e no lado direito.

Conclui-se que a atenuação no lado em que se localizam as portas de acesso às salas de aula é maior que no centro e no lado da parede. Apesar de a parede apresentar algumas partes vazadas, mesmo assim o nível do sinal não apresentou alteração significativa, devido às fendas possuírem dimensões inferiores a um terço do comprimento de onda. Além disso a curva de regressão de ordem 17 foi a que melhor se adaptou aos dados e se comprovou uma correlação entre o nível do sinal medido e a distância percorrida (perda de intensidade com a distância).

#### 5. REFERÊNCIAS:

- [1] Cox, D. C., Murray, R. R, e Norris, A. W., Measurements of 800 MHz Radio Transmission into Buildings with Metallic Walls, Bell Systems Technical Journal, Vol. 62, No. 9, pp. 2695 – 2717, November 1983.
- [2] Alexander, S. T., Adaptative Signal Processing, Springer-Verlag, 1986.
- [3] Rappaport, T. S., Wireless Communications – Principle and Practice, Prentice Hall, 1996.
- [4] Siqueira, G. L., Vásquez, E. V., Gomes, R. A., Sampaio, C. B., Costa, V. C. F., e Socorro, M. A., Propagation Measurements for Indoor Mobile Picocell Coverage, 1997 SBMO/IEEE/MTT-S, International Microwave and Optoelectronics, pp. 207 – 212, Natal.