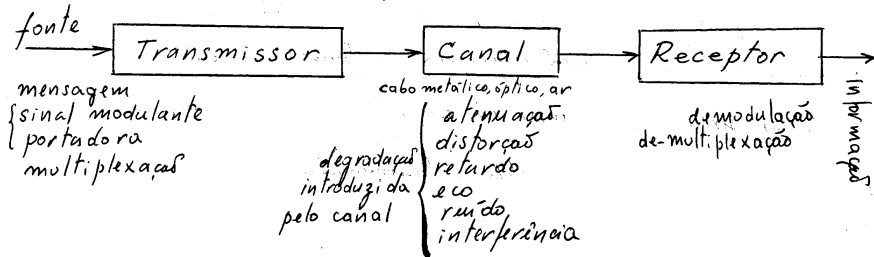


# Sistema elementar de Comunicações

ENG 0570  
Teoria das  
Comunicações

1. O modelo do sistema elementar de comunicações com as perturbações do canal está mostrado na figura abaixo:



2. Perturbações introduzidas pelo canal

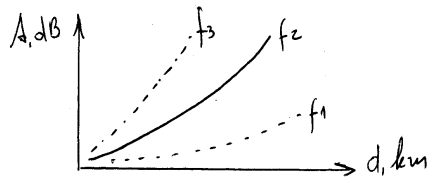
a) Atenuação: é a redução da amplitude do sinal em relação a nível originalmente transmitido, ao percorrer o canal. É também denominada de "perda", e geralmente expressa em dB.

Exemplo: Na entrada de um sistema o sinal aplicado é de 10 mW. Na saída mediu-se 5 mW. Então a atenuação é:

$$A, \text{dB} = 10 \times \log_{10} \left( \frac{\text{Potência de saída}}{\text{Potência de entrada}} \right) = 10 \times \log_{10} \left( \frac{5 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} \right) =$$

$$= 10 \log_{10} \left( \frac{1}{2} \right) = -3 \text{ dB} \rightarrow \text{diz-se um atenuação ou perda de "3 dB"}$$

A figura abaixo apresenta um gráfico de atenuação versus distância para um determinado tipo de meio de transmissão.



Gr: 6801

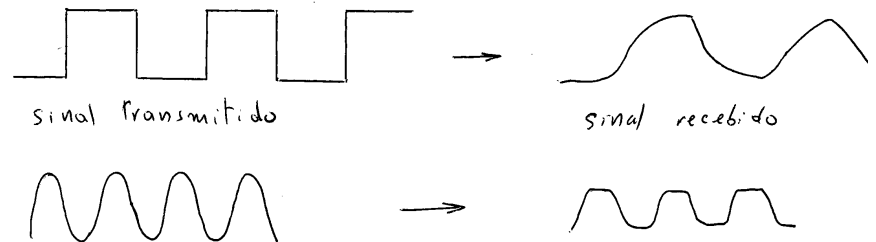
A atenuação aumenta com a distância e é dependente da frequência do sinal de operação.

①

Todo e qualquer sinal, ao percorrer todo e qualquer meio de transmissão sofre atenuação. Este parâmetro é especificado geralmente em dB/km, para linhas de transmissão (par metálico, cabo coaxial, fibra óptica).

Dispositivos como filtros e misturadores também introduzem atenuação.

b) Distorção: é a alteração da composição espectral de um sinal, pela adição <sup>ou atenuação</sup> indesejada de harmônicos. É devida a não linearidade dos circuitos, bem como a resposta de frequência diferenciada, conforme mostram as figuras abaixo.



c) Retardo: é devido à velocidade finita de propagação dos sinais elétricos nos meios de transmissão. A máxima velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas ocorre no vácuo, e o valor é de  $3 \times 10^8$  m/s. Em todos os demais meios a velocidade é menor. Em cabos coaxiais e fibras ópticas é da ordem de 80% e 65% da velocidade da luz, respectivamente. Um mesmo sinal oriundo de uma estação radio base pode alcançar o receptor segundo percursos distintos e com diferentes retardos, no que é conhecido como "fenômeno de multi-

sistema elementar de comunicações

②

percurso", que é o fator limitante na taxa de dados em sistemas móveis digitais. O retardo pode ser "visto" como o "fantasma" na imagem de TV: assim como vemos o eco de uma palavra falada.

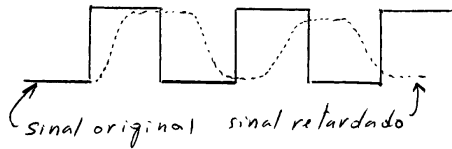
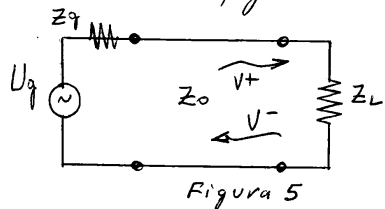


Figura 4

Solução: aumentar a duração do pulso (reduzir a taxa de dados)

d) Eco: é o retorno de uma fração do sinal transmitido de volta à origem, a fonte. Caso o eco tenha um nível de amplitude e de retardo acima do tolerável, o efeito será perturbador nas telecomunicações. É devido à discontinuidades ao longo do canal caracterizado como um sinal de retorno, conforme mostrado na figura abaixo.



$V^+$ : tensão incidente  
 $V^-$ : tensão refletida

$$\rho = \frac{V^-}{V^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad \text{coeficiente de reflexão}$$

$\rho = 0$  - não há reflexões (ideal)

e) Ruído: é qualquer sinal indesejável que perturbe o sinal desejado. Entre as fontes de ruído tem-se: movimento aleatório dos elétrons no condutor (ruído térmico), ruído industrial e chuveiramento (contaminação de tensão), ruído galáctico, ruído devido à fumaça das rotas, ruído produzido pelo semi-condutor.

O ruído térmico é calculado de:

$$P_N = k \cdot T_0 \cdot B = 1,38 \times 10^{-23} \times T_0 \times B \text{ Hz}, \text{ para } 290K \text{ tem-se}$$

$$P_N, \text{ dBm} = -144 + 10 \log(B \text{ kHz})$$

Este nível de ruído é o menor nível de ruído existente em um sistema de telecomunicação qualquer, acima de 0K (zero absoluto), ou seja SEMPRE está presente.

f) Interferência: é qualquer sinal que prejudique o sinal desejado. Pode ser gerada pelo próprio sistema ou por sistemas vizinhos. Geralmente é classificada em conduzida (quando transportada por condutores) ou irradiada (transportada pelo ar). Alguns sistemas especificam as relações mínimas de sinal desejado / interferência. Como exemplo cita-se o sistema móvel celular, onde a relação portadora / interferência (C/I) é 17dB no mínimo.

3. Parâmetros de qualidade

a) Relação sinal-ruído, S/N: é a relação entre a amplitude do sinal desejado e o nível do ruído. É geralmente expressa em dB, quando  $S/N, \text{ dB} = 10 \times \log_{10}(S/N)$ . Cada sistema opera com uma S/N mínima como por exemplo circuitos de voz telefônicos requerem cerca de 12 dB mínima para uma qualidade aceitável. Já sistemas de TV requerem S/N mín de cerca de 52 dB.

b) Relação portadora-interferência, C/I: em sistemas móveis (via rádio) é comum expressar-se a relação C/I como medida de qualidade da ligação. Um valor típico é 17 dB para uma ligação aceitável.

c) BER: Taxa de bits errados ("bit error rate"): indica a quantidade de bits errados em um conjunto de bits recebidos. Para telefonia voz valores de  $10^{-4}$  são aceitáveis, e em sistemas sem fio (wifi, blue tooth) valores de  $10^{-5}$  são aceitáveis, para sistemas de alta velocidade valores de até cerca de  $10^{-9}$  são a meta. Uma BER de  $10^{-3}$  significa 1 bit errado a cada 1000 bits recebidos.

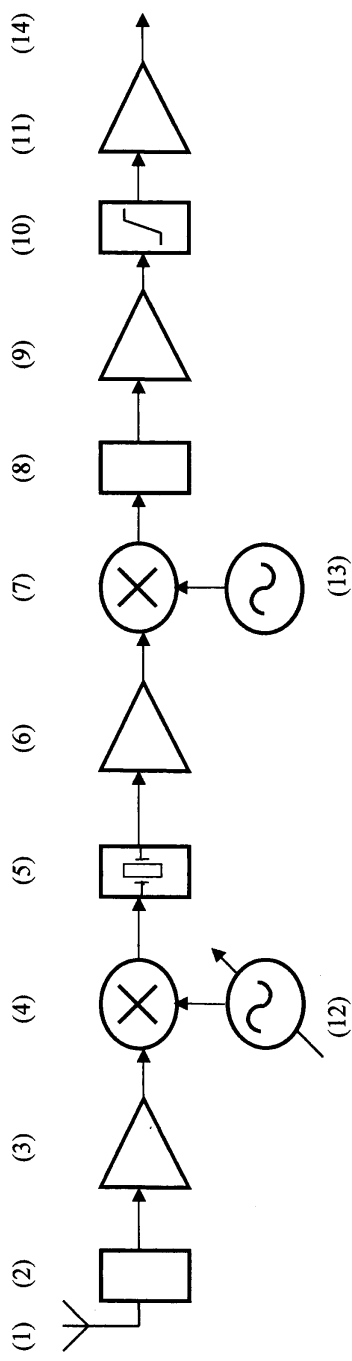
d) QOS: qualidade de serviço; é um conjunto de parâmetros de desempenho acordados entre a operadora ou prestadora de serviços e o cliente (geralmente corporativo) em forma contratual e sujeito à multa em caso de não atendimento.

e) SINAD

Sistema elementar de comunicação



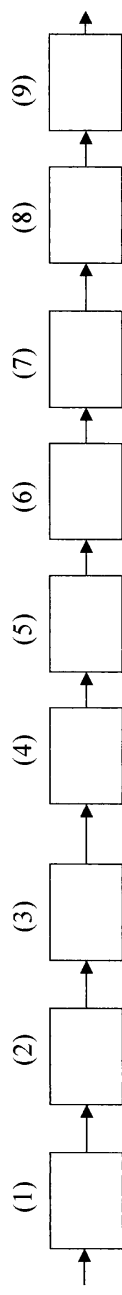
## Circuitos de Comunicações - O Receptor Super Heteródino



Dispositivo	Função	Dispositivo	Função
(1): Antena	Captar sinais de ondas EM	(8): Filtro da 2ª FI	Filtrar sinais fora da faixa da 2ª FI
(2): Filtro de entrada	Filtrar sinais fora da banda	(9): Amplificador da 2ª FI	Amplificar a faixa da 2ª FI
(3): Amplificador de RF	Amplificar RF em banda larga	(10): Demodulador	Demodular o sinal em banda base
(4): 1º Misturador (mixer)	Gerar a 1ª FI	(11): Amplificador	Amplificar o sinal em banda base
(5): Filtro da 1ª FI	Filtrar sinais fora da faixa da 1ª FI	(12): 1º Oscilador local	Aplicar sinal no 1º misturador
(6): Amplificador da 1ª FI	Amplificar a faixa da 1ª FI	(13): 2º Oscilador local	Aplicar sinal no 2º misturador
(7): 2º Misturador	Gerar a 2ª FI	(14): Transdutor de saída	Transformar o sinal

Fevereiro de 2000  
Manoel Gibson M. Diniz Navas

## Circuitos de Comunicações - A Cadeia Digital



Descrição	Função
(1): Receptor super - heteródino	Recepção do sinal
(2): Acesso múltiplo	Atribuição do canal
(3): De-espalhamento do espectro	Reconstituição do sinal no canal no domínio da frequência
(4): Demodulação	Transforma formas de ondas em símbolos
(5): Demultiplexação	Separação dos demais canais e do canal desejado
(6): Decodificação do canal	Retornar a largura de banda do sinal; SNR x P <sub>E</sub>
(7): Decifragem	Decifragem caso tenha sido cifrada; sigilo
(8): Decodificação da fonte	Transformação para adaptação do sinal
(9): Formatação	Transforma símbolos digitais em informação