

2) TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO

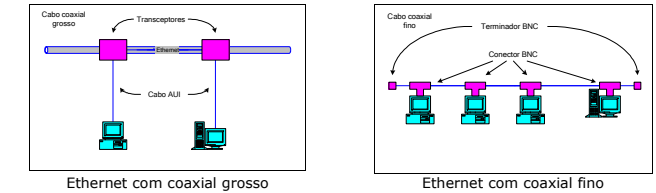
2.1) TECNOLOGIA ETHERNET

2.1.1) PADRÃO IEEE 803.3

- ❖ Tecnologia usada para LANs
 - Usa um meio de comunicação compartilhado (transmissão por difusão), disputado por vários computadores ao mesmo tempo
 - Tipicamente, funciona a 100 Mbps ou 1.000 Mbps (mas tem 10 Gbps, 40 Gbps, 70 Gbps e 100 Gbps)
 - Controle de acesso ao meio compartilhado feito com CSMA-CD
 - *Carrier-Sence Multiple Access with Collision Detection*
- ❖ Para transmitir, um computador:
 - Espera até o meio ficar livre
 - Transmite
 - Se houver colisão (duas ou mais transmissões simultâneas), para, espera um tempo aleatório (crescente a cada colisão consecutiva) e tenta novamente

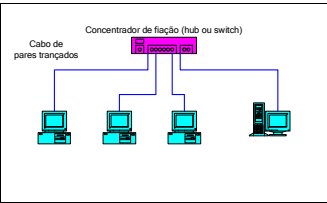
2.1.2) CABEAMENTO IEEE 802.3 – ETHERNET

Nome	Cabo	Segmento max. (m)	Velocidade	Onservações
10Base5	Coaxial grosso	500	10 Mbps	Era bom para espinha dorsal; obsoleto
10Base2	Coaxial fino	200	10 Mbps	Barato; obsoleto
10/100/1000 BaseT	Par trançado	100	10/100/1000 Mbps	Fácil manutenção
100M/1000M/10,40,70,100G BaseF	Fibra ótica	2000 a 150000	100 a 100000 Mbps	Entre prédios, logradouros, cidades



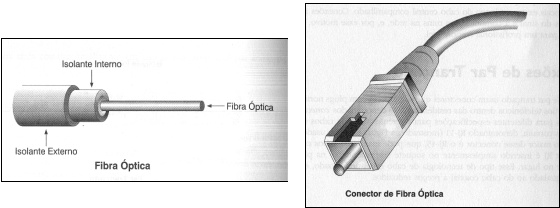
10/100/1000BaseT – usa concentrador de fiação (hub no passado, switch no presente) para simular barramento; usa cabos de pares trançados

- ❖ **CATEGORIA 5e:** (Enhanced - Melhorada), é uma melhoria das características dos materiais utilizados na categoria 5, que permite um melhor desempenho (125 Mhz). Cada vez menos uso.
- ❖ **CATEGORIA 6:** Características para desempenho especificadas até 250 Mhz e velocidades de 1Gbps (100 m) até 10Gbps (55 m). Cada vez mais uso.
- ❖ **CATEGORIA 6A:** Características para desempenho especificadas até 500 Mhz e velocidades de 10 Gbps (100 m). Uso em Data Center.



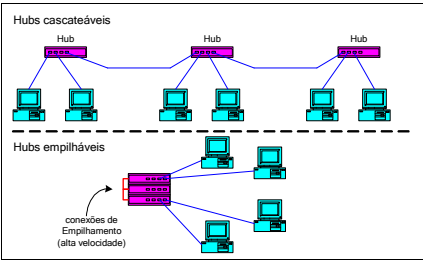
CABEAMENTO xBASEF – Fibra Óptica

- ❖ Alternativa mais cara devido ao custo de conectores, adaptadores de rede e concentradores ópticos
- ❖ Hoje é a alternativa padrão para espinha dorsal de rede, quer seja rede campus, MANs ou WANs



2.1.3) CONCENTRADORES DE FIAÇÃO (HUBS E SWITCHS)

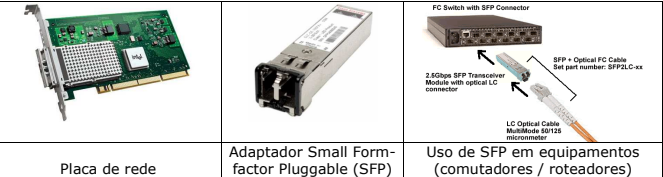
- ❖ Hubs são repetidores de sinal (atuam na camada física); operam half-duplex.



- ❖ São ditos "gerenciáveis" quando podem ser configurados e/ou monitorados via rede (in-band), recebendo endereço de rede, e oferecendo serviço telnet/ssh/web e/ou agente snmp.

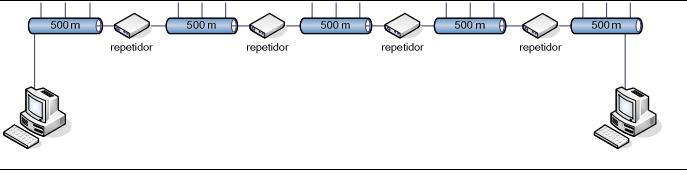
2.1.4) ADAPTADORES DE REDE

- ❖ Adaptadores de rede podem oferecer opções para diversos tipos de cabeamento (10/100/1000baseT, 100/1000/40000/70000/100000baseF) com custos variáveis



2.1.5) REPETIDORES DE SINAL

- ❖ Cada tipo de cabeamento tem um limite no tamanho máximo do cabo de um segmento de rede
- ❖ Para redes maiores (mais extensas), repetidores (*repeaters*) de sinal devem ser usados
- ❖ Repetidores amplificam o sinal (operando na camada física) e são, portanto, transparentes ao software de rede
- ❖ Limites no IEEE 802.3 (Ethernet)
 - Distância máxima de 2.5 Km entre dois computadores (no cabo coaxial grosso)
 - Nenhum caminho pode atravessar mais do que 4 repetidores (hubs)



- ❖ Com 2500 m de cabo e velocidade de propagação igual a 80% da velocidade da luz, tempo de propagação, T, chega a 11 μ seg
- ❖ Com [mais] o atraso de 4 repetidores, o tempo máximo (2T, ida e volta) chega perto de 50 μ seg
- ❖ IEEE definiu uma fatia (*slot*) de transmissão como sendo de 51,2 μseg
 - ❖ 51,2 μseg * 10 Mbps (Ethernet padrão) = 512 bits = 64 bytes
- ❖ 64 bytes é o menor blocos de dados que pode ser transmitido no Ethernet => Ethernet tem Minimum Transmition Unit (mtu)!
- ❖ Algoritmo *Binary Exponential Backoff*
 - Espera 0 ou 1 fatia de tempo (aleatória)
 - Se houver nova colisão, espera 0 ou 1 ou ... ou 2ⁿ⁻¹ fatias de tempo, onde n é o número de colisões adicionais consecutivas (máximo n é 10)

2.1.6) RESUMINDO O ETHERNET

- ❖ Barramento
 - Canal único de comunicação compartilhado entre as estações
- ❖ Difusão (*broadcast*)
 - Cada transceptor recebe todos os quadros
 - A interface seleciona os quadros destinados à estação
- ❖ Mecanismo de entrega: MELHOR ESFORÇO
 - O hardware não avisa ao emissor sobre a entrega ou não do quadro
- ❖ Mecanismo de controle de acesso é distribuído (CSMA-CD)

2.1.7) CSMA-CD

- ❖ Algoritmo p/ transmissão
 - Escute o meio
 - Quando ficar livre, inicie a transmissão
 - Se sentir colisão, pare imediatamente; Espere um tempo aleatório crescente; reinicie o algoritmo

2.1.9) ENDEREÇAMENTO NO IEEE 802 (TODAS AS VERSÕES)

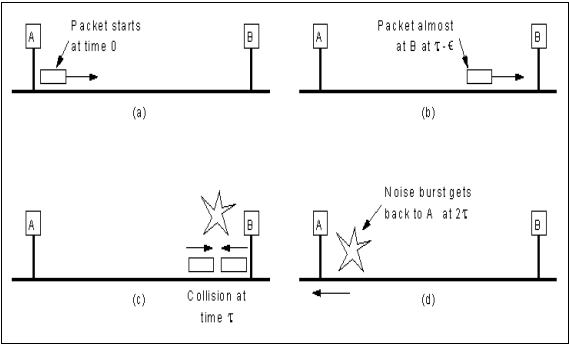
- ❖ 48 bits (6 bytes), espaço de endereçamento "plano"
 - Byte 1, 2 e 3: informação do fabricante da placa de interface de rede
 - Byte 4, 5 e 6: identificação da placa (número de série)

Exemplos: 02:60:8C 3Com
 08:00:20 Sun Microsystems
 08:00:5A IBM

 02:60:8C:20:2D:07 uma placa da 3Com identificada por 20:2D:07

- ❖ Endereço único no mundo todo para cada placa
- ❖ Endereço conhecido como:
 - Endereço MAC (*MEDIUM ACCESS CONTROL*)
 - Endereço de Hardware
 - Endereço Físico
- ❖ Observe que se trocar a placa de uma máquina, muda-se seu endereço físico
- ❖ A interface de rede só entrega ao software os quadros destinados para esta máquina

2.1.8) TRATAMENTO DE COLISÃO: ALGORITMO DE ESPERA



2.1.10) TIPOS DE ENDEREÇOS ETHERNET

- ❖ UNICAST
 - Quadro destinado a uma única máquina
- ❖ BROADCAST
 - Em nível de enlace (ao nível físico sempre ocorre BROADCAST)
 - Quadro destinado a todas as máquinas
 - Endereço 111...111
- ❖ MULTICAST
 - Quadro destinado a algumas máquinas
 - Usado com roteamento Multicast em aplicações de transmissão de áudio e/ou vídeo; Usado por alguns protocolos de roteamento dinâmico (OSPF, p. ex.)

INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

2.1.11) O QUADRO ETHERNET

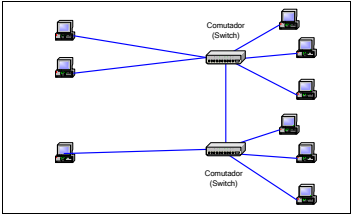
Bytes	7	1	2 a 6	2 a 6	2	0 a 1500	0 a 46	4
	Preâmbulo	Início	Ender. Destino	Ender. Origem	Tamanho dos Dados	Dados	Preenchimento	CRC

- ❖ Preâmbulo = 10101010, para sincronização de relógios durante 5,6 μ Seg
- ❖ Início do quadro = 10101011
- ❖ Preenchimento (*pad*), usado para garantir quadros de, no mínimo, 64 bytes
 - Para durar pelo menos 2T segundos e permitir a detecção de colisão antes do fim do quadro

INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

2.1.12) COMUTADORES (SWITCHS) 802.3 (ETHERNET)

- ❖ LAN Ethernet padrão saturava com 40/50% de uso do canal devido às colisões
- ❖ Aumentar a velocidade para 100 Mbps era caro; Implicava em trocar todas as placas de rede e o concentrador
- ❖ Solução encontrada: usar comutador (*switch*)



INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

- ❖ Comutadores podem ser de mesa (com 16, 32, 52 portas) ou de chassi (tipicamente com 4 a 20 placas, cada uma com até 52 portas)



Switch de Mesa



Switch de Chassi

INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

- ❖ O comutador recebe um quadro em uma porta e envia para a porta destino por meio de comutação veloz
- ❖ Se duas ou mais portas origem tentarem transmitir para a mesma porta destino simultaneamente, pode ocorrer:
 - Colisão, em comutadores simples, sem memória para armazenamento temporário de quadros;
 - Armazenamento de quadros em uma fila de saída, em comutadores mais elaborados, com memória para armazenamento temporário dos quadros;

INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

2.1.13) FAST ETHERNET (802.3u)

- ❖ Basicamente igual ao Ethernet de 10 MHz (10 Mbps), funcionando a 100 MHz (100 Mbps)
- ❖ Todas as versões funcionando com concentradores (HUBs) ou comutadores (Switchs)
 - Devido às vantagens trazidas pelo 10baseT

Nome	Cabo	Segmento Máx. (m)	Vantagens
100base-TX	Par trançado	100	Full-duplex a 100 Mbps
100base-FX	Fibra ótica	2000	Full-duplex a 100 Mbps; Maior distância (uma fibra p/ tx, outra para rx)

INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

2.1.13.1) CONCENTRADORES/COMUTADORES PARA 100BASE-TX

- ❖ Alternativas
 - Comutador (Switch) sem armazenamento: Tem colisão
 - Comutador com armazenamento: Não tem colisão
- ❖ Para 100base-FX, a fibra é longa demais para o algoritmo de colisão
 - Só usa Comutador com armazenamento
- ❖ Todos os comutadores aceitavam conexões a 10 Mbps e a 100 Mbps para facilitar a migração/integração (podia ser feita aos poucos)
- ❖ Novos comutadores aceitam conexões 100 / 1000 / 10000 Mbps

2.1.14) GIGABIT ETHERNET (IEEE 802.3ab/z)

- ❖ Surgiu como opção mais barata que as tecnologias existentes (ATM -Asynchronous Transfer Mode, por exemplo) em situações que necessitam de grande largura de banda
 - Aplicações Científicas, Publicações e Aplicações Médicas
 - Internet e Intranet
 - Data Warehousing e Backup
 - Aplicações de Groupware
- ❖ Surgiu como nova (e forte) opção para backbone de rede local corporativa
- ❖ Mantém compatibilidade total com Ethernet por várias razões
 - Extensão das redes Ethernet existentes
 - Gerenciamento direto
 - Custo de aquisição
 - Mínimo treinamento de pessoal
 - Tecnologia familiar

2.1.14.1) PADRONIZAÇÃO (IEEE 802.3z)

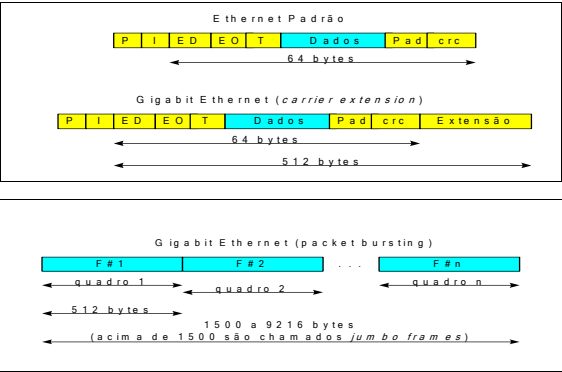
- ❖ Objetivos
 - Permitir operação half e full-duplex a 1 Gbps
 - Usar o formato de frame do Ethernet 802.3
 - Usar o método de acesso CSMA/CD
 - Manter a compatibilidade com as tecnologias 10/100BaseT

2.1.14.2) MEIOS DE TRANSMISSÃO

Padrao (1000base)	Meio	Alcance (m)
CX	Cabo coaxial (75 Ohms)	25
SX	Fibra ótica multimodo	260 a 2000
LX	Fibra ótica multi/monomodo	550 a 40000
ZX	Fibra ótica monomodo	Até 140 Km
T	Cabo par trançado	100

2.1.14.3) TAMANHO DO QUADRO

- ❖ Em Ethernet 10/100, o quadro precisa ter um tamanho mínimo de 64 bytes p/ CSMA-CD funcionar corretamente na detecção de colisão
- ❖ Gigabit Ethernet mantém compatibilidade com Ethernet 10/100 em relação ao quadro
 - Usa quadro útil mínimo de 64 bytes, mas usa quadro real mínimo de 512 bytes
 - Quando um quadro útil a ser transmitido não tem 512 bytes, é preenchido até chegar ao tamanho necessário (*carrier extension*)
 - Alternativa possível para maximizar uso do meio quando muitos quadros úteis pequenos precisam ser transferidos é agrupá-los em um único quadro real (*packet bursting*)



2.1.15) "WIRELESS ETHERNET" (IEEE 802.11, A,B,N,AC - WiFi)

2.1.15.1) Introdução

Tecnologia de comunicação sem fio, nos padrões da tecnologia Ethernet, oferecendo:

- ❖ simplicidade de uso
- ❖ compatibilidade em camada 2 com qualquer arquitetura de rede (camada 3 e superiores)
- ❖ uso da rede a partir de qualquer ponto de uma organização (mobilidade) → eficiência
- ❖ acesso em tempo real à informação → precisão
- ❖ instalação mais rápida e mais barata → menos fiação e menos preparação → maior disponibilidade

Como toda tecnologia de comunicação sem fio:

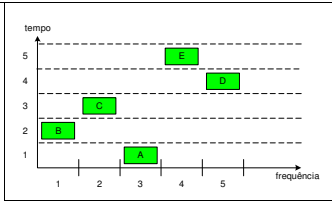
- ❖ os elementos não estão o tempo todo conectados
- ❖ o meio de propagação (espaço) não tem limites
- ❖ o meio de propagação não é bem protegido de sinais externos
- ❖ a propagação dos sinais não é simétrica
- ❖ pode sofrer (ou gerar) interferência de (nas) outras redes sem fio (telefones sem fio, microondas, etc.)

2.1.15.2) Padrões

802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac
2,4 GHz, 11 Mbps	5 GHz, 54 Mbps	2,4 GHz, 54 Mbps	5 GHz, 300 Mbps	5 GHz, 1300 Mbps
DSSS, FHSS a origem	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM
	não compatível com b, g	upgrade da 802.11b	upgrade da 802.11a (objetivo: ultrapassar 100baseT)	upgrade da 802.11a (objetivo: ultrapassar 1000baseT)
menor capacidade	maior capacidade	capacidade moderada	alta capacidade	Muito alta capacidade
interferência potencial	interferência limitada	interferência potencial	interferência limitada	interferência limitada
padronização mundialmente aceita	padronização mundialmente aceita	padronização mundialmente aceita	padronização aceita mundialmente	padronização aceita mundialmente (nasceu padronizada)

Frequency Hopping Spread Spectrum – FHSS

- ❖ Transmite os dados em uma sequência aleatória de sub-faixas de frequências, previamente acertadas entre transmissor e receptor, buscando evitar receber/causar interferências.



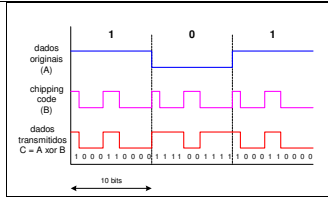
- ❖ Características
 - Largura de banda total de 84 MHz, com definição de 79 sub-faixas de 1 MHz cada
 - Operação a 1 Mbps (codificação monobit) ou a 2 Mbps (codificação dibit)
 - Baixo consumo de energia
 - Menor taxa de transmissão por interface física (bw = 1 MHz)
 - Menor alcance

2.1.15.3) Características de Rádio Frequência (RF)

- ❖ Usa faixa ISM (Industrial, Scientific and Medical band), de uso não licenciado
 - 902 – 928 MHz
 - 2400 – 2483,5 MHz
 - 5725 – 5850 MHz
- ❖ Modulação
 - Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
 - Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
 - Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)
- ❖ Potência máxima de transmissão
 - 1 Watt (mundo – EU)
 - 0,1 Watt (UE)
- ❖ Alcance
 - Até aprox. 244 m (uso interno – indoor)
 - Até aprox. 45 Km (uso externo – outdoor) com antena apropriada

Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

- ❖ Transmite os dados “espalhando” cada bit a ser transmitido em uma sequência de n “chips” através de um “chipping code” previamente acertado entre transmissor e receptor.

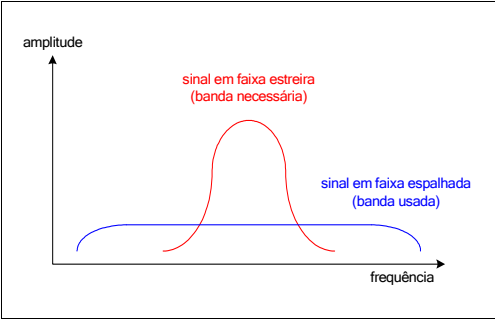


Obs. Chipping code é sequência pseudo-aleatória

- ❖ Características
 - Largura de banda total de 84 MHz, com definição de 11 subfaixas (que se sobrepõe) de 22 MHz cada
 - Operação a 1, 2, 5,5 e 11 Mbps (de acordo com a distância e a relação S/N)
 - Menor consumo de energia
 - Maior taxa de transmissão por interface física (bw = 22 MHz)
 - Maior alcance

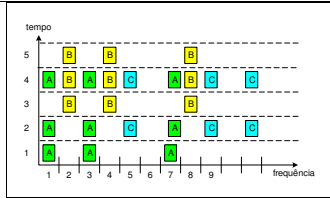
2.1.15.4) Modulação Spread Spectrum (espalhamento espectral)

- ❖ Diminui o impacto da interferência causada na rede e pela rede



Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

- ❖ Transmite blocos de dados em paralelo em subfaixas de frequência previamente acertadas entre transmissor e receptor.

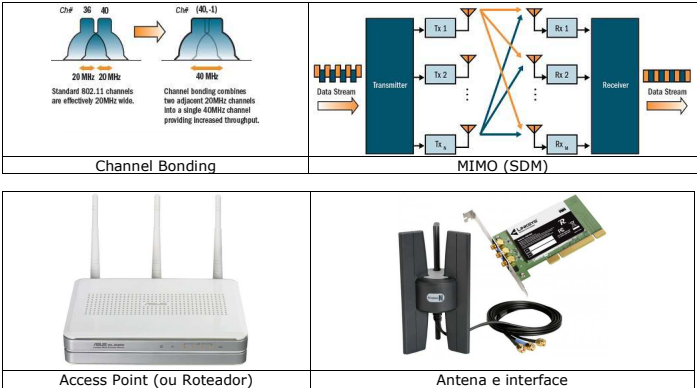


- ❖ Características
 - Largura de banda total de 84 MHz, com definição de 48 (52 no 802.11n) subfaixas de 22 MHz cada
 - Operação entre 6 e 54 Mbps (300 Mbps no 802.11n) (de acordo com a distância e a relação S/N)
 - Maior consumo de energia (e maior poder de processamento no 802.11n)
 - Maior taxa de transmissão por interface física (bw = 22 MHz (44 MHz no 802.11n))
 - Menor alcance

- ❖ No 802.11n (ac)
 - Usa-se 2 a 4 (5 a 8) transmissores / receptores em paralelo, sendo mais comum 3 (5) – é o MIMO (Multiple-input, multiple-output) – usando o SDMA (Spatial Division Multiplexing Access – outro nome bonito para FDM);
 - Dispõe-se de subcanais de 22 (80) MHz
 - Dois canais não sobrepostos podem ser unidos (*channel bonding = link agregação do Ethernet*) para formar um canal de 40 (160) MHz (aumento de largura de banda);
 - Equipamentos são mais caros!

- ❖ Canais em 2,4 GHz versus canais em 5 GHz

2.4 GHz Spectrum		5 GHz Spectrum	
Channel Number	Channel MHz	Channel Number	Channel MHz
1	2.412	36	5.180
2	2.417	38	5.190
3	2.422	40	5.200
4	2.427	42	5.210
5	2.432	44	5.220
6	2.437	46	5.230
7	2.442	48	5.240
8	2.447	50	5.250
9	2.452	52	5.260
10	2.457	54	5.270
11	2.462	56	5.280
		58	5.290
		60	5.300
		62	5.310
		64	5.320
		66	5.330
		68	5.340
		70	5.350
		72	5.360
		74	5.370
		76	5.380
		78	5.390
		80	5.400
		82	5.410
		84	5.420
		86	5.430
		88	5.440
		90	5.450
		92	5.460
		94	5.470
		96	5.480
		98	5.490
		100	5.500
		102	5.510
		104	5.520
		106	5.530
		108	5.540
		110	5.550
		112	5.560
		114	5.570
		116	5.580
		118	5.590
		120	5.600
		122	5.610
		124	5.620
		126	5.630
		128	5.640
		130	5.650
		132	5.660
		134	5.670
		136	5.680
		138	5.690
		140	5.700
		142	5.710
		144	5.720
		146	5.730
		148	5.740
		150	5.750
		152	5.760
		154	5.770
		156	5.780
		158	5.790
		160	5.800
		162	5.810
		164	5.820
		166	5.830
		168	5.840
		170	5.850
		172	5.860
		174	5.870
		176	5.880
		178	5.890
		180	5.900
		182	5.910
		184	5.920
		186	5.930
		188	5.940
		190	5.950
		192	5.960
		194	5.970
		196	5.980
		198	5.990
		200	6.000



- 802.11ac usa ainda:
- Beamforming Technology, que permite o direcionamento do feixe de onda para o equipamento destino (na prática, é como se fosse uma antena direcional virtual criada para cada equipamento associado ao concentrador) → maior alcance
 - Modulação 256-QAM (256 bits por intervalo de sinalização em Modulação por Amplitude em Quadratura)



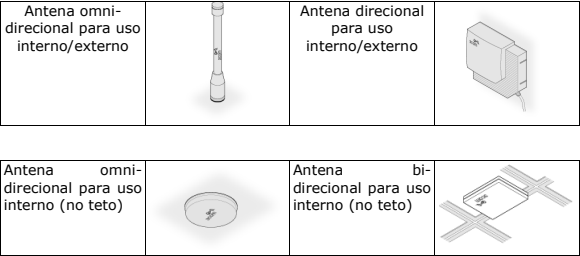
2.1.15.5) Elementos de Rede

- ❖ Placa de Interface de Rede
 - Computadores Desktop: Placas PCI ou USB
 - Laptop/Handheld: embutida, nos padrões 802.11abgn (e mais recentemente ac)
 - Qualquer dispositivo c/ interface USB: Dispositivos USB
 - Muitos dispositivos novos possuem placas de rede sem fio embutidas (celular, tablet)
- ❖ Rede sem fio e Rede cabeadas são interconectados através de dispositivos que:
 - recebem e transmitem via rádio, em um lado (a rede sem fio),
 - recebem e transmitem via cabeamento (para trançado ou fibra ótica), do outro lado (a rede cabeada)
- ❖ Dispositivos
 - Access Points - APs: Dispositivos que podem prover serviços de acesso dos clientes sem fio às redes cabeadas
 - Bridges: Dispositivos que permitem conectar (sem fio) 2 ou mais segmentos de rede cabeada
 - Roteadores: Junção de Roteador padrão com AP ou Bridge



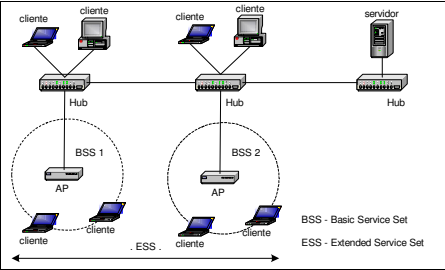
INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

- ❖ Antenas
 - Muitas placas de rede sem fio trazem antenas embutidas
 - Outras devem ser ligadas a antenas que têm abrangência multidirecional (omni-direcional) ou setORIZADA (mono, bi ou poli-direcional)



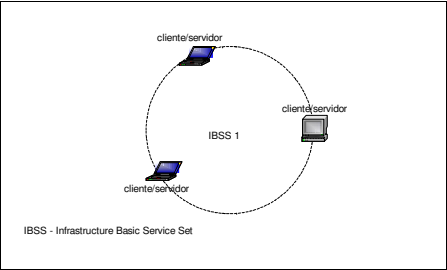
INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

- 2.1.15.6) Organização de Rede
- ❖ Infraestrutura
 - Interconexão de elementos sem-fio com elementos de uma rede com cabeamento tradicional



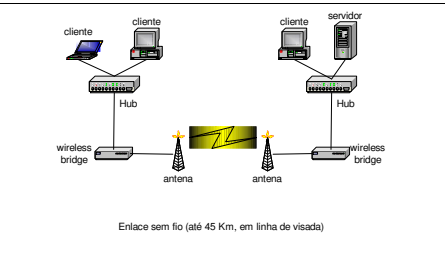
INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

- ❖ Ad-hoc ou Infra-estrutura Basic Service Set (IBSS)
 - Interconexão de elementos sem fio entre si



INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

- ❖ Ponte sem fio
 - Interconexão de redes tradicionais (cabeadas) entre si através de comunicação sem fio



INTERCONEXÃO DE REDES DE COMPUTADORES

- ❖ Como em uma mesma área geográfica pode existir mais de uma rede sem fio operando, cada elemento (concentrador e clientes) de uma rede sem fio deve indicar em que rede quer operar, através de:
 - Service Set ID (SSID): cadeia alfanumérica que identifica uma wlan (wireless LAN)
 - Canal de RF: número que identifica em que canal (802.11b/DSSS) ou canais (802.11a/FHSS ou 802.11g/OFDM) de radio frequência vai operar
- ❖ Além disso, como o meio (espaço) é compartilhado por todas as redes, uma dada rede deve aumentar o nível de segurança com o uso de criptografia nas transmissões entre um cliente e o concentrador:
 - Wireless Equivalent Privacy (WEP): permite a utilização de chaves privadas (RC4) de 64 ou 128 bits na comunicação entre elementos de uma rede sem fio – mostrou-se muito frágil => não deve ser usada mais
 - Wi-fi protected Access (WPA/WPA2): adiciona mais recursos e segurança na comunicação em relação ao WEP – trata a autenticação de usuários