



Princípios de Comunicações

Prof. Rodrigo C. de Lamare
CETUC, PUC-Rio
delamare@puc-rio.br



Material e avaliação

- Notas de aula/slides

- Livros-texto:
 - Proakis, J. e Salehi M., *Fundamentals of Communication Systems*, Pearson, 2015.
 - Lathi, B. e Ding Z., *Modern Digital and Analog Communication Systems*, Oxford, 4th Edition, 2010.

- Avaliação:
 - 3 Provas
 - 7 Listas de exercícios analíticos e práticos, e 1 projeto com Matlab
 - Critério 5 da PUC-Rio
 - Listas valem 25% de G1, G2 e G3

- Página do curso:
<http://delamare.usuarios.rdc.puc-rio.br/Principios%20de%20comunicacoes.htm>



Conteúdo

- I. Fundamentos de sistemas de comunicação
- II. Sinais e sistemas, princípios de transmissão e filtragem
- III. Modulação analógica
- IV. Conversão analógico-digital
- V. Introdução à teoria da informação
- VI. Modulação digital

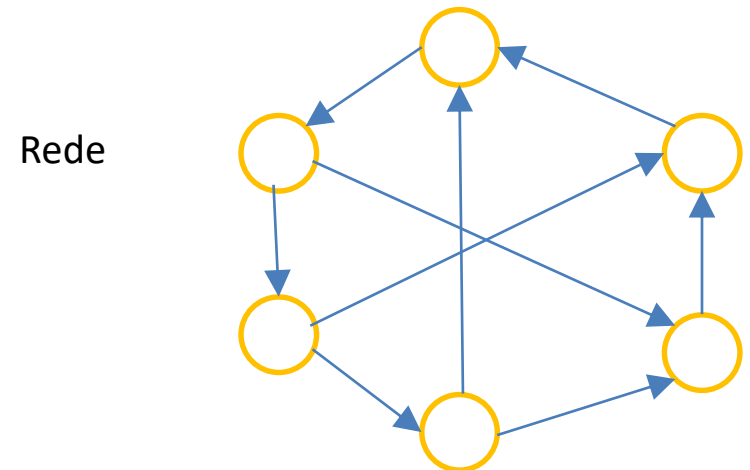
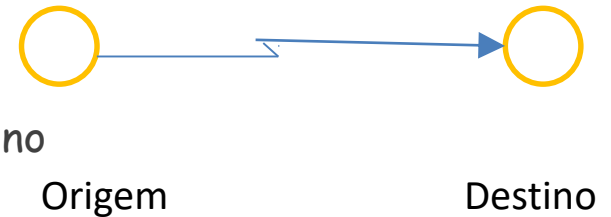


I. Fundamentos de sistemas de comunicação

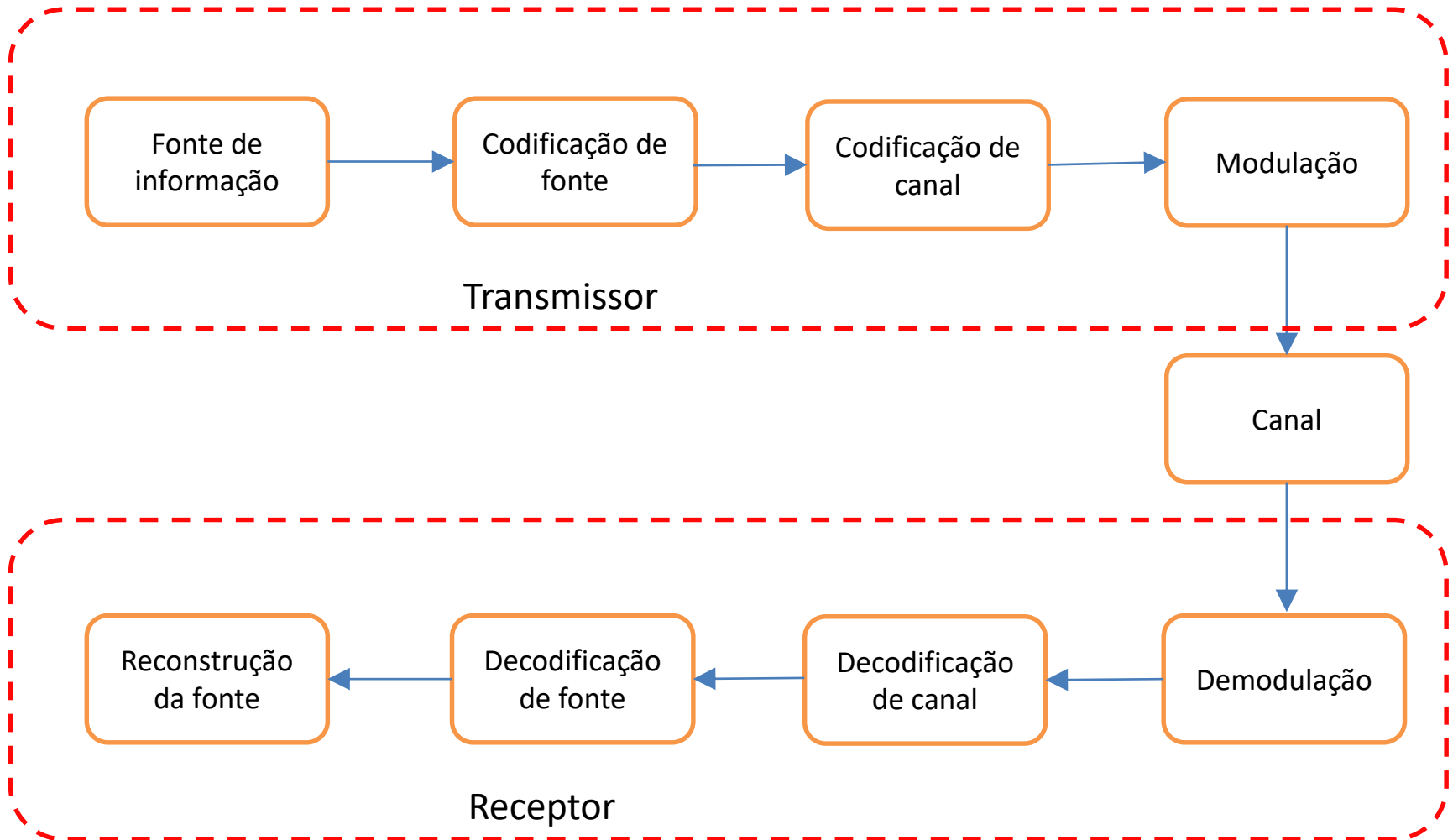
- A. Sistemas e redes de comunicação
- B. Canais de comunicação
- C. Modelos matemáticos

Introdução

- Princípios de comunicações
 - Transmitir informação de forma confiável
 - Reproduzir mensagens de uma origem a um destino
- Elementos de um sistema
 - Fonte de informação: mensagem analógica ou digital
 - Transmissor
 - Canal
 - Receptor
 - Antenas
- Redes de comunicação
 - Conjuntos de sistemas e enlaces
 - Atendimento de múltiplos usuários



A. Sistemas e redes de comunicação





- Fonte de informação: produz mensagens analógicas ou digitais na forma de bits
- Codificação de fonte: obtém uma representação eficiente da mensagem digital
- Codificação de canal: introduz redundância para proteger a mensagem contra efeitos do canal.
- Modulação: mapeia a informação em uma forma de onda com ajuda de uma portadora para transmissão em uma faixa de frequências.
- Canal: meio físico que inclui o efeito do ruído e diversos tipos de interferência

Exclusivos
para
sistemas
digitais

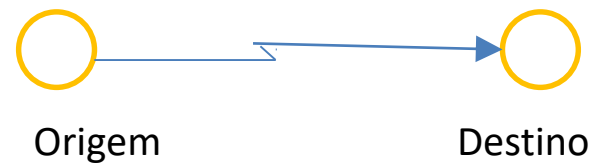


- Demodulação: processa a forma de onda ou a desloca para a sua forma original e aplica um mapeamento inverso para obter o sinal com a informação em uma frequência em torno de zero.
- Decodificação de canal: explora a redundância do código para corrigir erros causados pelo canal.
- Decodificação de fonte: mapeamento inverso da codificação de fonte para obter o sinal com a informação
- Reconstrução de fonte: mapeamento do sinal com informação para obtenção da mensagem.

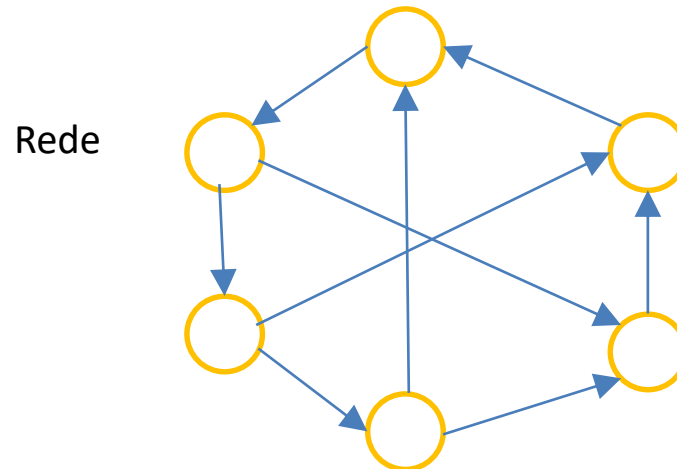
Exclusivos
para
sistemas
digitais

Esquemas de comunicações

- Comutação por circuitos e por pacotes
 - Tendência em usar pacotes e softwares
 - Problemas de segurança
- Comunicação entre 2 dispositivos (ponto a ponto):

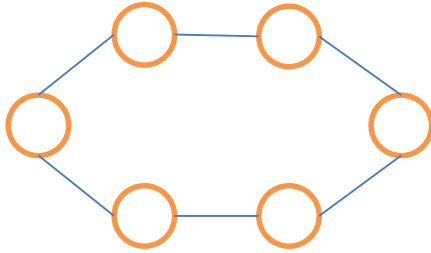


- Rede de comunicação

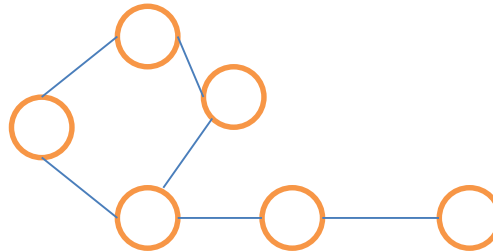


Topologias

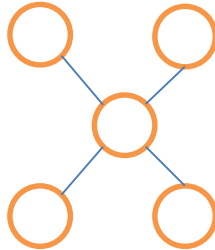
○ Anel



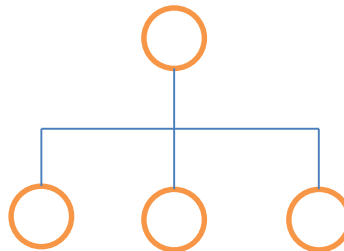
○ Malha



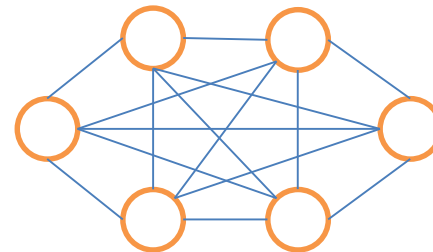
○ Estrela



○ Bus



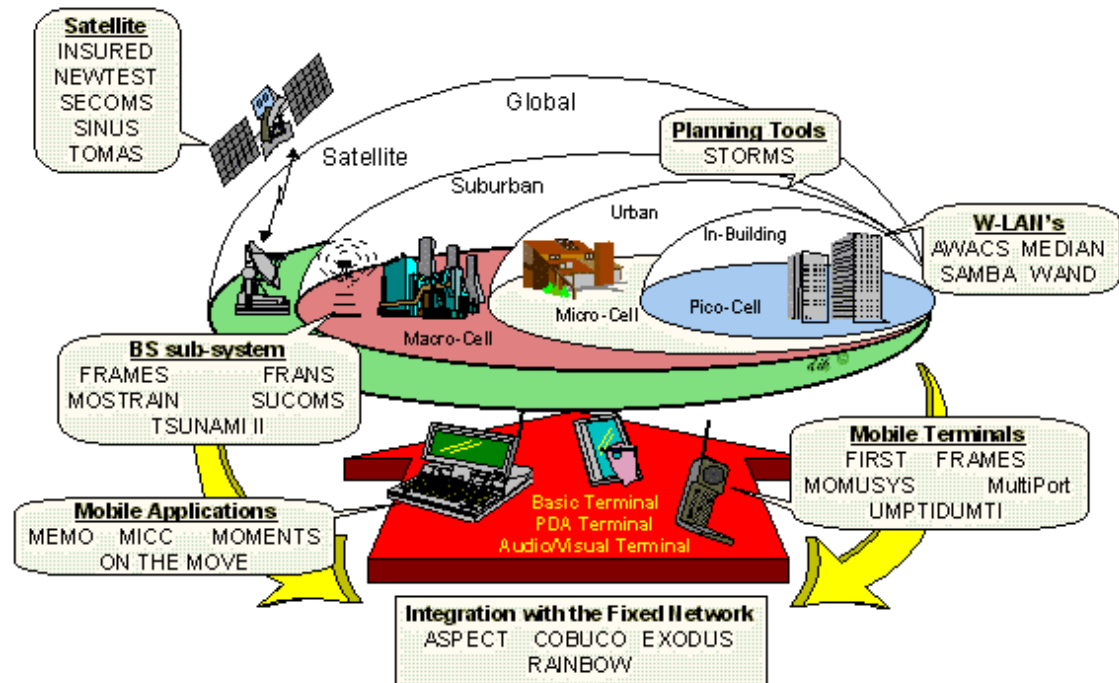
○ Totalmente conectada



Caracterização de redes

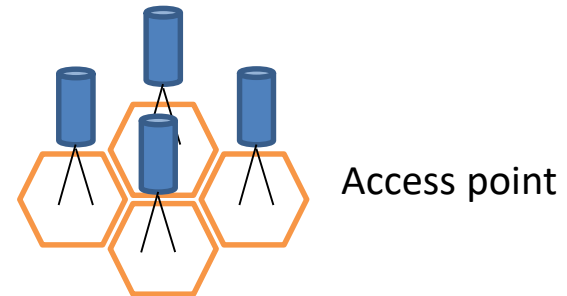
- Redes de comunicação podem ser caracterizadas conforme a sua cobertura e estrutura

- LANs
- MANs
- WANs



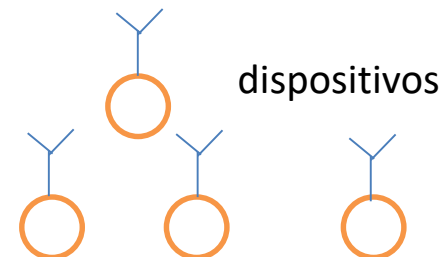
- Redes celulares

- Telefonia móvel
- Capacidade pode ser aumentada
- Crescimento substancial nas últimas décadas (1G, 2G, ..., 5G)



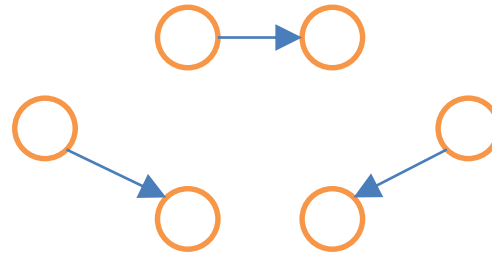
- Redes ad hoc

- Sem estrutura definida
- Redes de sensores
- Internet das coisas

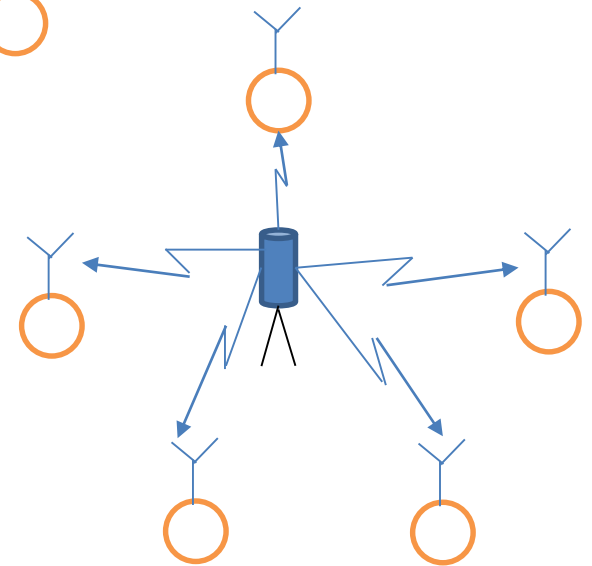


Estratégias de transmissão em redes

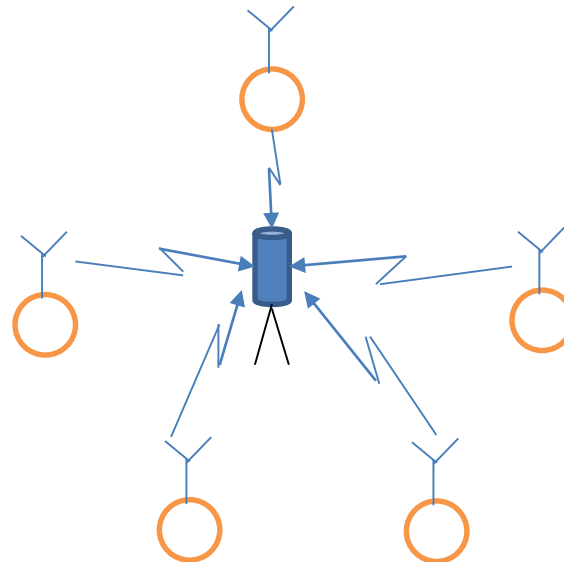
- Redes ponto a ponto:



- Redes de difusão:

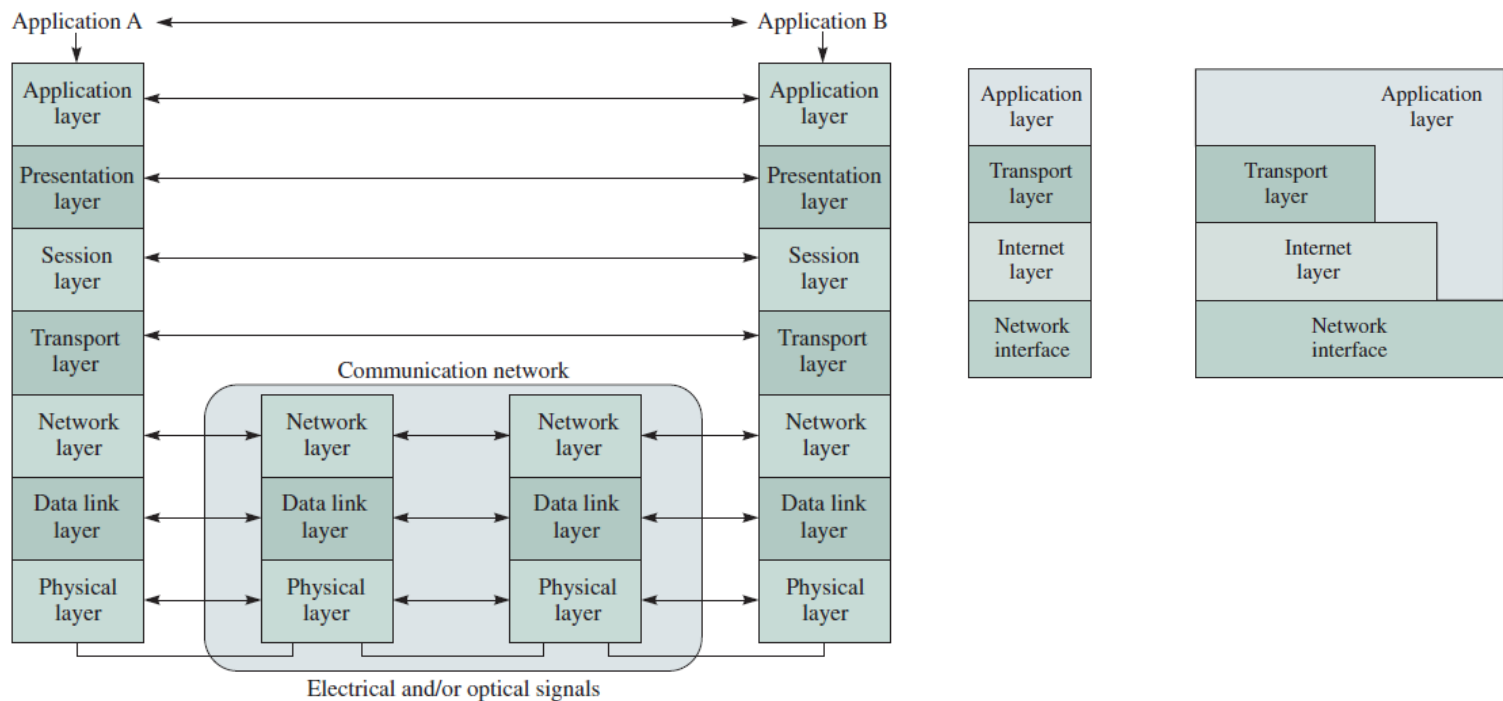


- Redes de múltiplo acesso:



Protocolos de redes de comunicação

- Estruturação em camadas de funções
- Modelos OSI e IP



- Esse curso se concentra na camada física e em alguns aspectos de rede



B. Canais de comunicação

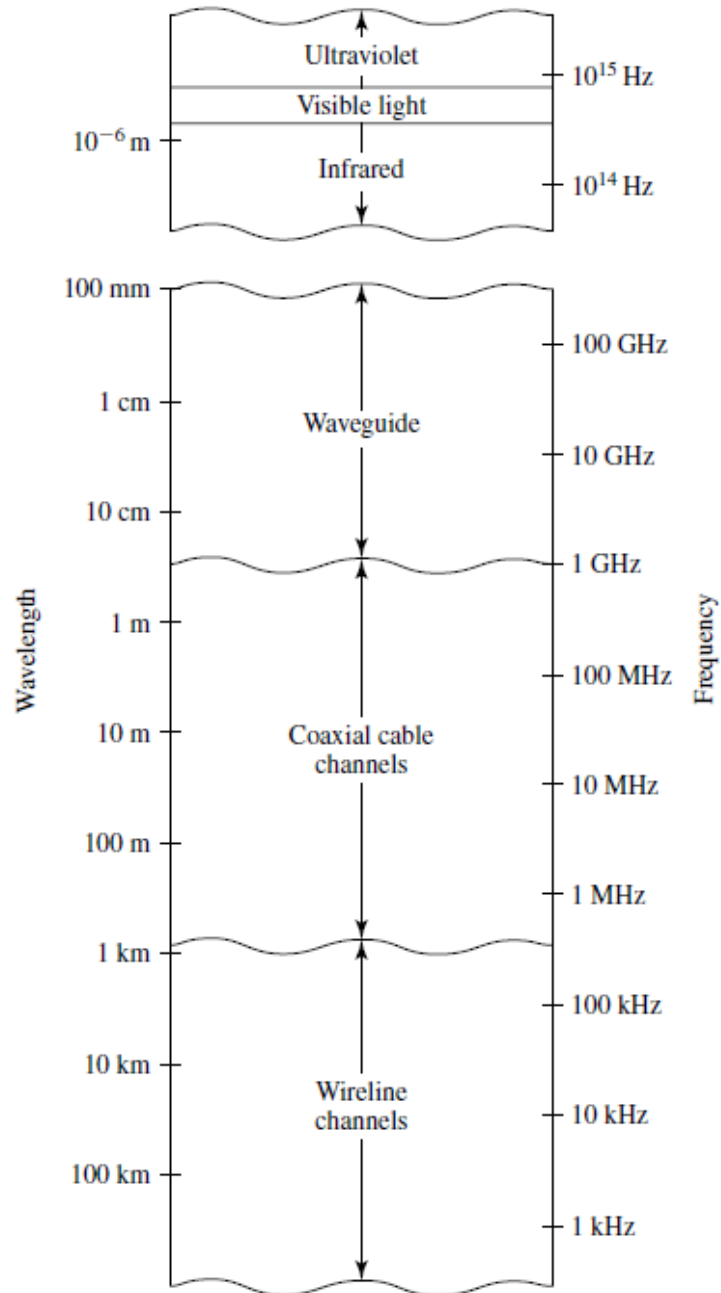
- Características comuns dos canais:
 - Distorção em amplitude
 - Distorção em fase
 - Ruído aditivo no receptor
- Tipos de canais:
 - Canais com fio (cabos coaxiais, pares trançados, fibras óticas, etc)
 - Discos magnéticos e óticos
 - Canais sem fio (microondas, ondas milimétricas, subaquáticos, terahertz, etc)



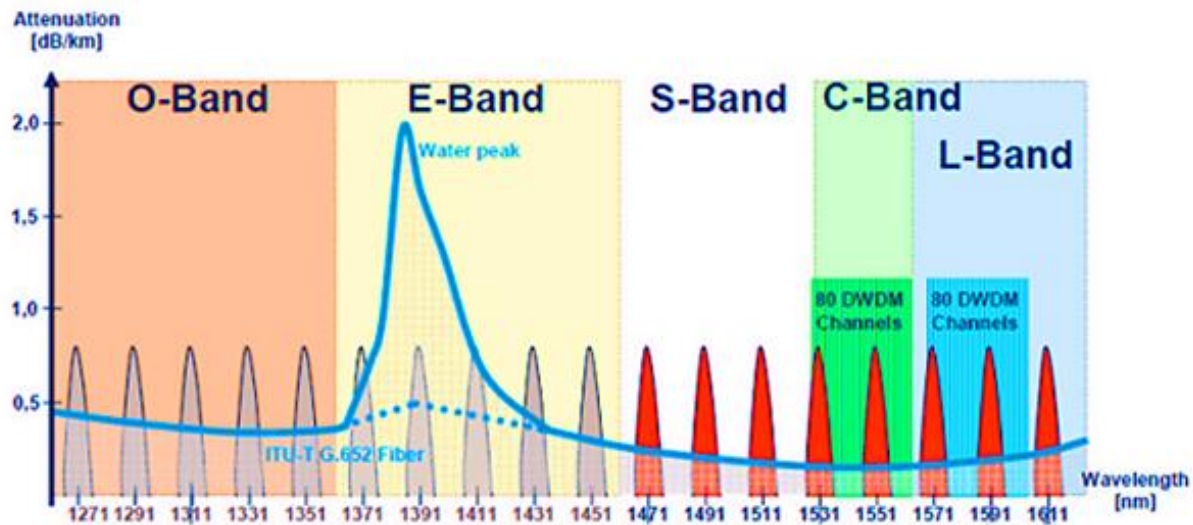
- Canais com fio
- Comprimento de onda (metros):

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

em que $c = 3 \times 10^9$ é a velocidade da luz e f é a frequência em Hz.



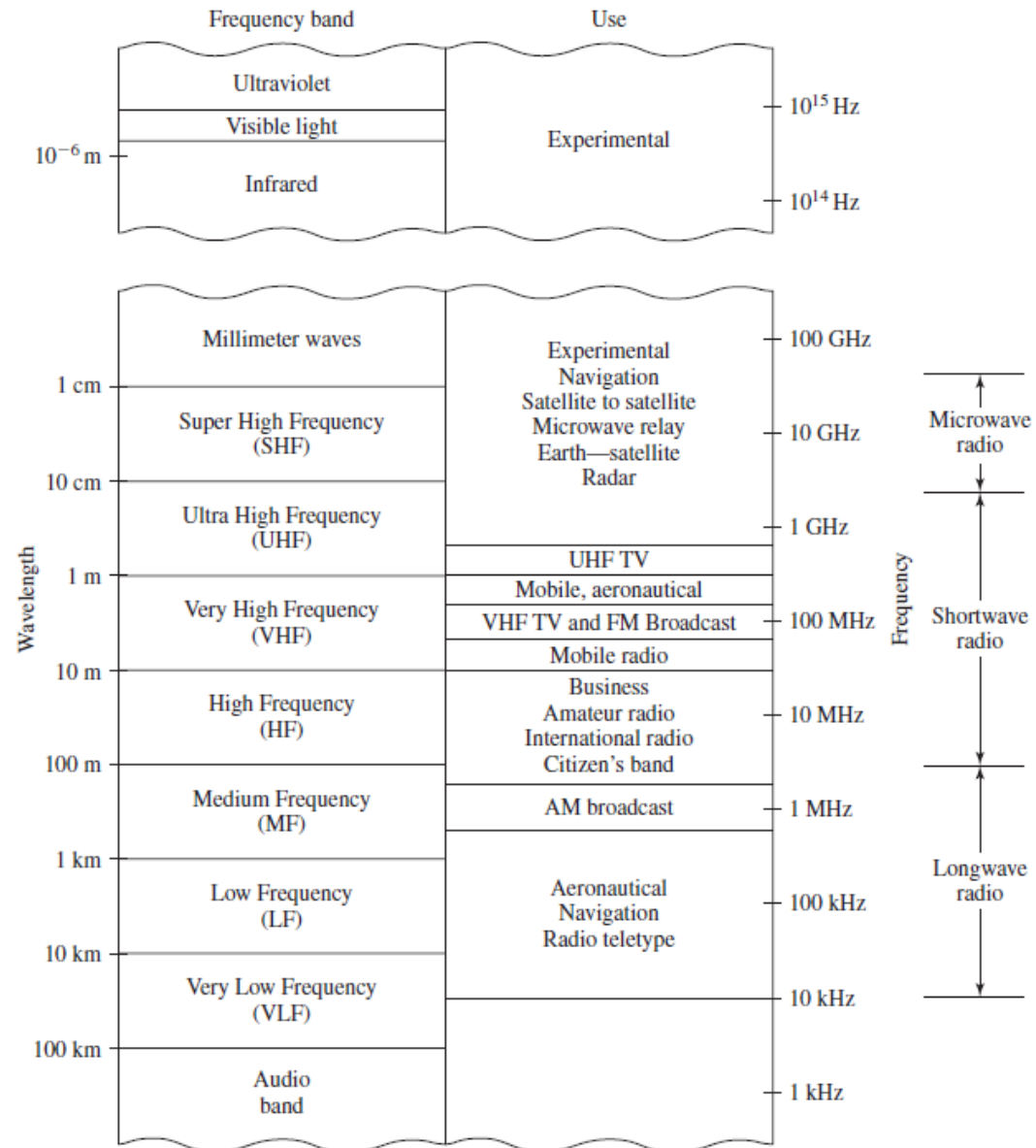
- Canais de fibra ótica
 - Faixa larga
 - Fonte: LEDs ou laser
 - Propagação: onda de luz
 - Recepção: baseada em foto-diodos





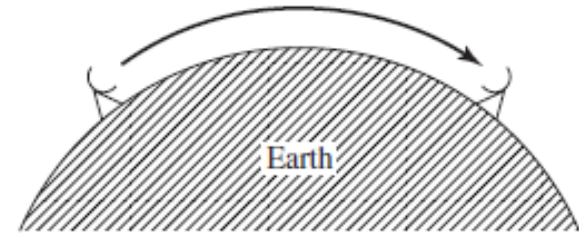
○ Canais eletromagnéticos sem fio:

- Sistemas de rádio
- Emprego de antenas
- Propagação:
 - Na atmosfera
 - No espaço livre



- Propagação em terrenos

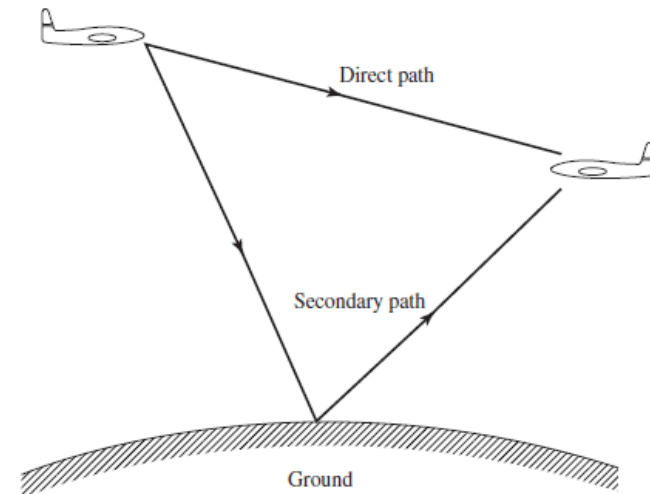
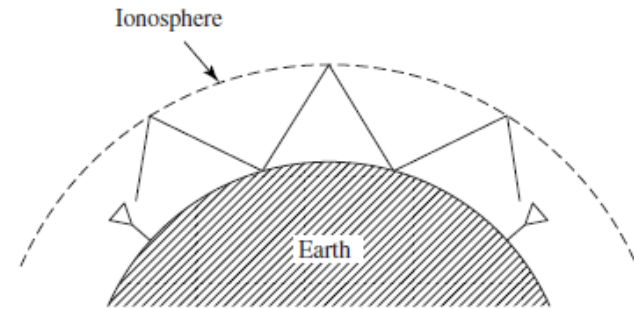
- Frequências: 0.3 → 3 MHz
- Alcance / cobertura: ~160 km
- Usado para AM e serviços de rádio-difusão marítima



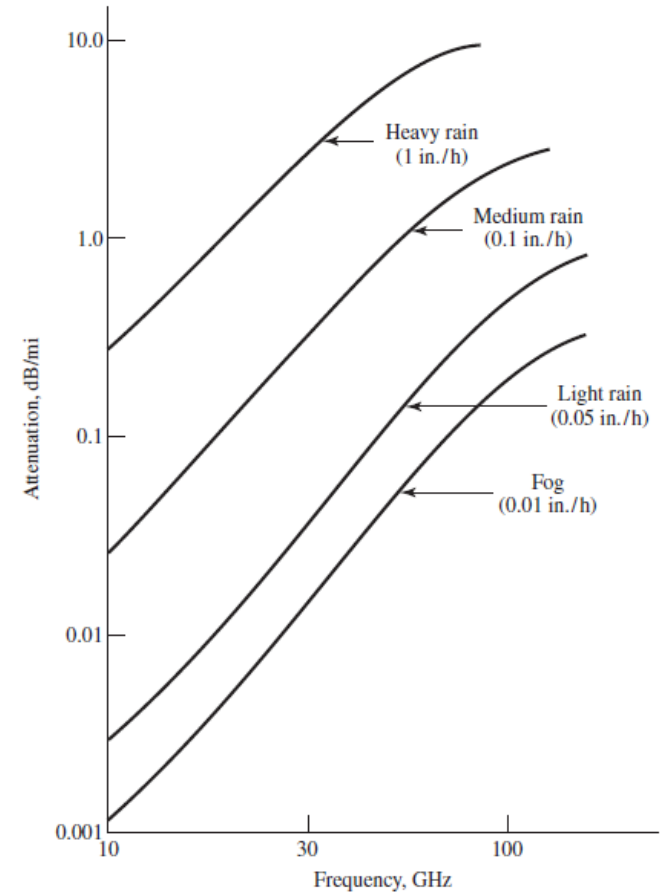
- Propagação ionosférica

- Altitude: 50-400 km acima da terra

- Problemas: propagação com múltiplos percursos -> interferência entre símbolos



- Propagação com visada direta (LoS):
 - Bandas UHF e mais altas
 - Uso em satélites e comunicações espaciais
 - Uso terrestre: sem obstruções entre o transmissor (Tx) e o receptor (Rx)
 - Efeitos da chuva: perdas na intensidade do sinal





C. Modelos matemáticos

- Modelos matemáticos são fundamentais para o projeto e análise de sistemas de comunicação
 - Úteis para projeto dos blocos do sistema
 - Úteis para simulação
- Modelo de Nyquist (1924):

$$s(t) = \sum a_n g(t - nt)$$

Sinal transmitido

bits $\{\pm 1\}$

Formato de pulso – W Hz

Taxa de transmissão:

$1/T$ bits /s ou

$2W$ pulsos /s



- Modelo de sistemas de transmissão



- Modelo do sinal recebido

$$r(t) = s(t) + n(t)$$

Sinal transmitido

ruído



- Modelo de transmissão em canais com desvanecimento:

$$r(t) = \alpha s(t) + n(t)$$

desvanecimento



- Modelo com filtro no transmissor:

$$\begin{aligned} r(t) &= h(t) * s(t) + n(t) \\ &= \int_0^{\infty} h(\tau) s(t - \tau) d\tau + n(t) \end{aligned}$$



- Modelo para canais com desvanecimento e multipercurso:

$$\begin{aligned} r(t) &= h(\tau, t) * s(t) + n(t) \\ &= \int_0^{\infty} h(\tau, t) s(t - \tau) d\tau + n(t) \end{aligned}$$

Canal multipercurso variante no tempo

Usando-se o modelo de canal de multipercurso

$$h(\tau, t) = \sum_{k=1}^L \alpha_k(t) \delta(\tau - \tau_k)$$

Substituindo-se $h(\tau, t)$ em $r(t)$ tem-se

desvanecimento

$$r(t) = \sum_{k=1}^L \alpha_k(t) s(t - \tau_k) + n(t)$$