

PERDA MÉDIA DE PENETRAÇÃO: RESULTADOS PRÁTICOS PARA SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

Jefferson Costa e Silva

Alfrêdo Gomes Neto

Joabson Nogueira de Carvalho

Centro Federal de Educação Tecnológica

Grupo de Telecomunicações e Eletromagnetismo Aplicado

Av. 1º de Maio, 720 – Jaguaribe – João Pessoa – Paraíba – Brasil – CEP: 58.015-430

e-mail: gtema@cefetpb.br

Marcelo Sampaio de Alencar

Universidade Federal da Paraíba

CCT, DEE, CEP: 58.109-970, malencar@dee.ufpb.br

Resumo

A perda média de penetração, PMP, é um parâmetro de propagação muito útil ao se estimar o nível de potência após um obstáculo. Apesar da simplicidade nos processos de medição, não é fácil saber quais os valores adequados que devem ser usados. A grande variedade de tipos de materiais e dimensões restringe o conhecimento da PMP a profissionais que operam diariamente os sistemas de comunicação sem fio. Neste trabalho é descrito um procedimento para a medição da PMP, com apresentação de resultados para diferentes tipos de paredes, normalmente usados em construções brasileiras. Embora os resultados se apliquem somente a alguns tipos específicos de parede, o procedimento de medição pode ser aplicado a diversas outras situações, onde se faça necessária a medição da PMP.

1. Introdução

Os sistemas de comunicação sem fio têm aberto vários campos de estudo. Um dos assuntos mais interessantes, perseguido por muitos pesquisadores, é a simulação adequada da propagação e penetração de ondas de rádio [1]-[6]. Desta forma, programas numéricos foram desenvolvidos onde, usualmente, os métodos de traçado de raios e dos momentos são aplicados [2]-[5]. Infelizmente, os piores ambientes de propagação são os que apresentam as maiores demandas por cobertura e capacidade e, por isso, muitas questões ainda estão sem resposta [1]. Questões como: *Por que um telefone sem fio funciona dentro de um elevador, já que esse praticamente é uma caixa metálica?*, não são fáceis de ser respondidas. Na operação diária de um sistema sem fio muitas questões são respondidas baseadas no senso comum e na experiência prática. Por outro lado, resultados de medições parecem ser específicos e de difícil aplicação.

O objetivo deste trabalho é apresentar respostas simples e fáceis a questões tais como: *Se um spectrum analyzer mostra um sinal com -50 dBm em frente a uma casa, qual o nível do sinal dentro da casa?*. Evidentemente, deve-se lembrar de que estas respostas não são exatas e têm aplicações restritas. Porém, a idéia é que elas não só devam interessar aos operadores do sistema, mas também aumentar o conjunto de resultados experimentais, indispensáveis para validar muitos modelos numéricos.

Neste trabalho foi considerada a frequência de 840 MHz. É discutido um procedimento prático para estimar a perda média de penetração e resultados experimentais são apresentados para diferentes tipos de paredes, típicas de edificações brasileiras. O procedimento proposto pode ser aplicado também a outras situações onde propagação e perda de penetração são envolvidas.

2. Set-Up de Medição e Procedimentos

A idéia básica é determinar a potência antes e após uma parede. Com essa idéia em mente, foi usado o *set-up* de medição mostrado na Fig. 1.

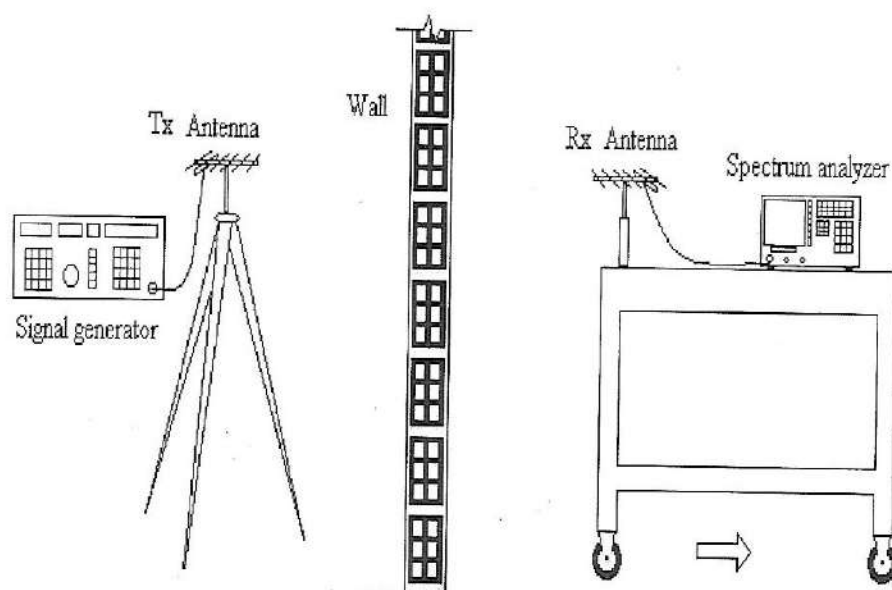


Fig. 1. Set-up de medição

O procedimento de medição consiste nos seguintes passos:

- 1) As antenas são alinhadas e a potência de saída do gerador de sinal é ajustada para +10 dBm na frequência de 840 MHz, CW;
- 2) Com a antena transmissora fixa, a antena receptora é movida em intervalos de 5 cm, aproximadamente, fazendo-se as respectivas leituras da distância e da potência;
- 3) Quando a parede é atingida, a potência recebida é medida antes e após a mesma, mantendo-se o alinhamento das antenas;
- 4) A perda de penetração é calculada como a diferença entre a potência recebida, antes e após a parede, e comparada com a potência recebida na situação de propagação em área aberta e com a mesma distância. A perda média de penetração (PMP) é dada por:

$$PMP = \frac{\sum (P_{parede} - P_{aberta})}{NP}$$

onde:

- PMP = perda média de penetração (dB);
P_{parede} = potência recebida após a parede (dBm);
P_{aberta} = potência recebida para propagação em área aberta, na mesma distância (dBm)
NP = número de pontos de medição.

Como as paredes têm dimensão finita, a distância após a mesma deve ser pequena o suficiente de modo a evitar a influência de outros obstáculos. Neste trabalho foi considerada uma distância total de 600 cm, onde a distância entre a antena transmissora e a parede é de 240 cm, como mostrado na Fig. 2.

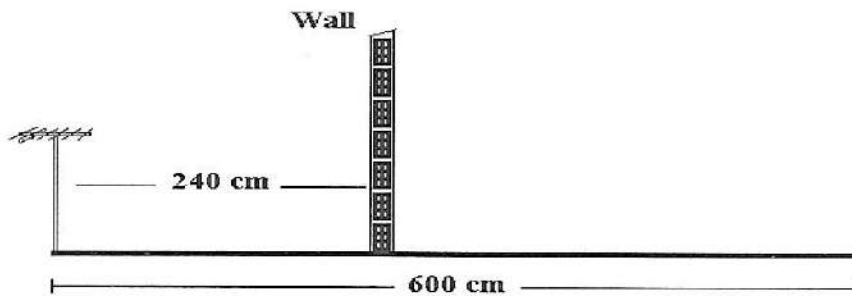


Fig. 2. Distâncias consideradas.

Com o *set-up* de medição e os procedimentos experimentais descritos nesta seção, medições foram realizadas para estimar a PMP de diferentes obstáculos. Os resultados obtidos serão apresentados na próxima seção.

3. Resultados Experimentais

A Fig. 3 mostra os resultados obtidos para a propagação em área aberta. Esse resultado será usado como uma referência para outras medições, na determinação da PMP. Nas Figs. de 4 a 6 ela é sempre representada por uma linha fina.

Os resultados para uma parede de tijolo de 15 cm de espessura são mostrados na Fig. 4. A PMP estimada é de 2,5 dB. Os valores da PMP mudam para diferentes tipos de parede. Uma perda de penetração de 13,67 dB por parede já foi apresentada em trabalhos de outros autores [6].

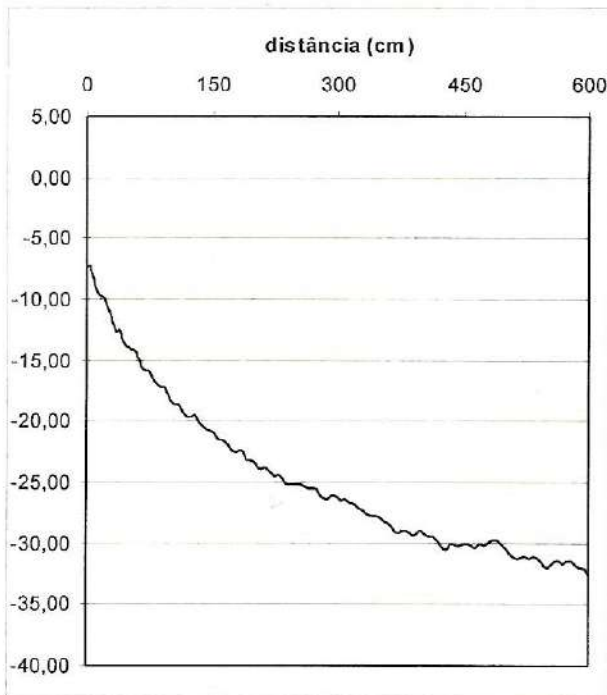


Fig. 3. Propagação em área aberta - Potência recebida (dBm) x Distância (cm)

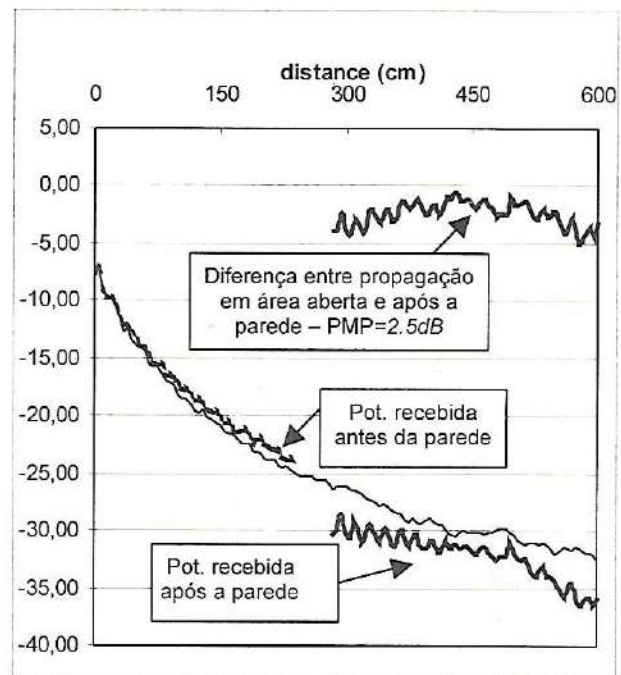


Fig.4. Parede de tijolo, 15 cm Potência recebida (dBm) x distância (cm)

Os resultados para uma parede de tijolo de 28,5 cm de espessura são mostrados na Fig. 5 e, agora, a PMP é igual a 3,5 dB. Neste caso, a parede tem aproximadamente o dobro da largura da primeira parede e a perda adicional de 1 dB é aceitável.

Para uma parede de eucatex de 3,5 cm de espessura, muito usado em escritórios, os resultados das medições são apresentados na Fig. 6, com um PMP de 0,5 dB. Para uma parede fina, com baixa densidade, o valor da PMP obtida parece adequada.

Neste ponto, devem ser feitas algumas considerações:

- 1) Todos os valores de PMP foram obtidos considerando-se apenas uma parede, ou seja, a distância da segunda parede é grande o suficiente de modo a ter influência desprezível. Neste trabalho, a distância da segunda parede foi de, no mínimo, três vezes a distância entre a antena transmissora e a primeira parede;
- 2) Os valores PMP da ordem de 0,5 dB e 3,5 dB não têm influência significativa na performance do sistema. As mãos, ao segurar o celular, e a cabeça causam uma atenuação de 6,0 dB a 10,0 dB, conforme já foi obtido em [7] e [8];
- 3) Se a distância de uma segunda parede é pequena o suficiente, tal como em um corredor, o nível de potência entre as paredes será ligeiramente maior do que o esperado, possivelmente devido às múltiplas reflexões. Esse efeito será assunto de um trabalho futuro.

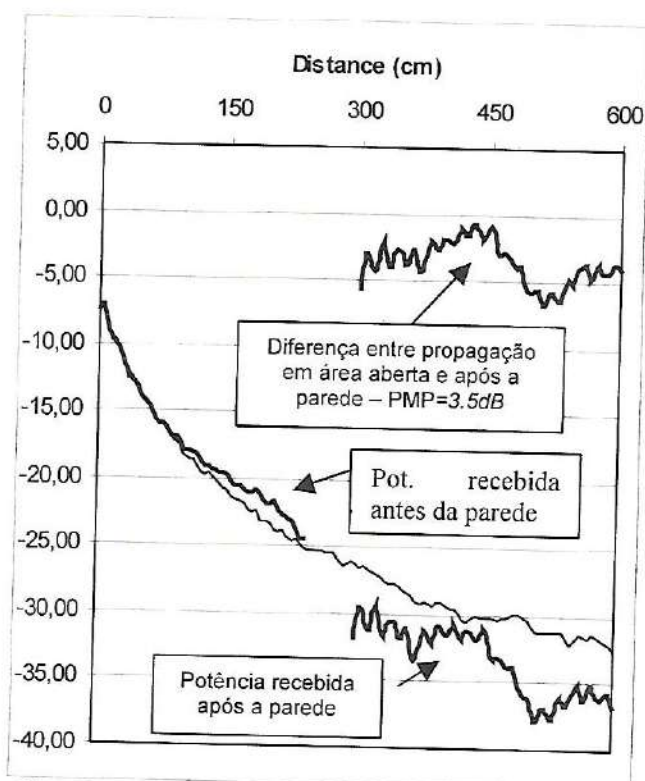


Fig. 5. Parede de tijolo de 28,5 cm - Potência recebida (dBm) x distância (cm)

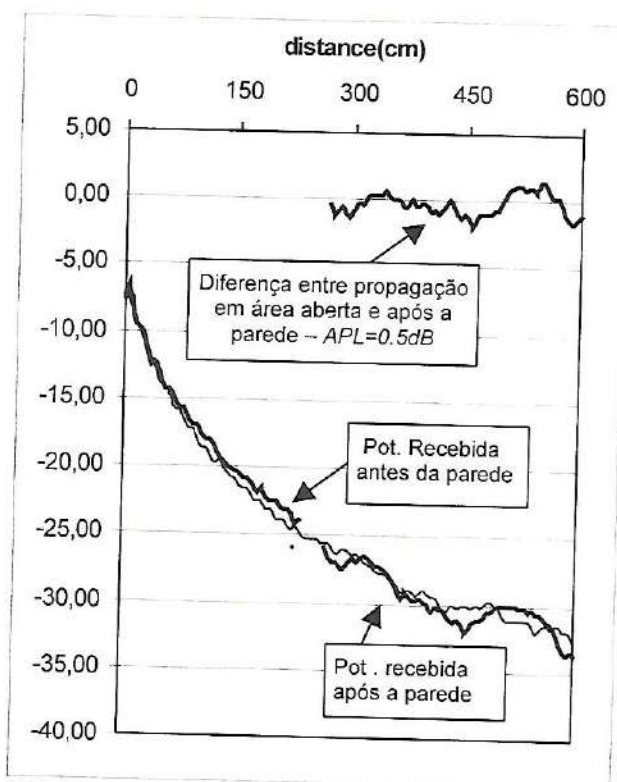


Fig.6. Parede de "eucatex" - Potência recebida (dBm) x distância (cm)

4. Conclusão

Neste trabalho foram apresentados procedimentos de medição e resultados para a obtenção da PMP para diferentes tipos de paredes, usados em edificações brasileiras típicas. Com os valores PMP entre 0,5 dB e 3,5 dB se pode dizer que, se somente uma parede está presente ou, se a distância da segunda parede é grande o suficiente, a atenuação do sinal não terá um efeito significativo sobre a performance do sistema.

A diferença entre os valores PMP obtidos neste trabalho e em outros apresentados na literatura enfatiza a importância de um conhecimento adequado da perda de penetração

para diferentes obstáculos. Se resultados experimentais são publicados, muita perda de tempo poderia ser evitada.

Finalmente, retornando à primeira questão, se é medido um sinal em frente a uma casa, o sinal dentro da mesma será praticamente o mesmo, pelo menos com relação à performance do sistema. Contudo, dentro da casa, talvez tenha que ser feito algum ajuste no posicionamento da unidade móvel de acordo com a posição antena da estação base.

5. Referências Bibliográficas

- [1] Y. Rahmat-Samii, e W. L. Stutzman, "Guest editorial on wireless communications", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 46, pp. 745-747, Junho, 1998.
- [2] Chang-Fa Yang, Boau-Cheng Wu e Chuen-Jyi Ko, , "A ray-tracing method for modeling indoor wave propagation and penetration", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 46, pp. 907-919, Junho, 1998.
- [3] Y.P. Zhang, Y. Hwang e R. G. Kouyoumjian, "Ray-optical prediction of radio-wave propagation characteristics in tunnel environments – parte 2: measurements and results", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 46, pp. 1337-1345, Setembro, 1998.
- [4] Theodore S. Rappaport, *Wireless Communications – Principles & Practices*, Prentice Hall PTR, Upper Sadle Rives, NJ, 1996
- [5] Michel Daoud Yaccoub, *Foundations of Mobile Radio Engineering*, CRC Press, Inc., Boca Raton, 1993
- [6] G. L. Siqueira, E. V. Vásquez, R. ^a Gomes, C. B. Sampaio, V. C. F. Costa, M. A. Socorro, "Propagation measurements for indoor mobile picocell coverage", Proceedings of the 1997 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave e Optoelectronics Conference, pp. 207-212, Natal, Agosto, 1997
- [7] Alfrêdo Gomes Neto, Joabson Nogueira de Carvalho and Jefferson Costa e Silva, "Some experimental results for head/hand effects in personal communications", Proceedings of the 1997 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave e Optoelectronics Conference, pp. 196-200, Natal, Agosto, 1997
- [8] O. P. Gandhi, G. Lazzi e C. M. Furse, "Electromagnetic absorption in the head and neck for mobile telephones at 835 and 1990 MHz", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 44, pp. 1884-1897, Outubro, 1996