

# Noções de Redes Sem Fio

## Carlos Gustavo Araújo da Rocha



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

O domínio das tecnologias envolvidas na transmissão de informações sem a necessidade de ligações físicas é **antiga e bastante sedimentada**

Porque não utilizar estes conhecimentos para implementar redes de computadores onde não se deseja a existência de ligações físicas entre os equipamentos ?



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Cenários
  - Locais onde não se deseja instalar fios
    - Construções antigas, tombadas, locais de difícil acesso, ...





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Cenários
  - Áreas de desastre
    - Desabamentos, terremotos, ...



# Redes sem Fio

- Cenários
  - Áreas de eventos
    - Exposições, feiras, congressos, ...



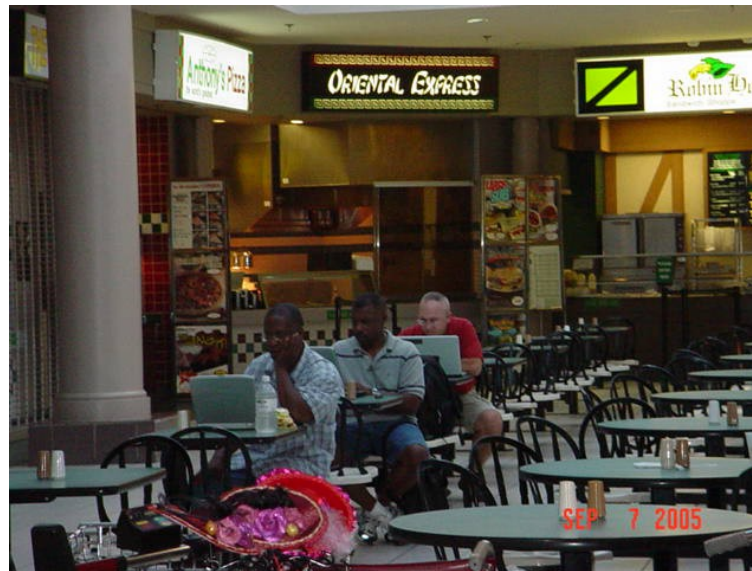
Introdução às redes de computadores  
[carlos.rocha@ifrn.edu.br](mailto:carlos.rocha@ifrn.edu.br)



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Cenários
  - Cenários com grande movimentação das estações
    - Uso de notebooks, veículos, ...







INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Histórico
  - Em 1970 na Universidade do Havai é criado um projeto de pesquisa chamado AlohaNet
    - AlohaNet permitia a comunicação dos computadores situados em sete campus espalhados por 4 ilhas com um computador central através de uma rede sem fio, usando radio difusão
    - Comunicação bidirecional em uma topologia em estrela



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Histórico
  - AlohaNet
    - Projeto de Grande importância, sua continuação deu origem às redes ethernet (cabeadas)





# Redes sem Fio

- Histórico
  - Em 1980 “ganha força” um projeto de pesquisa entre os EUA e o Canadá, que:
    - Visa o desenvolvimento e experimentos de novas tecnologias de redes sem fio;
    - Cria um FORUM para o desenvolvimento das *Wireless LANs*



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Histórico
  - Em **1985** a FCC (*Federal Communications Commission*) impulsionou o desenvolvimento comercial de componentes para redes sem fio, pela autorização do uso público das bandas ISM (Industrial, Scientific, and Medical)
    - Fabricantes e usuários **não terão que pagar** concessões
    - No entanto a banda é bastante “poluída”



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Histórico
  - Depois da liberação das bandas ISM, surgem diversos fabricantes de equipamentos wireless, todos desenvolvendo produtos baseados em tecnologias proprietárias;
  - Para evitar a falta de interoperabilidade entre as novas tecnologias que estavam surgindo, **O IEEE sente a necessidade da criação de padrões para o desenvolvimento das redes sem fio**



# Redes sem Fio

- Histórico
  - Os seguintes *Working Groups* do IEEE são dedicados a padronização redes sem fio:
    - *Working Group* 11: Responsável pelo padrão **802.11**, para redes sem fio locais
    - *Working Group* 15: Responsável pelo padrão **802.15**, para redes de área pessoal
    - *Working Group* 16: Responsável pelo padrão **802.16**, para redes metropolitanas



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Histórico – IEEE 802.11
  - Em 1990 o IEEE formou o *workgroup* que tinha por objetivo: “Desenvolver um padrão para redes sem fio corporativas de alto desempenho”
  - O padrão deveria se utilizar do “conhecimento prévio” existente sobre a transmissão de informação no ar
    - Utilizar faixas de frequência “conhecidas” (como rádio ou infravermelho)
    - Utilizar mecanismos de codificação no ar conhecidos (FHSS, DHSS)



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Histórico – IEEE 802.11
  - Apesar da “reutilização tecnológica” a primeira versão do padrão foi publicada apenas em 1997 (**sete anos após o início dos trabalhos**)
    - Faixa de frequência 900MHz (ISM)
    - Velocidade de 1 e 2 Mb/s





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

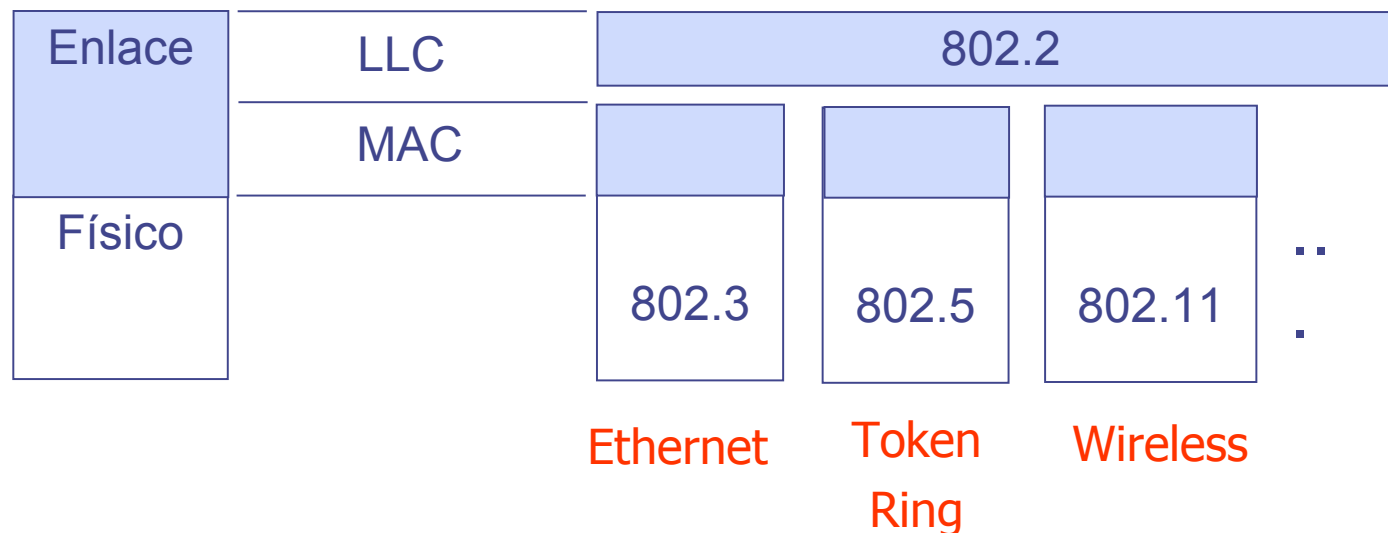
- Histórico – IEEE 802.11
  - Desde 1999 vem sendo publicadas varias adições e revisões do padrão inicial
    - IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac
  - Basicamente alteram dois aspectos do padrão inicial
    - Velocidade: 1, 2, 11, 54, 108, 300, 1000 Mbps
    - Faixa de freqüência: 900MHz, 2.4GHz, 5GHz
  - Atualmente as redes 802.11\_ são comumente chamadas simplesmente de redes sem fio



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- IEEE 802.11
  - Dentro das arquiteturas RM-OSI ou Internet TCP/IP as redes 802.11 se enquadram simplesmente como mais uma opção de protocolo de nível de enlace





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Padrões
  - 802.11a
    - Outubro de 1999
    - Até 54mbps
    - Frequência de 5GHz
    - Alcance de 100 metros (na prática bem menos)
    - Incompatível com 802.11b/g



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Padrões
  - 802.11b/g
    - Outubro de 1999 (b), Junho de 2003 (g)
    - Até 11mbps (b), 54Mbps (g)
    - Frequência de 2,4GHz
      - Faixa muito poluída
    - Alcance de 100 metros (na prática menos)
    - Incompatível com 802.11a



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Padrões
  - 802.11n
    - Setembro de 2009
    - Até 600 Mbps
    - Frequência de 2,4GHz e/ou 5GHz
    - Alcance por volta de 200 metros
    - Compatível com 802.11b/g
    - Incompatível com 802.11a



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Padrões
  - 802.11ac
    - Janeiro de 2014
    - Pelo menos 1Gbps
    - Frequência de 5GHz
    - Alcance por volta de 200 metros
    - Compatível com 802.11b/g/n



# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Modos de operação
  - As redes IEEE 802.11 podem funcionar com base em dois “Modos de operação”
    - Infra-estruturado
    - Ad Hoc

# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Modos de operação
  - Infra-estruturado
    - Estações se comunicam com a intermediação de um equipamento central chamado *Access Point* (AP)
    - Cada WLAN pode ter vários AP's
    - A idéia de funcionamento é semelhante a de redes de telefonia celular



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

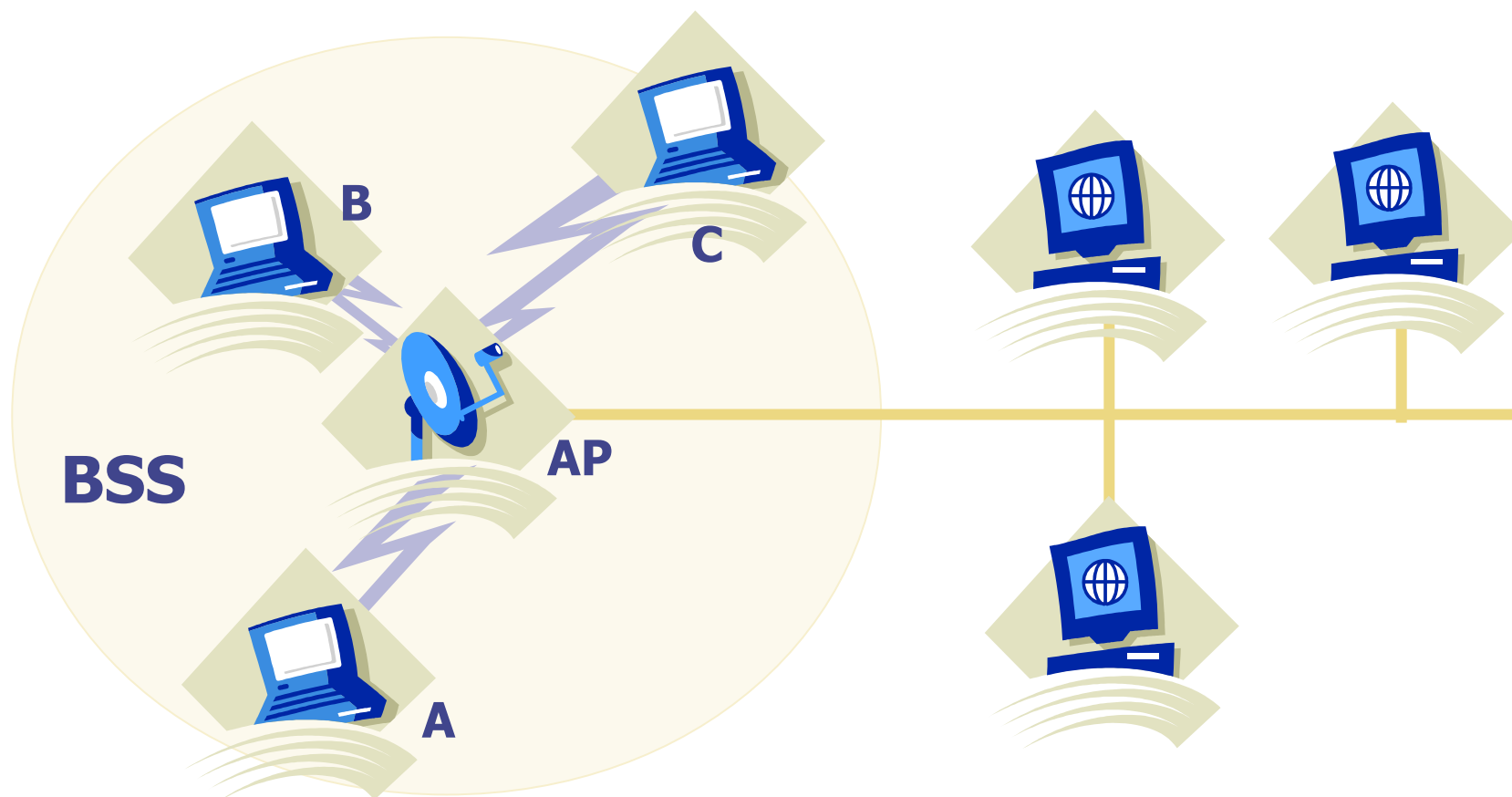
# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Modos de operação
  - Infra-estruturado
    - Redes com apenas um AP são chamadas de **BSS** (Basic Service Set)
    - Todas as estações se comunicam através deste AP



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

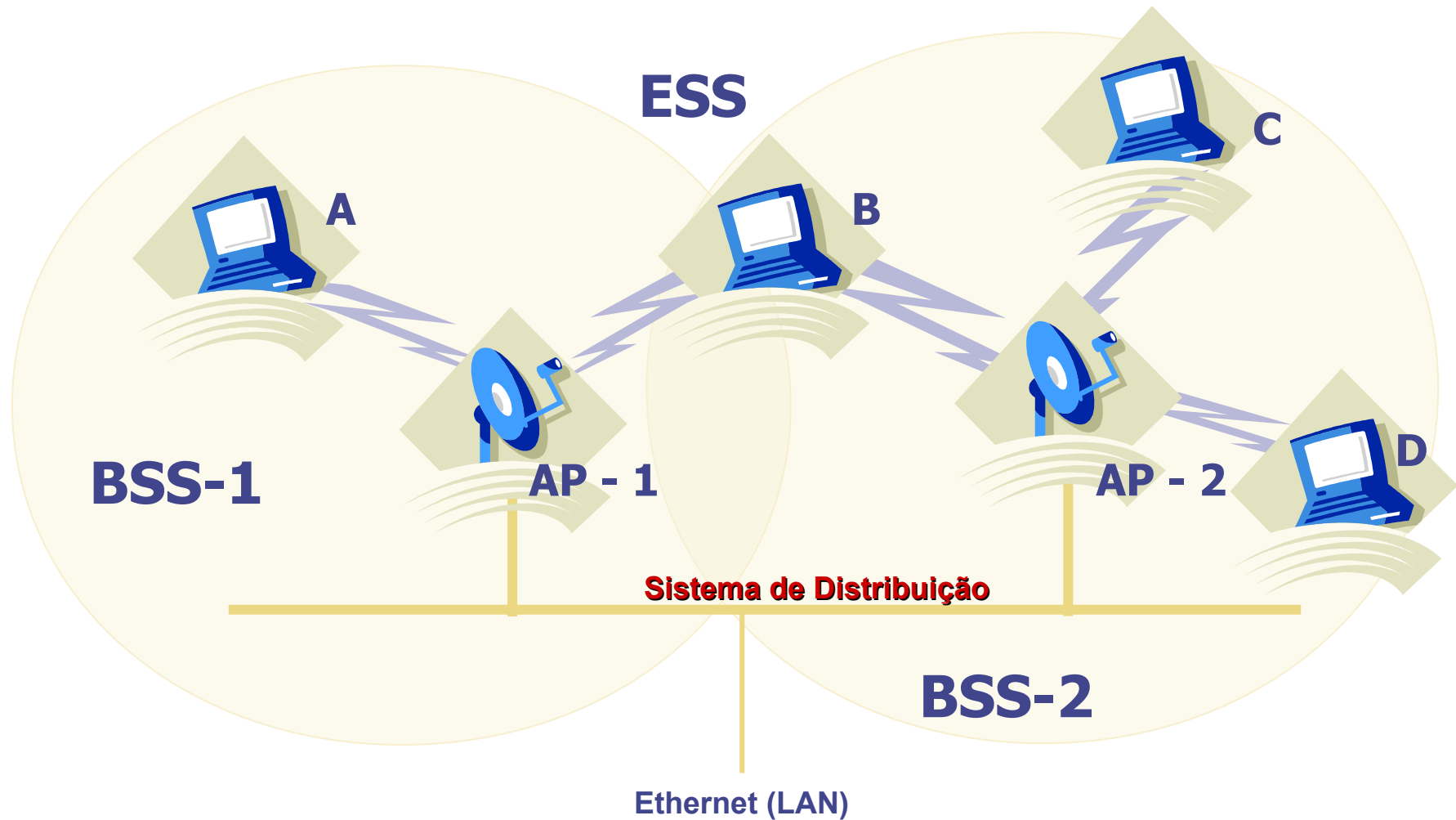
# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Modos de operação
  - Infra-estruturado
    - Redes com mais que um AP são chamadas de **ESS** (Extended Service Set)
      - Conjunto de BSS's com áreas de cobertura sobrepostas
    - **A comunicação entre AP's é feita através de um "sistema de distribuição" (cabeamento)**



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio







INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- 802.11 – Segurança
  - Por sua própria natureza as redes sem fio são bem mais suscetíveis a problemas de segurança
- **Autorização e autenticação**
  - Qual o grupo de estações autorizadas a utilizar a minha rede?
  - Em redes cabeadas isto é determinado pelas próprias ligações físicas

# Redes sem Fio

- 802.11 – Segurança
  - **Autorização e autenticação**
    - Em uma rede sem fio mecanismos adicionais precisaram ser definidos
      - Identificadores de rede (**ESS-ID**)
      - Controle baseado em **endereço MAC das estações**
      - Protocolos de autenticação de usuários (**802.1x**)



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- 802.11 – Segurança
  - **Criptografia**
    - As informações são transmitidas no ar, disponíveis para quem quer que queira “escuta-las”
    - Caso estas informações sejam “sensíveis” algum mecanismo de criptografia deve ser usado
    - **WEP, WPA, WPA2**
      - Possibilita a encriptação do campo de dados dos frames, antes de sua transmissão
      - Uma “chave” tem que ser distribuída entre todas estações e AP’s

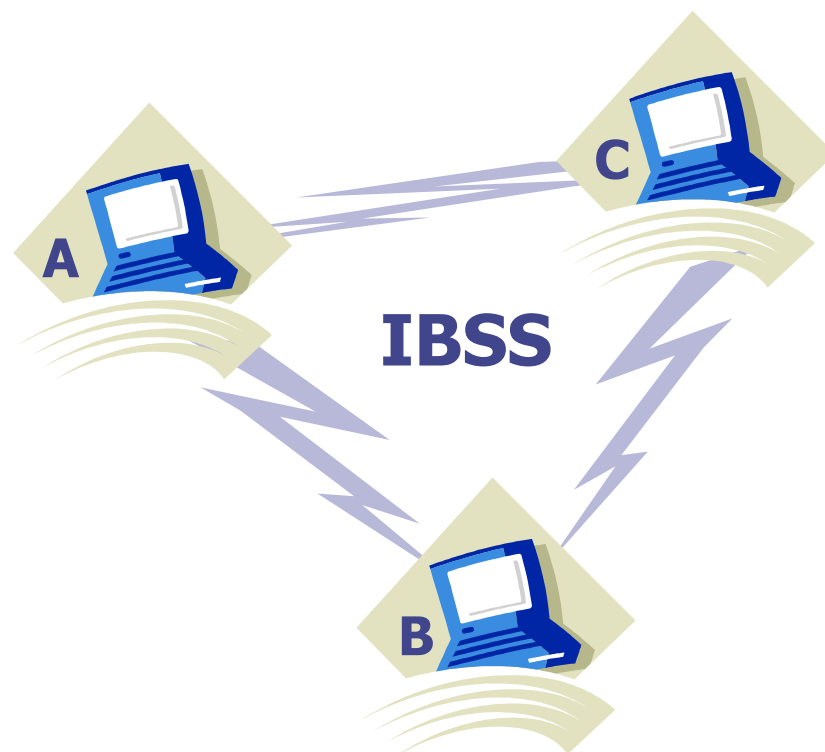
# Redes sem Fio

- IEEE 802.11 – Modos de operação
  - Ad Hoc
    - Estações se comunicam **diretamente**, sem nenhum auxílio
    - O conjunto de estações forma um **IBSS** (Independent Basic Service Set)



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- 802.11 – Mercado
  - O 802.11 tem despontado como um **concorrente real ao Ethernet** para o ambiente de LAN's
  - Utilização do Ethernet para
    - Infra-estrutura (Ligação entre AP's)
    - Ligação de Servidores ou máquinas com grande volume de acesso
  - Utilização de WLAN's para notebooks!, tablets!, celulares!, desktops?



# Redes sem Fio

- 802.11 – Mercado
  - Preço dos equipamentos está caindo acentuadamente

- Roteador 802.11n
- R\$100,00



- AP empresarial 802.11a/b/g/n
- Raio de alcance de 100 metros
- R\$ 2000,00





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- 802.11 – Mercado
  - Preço dos equipamentos está caindo acentuadamente



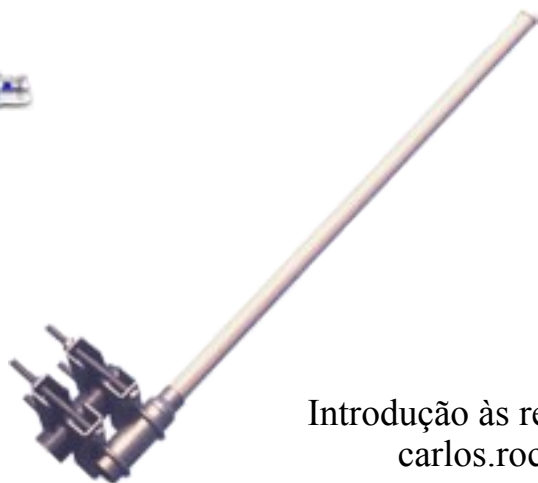
- Adaptador Wireless USB 802.11n
- R\$ 70,00

# Redes sem Fio

- 802.11 – Mercado
  - Preço dos equipamentos está caindo acentuadamente



- Antenas externa Omni Direcional, sector panel, direcional
- Podem ser ligadas a um AP “comum”
- Estende o raio de alcance a kilometros
- A partir de R\$ 100,00





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - História
    - Projeto da Ericsson que tinha por objetivo desenvolver um protocolo com características de baixo custo e consumo de energia
      - Comunicação entre aparelhos celulares e seus acessórios
    - Protocolo foi muito bem aceito pelo mercado
    - Passa a receber apoio de várias outras empresas



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - História
    - Estendido para um padrão para a comunicação local sem fio, que pretende substituir os cabos de ligação entre quaisquer dispositivos eletro-eletrônicos portáteis e/ou fixos

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Aplicações – Em casa
    - Envio de solicitações para eletrodomésticos
    - Despertador
    - Temperatura e iluminação
    - Preparar ou aquecer refeições
    - Abrir e fechar portas e cortinas
    - Ativar/desativar o sistema de segurança



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - **Aplicações – No trabalho**
    - Sincronização automática entre dispositivos (agenda, compromissos, etc)
    - Troca de cartões
    - Acesso a dispositivos locais (por exemplo um projetor multimídia de uma sala de reunião)



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Funcionamento
    - Sinais de rádio na banda 2,4GHz (ISM)
    - Alcance típico de 10 metros, mas pode ser maior
    - Velocidade de 1mbps até 24mbps
    - Versões: 1.2; 2.0+EDR; 3.0+HS; 4.0
    - Conexões ponto-a-ponto e ponto-multiponto, no modo AD-HOC
    - Custo de um “Chip Bluetooth”: R\$4,00





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Funcionamento
    - Cada dispositivo pode operar em um modo “mestre” ou “escravo”
      - Existe uma série de regras para a “eleição” de um dispositivo como mestre
      - O **mestre** possui uma série de funções especiais como o controle do tráfego na rede
      - Todos os outros dispositivos serão **escravos**



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Funcionamento
    - Dispositivos se organizam em “grupos”
    - **Piconets**
      - Até oito dispositivos
        - 1 mestre
        - 0 a 7 escravos
    - Um dispositivo pode pertencer a várias piconets



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

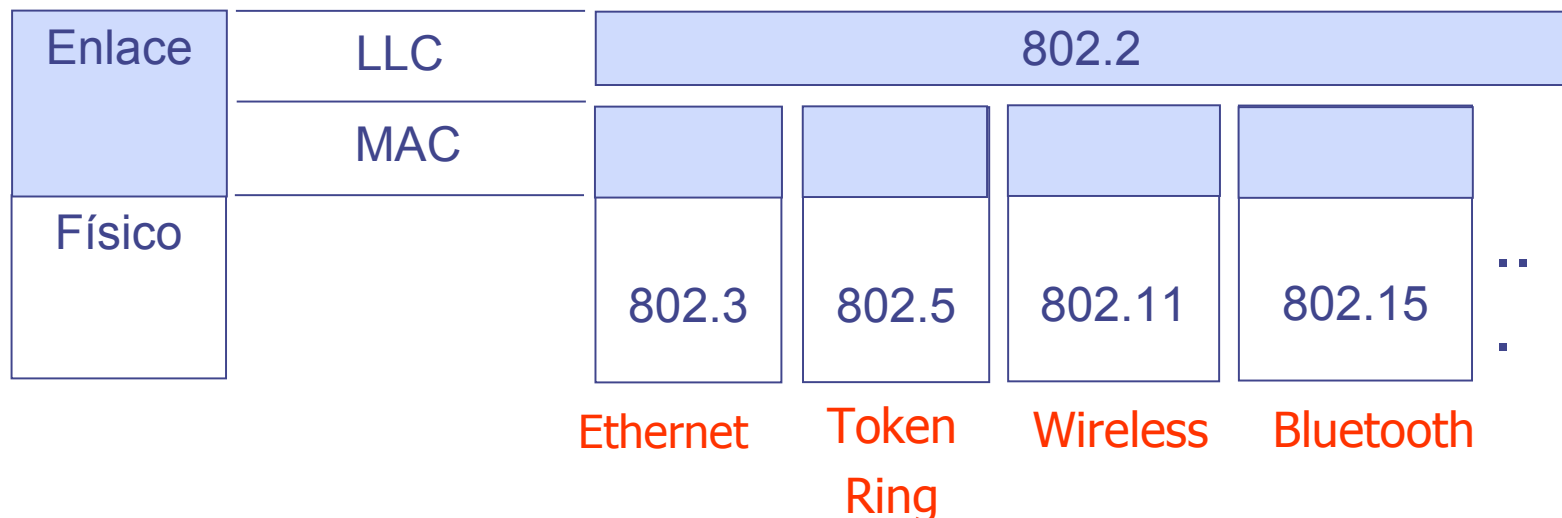
# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Funcionamento
    - Scatternets
      - Até 10 piconets
      - Possibilita a comunicação entre dispositivos de piconets distintas (cozinha, banheiro, quarto, ...)



# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Funcionamento
    - O Bluetooth pode ser utilizado como mais uma opção de protocolo de enlace para redes RM-OSI ou TCP/IP





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Segurança
    - O Bluetooth possui os mesmos requisitos de segurança de uma rede 802.11
      - Autenticação e autorização
      - Criptografia



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Segurança – Autenticação e autorização
    - Diretamente pelo endereço do dispositivo
    - Esquema de “desafio e resposta” (bastante usado)
    - Reconhecimento de chave secreta compartilhada



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Segurança – **Criptografia**
    - Três opções disponíveis
      - Nenhum pacote é criptografado
      - Criptografia apenas no tráfego ponto-a-ponto
      - Todo o tráfego é criptografado



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Desafios
    - Alcance
    - Velocidade
    - Interferências / conflitos com 802.11
    - Utilização de energia



# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Dispositivos

- Headset Bluetooth = R\$20,00





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Dispositivos

- Bluetooth USB adapter = R\$ 5,00





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth
  - Dispositivos



- Celular com suporte a Bluetooth (quase padrão para todos os modelos e fabricantes)



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Bluetooth – outros dispositivos



Introdução às redes de computadores  
[carlos.rocha@ifrn.edu.br](mailto:carlos.rocha@ifrn.edu.br)

# Redes sem Fio

	Bluetooth	Wireless
<b>Aplicação</b>	Substituição de cabeamento e na formação de redes ad hoc	Formação de redes corporativas
<b>Tecnologia</b>	RF 2,4GHz	RF 2,4GHz; 5GHz
<b>Velocidade</b>	1Mbps (até 24Mbps)	Até 1Gbps
<b>Serviços suportados</b>	Voz e dados	Dados
<b>Alcance</b>	10m	100m (sem antena externa)
<b>Ângulo de conexão</b>	360 graus	360 graus



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- WI-MAX
  - Proposta do IEEE para redes sem fio metropolitanas
    - Fórum fundado em 2001
    - Visa aproveitar boa parte das soluções tecnológicas do wi-fi e bluetooth



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- WI-MAX
  - Primeiros padrões publicados em 2004 - 2005
    - 802.16d (comunicação sem fio em banda larga)
    - 802.16e (comunicação **móvel** e sem fio em banda larga)
  - Equipamentos existem no mercado a bastante tempo



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- WI-MAX
  - Características
    - Raio de cobertura teórico de 30 a 40Km (**com visada**)
      - 8 a 12Km **sem visada**
    - Taxas de transmissão de dados de até **70Mbps**
      - Compartilhado entre os dispositivos
    - Elevado número de dispositivos
      - Por volta de uma centena por AP





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- WI-MAX
  - Características
    - Opera tanto em faixas de frequência livres, como em licenciadas
      - 5,8 GHz (ISM)
      - 3,5 GHz (licenciada)
      - 10 GHz (licenciada)
      - ...



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- WI-MAX
- Perspectivas
  - Existia uma grande expectativa do mercado na sua adoção
    - Possibilidade de disponibilização de uma gama de serviços aos usuários
  - Contudo, tem tido uma adoção bem abaixo da esperada
    - Redes de telefonia móvel?

# Redes sem Fio

- WI-MAX





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Sistemas celulares
  - 1G: Primeira geração
    - **Tecnologia analógica**
    - Obteve sucesso bem acima do esperado
    - **Muito limitado e suscetível a fraudes**
    - **AMPS** (Advanced Mobile Phone Service)
      - Implantado em 1979 no Japão, 1983 em Chicago
    - **NMT** (Nordic Mobile Telephony)
      - Implantado em 1981 na Europa





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Sistemas celulares
  - 2G: Segunda geração
    - Tecnologia digital
    - Incremento de funcionalidades e tolerância a falhas
    - Não adequado para tráfego de dados
    - TDMA
      - Evolução do AMPS
      - Lançado em 1994





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Sistemas celulares
  - 2G: Segunda geração
    - **CDMA**
      - Lançado em 1993 nos EUA
    - **GSM** (Global System for Mobile Communications)
      - Lançado em 1991 na Europa, conseguiu prover roaming mundial





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Sistemas celulares
  - 2.5G: Segunda geração avançada
    - Suporte a transmissão de dados
    - **GPRS** (General Packet Radio Service)
      - Provê transmissão de dados para usuários GSM
      - Taxas de até 144Kbps
    - **EDGE** (Enhanced Data for Global Evolution)
      - Permite que operadoras GSM suportem aplicações multimídia
      - Taxas de até 384Kbps



# Redes sem Fio

- Sistemas celulares
  - 3G: Terceira geração
    - Provê diversas recomendações para serviços com **altas taxas de dados**
      - Na teoria pode chegar a algumas dezenas de Mbps
    - Principais exemplos: **UMTS/HSDPA**





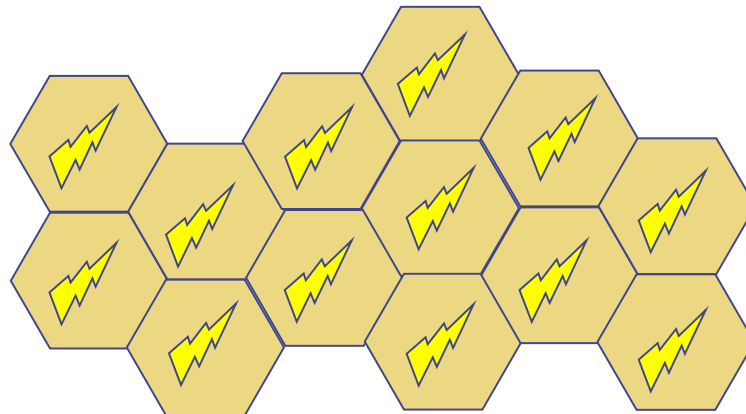
# Redes sem Fio

- Sistemas celulares
  - 4G: quarta geração
    - Ainda em implantação (inicial) no Brasil
      - Reutiliza faixas de frequência da TV analógica, ainda não liberadas do Brasil
    - Na teoria pode chegar a algumas **centenas** de Mbps
    - Principal exemplo é o **LTE**



# Redes sem Fio

- Sistemas celulares
  - Células
    - A rede de uma operadora é formada por um conjunto delas
    - Cada célula possui uma “estação rádio base”
    - Uma antena Omnidirecional (ou várias setoriais) provê a comunicação com os dispositivos nela localizados





INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

# Redes sem Fio

- Sistemas celulares
  - Estações base
    - As estações base são ligadas a uma “infra-estrutura” para:
      - Comunicação entre dispositivos em células distintas
      - Comunicação com outras redes de telefonia
        - Outros sistemas celulares
        - PSTN (telefonia convencional)