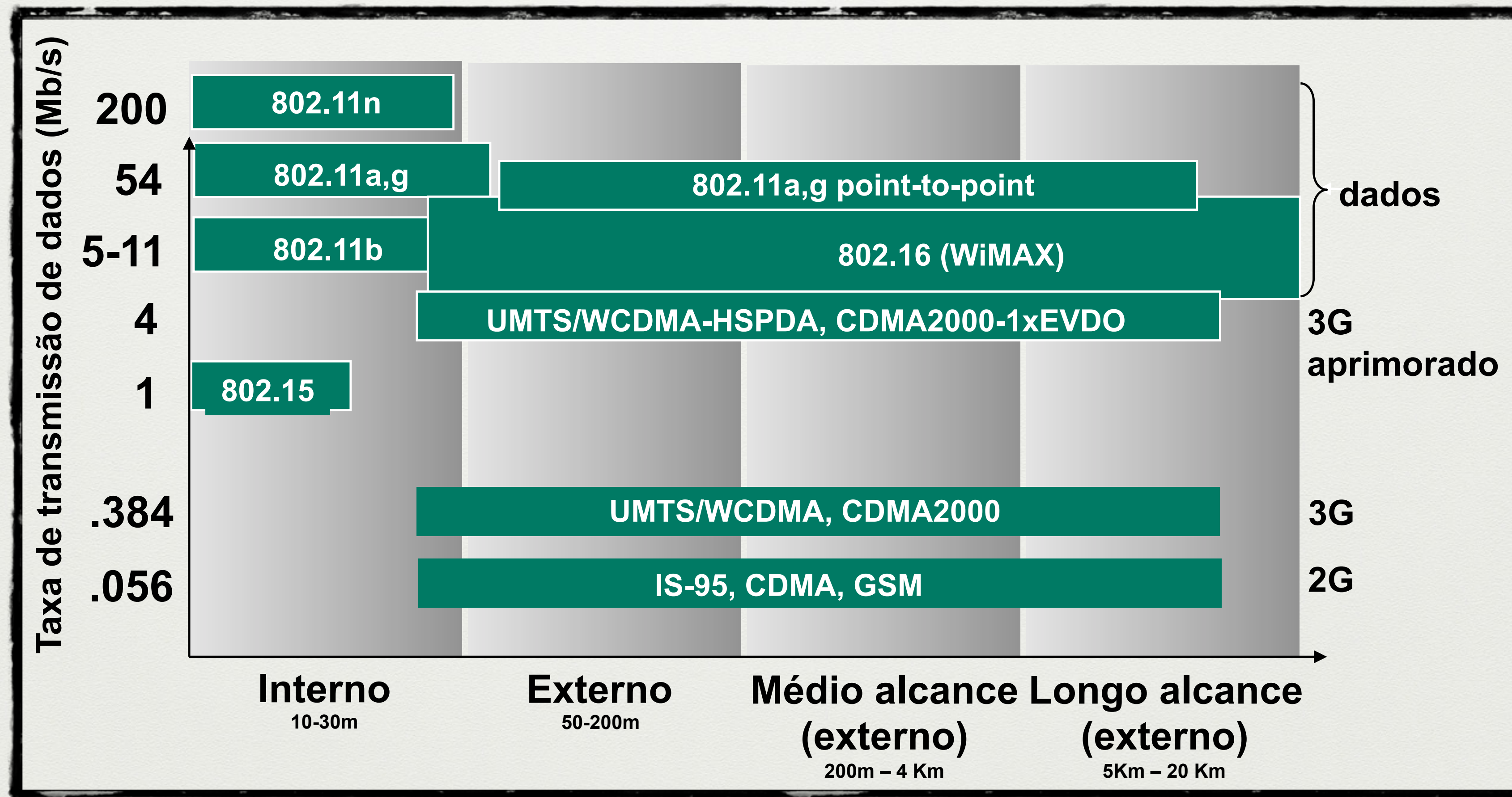


Resumo da aula anterior

- Camada enlace
 - Protocolos de controle de acesso ao meio
 - Divisão de canal
 - Acesso aleatório
 - CSMA
 - Revezamento

Padrões para redes sem fio



IEEE 802.11

WiFi



Padrão IEEE 802.11

- Criação de vários tipos de redes sem-fio
 - Desejo de ligar computadores portáteis sem utilizar fios
 - Mobilidade
- Para evitar a incompatibilidade entre essas redes
 - IEEE criou o padrão 802.11
- Tecnologia de rede de maior êxito comercial depois da Ethernet
- Conhecido como Wi-Fi (Wireless Fidelity)
 - Nome comercial

Padrão IEEE 802.11

- Mais de uma dezena de extensões
- Diferentes camadas físicas
- Qualidade de serviço
- Handoff
- Segurança
- Entre outros

Padrão IEEE 802.11

- Mais de uma dezena de extensões
- Diferentes camadas físicas

LLC	Camada LLC 802.2				
MAC	CSMA/CA				
PHY	802.11 2 Mb/s ISM (2,4 GHz)	802.11b 11 Mb/s ISM (2,4 GHz)	802.11a 54 Mb/s ISM (5,8 GHz)	802.11g 54 Mb/s ISM (2,4 GHz)	802.11n 600 Mb/s ISM (2,4 ou 5,8GHz)

Camada Física

- Geração/remoção de parâmetros (preâmbulo) para sincronização
- Recepção e transmissão de bits
- Especificação do meio de transmissão
- Definição de padrões de transmissão e codificação de sinais
 - FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
 - DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
 - OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Diferentes versões

- 802.11 “puro” (1997)
 - Até 2 Mb/s
 - Infravermelho
 - 2,4 GHz \longrightarrow banda não-licenciada ISM (Industrial, Scientific, and Medical)
 - FHSS ou DSSS

Diferentes versões

- 802.11b (1999)
 - Até 11 Mb/s
 - ISM, 2,4 GHz
 - DSSS ou CCK (Complementary Code Keying)
- 802.11a (1999)
 - Até 54 Mb/s
 - ISM, 5,8 GHz
 - OFDM

Diferentes versões

- 802.11g (2003)
 - Até 54 Mb/s
 - ISM, 2,4 GHz
 - DSSS, CCK ou OFDM
- 802.11n (2009)
 - Até 600 Mb/s
 - ISM, 2,4 ou 5,8 GHz
 - DSSS, CCK ou OFDM
 - Múltiplas antenas
 - MIMO (Multiple Input Multiple Output)

Diferentes versões

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11 n
Data de aprovação	07/1999	07/1999	06/2003	10/2009
Taxa máxima (Mb/s)	54	11	54	600
Banda de operação (GHz)	5,8	2,4	2,4	2,4 ou 5,8
Modulação	OFDM	DSSS, CCK	DSSS, CCK, OFDM	DSSS, CCK, OFDM
Largura do canal (MHz)	20	20	20	20 ou 40

Todos usam o CSMA/CA

Outras propostas de extensão para a camada física

- Muitos ainda são drafts
- 802.11ac
 - “Extensão” do 802.11n
 - Taxas de 1 Gb/s (multiestação) e 500 Mb/s (único enlace) operando em uma faixa mais baixa do que 6 GHz
- 802.11ad
 - Altas taxas de transmissão para frequências de até 60 GHz
- 802.11af
 - Wi-Fi nos espaços em branco do espectro de TV → White-Fi

Mais extensões

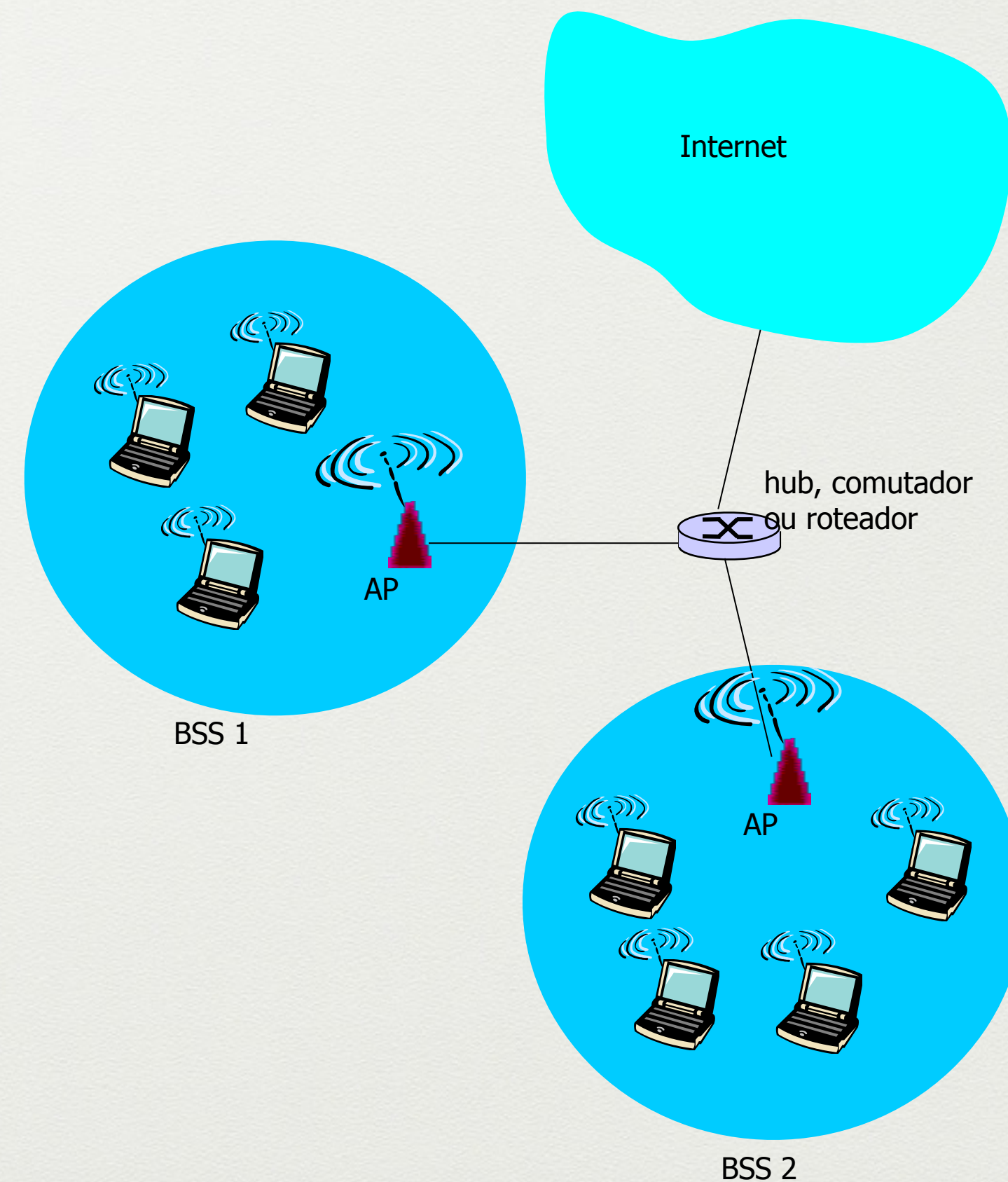
- 802.11e – Qualidade de serviço
- 802.11f – Handoff
- 802.11h – Controle de potência
- 802.11i – Autenticação e encriptação
- 802.11j – Interoperabilidade
- 802.11k – Monitoramento
- 802.11p – Redes veiculares
- 802.11s – Redes em malha

Arquitetura

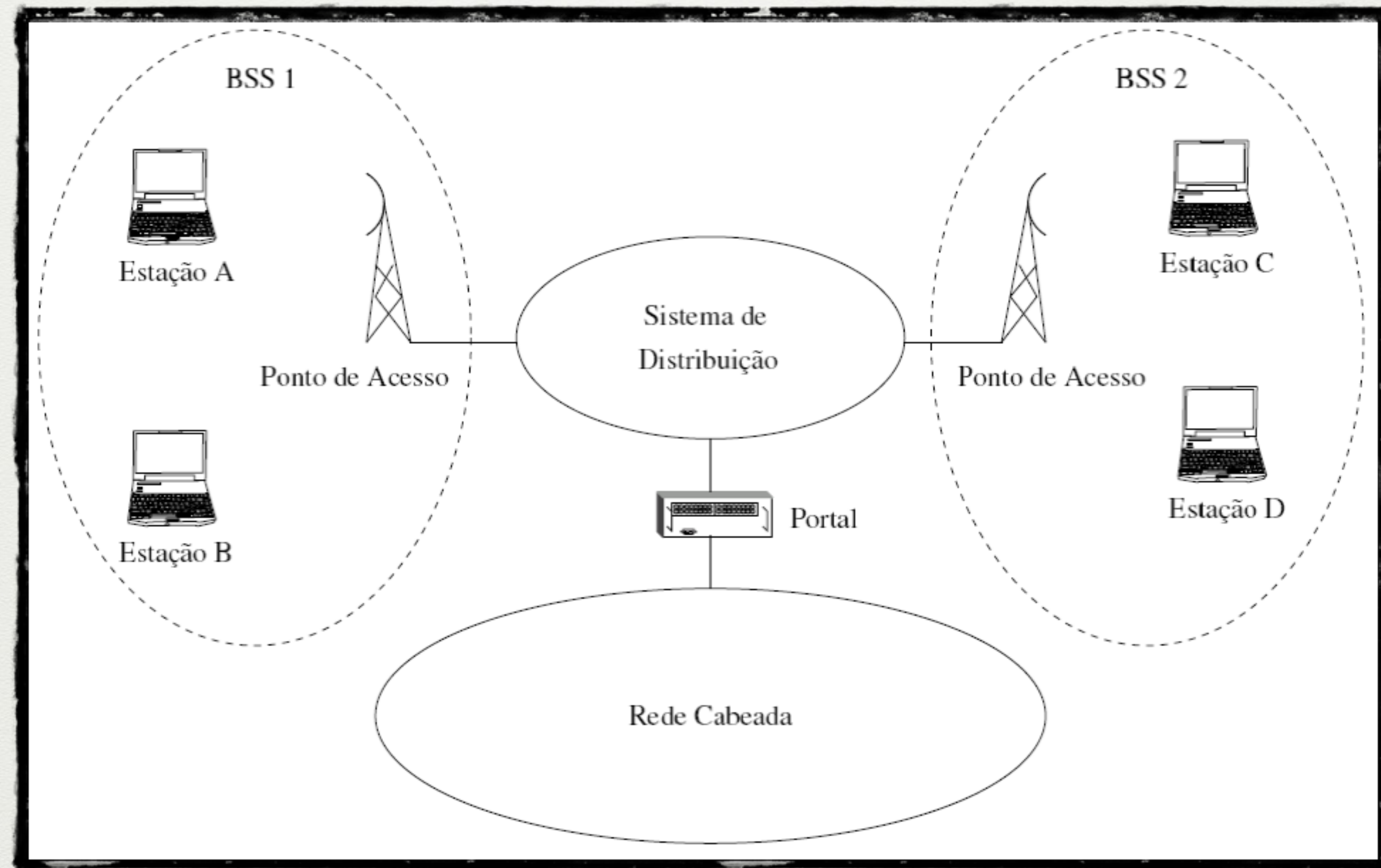
- Componentes que interagem para prover uma rede local transparente para as camadas superiores
- Conjunto básico de serviços (BSS – Basic Service Set)
 - Bloco fundamental de construção da arquitetura
 - Grupo de estações sob uma mesma função de coordenação
 - Função determina quando uma estação pode transmitir e receber dados
- Dois modos
 - Infraestruturado
 - Ad hoc

Modo infraestruturado

- Estações sem-fio se comunicam com a estação-base
 - Estação-base = ponto de acesso (AP)
- Conjunto básico de serviços (BSS)
 - Sinônimo de célula
- No modo infraestruturado, um BSS contém
 - Estações sem-fio e APS

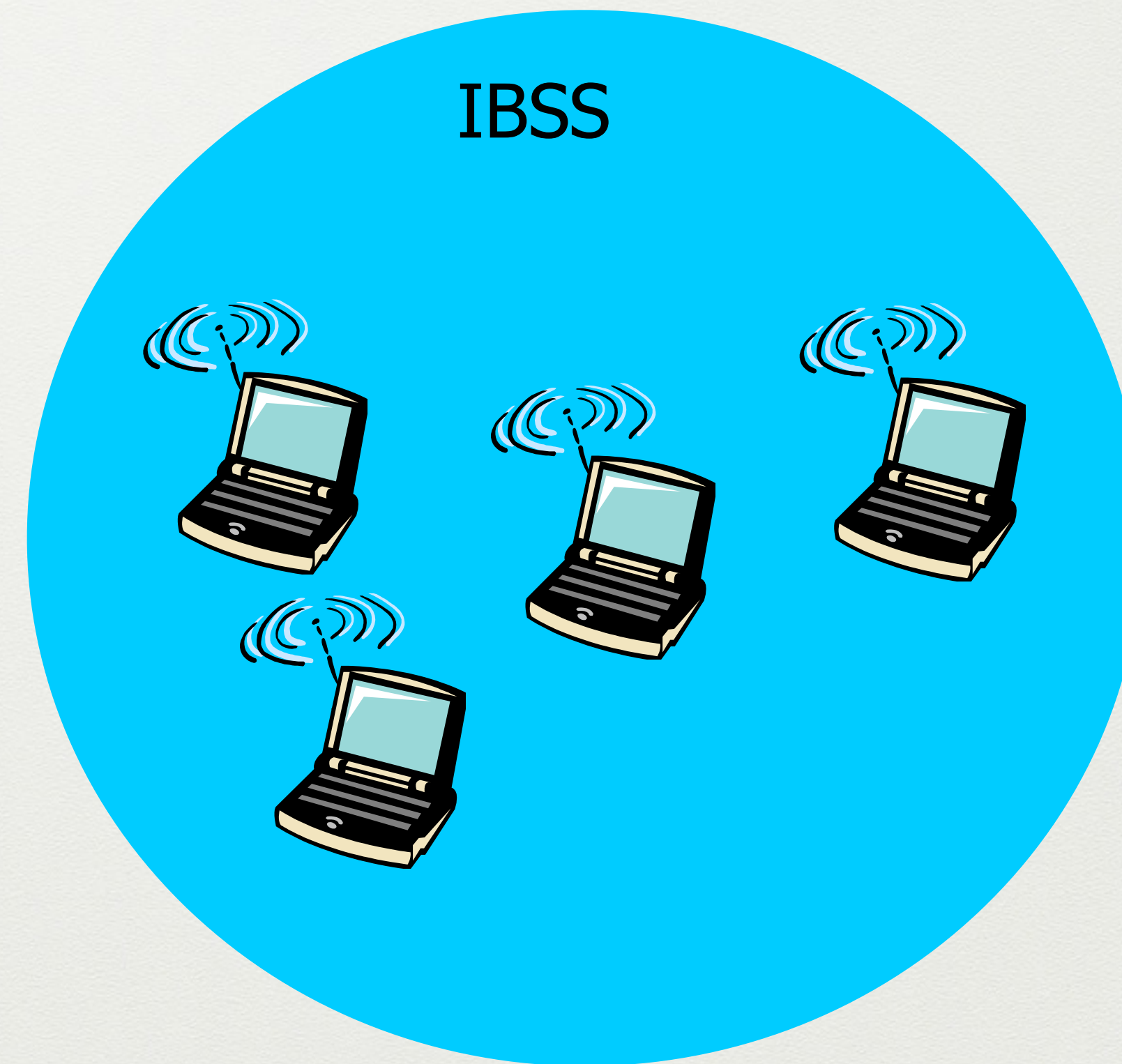


Modo infraestruturado



Modo Ad hoc

- Não usa ponto de acesso
- BSS independente (IBSS)



Gerenciamento

- Escaneamento
- Autenticação
- Associação
- Outros

Escaneamento

- Para encontrar as redes na vizinhança
- Utiliza alguns parâmetros
 - Tipo de BSS: independente, infraestruturado ou ambos
 - BSSID (endereço MAC do AP): individual (busca por uma rede específica) ou difusão (busca por qualquer rede)
 - SSID: individual ou difusão
 - É um identificador da rede
 - Lista de canais
 - Pode ser uma lista de canais (DSSS) ou um padrão de saltos (FHSS)

Escaneamento

- Utiliza alguns parâmetros
 - Tipo de procura: ativa ou passiva
 - Ativa: transmite probe requests
 - Passiva: muda para cada canal na lista e espera por quadros de sinalização (beacon)
 - Outros

Autenticação

- Autenticação de “baixo nível”
 - Estação apresenta sua identidade (endereço MAC) antes de enviar quadros
- Rede infraestruturada
 - Autenticação da estação e não do ponto de acesso

Tipos de Autenticação

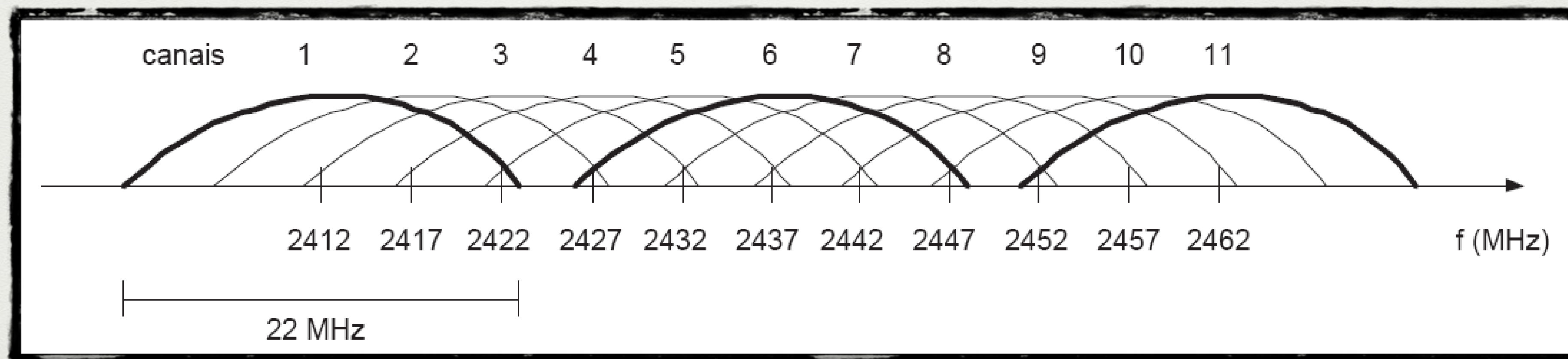
- De sistema de aberto (open system authentication)
 - Simples troca de quadros com as identidades
- De chave compartilhada (shared key authentication)
 - Usa o WEP (Wired Equivalent Privacy)
 - Desafio (texto em claro) é enviado ao cliente e a resposta (texto cifrado) prova que o cliente possui a chave
- Também pode ser usada lista de acesso
 - Filtragem de endereços MAC

Associação

- Só para redes infraestruturadas
- Permite que o sistema de distribuição localize cada estação
- APs podem repassar as informações da associação para outros APs dentro do mesmo ESS

Canais e associação

- Espectro de 2,4 a 2,485 GHz é dividido em 11 canais
- Canais com partes superpostas com canais vizinhos
- Administrador escolhe um canal para o AP
- Possibilidade de interferência se APs vizinhos usam o mesmo canal

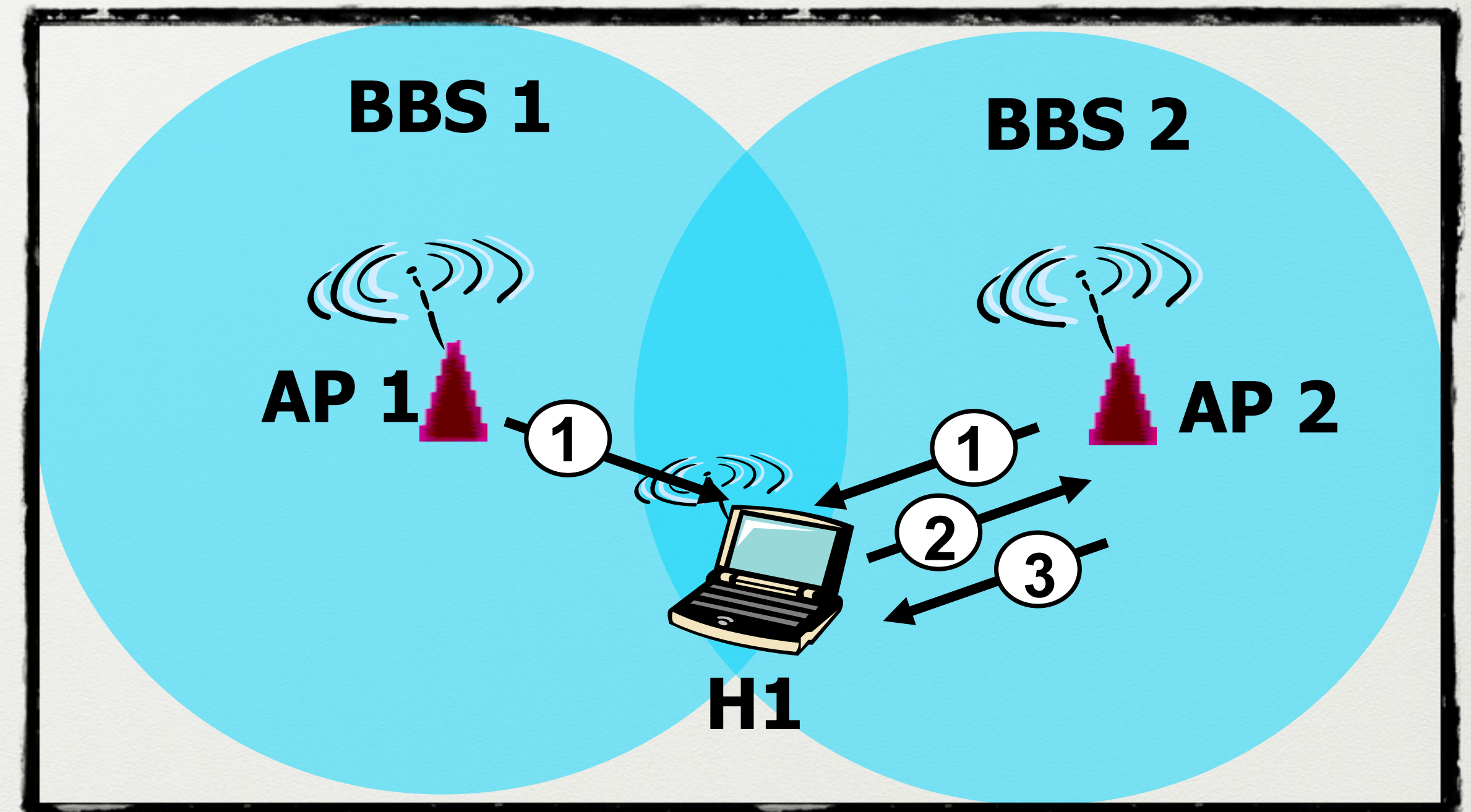


Estação se associa a um AP

- Varre os 11 canais em busca de quadros de sinalização (beacon)
- Beacon inclui o SSID (Service Set Identifier) e o MAC do AP
 - Enviados periodicamente pelos APs para indicar que estão ativos
- Escolhe um AP para se associar
- Se autentica, se necessário, e faz a associação
- Geralmente usa DHCP para obter um endereço da sub-rede do AP

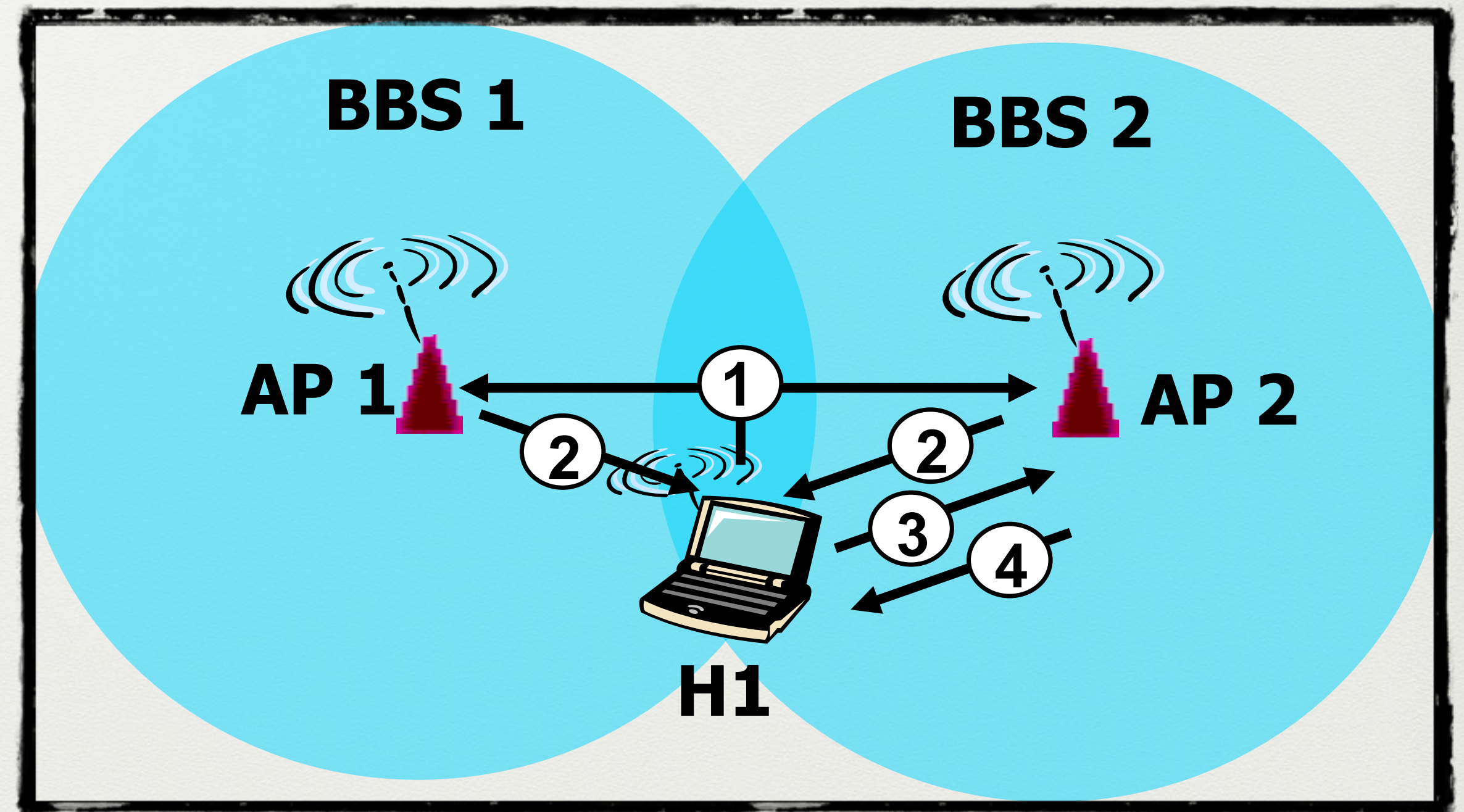
Escaneamento passivo

- Quadro de beacon são enviados pelos APs
- Quadro de requisição de associação
- Enviado por H1 para o AP selecionado
- Quadro de resposta de associação
- Enviado pelo AP selecionado para H1



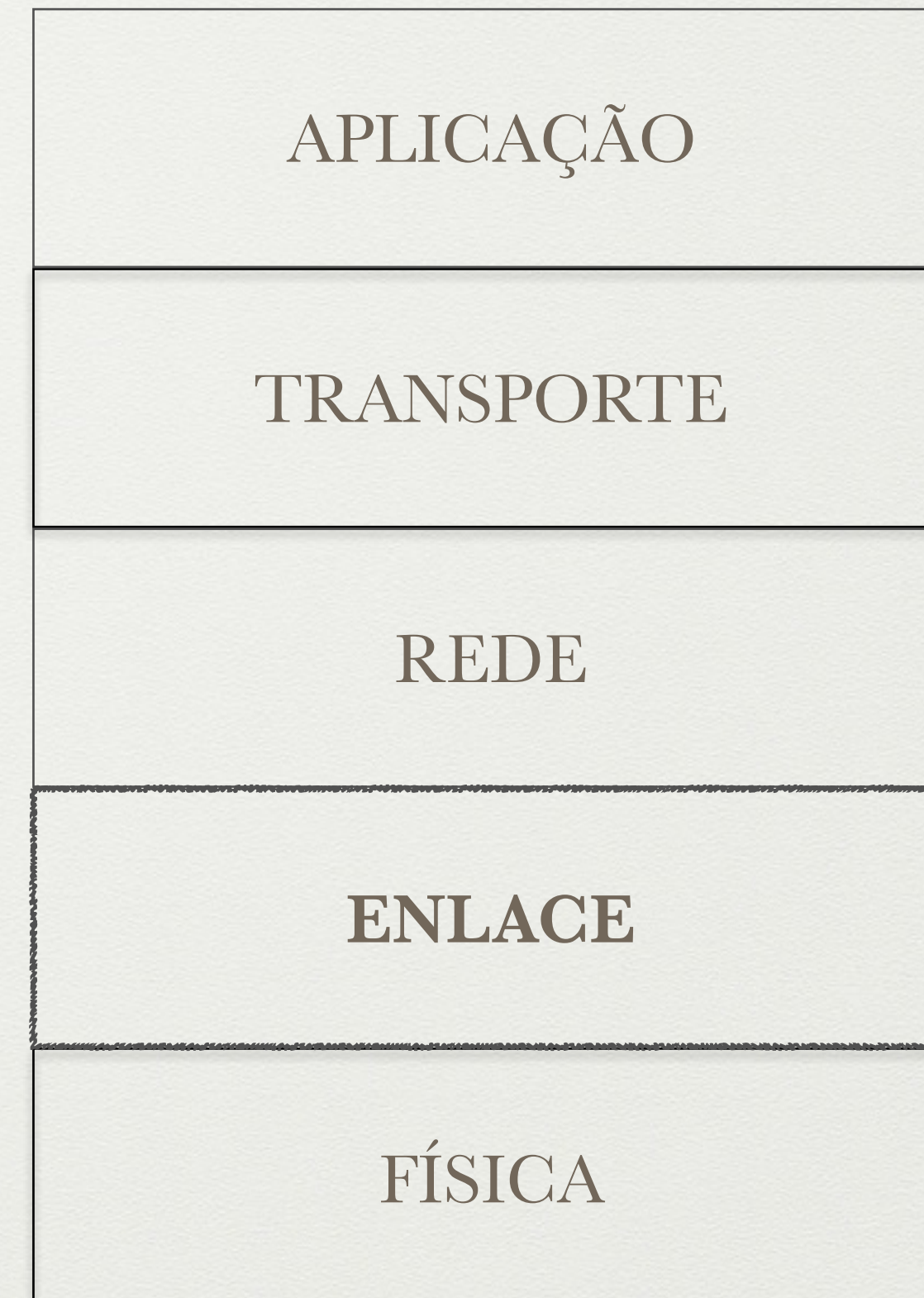
Escaneamento ativo

- Sondas são enviadas por H1 em difusão
- APs enviam respostas às sondas para H1
- Quadro de requisição de associação
 - Enviado por H1 para o AP selecionado
- Quadro de resposta de associação
 - Enviado pelo AP selecionado para H1



Camada MAC

IEEE 802.11



Camada MAC

- Acesso múltiplo ao canal
- Por que não usar do CSMA/CD?

Detecção de colisões

- É necessário enviar e receber um sinal ao mesmo tempo
 - Potência do sinal transmitido \longrightarrow potência do sinal recebido
 - Alto custo para desenvolver um hardware capaz de detectar uma colisão nesse cenário
- Mesmo com uma interface de rede capaz de transmitir e receber ao mesmo tempo
 - É possível que existam colisões?

Mecanismos de acesso ao meio

- DCF (Distributed Coordination Function)
 - Distribuído
- PCF (Point Coordination Function)
 - Centralizado
 - Opcional e pouco implementado
- DCF
 - Modo básico
 - Usa CSMA/CA
 - Modo com RTS/CTS

DCF Modo Básico: CSMA/CA

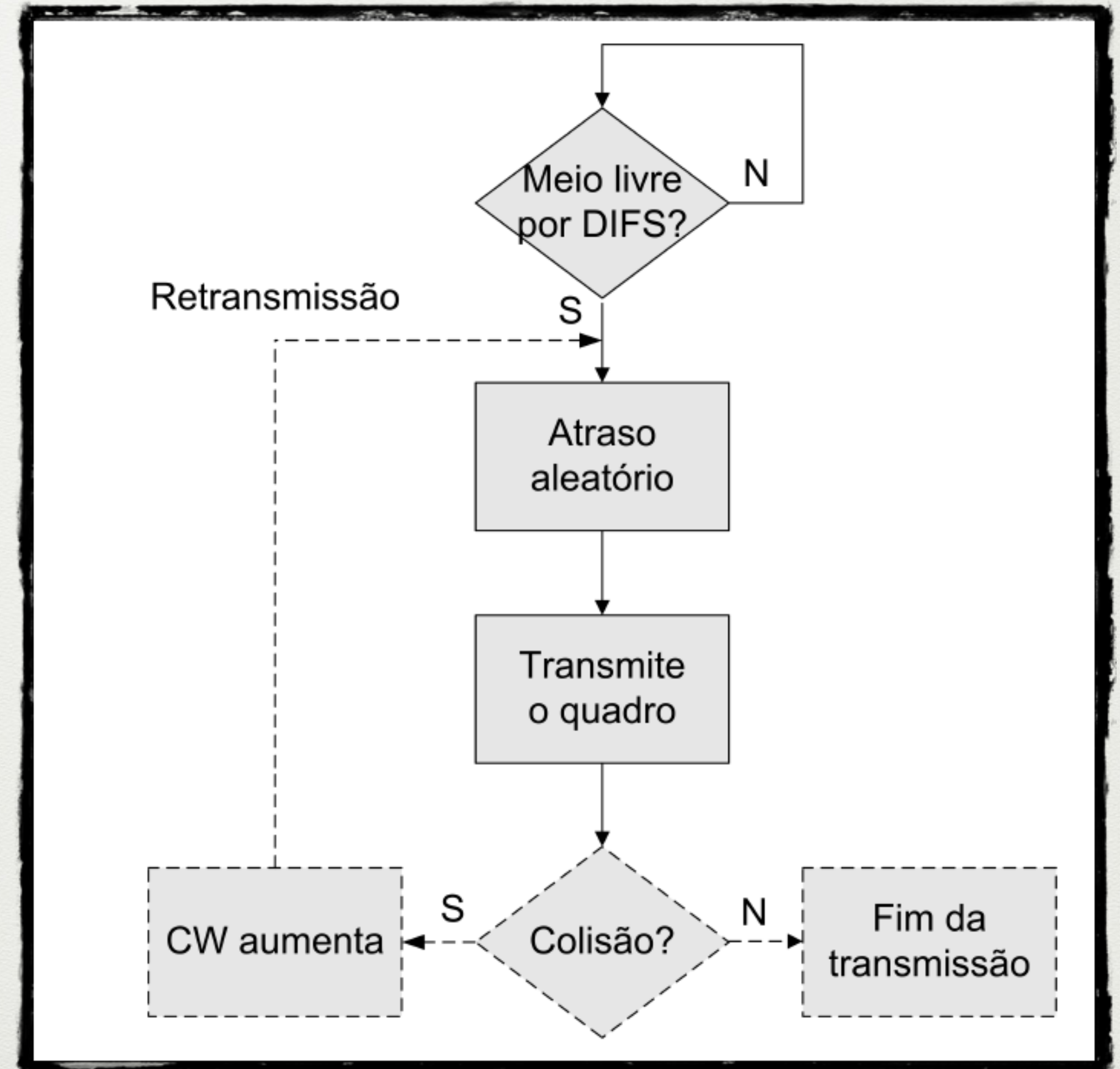
- Escuta de portadora
 - Durante um tempo chamado intervalo entre quadros
 - Quanto menor o intervalo maior a prioridade
 - DIFS (Distributed InterFrame Space)
 - Para quadros de dados
 - SIFS (Short InterFrame Space)
 - Para quadros de ACK

DCF Modo Básico: CSMA/CA

- Para evitar colisões
 - Tempo aleatório (*backoff*) entre transmissões sucessivas de quadros
 - Evita também a captura do meio
- Mecanismos de envio de reconhecimentos positivos (ACKs)
 - Devido às altas taxas de erro do meio sem-fio
 - Informa que o quadro foi recebido corretamente
 - Recuperação de erros \longrightarrow retransmissão

DCF - Transmissão de um quadro

- O primeiro quadro é enviado diretamente
- Após DIFS



Backoff

- Escolhe-se um número aleatório de slots entre 0 e CW
 - Associado a um temporizador de backoff
- Meio livre por mais de DIFS
 - Decrementa-se o temporizador a cada tempo de slot
 - Tempo de slot correspondente ao atraso máximo de propagação dentro de um BSS e a outros atrasos
- Temporizador para quando há alguma transmissão
- Quando o temporizador chega a zero \longrightarrow transmite o quadro

$$backoff = random(CW) \times SlotTime$$

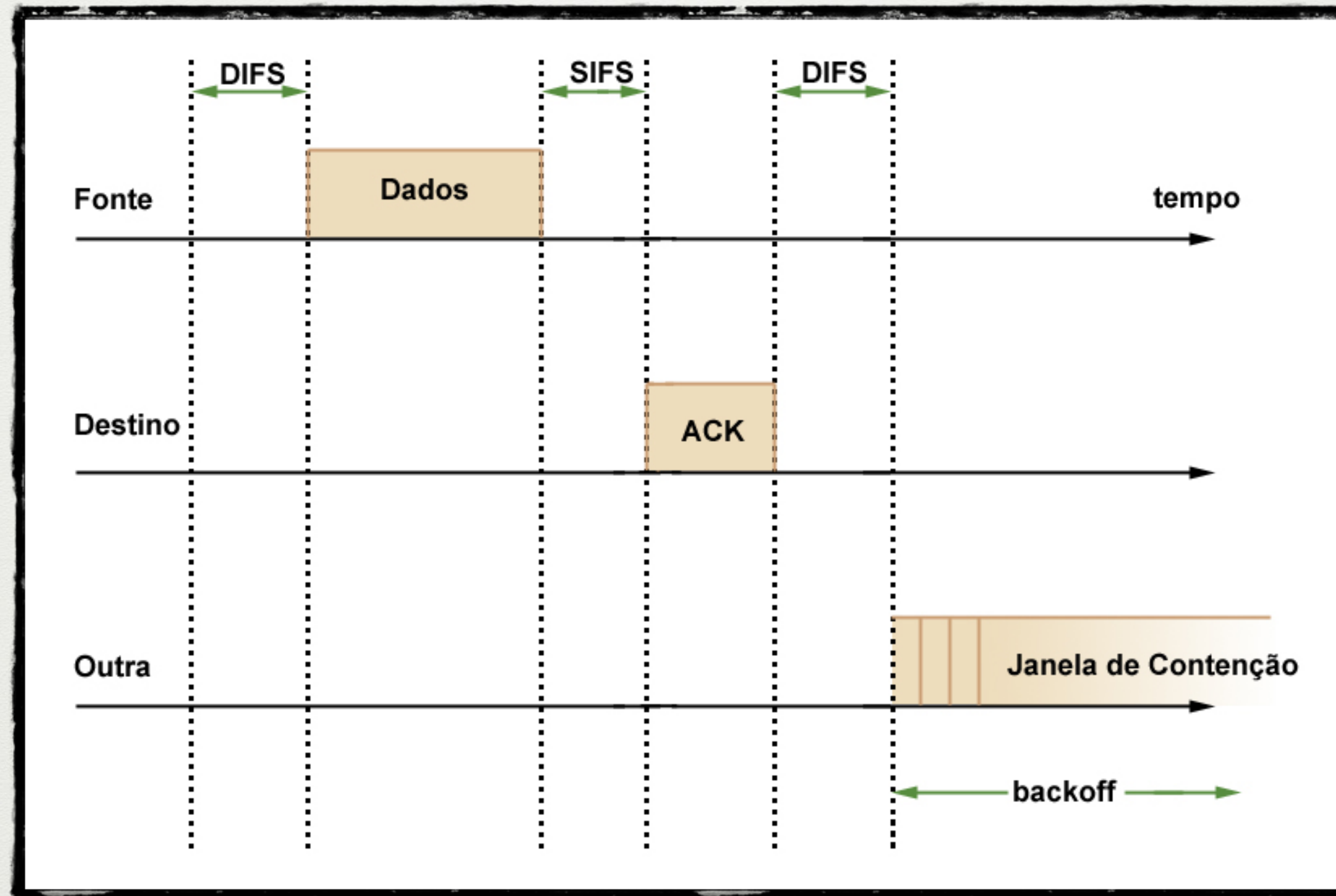
Contention Window (CW)

- Aumenta quando uma colisão é inferida
 - ACK não é recebido em um determinado tempo
 - Próxima potência de 2 menos 1

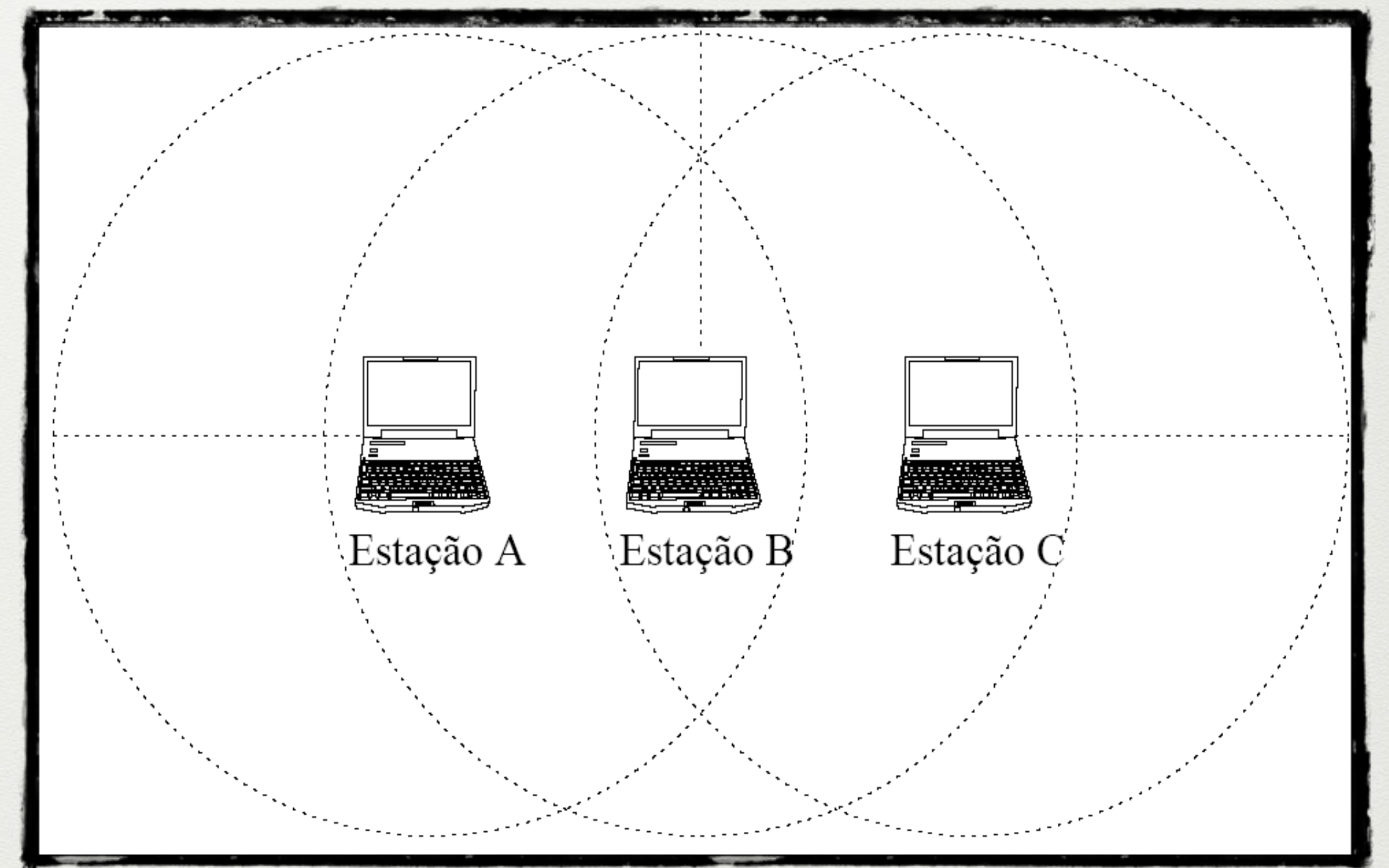
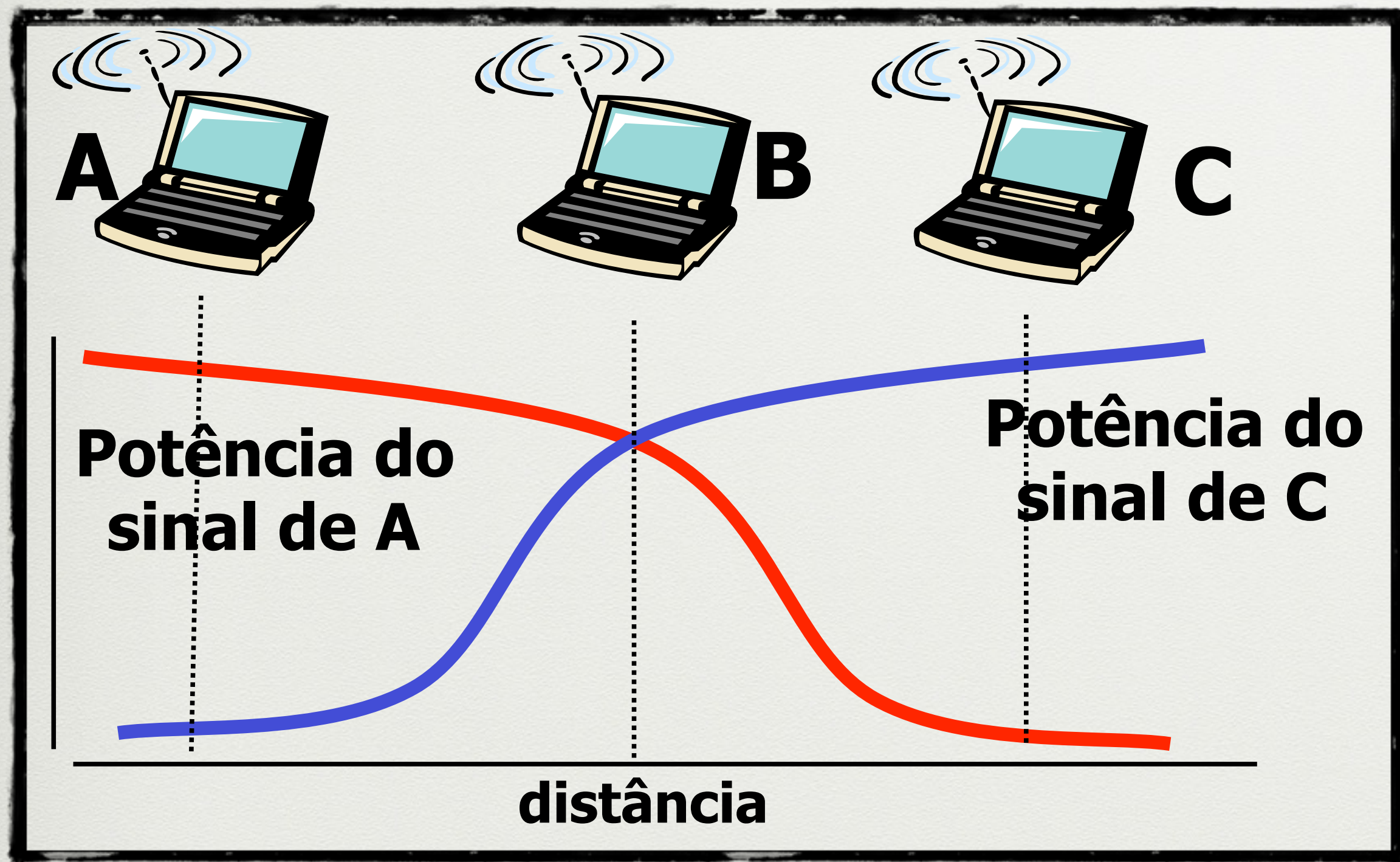
$$CW = ((CW_{min} + 1) * 2^{i-1}) - 1$$

- Até CW_{max}
- CW_{min} e CW_{max} dependem da camada física
- Quadro é descartado após um número máximo de tentativas de transmissão

DCF Modo Básico: CSMA/CA



Terminal escondido



É possível evitar por completo as colisões com
CSMA/CA?

Evitando colisões

- Permitir que o transmissor reserve o meio ao invés de disputá-lo
 - Transmissor envia pequenos quadros para o receptor solicitando a permissão para envio usando o CSMA
 - RTS (Request To Send)
 - Podem colidir uns com os outros, mas são pequenos
 - Receptor envia em difusão quadro autorizando o envio
 - CTS (Clear To Send)
 - CTS é ouvido por todas as outras estações
- Transmissor envia o quadro de dados
 - Outras estações adiam suas transmissões

Evita por completo as colisões ?

DCF Modo com RTS/CTS

- Estação transmite um RTS para o destino
 - Request To Send
 - Quadro curto
 - Contém o comprimento do quadro de dados que eventualmente será enviado em seguida
- Estações vizinhas (no alcance de transmissão da fonte) irão adiar as suas transmissões

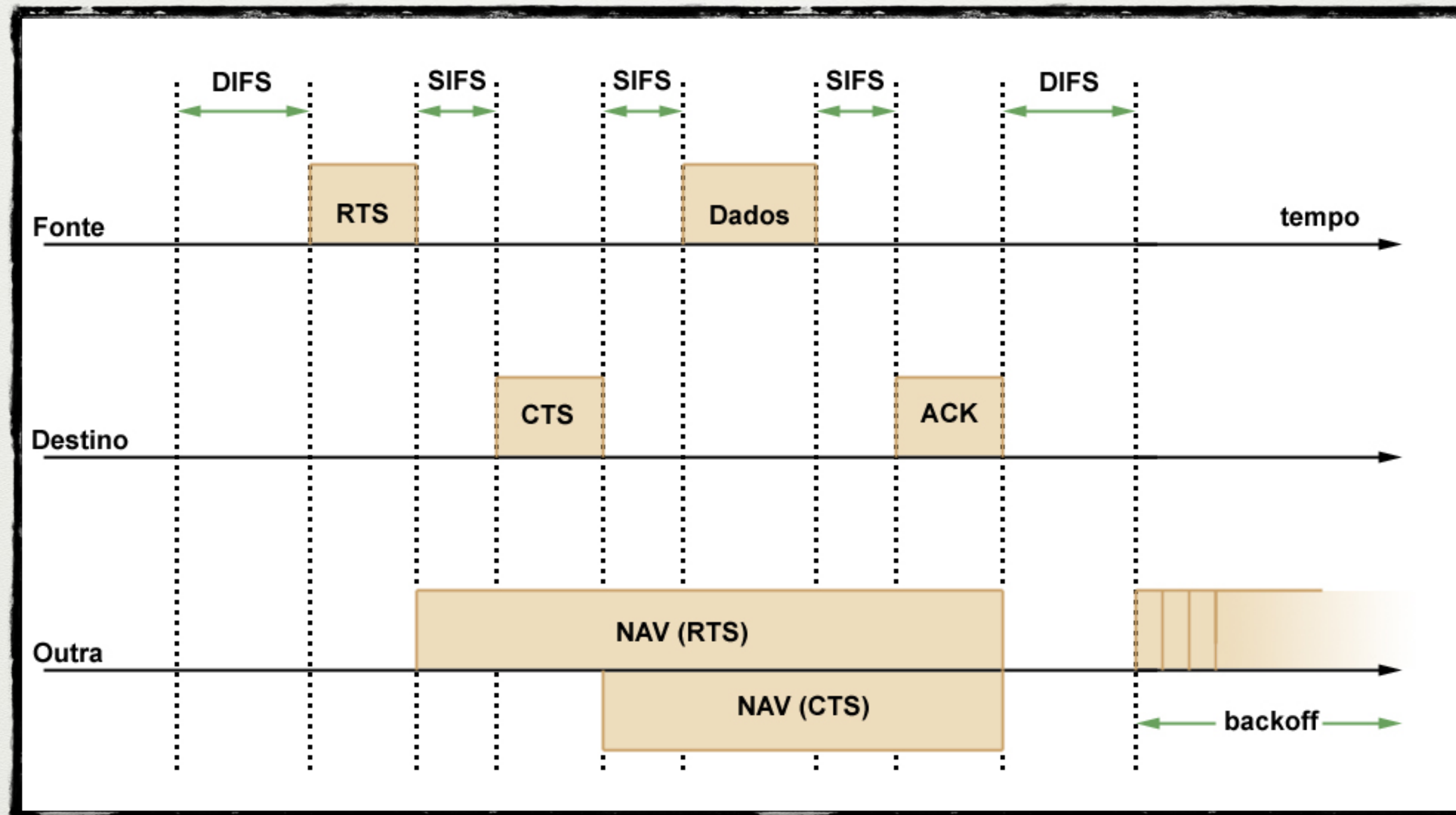
DCF Modo com RTS/CTS

- Destino responde com um CTS
 - Clear To Send
 - Também contém o comprimento do quadro de dados
 - Quadro curto para que as estações vizinhas (no alcance do destino) escutem a transmissão
 - Evitem transmitir enquanto o quadro de dados (grande) estiver sendo enviado

DCF Modo com RTS/CTS

- Quadros RTS e CTS enviados em uma das taxas básicas da rede
 - Estações que ouvem RTS e CTS possam entender as informações de duração da comunicação
 - Taxa básica: “entendida” por todas as estações
- Detecção virtual de portadora
 - Vetor de alocação de rede (NAV)
 - Armazena informações relativas à ocupação do meio
- Evita o problema do terminal escondido

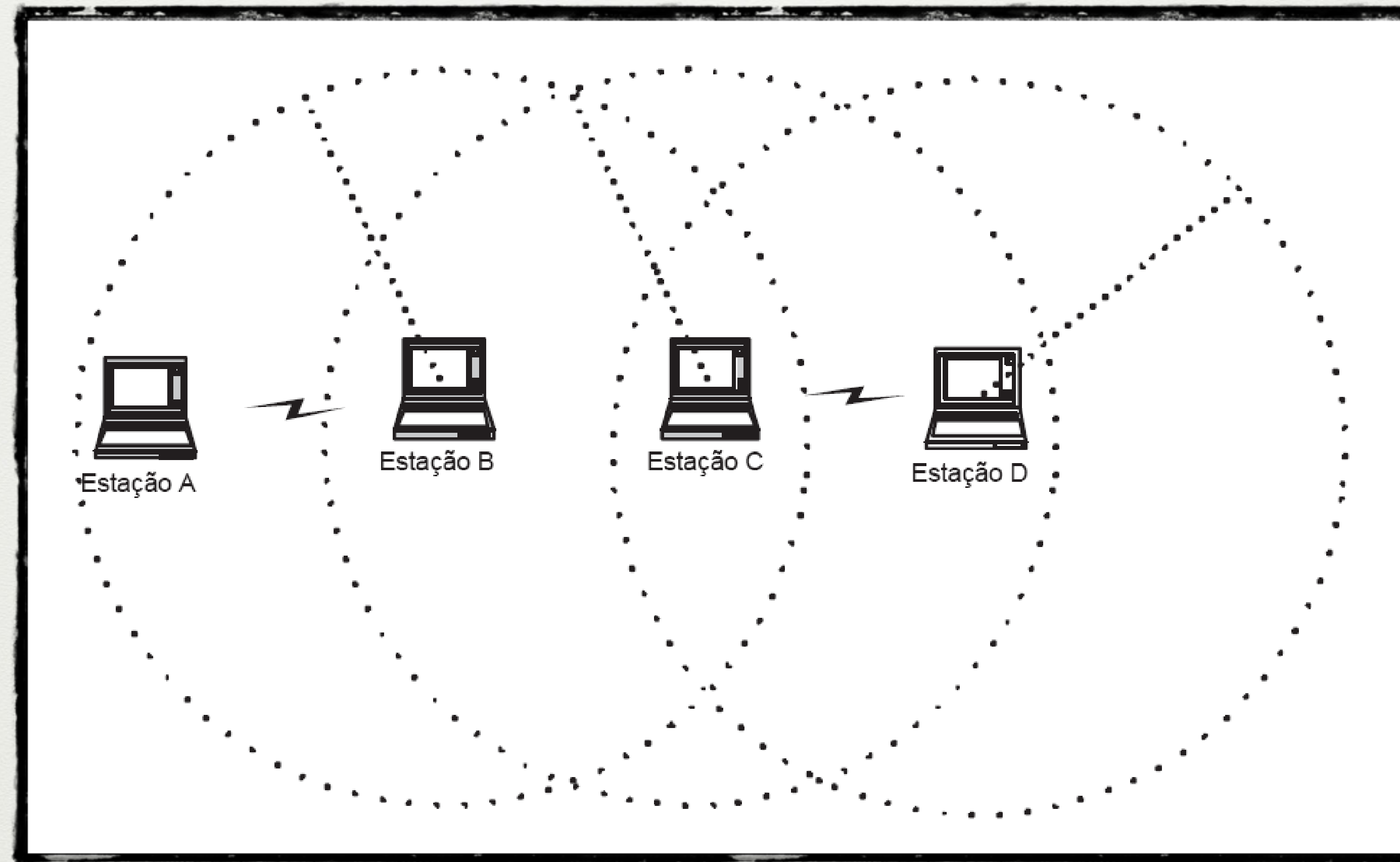
DCF Modo com RTS/CTS



Problemas do RTS/CTS

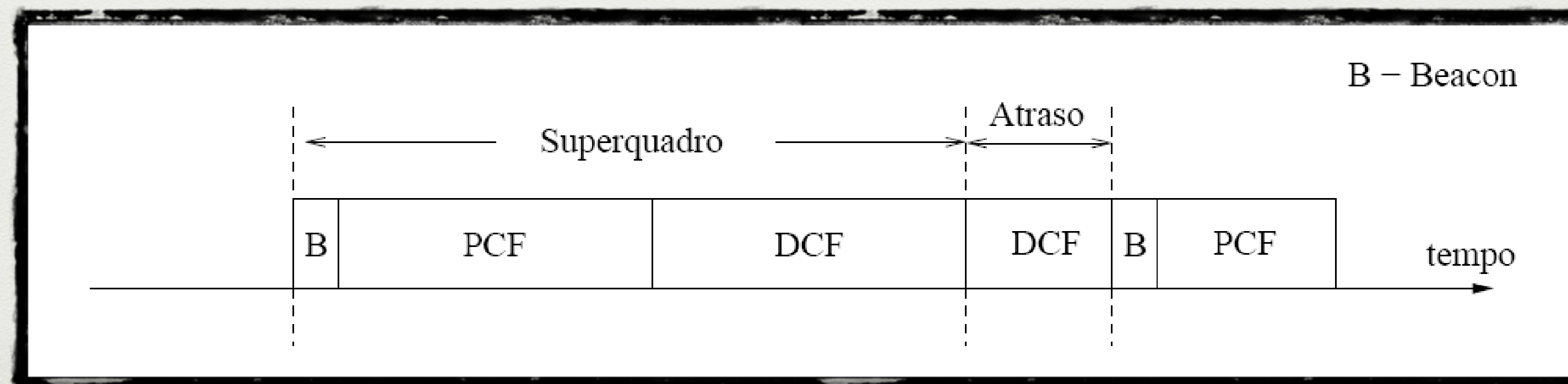
- Ainda há colisões
 - Quadros RTS
 - São quadros menores
- Sobrecarga da rede
 - Baixa eficiência da rede
- Solução
 - Uso apenas para tamanhos de quadros a partir de determinado tamanho
 - RTS threshold
 - Varia de 0-2347 bytes
- Terminal exposto

Terminal exposto



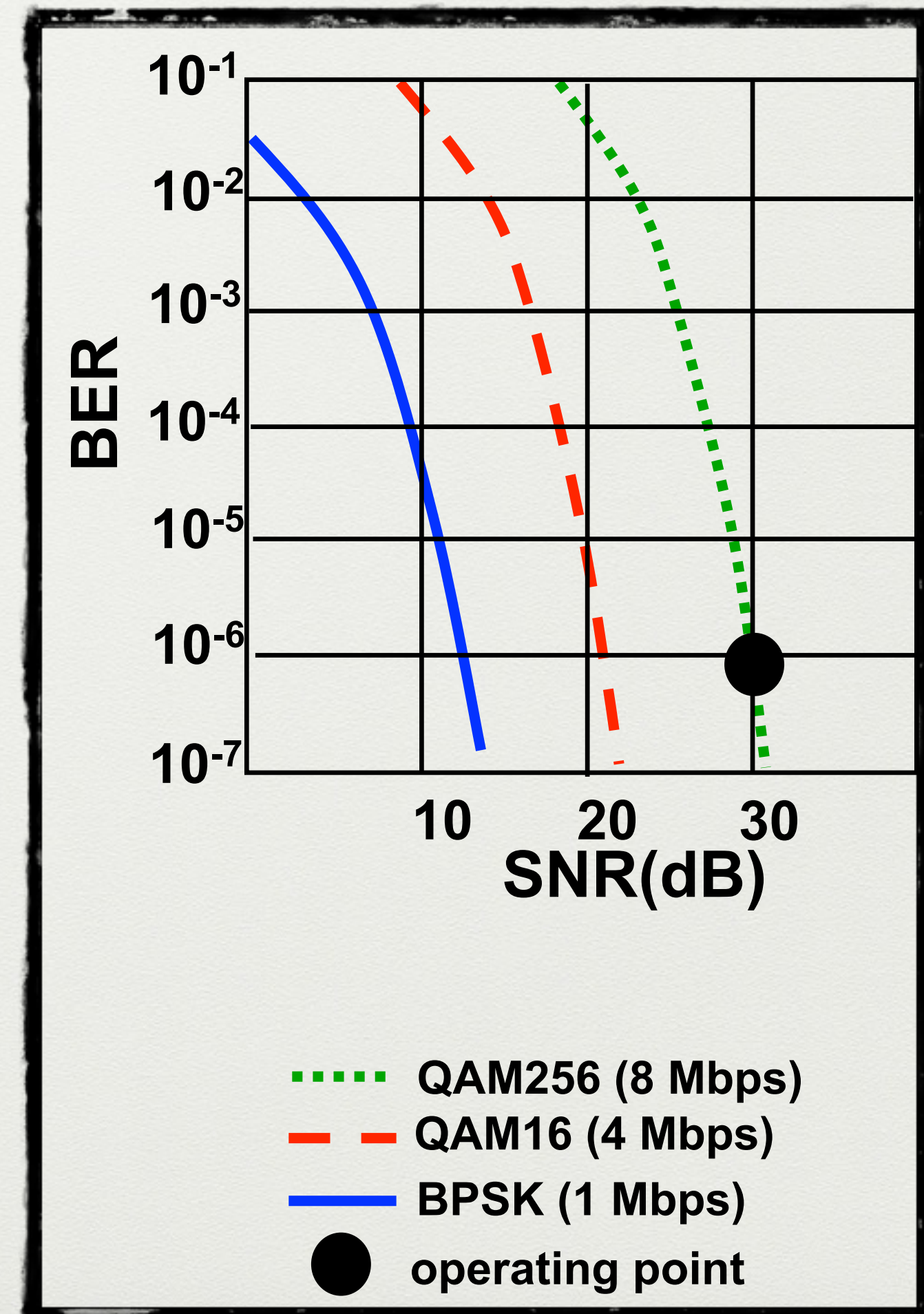
Mecanismo PCF de acesso ao meio

- Coordenador de ponto faz consultas (polling)
- Cada estação só pode transmitir quando receber uma consulta
- Geralmente as estações recebem dados quando são consultadas
- No fim do CFP começa um CP



Seleção de taxas

- Estações e pontos de acesso
- Mudam dinamicamente a taxa de transmissão
- Técnica de modulação
- Condições variáveis do meio



Seleção de taxas

- Implementação não é especificada pelo padrão
 - Definida pelos fabricantes
- Auto Rate Fallback (ARF)
 - Usado por muitos dispositivos comerciais
 - Se uma estação envia dois quadros seguidos sem receber um ACK
 - Taxa de transmissão é reduzida para a próxima mais baixa
 - Se uma estação envia dez quadros seguidos e todos são reconhecidos ou se um temporizador que registra o tempo desde a última redução de taxa estoura
 - Taxa de transmissão é aumentada para a próxima mais alta

Anomalia de taxas seleção de taxa de transmissão

- Desempenho pode ser degradado na presença de estações transmitindo a taxas menores
 - Uma estação “mais lenta” ao transmitir um pacote de tamanho T , ocupa o meio por um período maior quando comparada a uma STA “mais rápida”
 - A estação de maior taxa terá sua vazão reduzida para um valor próximo ao da estação que transmite a uma taxa menor
- Causada pelo CSMA/CA
 - Atribui igual probabilidade de acesso ao meio para todas as estações, independentemente de suas taxas.

Créditos

- Algumas das transparências foram inspiradas nas aulas
 - Prof. Igor de Monteiro Moraes (IC/UFF)
 - Inclusive as figuras que estão sem o crédito
- Figura do primeiro slide
 - Fonte: <http://www.ikanda.be/sensors/what-is-iot>