

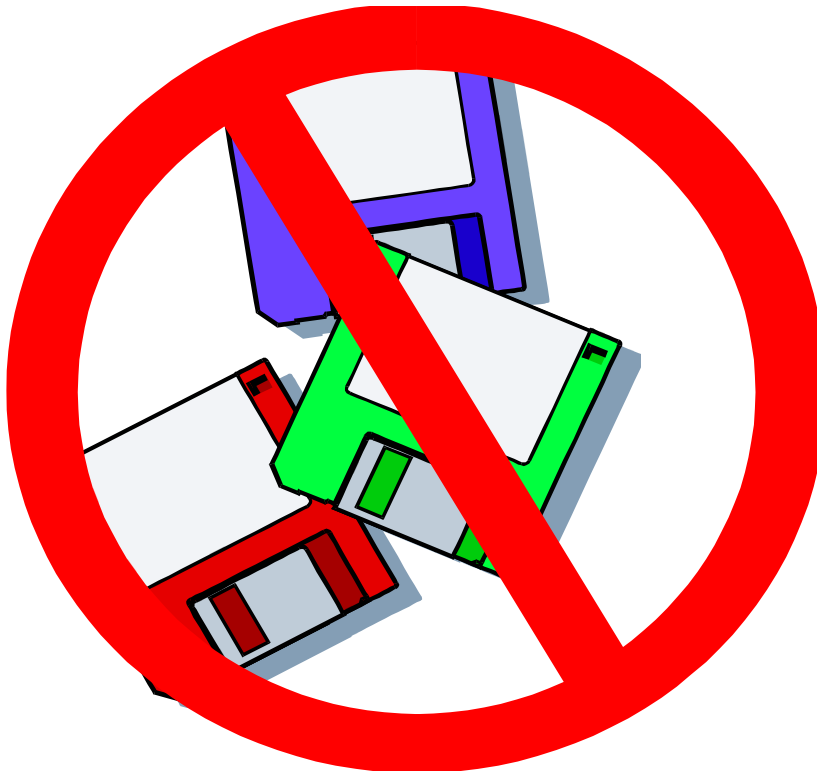
**Propagação**  
**Atenuação de percurso**  
**Modelo Okumura-Hata**

SEL 371 Sistemas de Comunicação

Amílcar Careli César  
Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP

# Atenção!

---



- ✓ Este material didático é planejado para servir de apoio às aulas de **SEL-371 Sistemas de comunicação**, oferecida aos alunos regularmente matriculados no curso de engenharia elétrica e engenharia de computação.
- ✓ Não são permitidas a reprodução e/ou comercialização do material.
- ✓ solicitar autorização ao docente para qualquer tipo de uso distinto daquele para o qual foi planejado.

# Modelos

---

- ✓ Modelos de propagação baseados em medições de campo entre Tx e Rx
- ✓ Maioria dos efeitos depende do local e impedem generalização
- ✓ Fórmulas para atenuação de percurso
  - Dependem da frequência
  - Dependem das alturas das antenas Tx e Rx

## Perda de percurso médio (1)

---

sinal recebido é a soma dos sinais dos vários percursos

$$E = E_d \sum_{k=1}^N L_k e^{j\phi_k}$$

$E_d$  : campo do sinal direto

$L_k$  : atenuação referente aos caminhos

$\phi_k$  : variação de fase dos sinais

$L_0 = 1$  ;  $\phi_0 = 0$  : sinal direto

## Perda de percurso médio (2)

---

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{\beta}{r^n}$$

$n$  (entre 2 e 5) : expoente do percurso médio

$\beta$  : parâmetro de atenuação; depende da frequência e altura da torres

$r$  : posição

$$L_p \text{ (dB)} = \beta_o - 10n \log \left( \frac{r}{r_o} \right)$$

$r_o$  : referência; em geral, 1 m

$\beta_o$  : medido em relação a  $r_o$

## Perda de percurso médio (3)

---

Meio	n
Espaço livre	2
Rural (plano)	3
Rural (montanhoso)	3,5
Suburbano (plano)	4
Urbano denso (prédios)	4,5

Tabela 2.1, p. 51

Simon Haykin e Michael Moher, [Sistemas Modernos de Comunicação Wireless](#), editora Bookman, 2008.

# Modelo Okumura-Hata (1)

---

$$L_p(\text{dB}) = A + B \log r \text{ região urbana}$$

$$L_p(\text{dB}) = A + B \log r - C \text{ região suburbana}$$

$$L_p(\text{dB}) = A + B \log r - D \text{ região aberta}$$

$r$ : distância em km

## Modelo Okumura-Hata (2)

---

$$A = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,82 \log h_b - a(h_m)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \log h_b$$

$$C = 5,4 + 2 \left[ \log (f_c / 28) \right]^2$$

$$D = 40,94 + 4,78 (\log f_c)^2 - 18,33 \log f_c$$

$f_c$  : frequência operação (MHz)

$h_b$  e  $h_m$  : altura antena base e móvel (m)

$a(h_m)$  : fator de correção



## Modelo Okumura-Hata (3)

---

cidade grande

$$a(h_m) = 8,29 \left[ \log(1,54h_m) \right]^2 - 1,1 \text{ para } f_c \leq 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_m) = 3,2 \left[ \log(11,75h_m) \right]^2 - 4,97 \text{ para } f_c > 300 \text{ MHz}$$

cidade média e pequena

$$a(h_m) = [1,1 \log f_c - 0,7] h_m - (1,56 \log f_c - 0,8) \quad \forall f_c$$

# Domínio de validade dos parâmetros

---

$$150 \text{ MHz} < f_c < 1000 \text{ MHz}$$

$$30 \text{ m} < h_b < 200 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} < h_m < 10 \text{ m}$$

$$1 \text{ km} < r < 20 \text{ km}$$