

# Aula 9 – Redes Sem Fio: Conceitos e Camada Física

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

# Na Última Aula...

- Vimos um exemplo de rede nível 2 complexa: *Data Center*.
  - Alto grau de interconectividade.
  - Cria loops físicos **propositais**.
  - Objetivo: **múltiplos caminhos, redundância, confiabilidade**.
- Vimos um exemplo do funcionamento (quase) completo da pilha TCP/IP.
  - Envolvendo HTTP, TCP, IP, ARP, UDP, DHCP, ...

# Capítulo 6: Motivação, Contexto e Objetivos

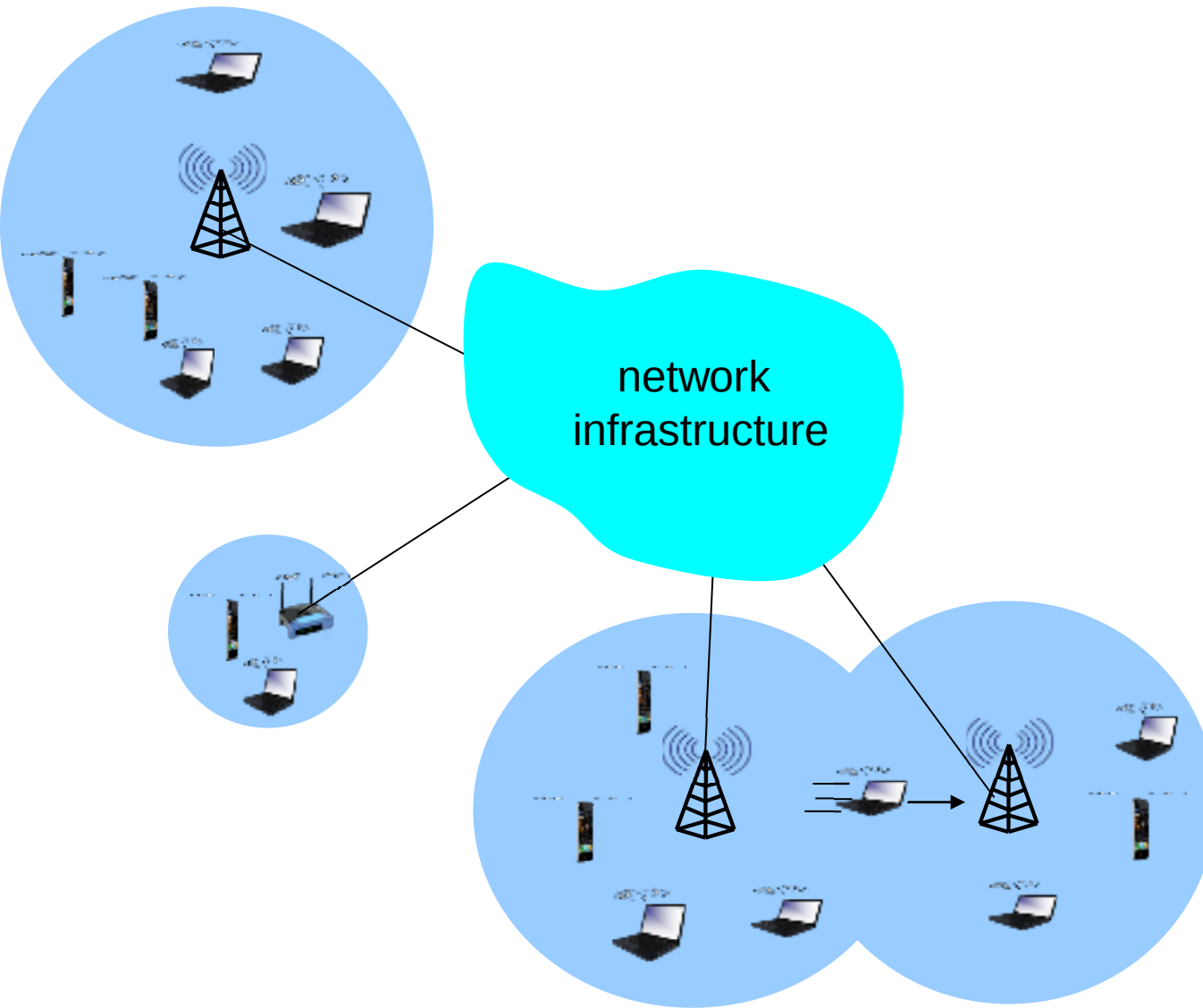
- Número de linhas de celular já é maior que o de linhas de telefones fixos (6 para 1 no Brasil!).
- Número de dispositivos sem fio conectados à Internet é equivalente ao de dispositivos cabeados.
  - Laptops, tablets, celulares prometem conectividade ubíqua à Internet.
- Dois desafios importantes (embora diferentes):
  - **redes sem fio**: comunicação através de enlaces sem fio.
  - **mobilidade**: suporte a usuários que mudam seu ponto de conexão com a rede.

# Agenda

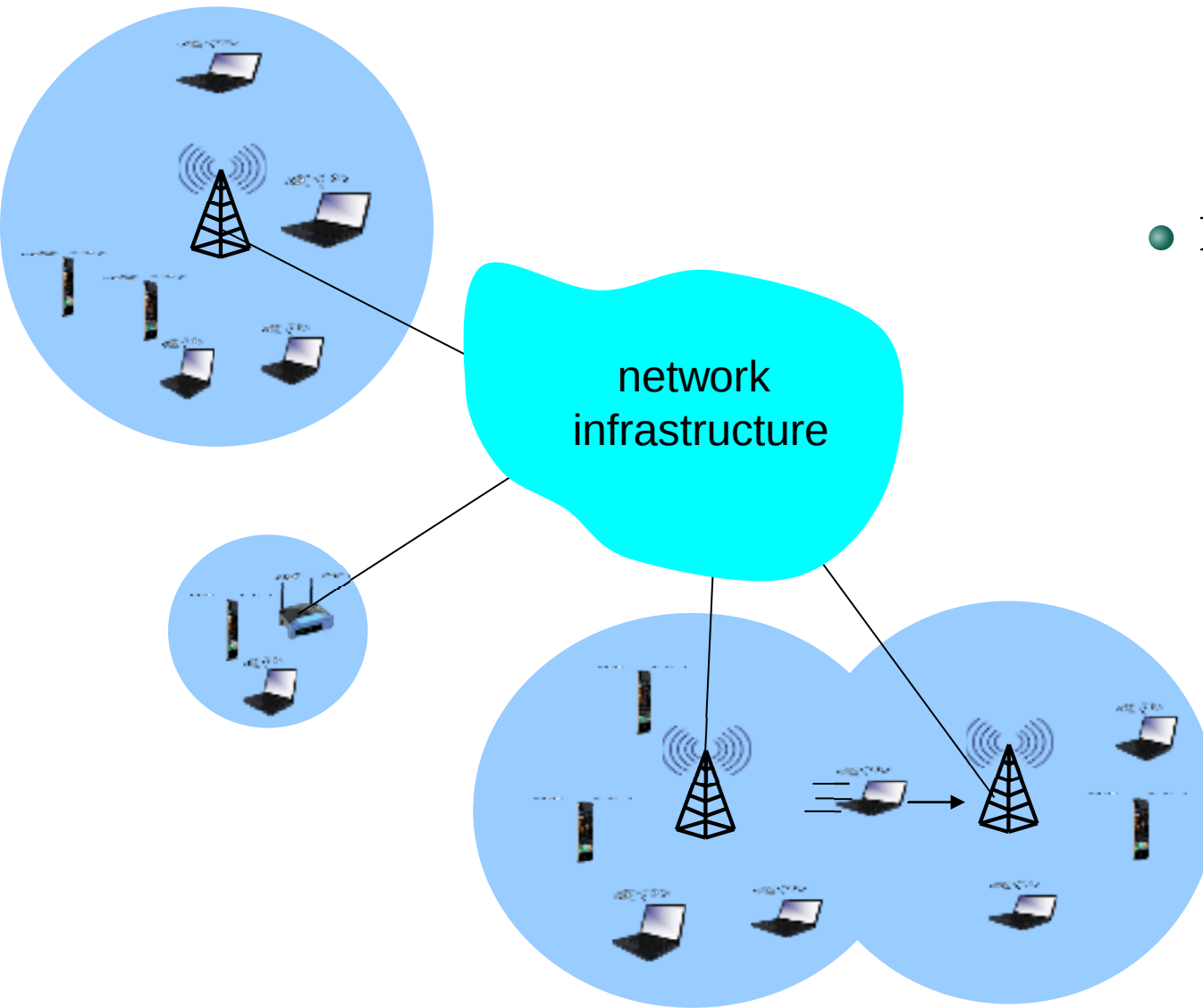
- Introdução.
- **Redes Sem Fio.**
  - Características dos enlaces sem fio.
    - CDMA.
  - Redes locais IEEE 802.11 (“Wi-Fi”).
  - Acesso à Internet via Rede Celular.
    - Arquiteturas.
    - Padrões (e.g., GSM).
- **Mobilidade**
  - Princípios: Endereçamento e Roteamento para Usuários Móveis.
  - IP Móvel.
  - Suporte à Mobilidade em Redes Celular.
  - Mobilidade e Protocolos de Camadas Superiores.
  - Sumário.

# Introdução

# Elementos de uma Rede Sem Fio (I)

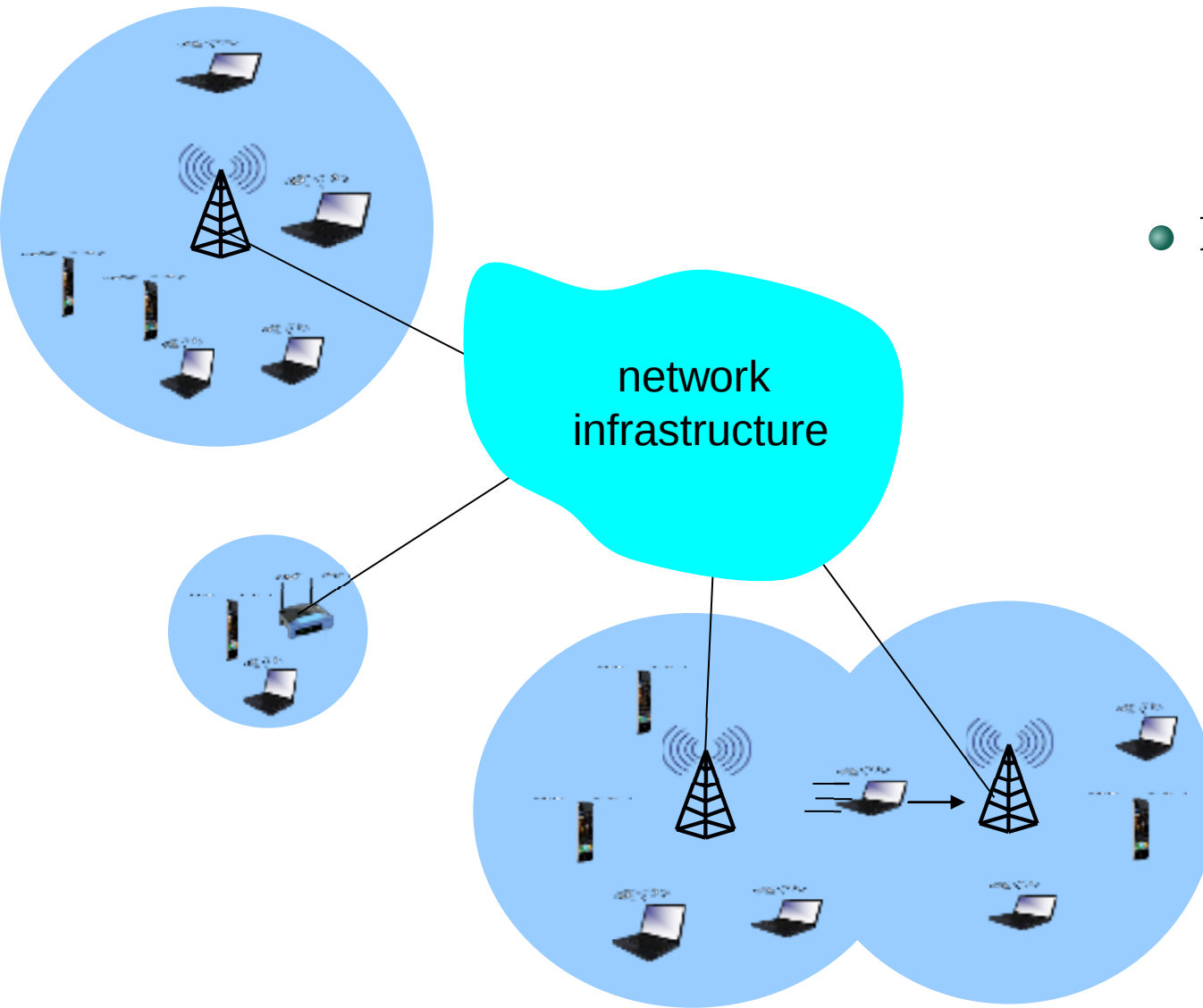


# Elementos de uma Rede Sem Fio (II)



- Hosts sem fio.
  - Laptops, smartphones.
  - Rodam aplicações.
  - Podem ser estacionários (não-móveis) ou móveis.
    - Sem fio **não** é sinônimo de mobilidade!

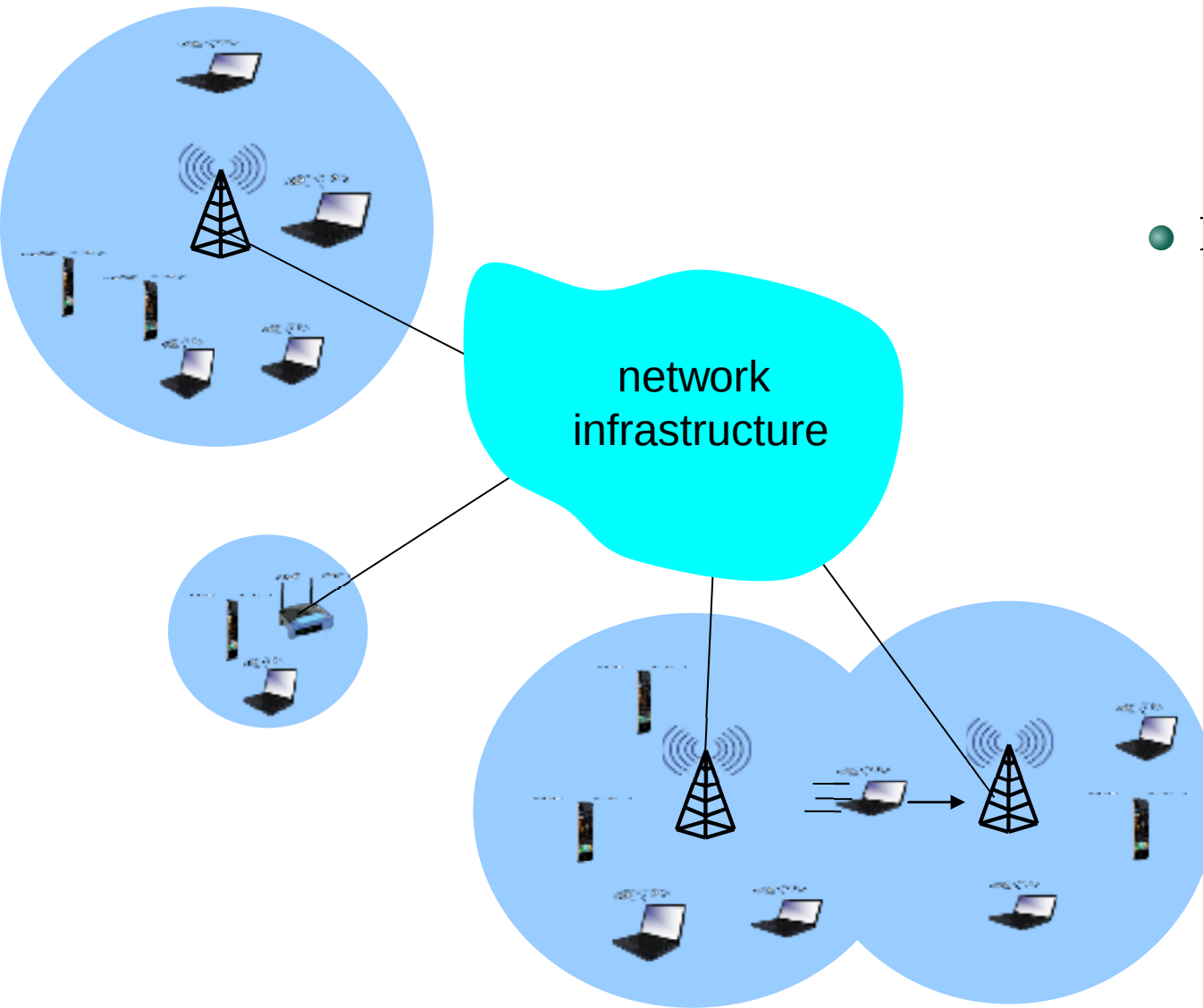
# Elementos de uma Rede Sem Fio (III)



- Estação base.
  - Tipicamente conectadas a redes cabeadas.
  - *Relay* – responsável por enviar pacotes entre rede cabeada e hosts sem fio na sua “área”.
    - *e.g.*, torres de celular, pontos de acesso 802.11.

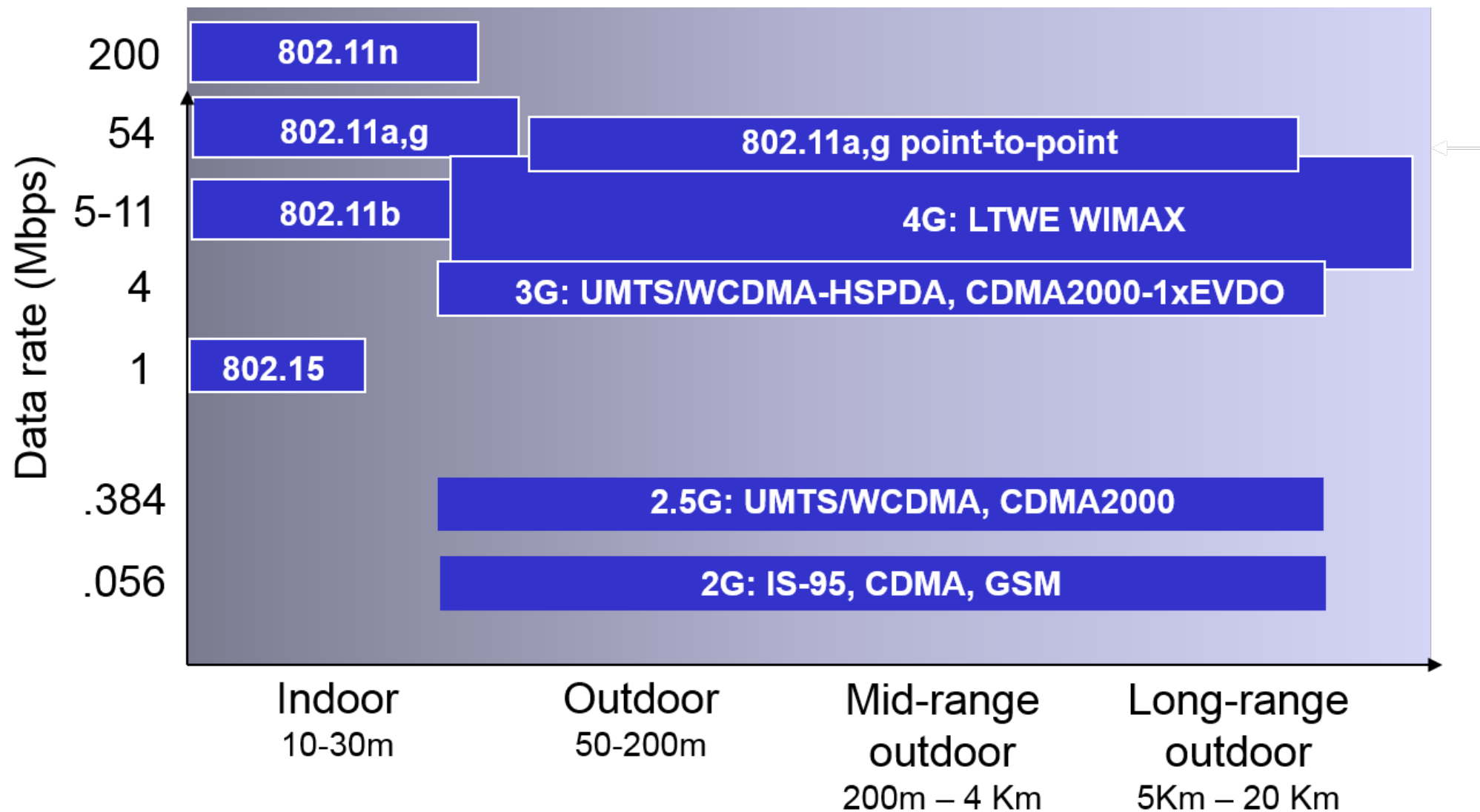


# Elementos de uma Rede Sem Fio (IV)

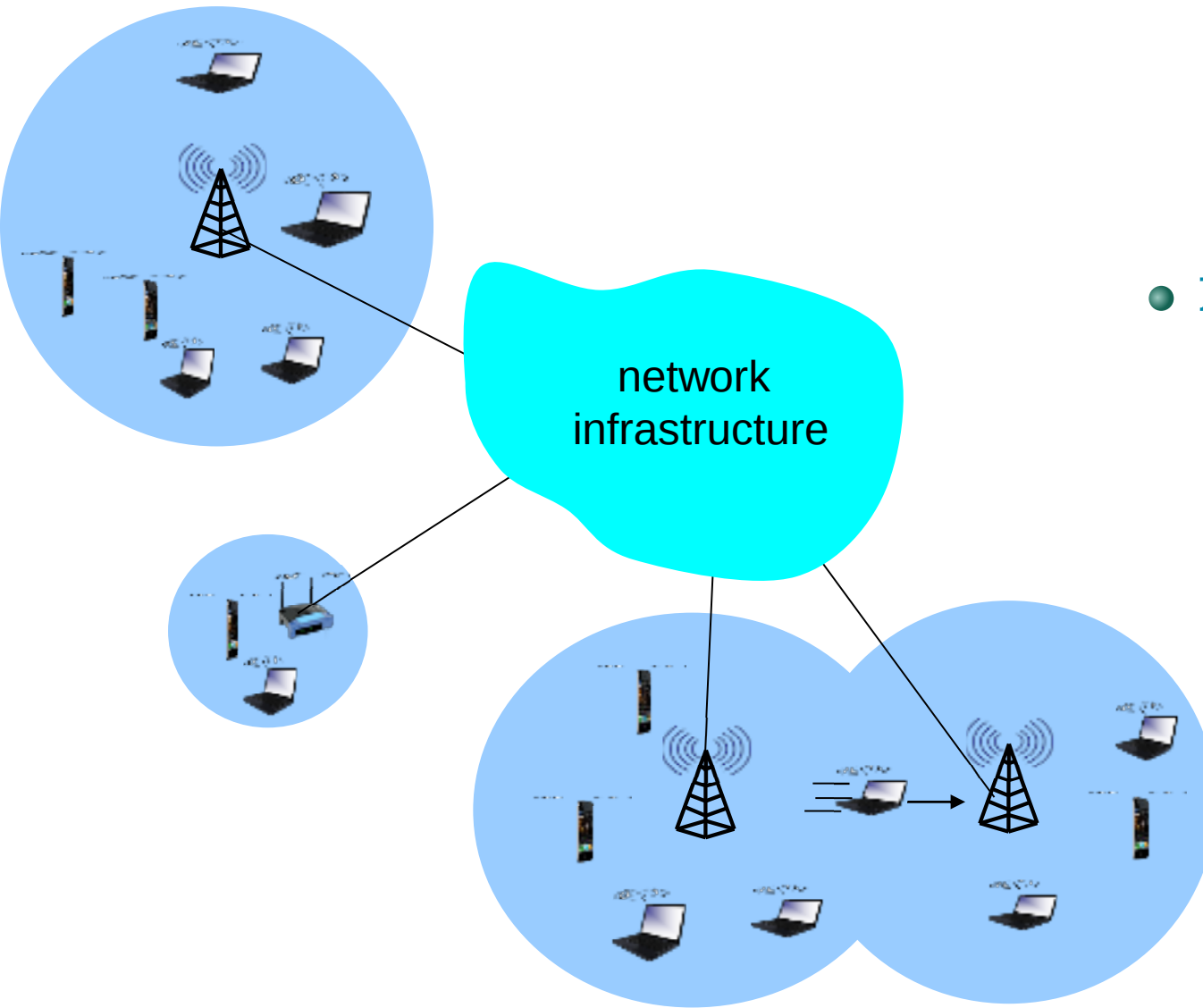


- Enlace sem fio.
  - Tipicamente, conectam hosts sem fio à estação base.
  - Também podem ser usadas como enlaces do *backbone*.
  - Protocolo de acesso múltiplo coordena uso do enlace.
  - Distâncias variadas, múltiplas taxas de transmissão.

# Características de Enlaces em Algumas Tecnologias Sem Fio



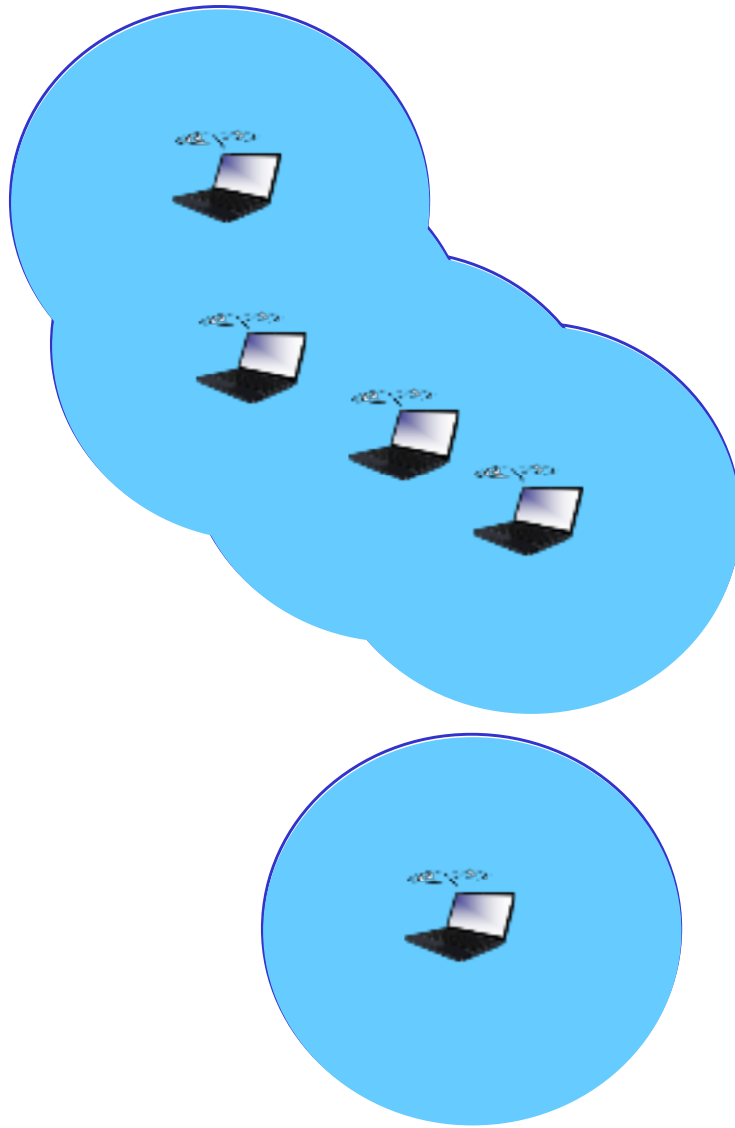
# Rede Infraestruturada vs. Sem Infraestrutura (I)



- **Rede Infraestruturada:**

- Estação base interconecta hosts sem fio à rede cabeada.
- **Handoff:** cliente muda de estação base.

# Rede Infraestruturada vs. Sem Infraestrutura (II)



- **Rede Sem Infraestrutura:**

- Sem estações base.
- Nós podem transmitir diretamente para outros nós dentro da sua área de cobertura.
- Nós se organizam em uma rede: por exemplo, podem rotear pacotes entre eles.
- Muitas vezes chamadas de *ad hoc*.

# Taxonomia de Redes Sem Fio

	Um Salto	Múltiplos Saltos
<b>Infraestruturada</b>	Host se conecta a estação base (Wi-Fi, WiMax, celular), que se conecta a uma rede maior.	Host pode precisar usar vários <i>relays</i> para se conectar a uma rede maior: rede <i>mesh</i> (ou malha); WDS, em redes Wi-Fi.
<b>Sem Infraestrutura</b>	Sem estação base, sem conexão a outras redes (Bluetooth, redes ad hoc).	Sem estação base, sem conexão a outras redes. Hosts podem precisar usar vários <i>relays</i> para alcançar outros nós: VANETs, MANETs.

# Alguns Conceitos de Camada Física

# Alguns Conceitos de Camada Física: Objetivos

- Camada física **não** é um dos focos da nossa disciplina.
- **Não** veremos detalhes técnicos sobre o funcionamento desta camada.
- **Mas...**
  - Discutiremos de forma bastante breve como transmissões ocorrem/podem ocorrer.
  - Veremos alguns exemplos simplificados.
- Objetivo: estabelecer de forma **intuitiva** alguns conceitos/propriedades da camada física.

# (Breve) Introdução à Camada Física: Conceitos e Exemplo

- **Camada física:**

- Define como a informação é representada em um canal de comunicação.

- **Transmissor:**

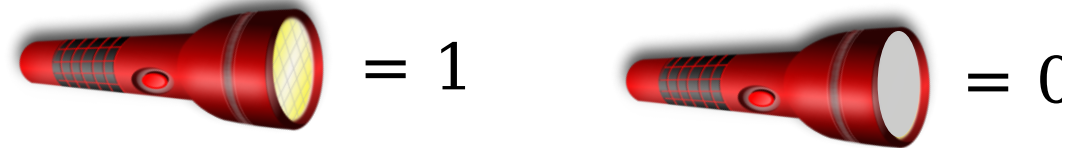
- Manipula características do meio físico de transmissão.
  - *e.g.*, potencial elétrico, amplitude de uma onda acústica.

- **Receptor:**

- Observa as características e suas variações.

- Exemplo simples: comunicação através de lanternas.

- Duas pessoas a certa distância.
- Muito longe para se ouvirem.
- Mas possuem lanternas.
  - Cada um é capaz de ver o brilho da lanterna do outro.
- Pode-se arbitrar um código:





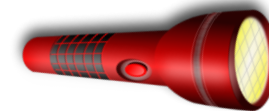
# (Breve) Introdução à Camada Física: Mensagens Complexas

- **Ainda usando o exemplo das lanternas:**
  - Transmitir bits individuais é simples.
  - Mas como transmitir mensagens complexas (mais de 1 bit)?
  - Simples:
    - Como sequência de bits.
    - A cada novo bit, alteramos o **estado** da lanterna.
  - E quanto a bits iguais em sucessão?
    - Arbitramos uma **duração** para cada bit.
    - Tempo em que a lanterna é mantida em um estado para representar bit.
    - Exemplo (duração de 1 segundo): lanterna acessa por 6 segundos  $\Rightarrow$  6 bits 1.

## Transmissão de caractere ASCII.

Entrada	a
ASCII	01100001

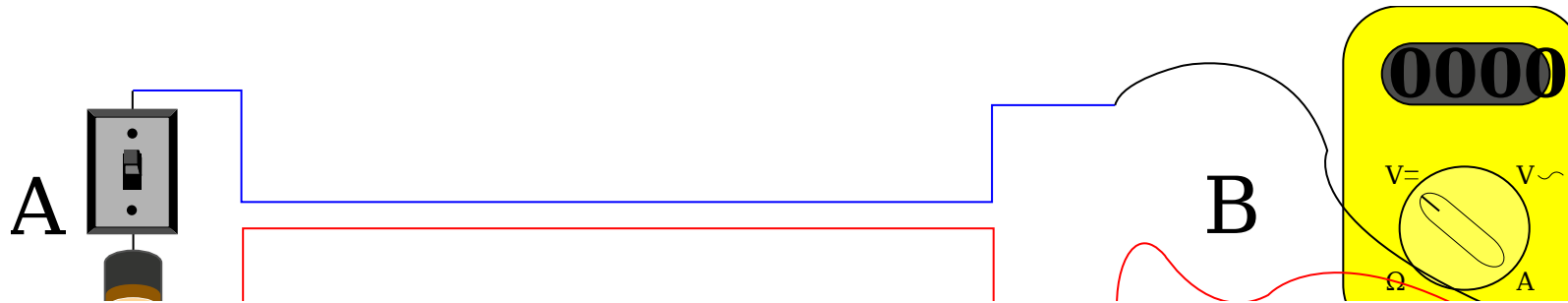
Transmitir



**Tempo = 0 ms**

# (Breve) Introdução à Camada Física: Trocando Lanternas por Circuitos

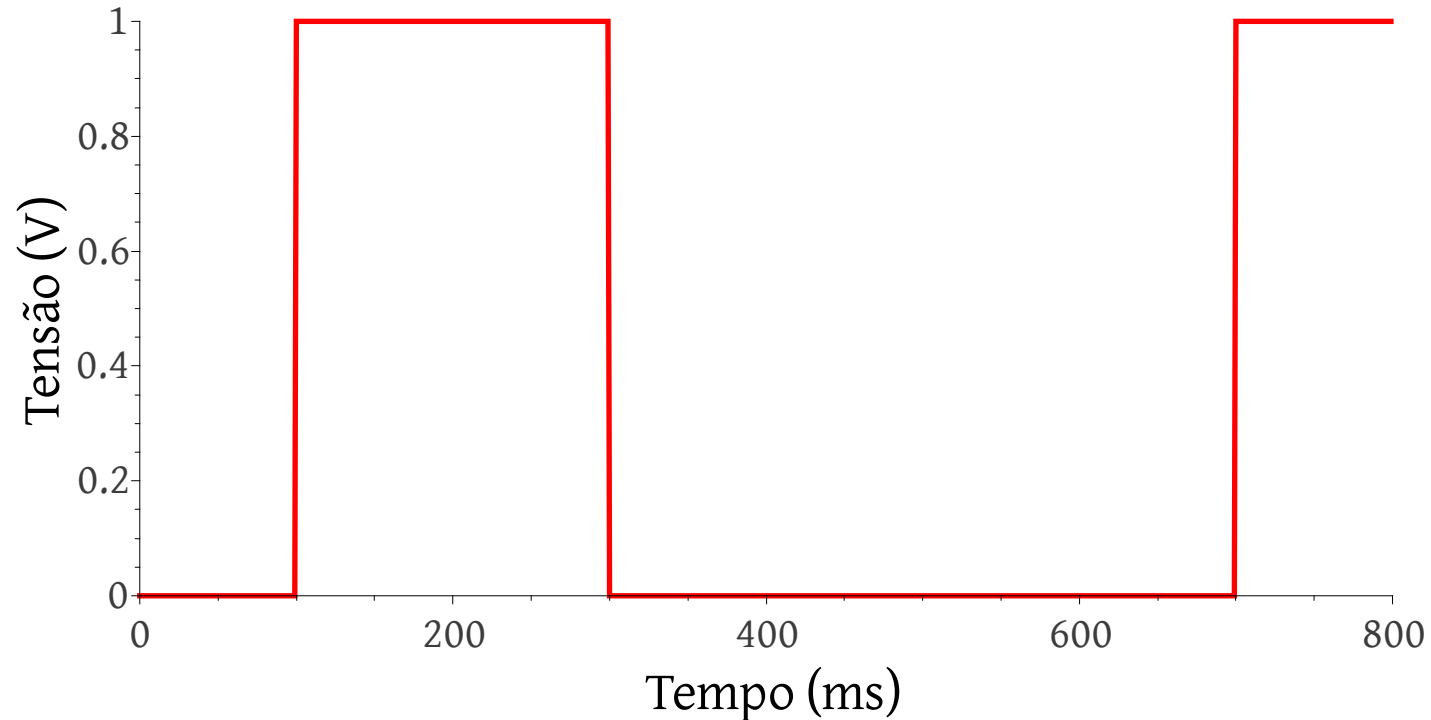
- Suponha agora que as duas pessoas não tenham mais lanternas.
- Ao invés disso, cada uma tem acesso a potas de um par de fios de cobre.
  - Transmissor tem ainda uma bateria e uma chave.
  - Receptor tem um voltímetro.



- Transmissor pode abrir e fechar o circuito.
- Dependendo do estado da chave, a leitura do voltímetro muda.
  - 0 ou tensão da bateria (aproximadamente).

# (Breve) Introdução à Camada Física: Sinal no Tempo

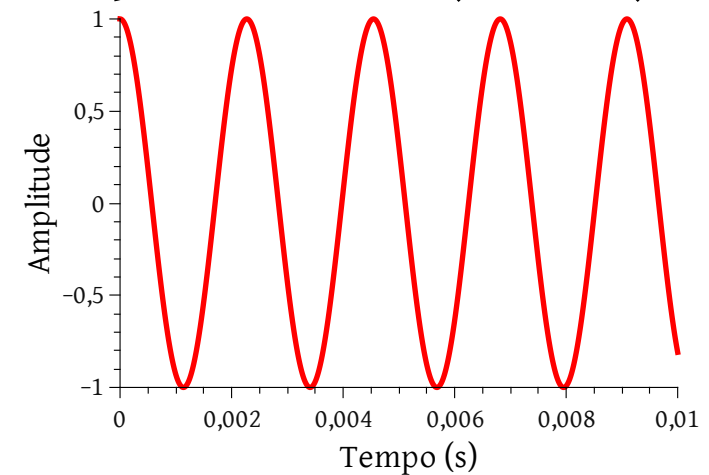
- Suponha que o transmissor envie o caractere 'a'.
  - ASCII: 01100001.
- Receptor monitora continuamente a tensão:



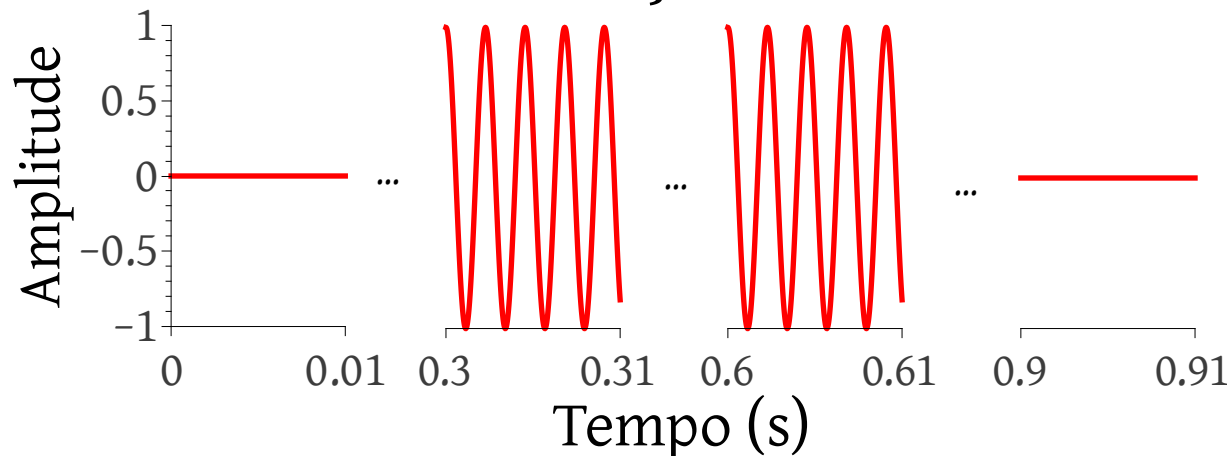
# (Breve) Introdução à Camada Física: Ondas Acústicas (I)

- Agora suponha que queremos transmitir dados através de sons.
- Para isso, usamos um piano.
- Como podemos codificar os dados?
  - Elegemos uma nota: por exemplo, um Lá central.
  - Tocamos por 1 segundo para representar o bit 1.
  - Um segundo **sem som** representa 0.

Vibração da Corda (440 Hz)



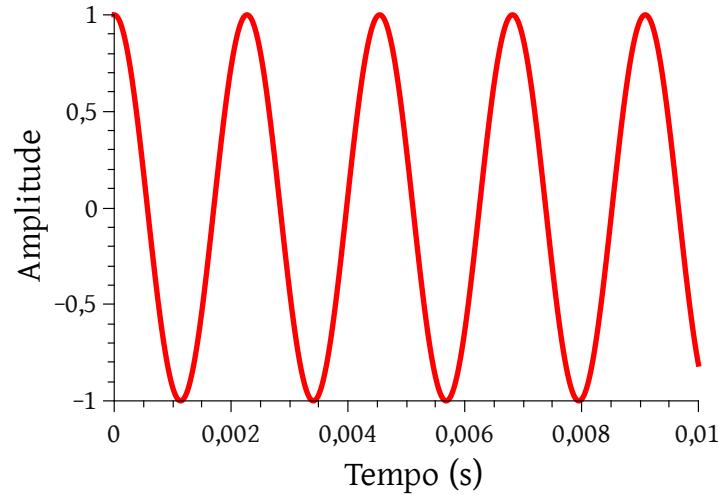
Codificação do caractere 'a'



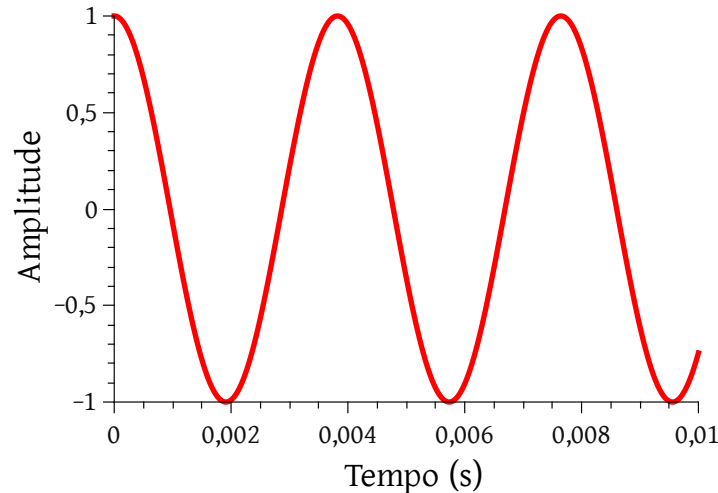
# (Breve) Introdução à Camada Física: Ondas Acústicas (II)

- Outra possibilidade: elegemos duas notas, e.g:
  - Lá representa bit 1.
  - Dó representa bit 0.

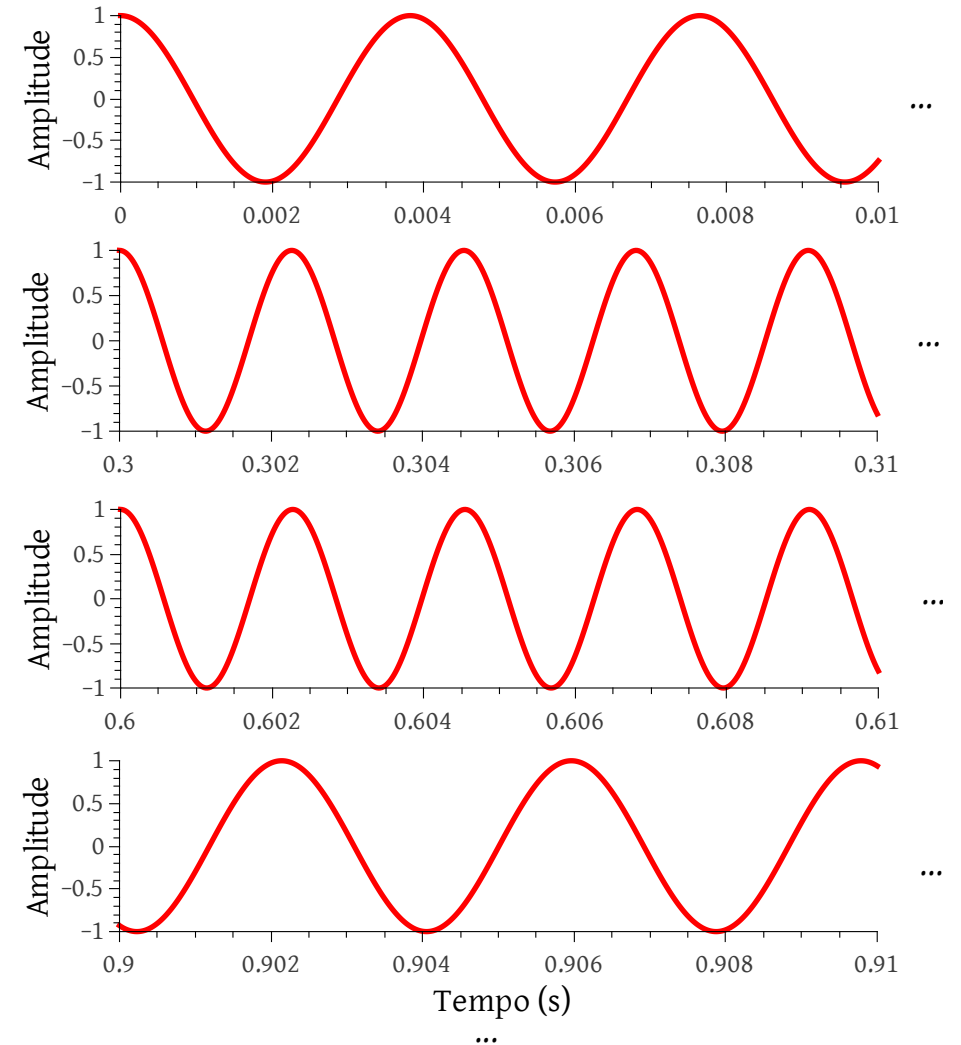
**Lá (440 Hz)** ▶





**Dó (261,6 Hz)** ▶



**Codificação do caractere 'a'** ▶



# (Breve) Introdução à Camada Física: Taxa de Transmissão (I)

- Como podemos aumentar a **taxa de transmissão**?
  - i.e., reduzir o tempo para transmitir mesma quantidade de informação.
- Alguns caminhos: por exemplo, reduzir a duração do símbolo.
  - Com 300 ms, taxa de  $\frac{1}{0,3} \approx 3,4$  b/s.
  - Com 150 ms, dobramos a taxa.
  - Com 75 ms, quadruplicamos a taxa.
- **Mas há um custo:**
  - À medida que reduzimos a duração do símbolo, aumentamos a dificuldade em “entender” a transmissão.
  - Exemplo para 150 ms 
  - Exemplo para 75 ms 

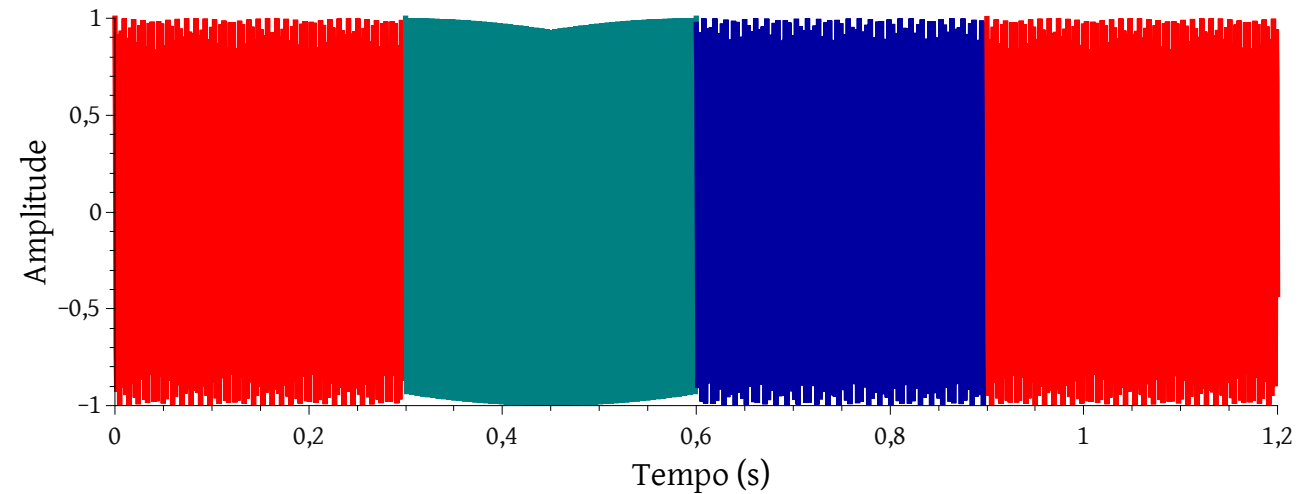
# (Breve) Introdução à Camada Física: Taxa de Transmissão (II)

- Caminho alternativo:

- Usar mais “notas”, e.g:

- Dó (261,6 Hz)  $\Rightarrow$  00.
    - Ré# (311,1 Hz)  $\Rightarrow$  01.
    - Fá# (370 Hz)  $\Rightarrow$  10.
    - Lá (440 Hz)  $\Rightarrow$  11.

Resultado



- Dobramos o número de frequências usadas, dobramos a taxa de transmissão.
- Podemos continuar este processo, aumentando ainda mais a taxa.
- **Mas, novamente, há um custo:**
  - Quanto mais próximas duas frequências, mais difícil é diferenciá-las.

# Resumo da Aula (I)...

- Conceitos básicos de redes sem fio:
  - Hosts sem fio **não são necessariamente móveis**.
    - Em geral, **mobilidade  $\neq$  sem fio**.
  - **Estação base**: interconecta clientes sem fio em sua **área de cobertura**.
    - Também conecta estes clientes a uma **infraestrutura cabeada**.
  - Enlaces sem fio:
    - **Distâncias** variadas.
    - **Taxas** variadas.
    - Meio de transmissão **tipicamente compartilhado**.
  - Redes infraestruturadas *vs. ad hoc*.
    - **Com ou sem estação base**.



# Resumo da Aula (II)...

- Conceitos Básicos de Camada Física:
  - Define como informação é **representada em canal de comunicação**.
  - Transmissor: altera algum **parâmetro físico do meio**.
  - Receptor: monitora o parâmetro, **interpretando seus valores**.
  - Exemplos de parâmetros:
    - Luminosidade, tensão elétrica, ondas sonoras, ...
  - Valores do parâmetro físico são chamados de **símbolos**.
    - Codificam **um ou mais bits**.
    - Quanto **mais bits por símbolo**, maior a taxa de transmissão, probabilidade de **erro**.
  - Símbolos têm **duração**.
    - Tempo pelo qual transmissor **mantém parâmetro naquele valor**.
    - Quanto **menor a duração**, maior a taxa de transmissão, probabilidade de erro.

# Leituras e Exercícios Sugeridos

- Introdução e conceitos básicos.
  - Páginas 377 a 380 do Kurose (até Seção 6.1, inclusive).
  - Exercícios de fixação 1 e 2 do capítulo 6 do Kurose.
- Conceitos de camada física.
  - (Opcional) Para se aprofundar (um pouco), capítulo 2 do Tenenbaum.
  - Atividade sugerida:
    - [Baixe o código fonte](#) dos programas usados nas demonstrações e execute-os em casa.
    - Altere parâmetros e veja o que acontece.
    - Tente entender os compromissos entre taxa de transmissão e probabilidade de falha.

# Próxima Aula...

- Continuamos estudando as redes sem fio.
  - Usaremos os conceitos de camada física vistos nesta aula para entender características dos enlaces sem fio.
  - Também conheceremos um outro método de acesso múltiplo: o CDMA.
  - Discutiremos os conceitos de WLAN e WPAN.
    - E os seus respectivos padrões, o IEEE 802.11 e o IEEE 802.15.