

Padrão IEEE 802.11

Profa. Débora Christina Muchaluat Saade
debora@midia.com.uff.br

Redes Locais sem Fio

➔ Padrão desenvolvido pelo IEEE projeto 802.11

Wireless Local-Area Networks Standard Working Group

➔ Define:

- nível físico:
 - frequência de rádio
 - infravermelho
- Camada MAC - DFWMAC (*Distributed Foundation Wireless MAC*)
 - CSMA/CA
 - Polling

IEEE 802.11 - padrões

➔ Padrão original em 1997

➔ Revisão de 2007 incluiu:

- *IEEE Std 802.11aTM-1999: High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band*
- *IEEE Std 802.11bTM-1999: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band*
- *IEEE Std 802.11b-1999/Corrigendum 1-2001: Higher-speed Physical Layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band*
- *IEEE Std 802.11dTM-2001: Specification for operation in additional regulatory domains*
- *IEEE Std 802.11gTM-2003: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band*
- *IEEE Std 802.11hTM-2003: Spectrum and Transmit Power Management Extensions in the 5 GHz band in Europe*
- *IEEE Std 802.11iTM-2004: Medium Access Control (MAC) Security Enhancements*
- *IEEE Std 802.11jTM-2004: 4.9 GHz–5 GHz Operation in Japan*
- *IEEE Std 802.11eTM-2005: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements*

IEEE 802.11 - padrões

➔ Revisão de 2012 incluiu:

- *IEEE Std 802.11kTM-2008: Radio Resource Measurement of Wireless LANs*
- *IEEE Std 802.11rTM-2008: Fast Basic Service Set (BSS)*
- *IEEE Std 802.11yTM-2008: 3650–3700 MHz Operation in USA*
- *IEEE Std 802.11wTM-2009: Protected Management Frames*
- *IEEE Std 802.11nTM-2009: Enhancements for Higher Throughput*
- *IEEE Std 802.11pTM-2010: Wireless Access in Vehicular Environments*
- *IEEE Std 802.11zTM-2010: Extensions to Direct-Link Setup (DLS)*
- *IEEE Std 802.11vTM-2011: Wireless Network Management*
- *IEEE Std 802.11uTM-2011: Interworking with External Networks*
- *IEEE Std 802.11sTM-2011: Mesh Networking*

IEEE 802.11 - padrões

➔ Revisão de 2016 incluiu:

- *IEEE Std 802.11aeTM-2012: Prioritization of Management Frames*
- *IEEE Std 802.11aaTM-2012: MAC Enhancements for Robust Audio Video Streaming*
- *IEEE Std 802.11adTM-2012: Enhancements for Very High Throughput in the 60 GHz Band*
- *IEEE Std 802.11acTM-2013: Enhancements for Very High Throughput for Operation in Bands below 6 GHz*
- *IEEE Std 802.11afTM-2013: Television White Spaces (TVWS) Operation*

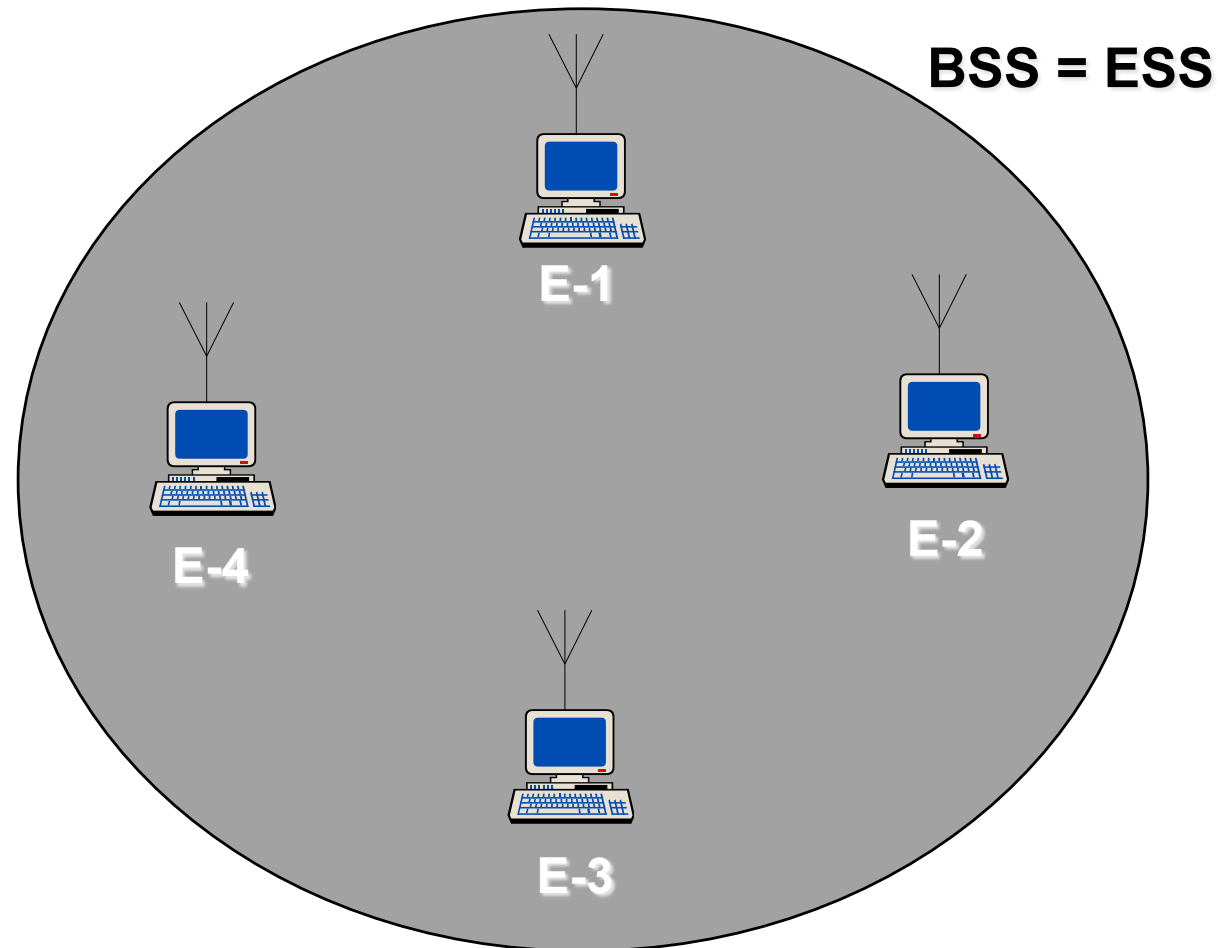
IEEE 802.11

- Área coberta pela rede é dividida em células (BSA – *Basic Service Area*)

- Rede local sem fio *Ad-Hoc*
 - ESS com um único BSS

- Rede local sem fio com infraestrutura
 - Sistema de Distribuição
 - AP – access point

Rede sem Fio Ad-Hoc

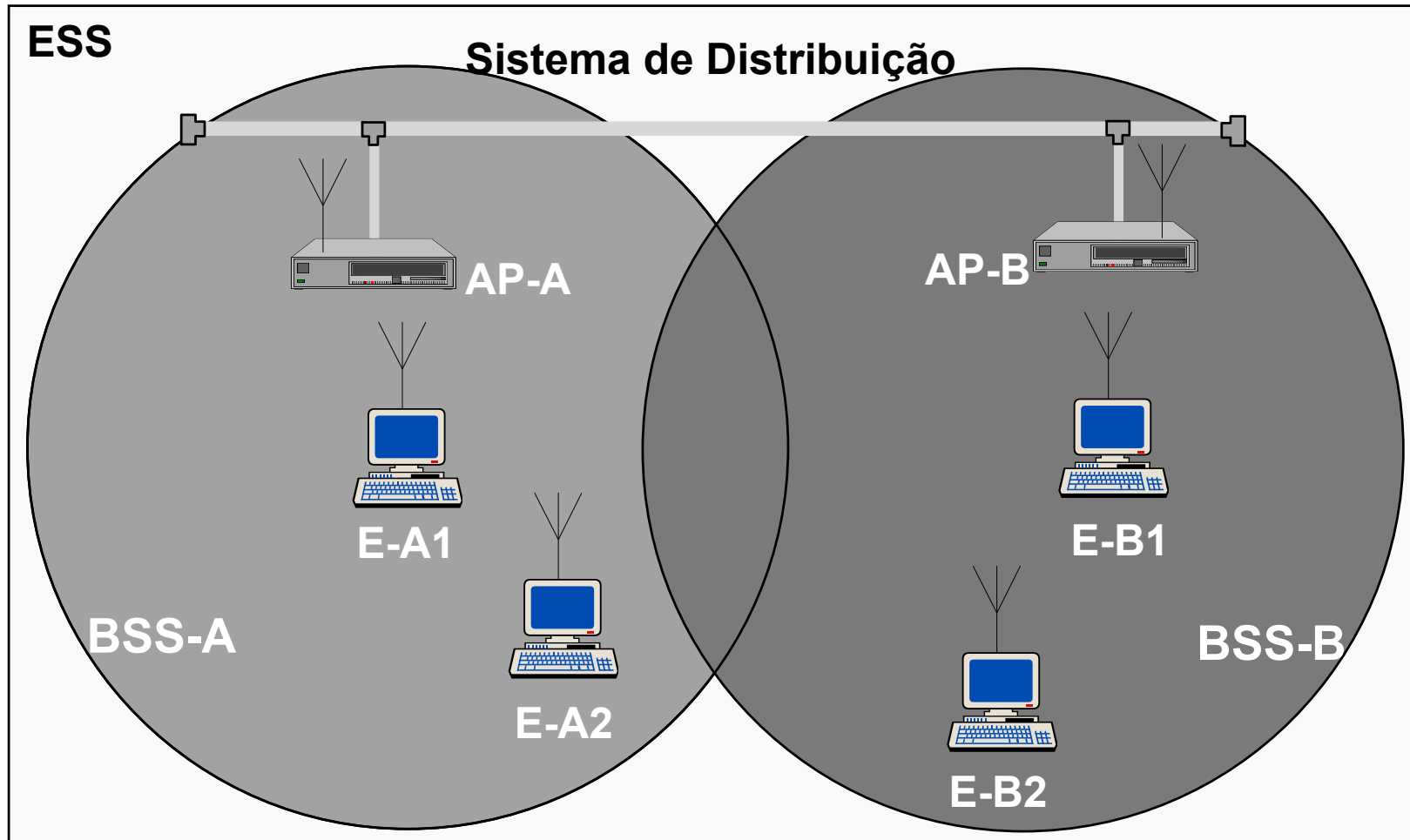


BSA (Basic Service Area) = célula

BSS (Basic Service Set) = estações comunicando-se em uma BSA

Rede sem Fio com Infraestrutura

Redes de Computadores II



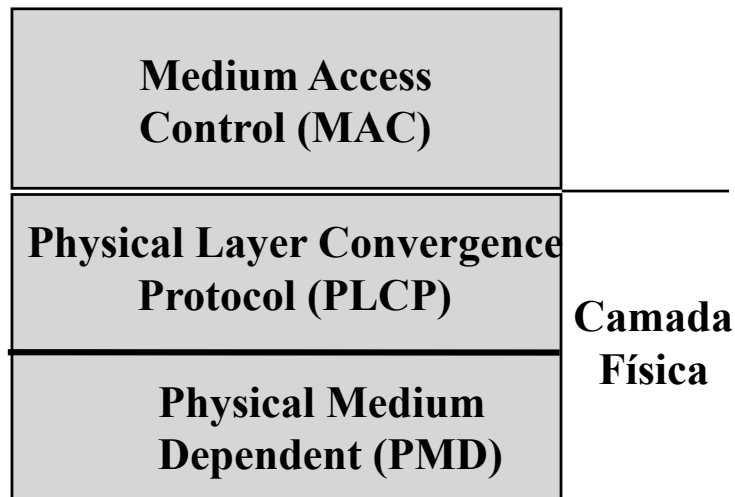
BSA (Basic Service Area) = célula

BSS (Basic Service Set) = estações comunicando-se em uma BSA

AP (Access Point)

ESS (Extended Service Set) = estações comunicando-se em vários BSS' s

Camadas 802.11



➔ MAC:

- *Acesso ao meio*
- *Fragmentação*
- *Criptografia (WEP – Wired Equivalent Privacy, WPA - Wi-Fi Protected Access, WPA2)*

➔ PLCP:

- *Indicação de meio livre (CCA – Clear Channel Assessment)*
- *Oferece SAP comum independente da tecnologia de transmissão*

➔ PMD:

- *Modulação*
- *Codificação/decodificação de sinais*
- *Transmissão*

DFWMAC *Distributed Foundation Wireless MAC*

Redes de Computadores II

➤ Define dois Métodos de Acesso (Funções de Coordenação)

➤ **Distributed Coordination Function - DCF**

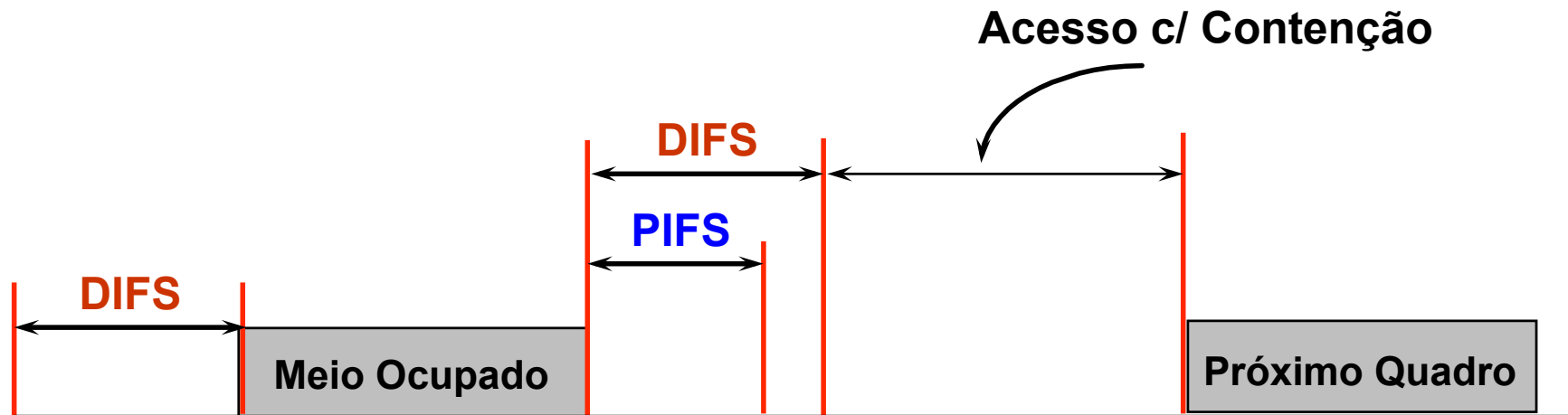
- Distribuído (Obrigatório)
- Decisão de quando transmitir é tomada individualmente
- CSMA/CA
- Possibilidade de transmissões simultâneas

➤ **Point Coordination Function - PCF**

- Centralizado (Opcional)
- Decisão de quem deve transmitir centralizada em um ponto
- Precisa do AP – redes com infraestrutura
- Polling
- Evita a ocorrência de colisões

Controle de Acesso DFWMAC

Redes de Computadores II



IFS - *Inter Frame Space*

PIFS - PCF (*Priority*) IFS: *Point Coordination Function*

DIFS - DCF (*Priority*) IFS: *Distributed Coordination Function*

DCF: por que não usar CSMA/CD?

➔ Limitações:

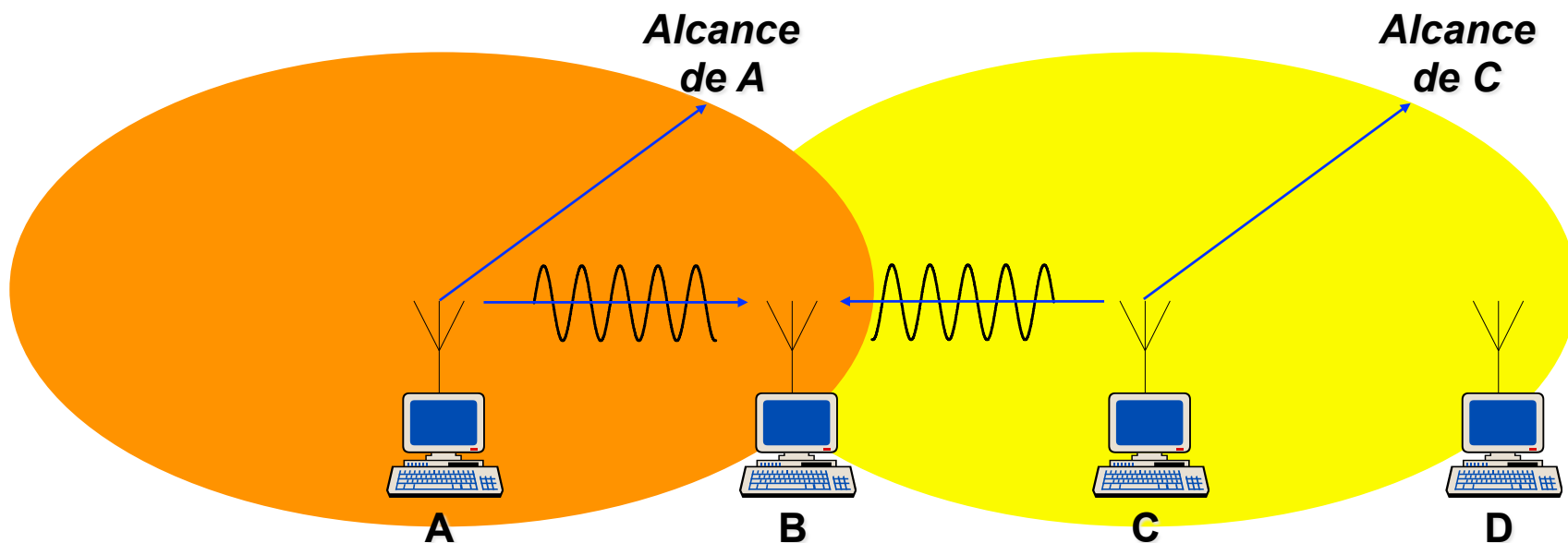
- *Meio sem fio: é difícil detectar outro sinal além do sinal da própria estação, com as antenas de transmissão e recepção próximas uma da outra.*
- *Nem todas estações de uma BSA são capazes de receber os sinais de todas as demais:*
 - *Estação escondida*

Problema com CSMA em redes sem fio

➔ Nem todas as estações estão no alcance de todas as demais estações:

– *Problema da estação escondida:*

- C não percebe a transmissão de A para B.

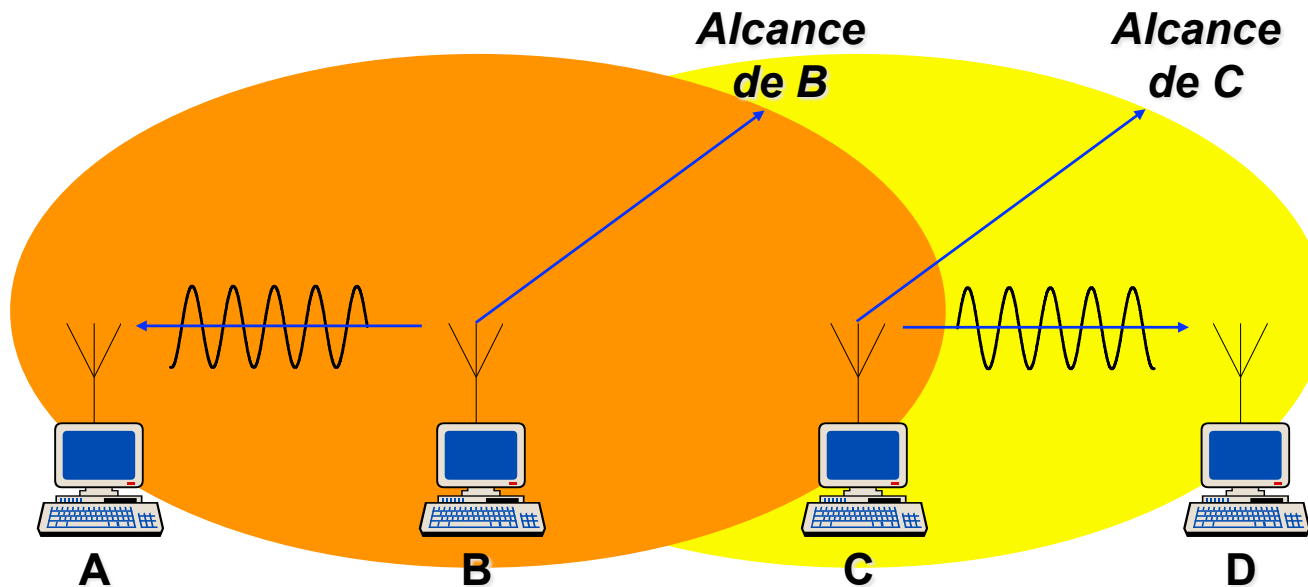


Problema com CSMA em redes sem fio

➔ Nem todas as estações estão no alcance de todas as demais estações:

– *Problema da estação exposta:*

- C não transmite para D se B estiver transmitindo para A.



Solução: CSMA/CA

➔ CSMA/CA com requisição (RTS) e reconhecimento (CTS):

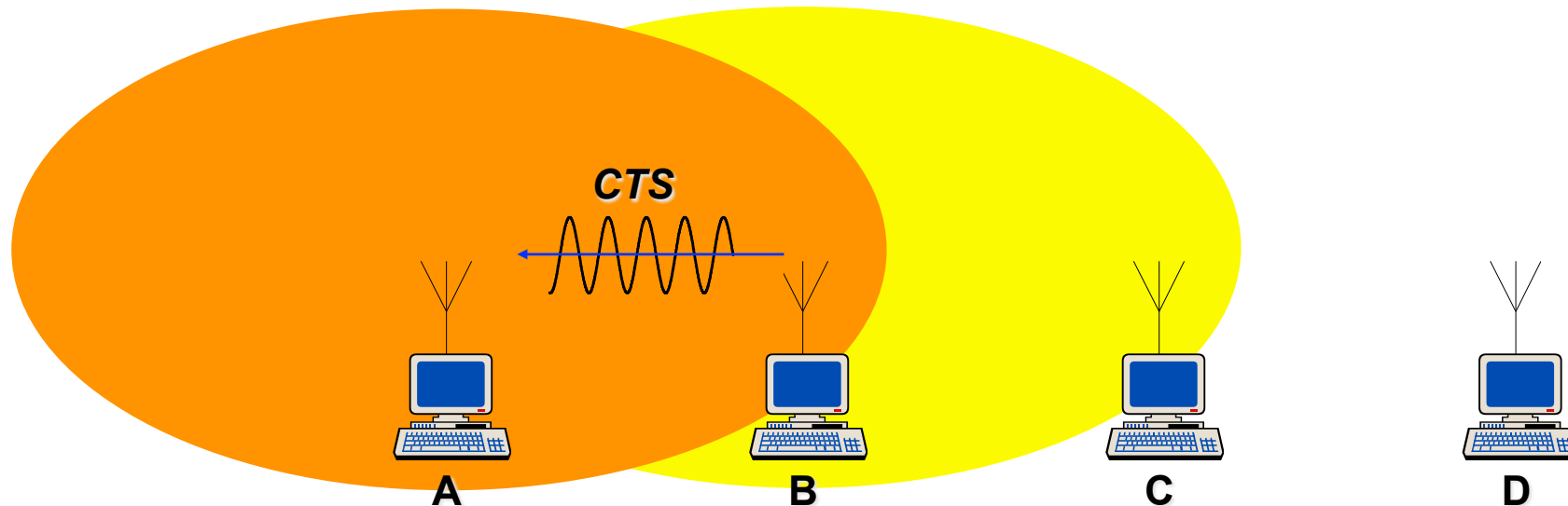
- *Uma requisição é enviada ao destino antes de transmitir os dados:*
 - É enviado um quadro RTS – Request To Send.
- *O destino responde com uma autorização:*
 - É enviado o quadro CTS – Clear To Send.
- *Após o recebimento correto de um quadro, o destino envia reconhecimento positivo:*
 - É enviado o quadro ACK – Acknowledgement.

Estação escondida

➔ Suponha que A quer transmitir para B:

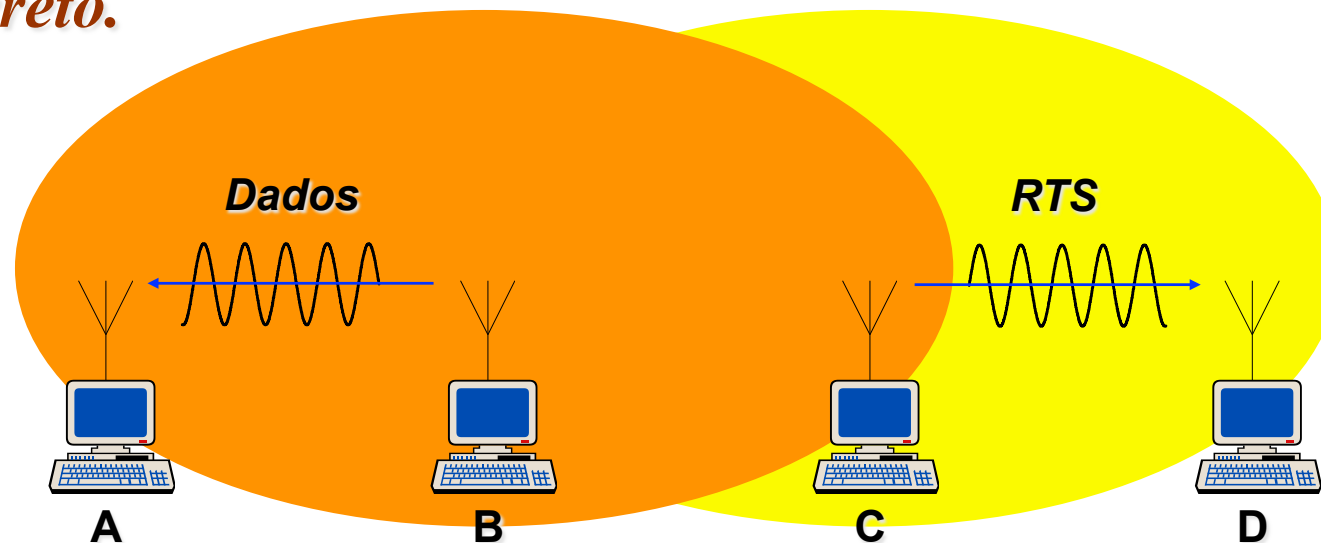
- *A envia RTS para B*
- *...C não receberá o RTS de A*
- *... mas receberá o CTS de B.*

- A colisão pode ocorrer entre o envio de RTSs por parte de A e C “ao mesmo tempo”, sendo ambos endereçados para B.



Estação exposta

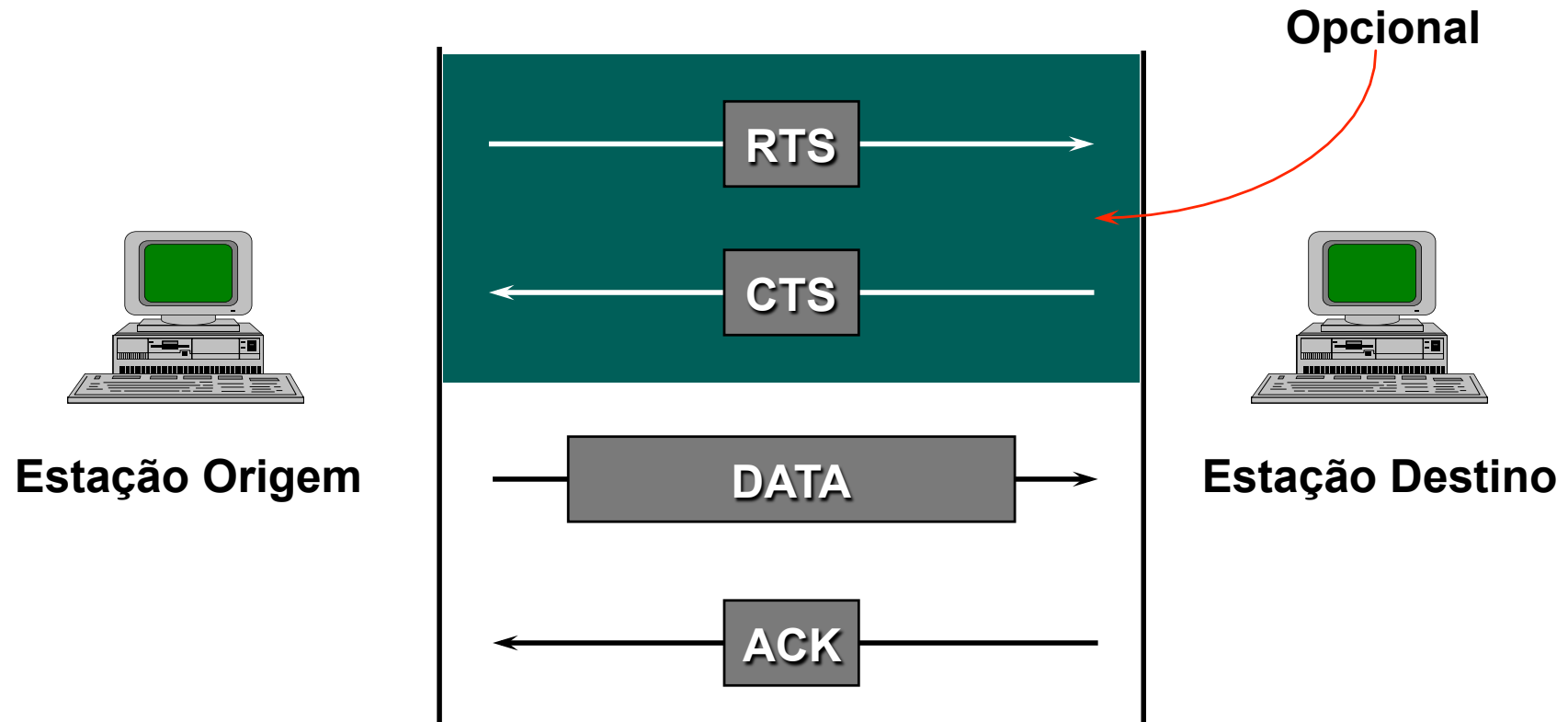
- ➔ B quer transmitir para A (enviou RTS primeiro),
- ➔ C quer transmitir para D (envia RTS depois):
 - *Não há colisão, pois o RTS de B era endereçado para A e C não recebeu o CTS de A.*
 - *A enviará o reconhecimento de um quadro correto.*



Distributed Coordination Function

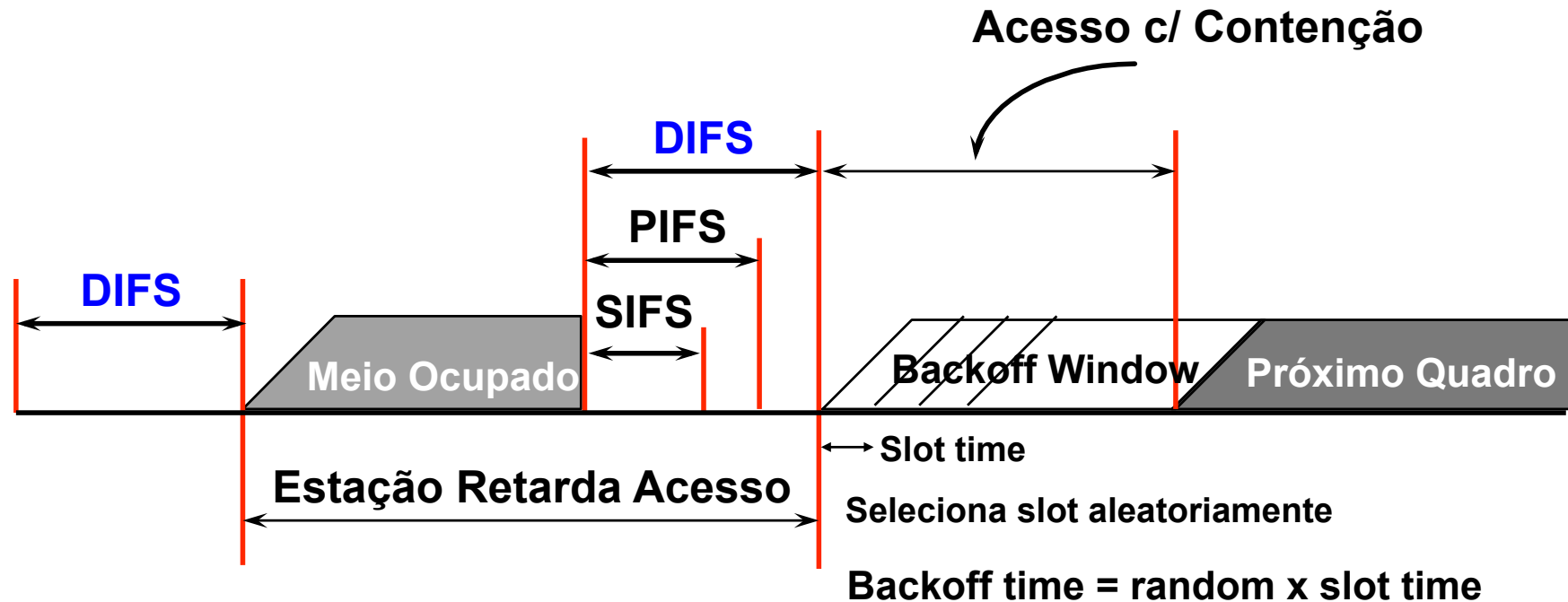
- ➔ **Utiliza a técnica CSMA/CA**
- ➔ **Obrigatória para todos os AP' s e estações em redes sem fio com infraestrutura ou *Ad-Hoc***
- ➔ **Acrescenta opcionalmente ao CSMA/CA tradicional a troca de quadros de controle RTS (*Request to Send*) e CTS (*Clear to Send*)**

Transmissão de Dados



RTS/CTS - Leva estimativa de tempo de transmissão do quadro de dados usado para atualizar o NAV (*Network Allocation Vector*) em cada estação

Controle de Acesso DCF



IFS - Inter Frame Space

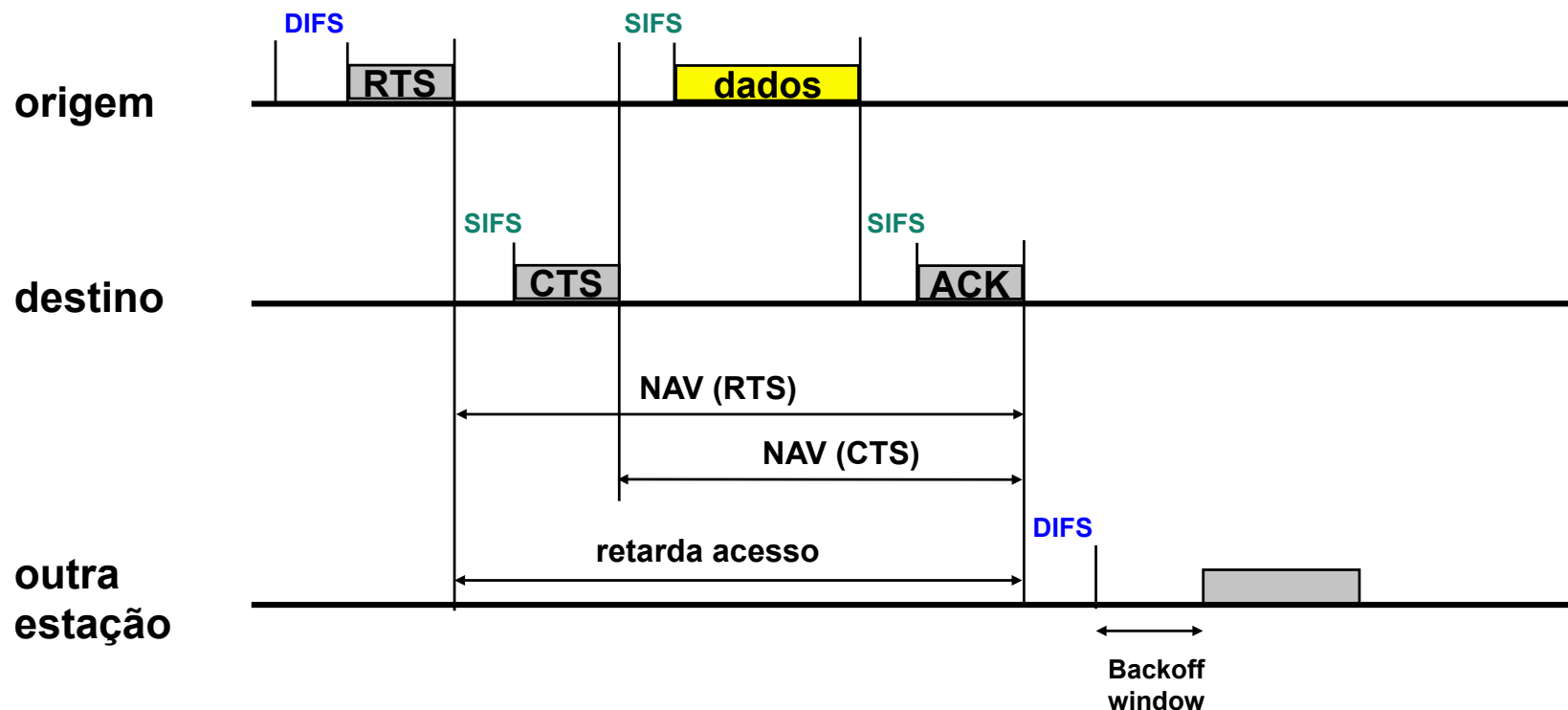
SIFS - Short (Priority) IFS: CTS, ACK, respostas ao polling

PIFS - PCF (Priority) IFS: Point Coordination Function

DIFS - DCF (Priority) IFS: Distributed Coordination Function

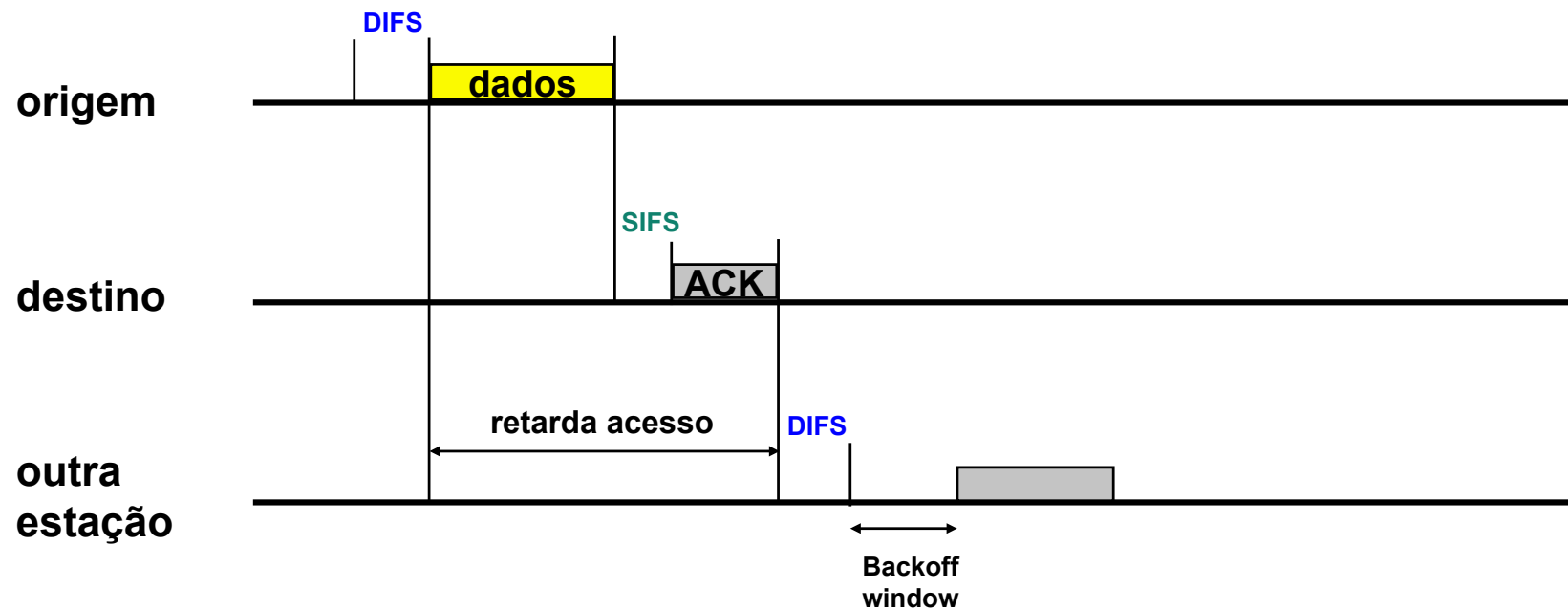
Slot time – depende da tecnologia de nível físico

Exemplo CSMA/CA com RTS/CTS



NAV – Network Allocation Vector: define instante de tempo mais próximo em que a estação pode tentar acessar o meio

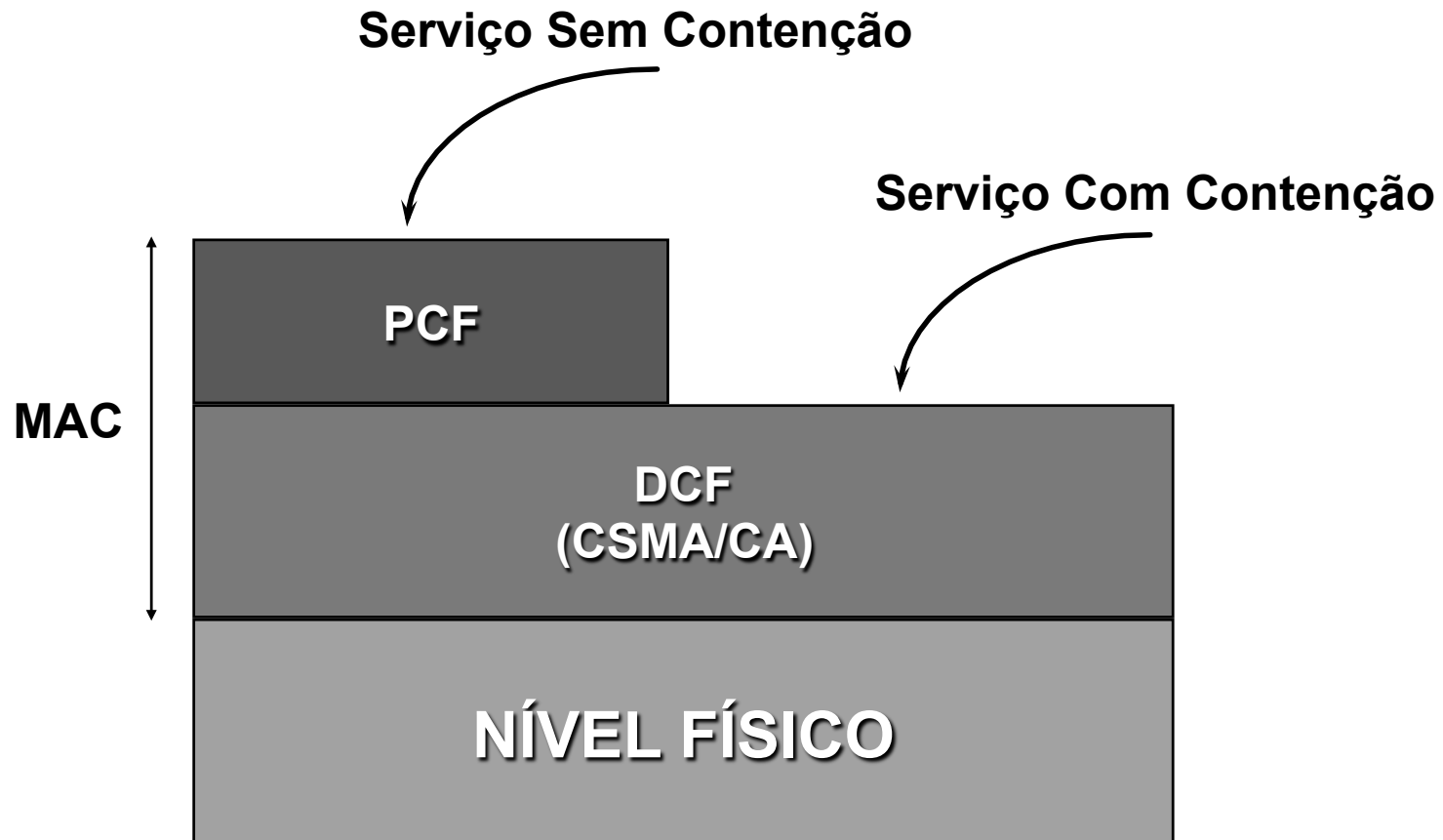
Exemplo CSMA/CA sem RTS/CTS



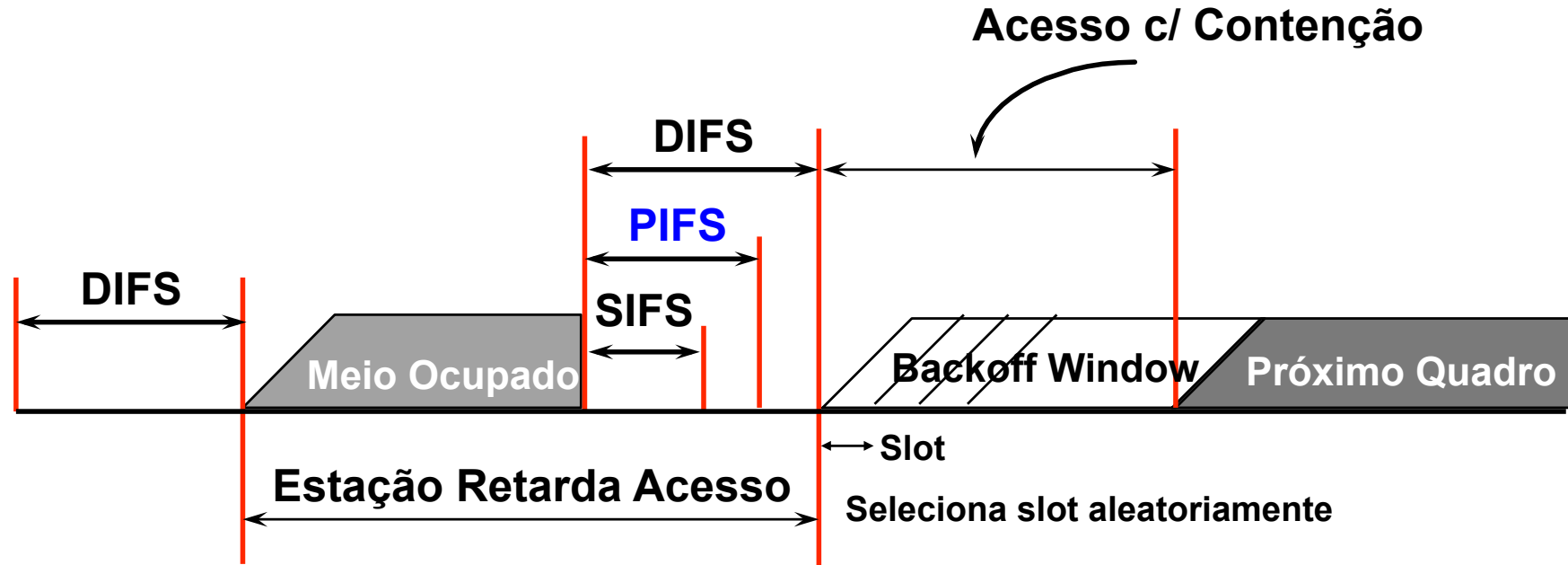
Point Coordination Function

- **Implementa um serviço de acesso ordenado usando a técnica de polling, controlado pelo AP (Access Point)**
- **Somente pode ser usado em redes com infraestrutura e sem intersecções entre as BSS' s que operam na mesma faixa de frequência**

Serviços DFWMAC



Controle de Acesso PCF



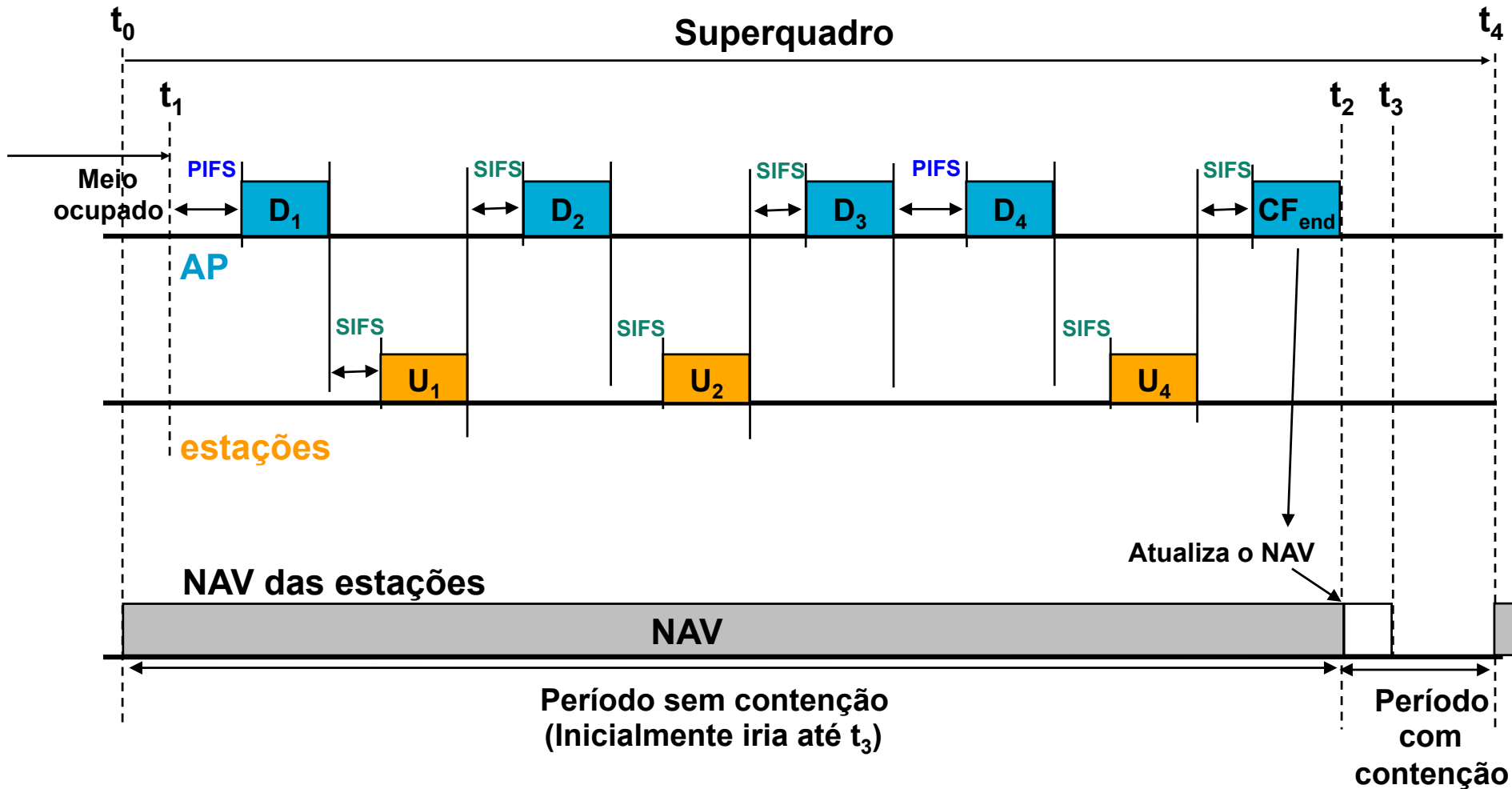
IFS - *Inter Frame Space*

SIFS - *Short (Priority) IFS: CTS, ACK, Mensagens Urgentes*

PIFS - **PCF (Priority) IFS: Point Coordination Function**

DIFS - *DCF (Priority) IFS: Distributed Coordination Function*

Exemplo Polling

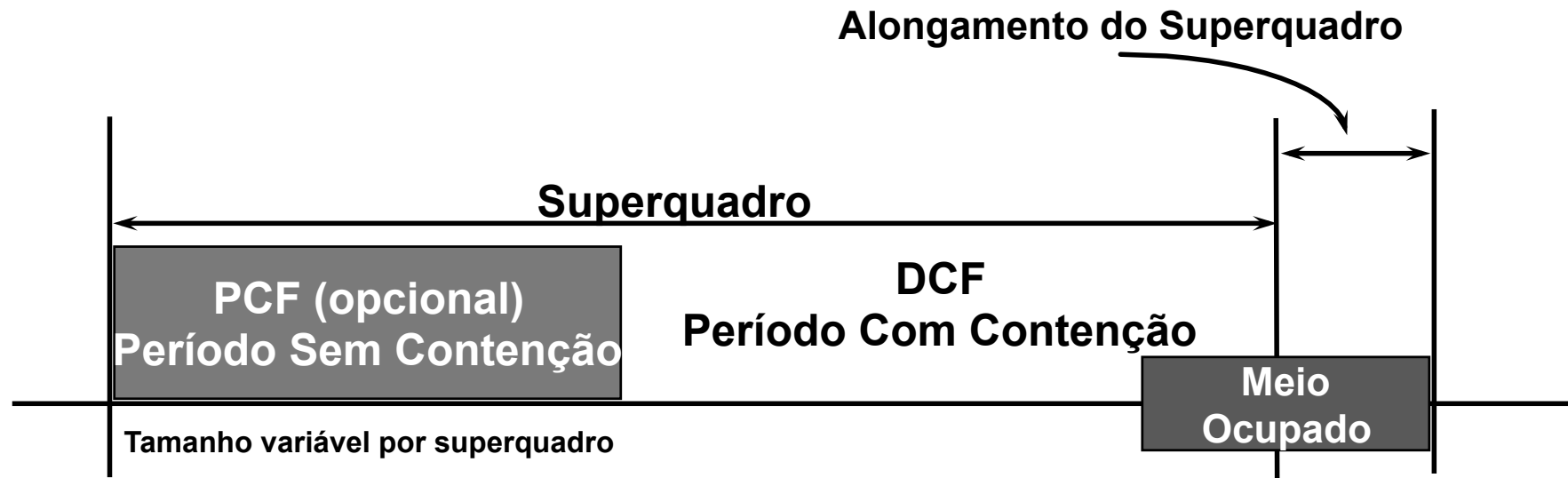


NAV – Network Allocation Vector: define instante de tempo mais próximo em que a estação pode tentar acessar o meio

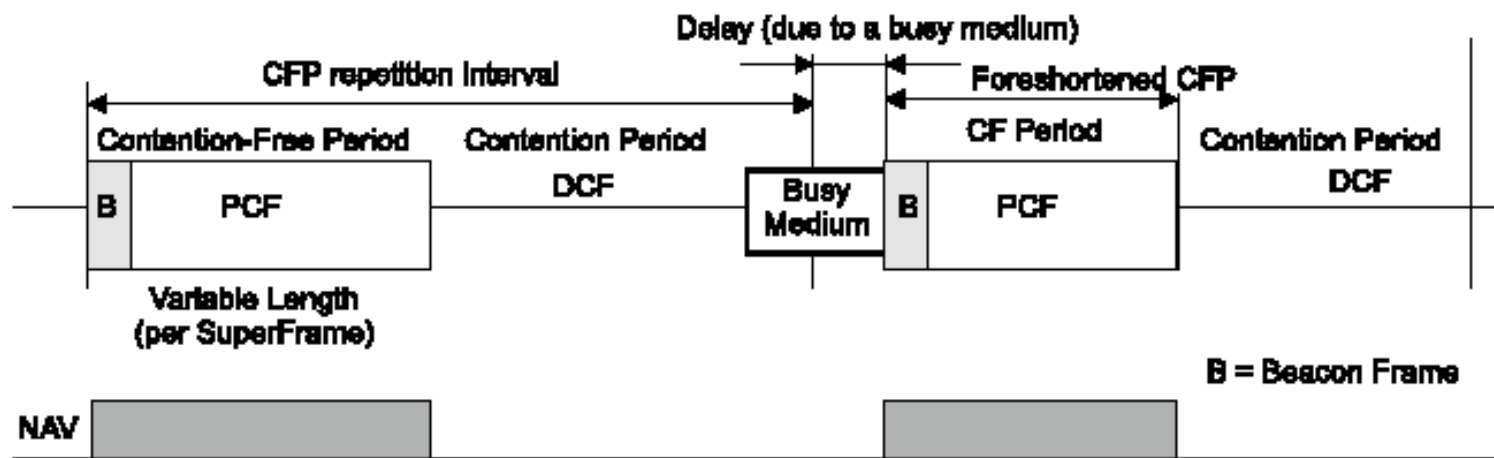
Integração PCF x DCF

- AP divide o tempo em períodos denominados superquadros
- Um superquadro consiste em dois intervalos de tempo consecutivos, sendo o primeiro controlado pela PCF e o segundo pela DCF
- As durações dos períodos PCF e DCF são variáveis
 - Alongamento de superquadro
- PIFS < DIFS : Função pontual (AP) ganha o acesso primeiro e gerencia transmissões por polling

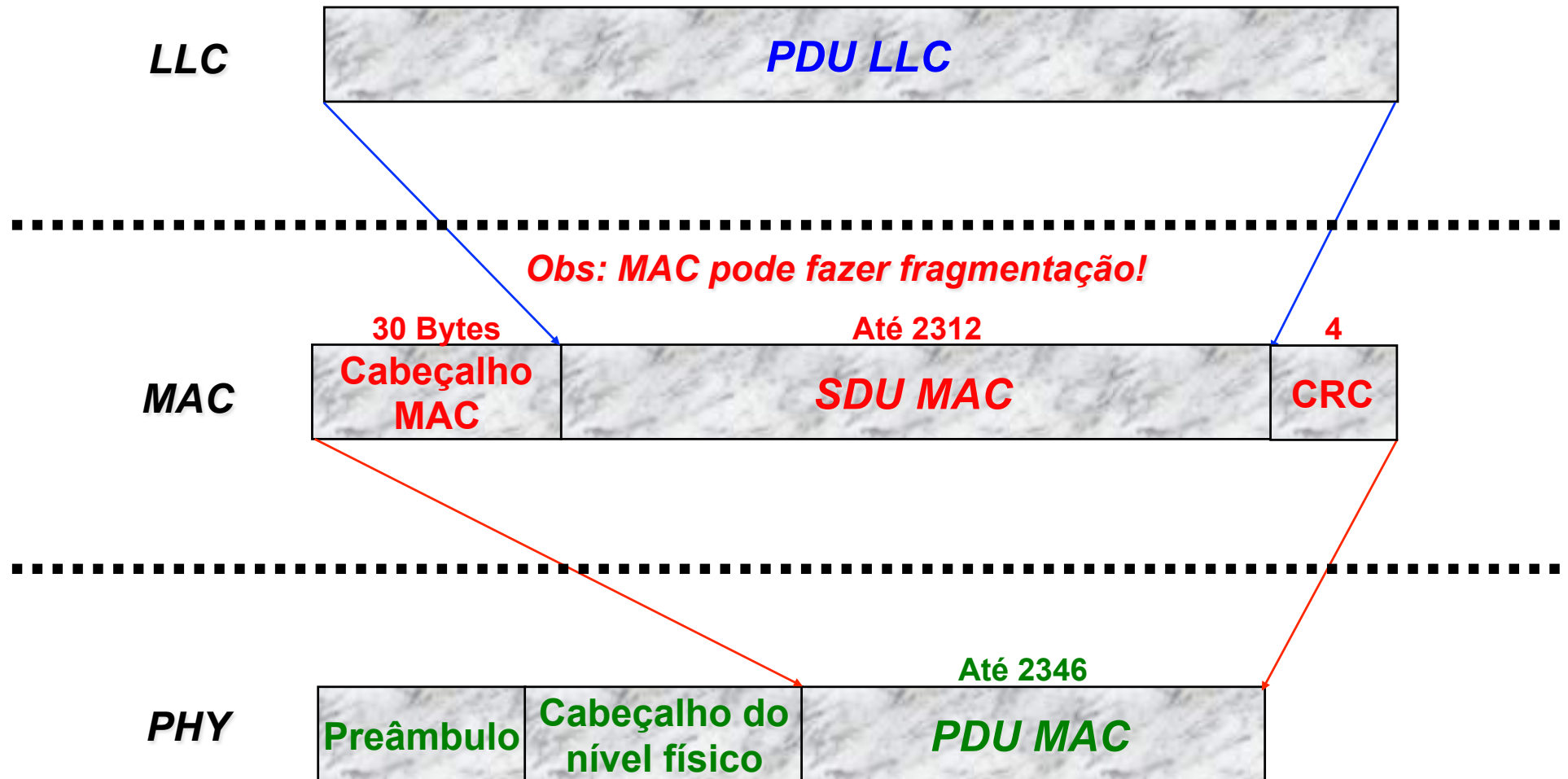
Superquadro DFWMAC



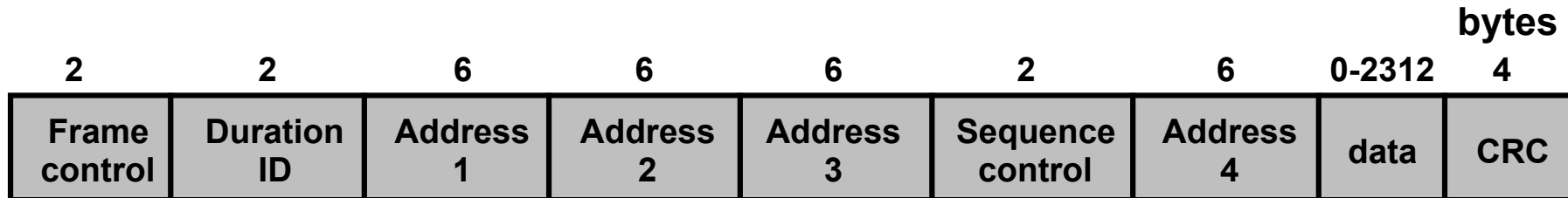
Integração PCF x DCF



Formato dos quadros



Quadro MAC 802.11



- **Frame control:**
 - Versão do protocolo (0)
 - Tipo do quadro (gerência, controle, dados)
 - Se quadro foi fragmentado
 - 2 DS bits (*Distribution System*):
 - Significado dos 4 endereços MAC
- **Duration/ID** – período de tempo em que o meio ficará ocupado ou *Association ID* da estação (PS poll)
- **Sequence control** – número de fragmento/sequência para reconhecer quadros duplicados (na falta de ACK)
- **CRC** – detecção de erro CRC-32

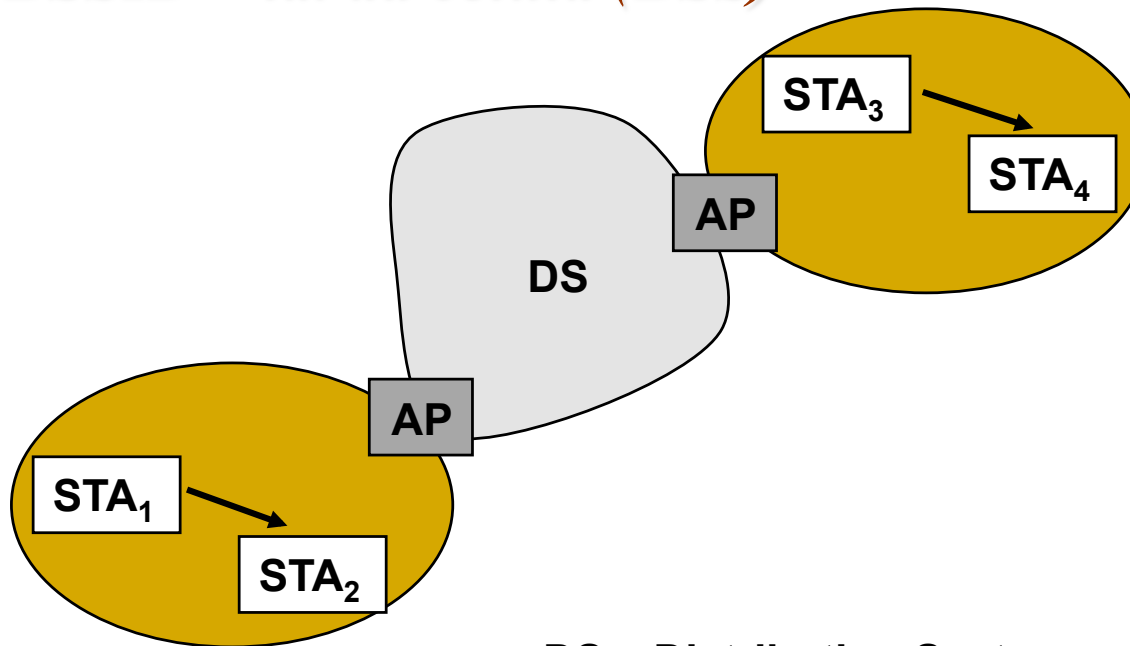
Interpretação dos endereços MAC 802.11

to DS	from DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	DA	SA	BSSID	-
0	1	DA	BSSID	SA	-
1	0	BSSID	SA	DA	-
1	1	RA	TA	DA	SA

Interpretação dos endereços MAC 802.11

➔ Rede Ad Hoc: 2 bits DS = 0

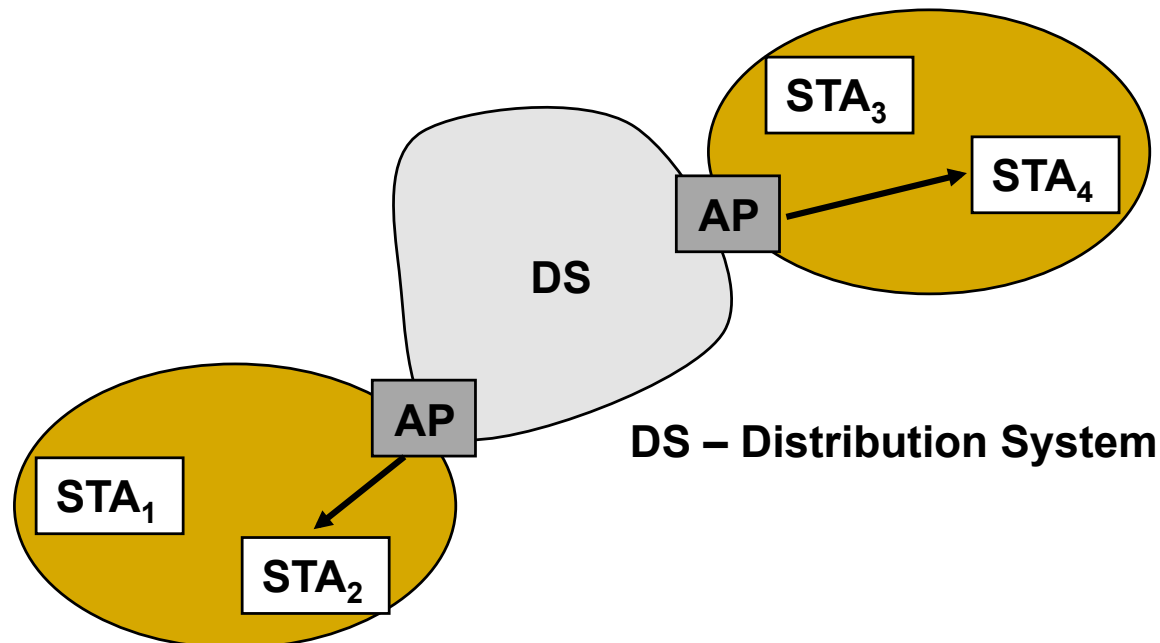
- *DA* – destination address – destinatário lógico e físico
- *SA* – source address – remetente lógico e físico
- *BSSID* – id. da célula (BSS)



DS – Distribution System

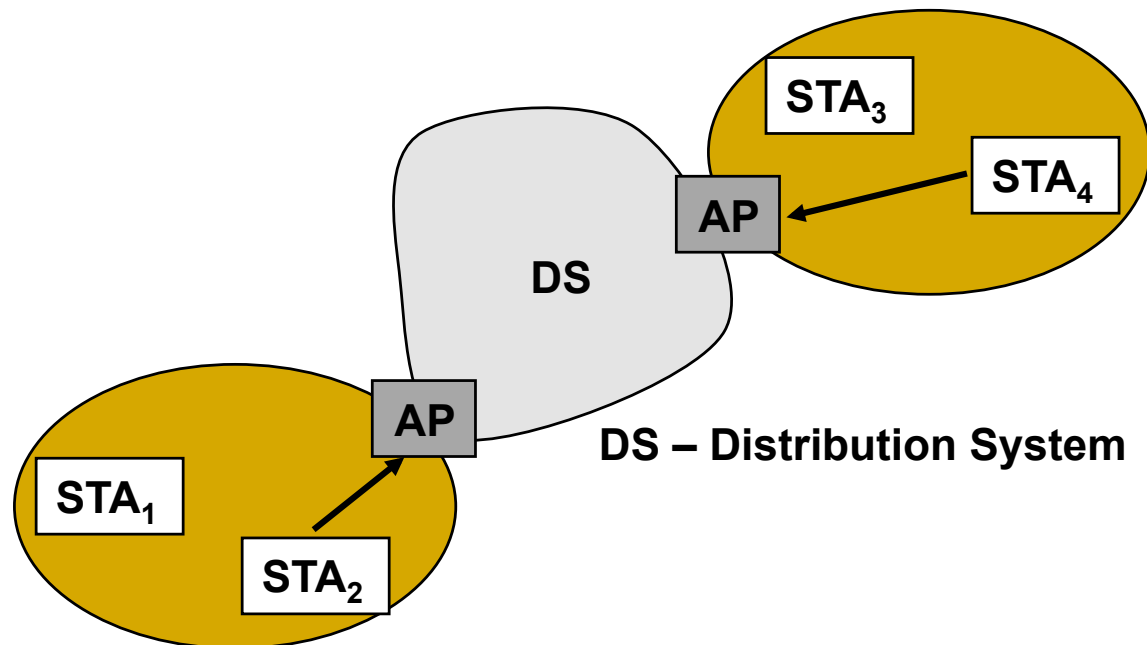
Interpretação dos endereços MAC 802.11

- ➔ **Rede com infraestrutura (from AP): from DS = 1**
 - *Quadro enviado ao destino através de um AP*
 - *DA – destination address – destinatário lógico e físico*
 - *BSSID – id. da célula (BSS) – remetente físico (AP)*
 - *SA – source address – remetente lógico*



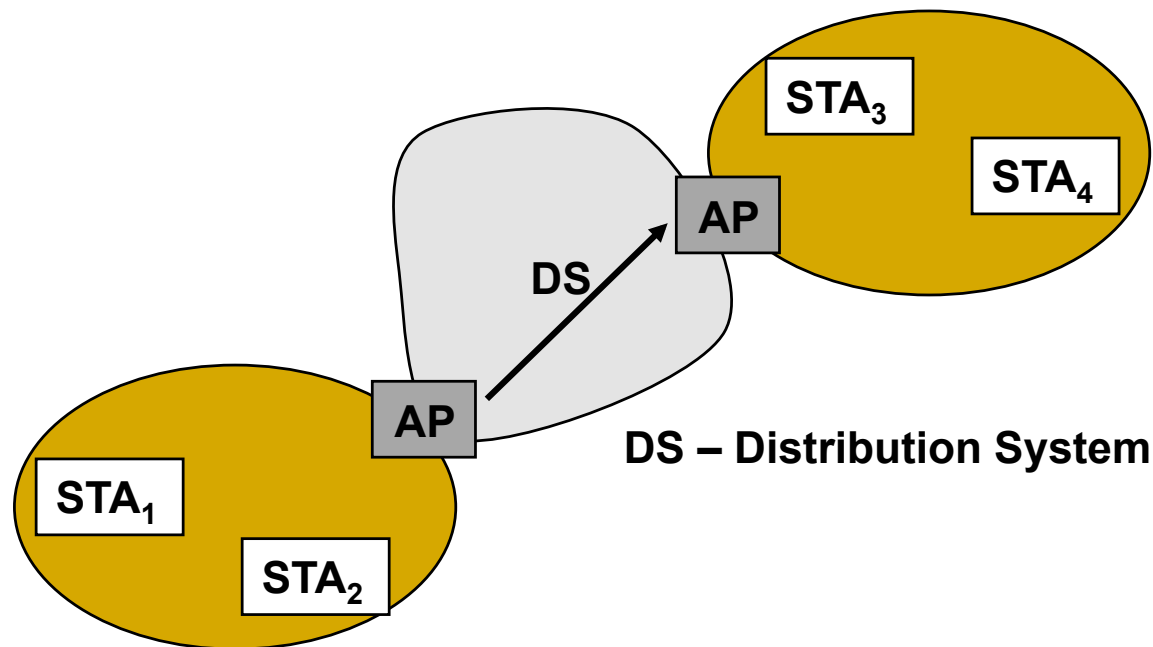
Interpretação dos endereços MAC 802.11

- ➔ **Rede com infraestrutura (to AP): to DS = 1**
 - *Origem envia quadro através de um AP*
 - *BSSID – id. da célula (BSS) – destinatário físico (AP)*
 - *SA – source address – remetente lógico e físico*
 - *DA – destination address – destinatário lógico*



Interpretação dos endereços MAC 802.11

- ➔ **Rede com infraestrutura (dentro do DS): 2 bits DS = 1**
 - *Quadro transmitido entre 2 APs pelo sistema de distribuição sem fio*
 - *RA – receiver address – destinatário físico (AP)*
 - *TA – transmitter address – remetente físico (AP)*
 - *SA – source address – remetente lógico original*
 - *DA – destination address – destinatário lógico original*



Pontos de Acesso

- ➔ **Roaming – Associação e Reassociação**
 - Movimentação entre BSA's
 - Estações utilizam varredura para escolher o melhor AP

- ➔ **Gerenciamento de Potência**
 - Estações operam no modo power save
 - Armazenamento temporário de quadros até próximo ciclo de recepção

- ➔ **Sincronização**
 - Envio periódico de um quadro (*beacon*) carregando o valor do relógio do AP