

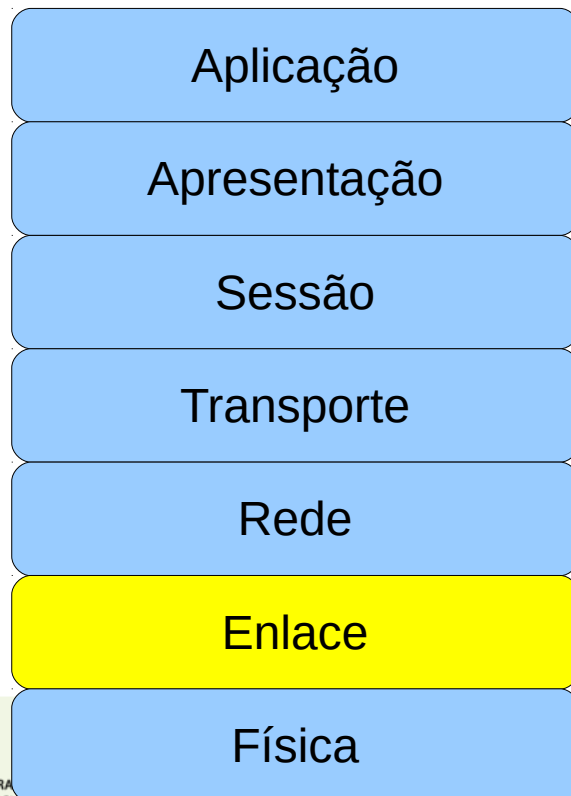
# A camada de Enlace

Serviços e Protocolos

# Camada de Enlace

- Segunda camada do modelo OSI
- Primeira Camada do Modelo TCP/IP

Modelo OSI



Modelo TCP/IP



# Objetivos da camada de Enlace

- Oferecer serviços à camada de rede
- Detecção e Correção de erros de transmissão
- Regular o fluxo de dados de modo que um host mais rápido não sobrecarregue um mais lento



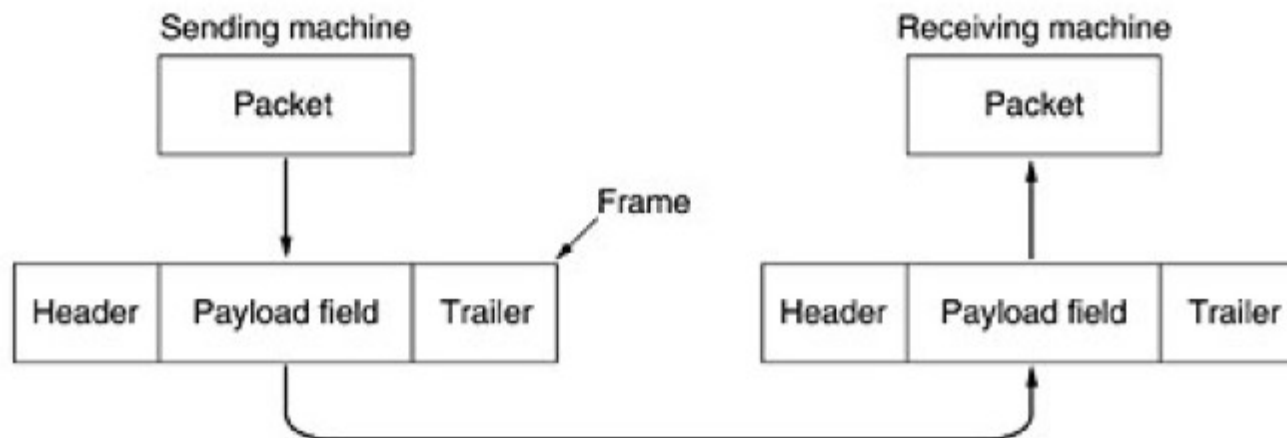
# Camada de Enlace

- Hosts e roteadores são conhecidos como nós da rede
- A ligação física entre dois nós também é conhecida como enlace
  - Ex: Enlace sem fio, Enlace com fio
- Na camada de enlace a unidade de dados é chamada de **Quadro ou Frame**

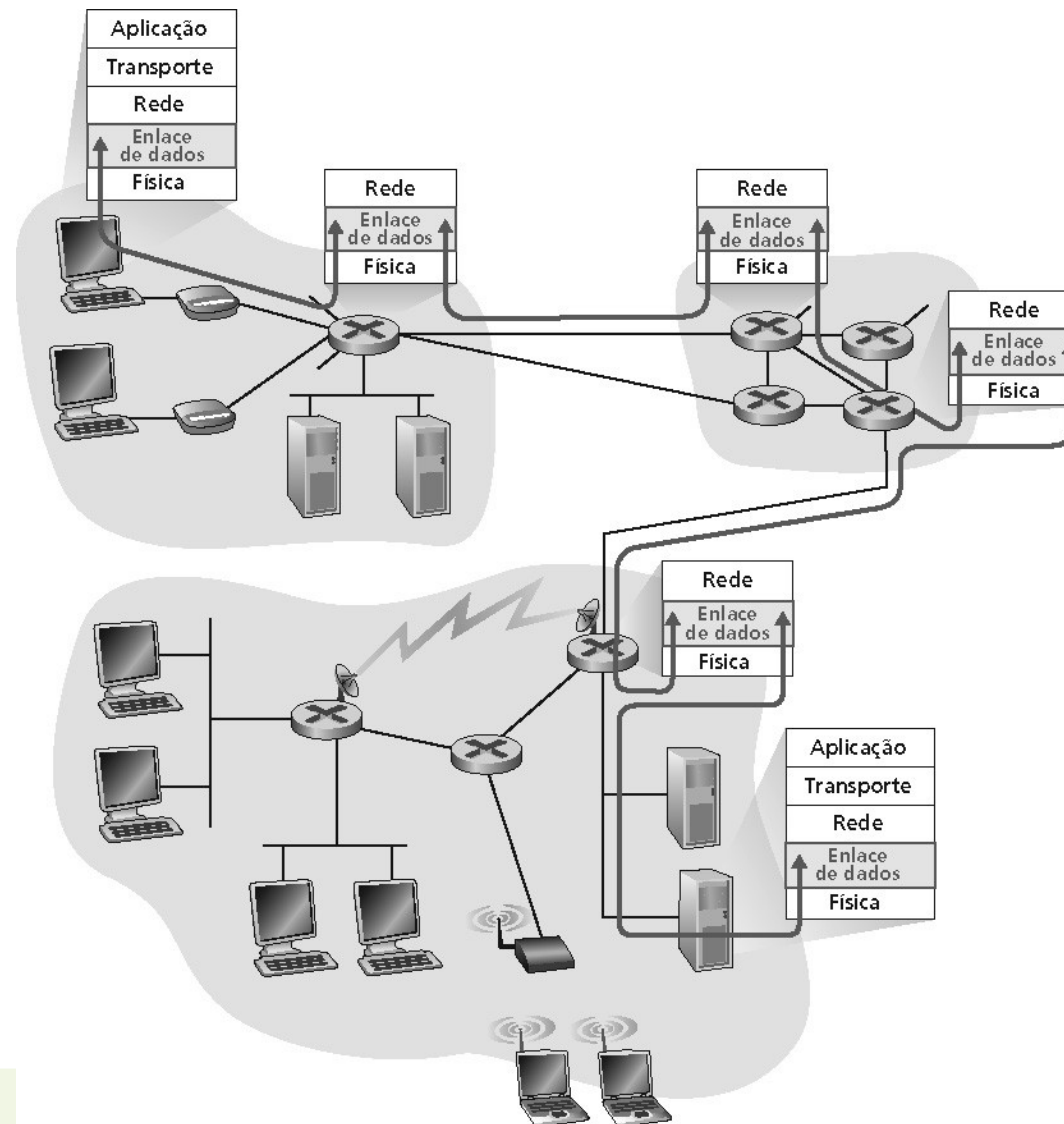


# O quadro de Enlace

- A criação de um quadro é feita ao receber o pacote da camada superior (Rede)
- Adiciona-se informações de controle (Header e Trailer)
- Esse quadro é transmitido para a camada física



# Localização da Camada de Enlace

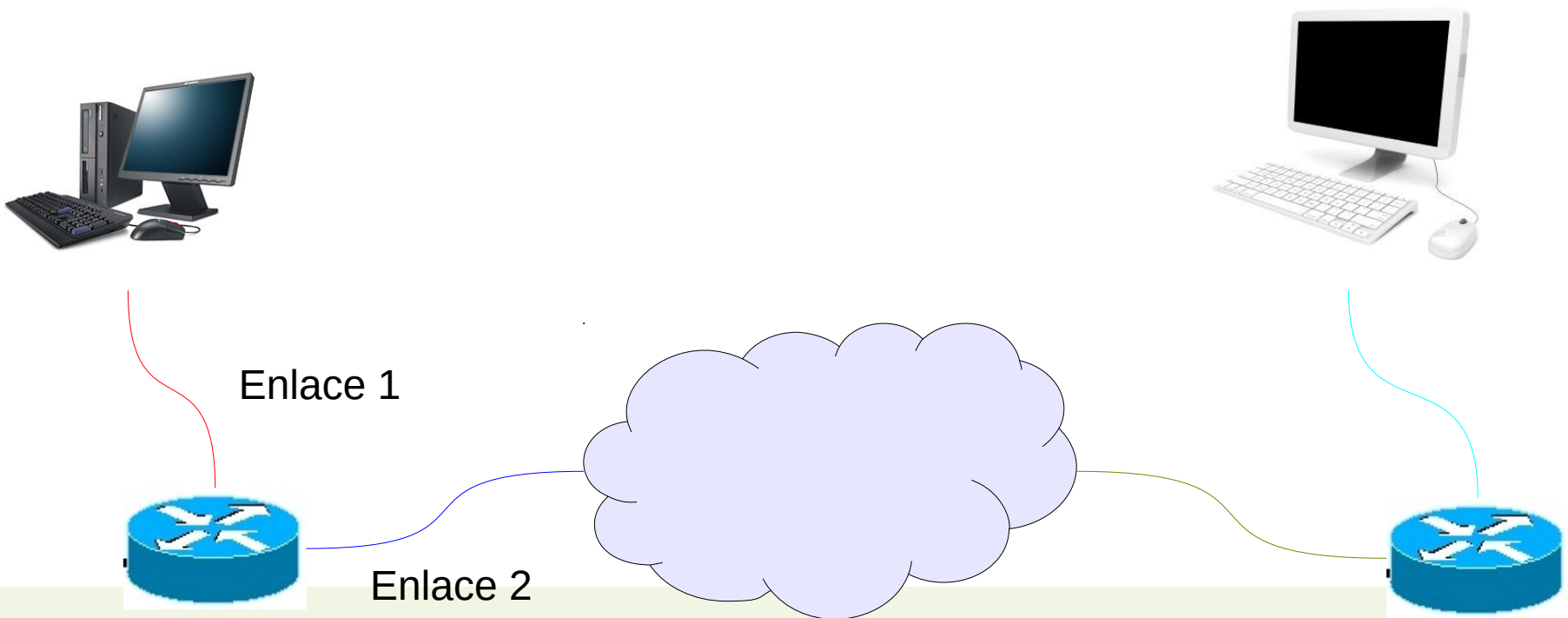


# Protocolos da camada de Enlace

- Protocolos usados comumente na camada de enlace:
  - IEEE802.11 - WiFi
  - ATM (Asynchronous Transfer Mode)
  - PPP(Point-to-Point Protocol)

# Características

- A camada de Enlace liga dois nós adjacentes
- Não há preocupação com o destino final do pacote apenas com o destino imediato





# Serviços da camada de Enlace

- Enquadramento de pacotes
- Acesso ao enlace
- Entrega confiável
- Controle de Fluxo
- Detecção de Erros
- Correção de Erros



# Enquadramento de pacote

- Ao receber um pacote a camada de enlace precisa adicionar informação a esse pacote
- Essa informação pode ser um cabeçalho e/ou trailer
  - Cabeçalho adicionado ao início do pacote
  - Trailer adicionado ao fim do pacote
- Exemplos de campos adicionados ao pacote:
  - FCS – Frame Check Sequence
  - Endereço de Origem
  - Endereço de Destino
- Com a adição dos campos temos o Quadro



# Acesso ao enlace

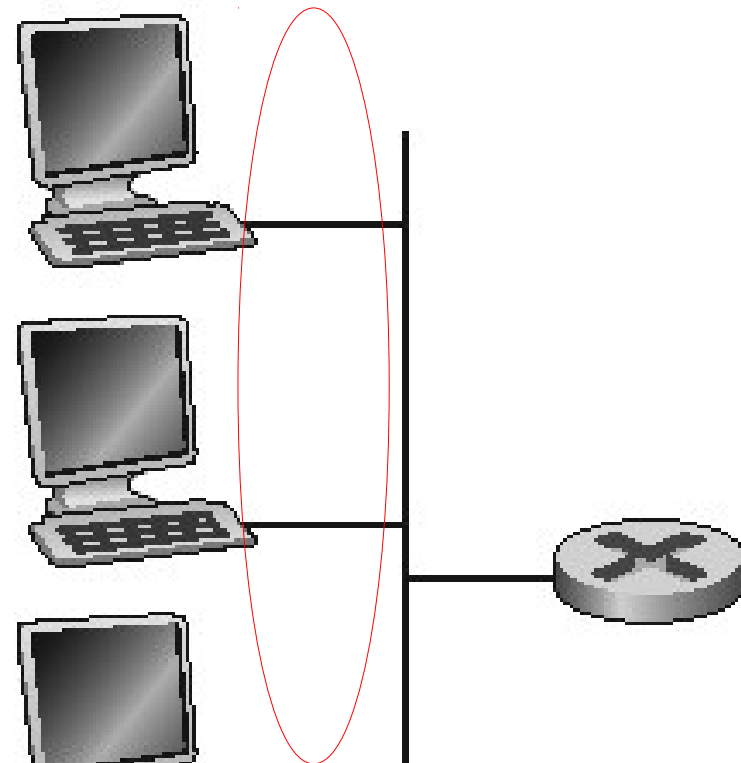
- Conhecido como Medium Access Control Protocol (MAC)
- Define as regras para escrita e leitura de dados no meio físico (cabo, fibra, ondas de rádio)
- Pode ser muito simples para meio onde há apenas um transmissor e um receptor
- No modelo Ethernet todos os nós podem escrever e ler do meio
  - Problema do acesso múltiplo
  - Único enlace de broadcast para todos os nós



# Enlace de Broadcast

- Um único cabo interliga todos os nós
- Apenas um nó pode transmitir por vez
- Protocolos de acesso ao meio mais complexos

Compartilhado com fio  
(por exemplo, Ethernet)



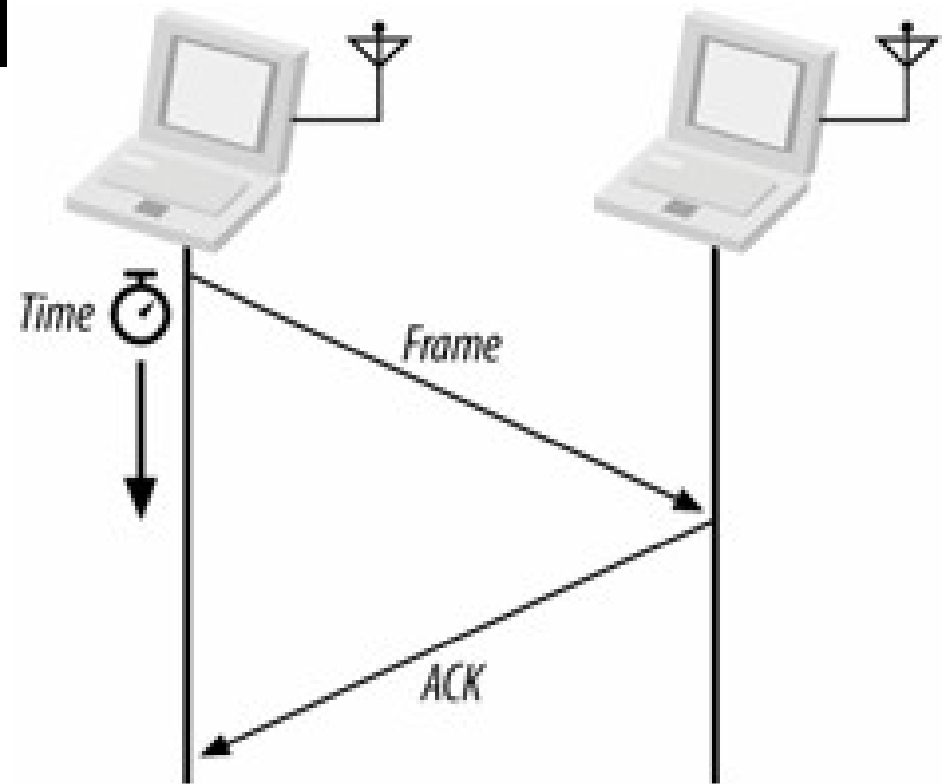
# Entrega confiável

- Camada de enlace pode garantir a entrega do quadros entre nós adjacentes
- Exige que para cada pacote transmitido uma confirmação de recebimento seja recebida
- Exige que se numere os quadros de modo a detectar quadros fora de sequencia
- Mais comum em meios pouco confiáveis.
  - Ex.: Redes sem fio



# Entrega confiável

- Exemplo de transmissão confiável em um rede sem fio



# Controle de Fluxo

- Busca garantir que um nó transmissor não afogue um nó receptor
- Quando um nó consegue enviar mais pacotes que o destino consegue receber acontecem perdas de pacote
- O mecanismo mais comum é pedir autorização ao transmissor para enviar quadros
- O transmissor autoriza o envio de quadros



# Detecção de Erros

- Usando os campos de FCS (Frame Check Sequence) a camada de enlace pode detectar erros
- O Campo FCS é calculado usando um algoritmo padrão
  - Ex.: CRC, bit de paridade etc
- Ao chegar no próximo nó a camada de enlace verifica o conteúdo com o campo FCS
- Algoritmos não detectam 100% dos erros!





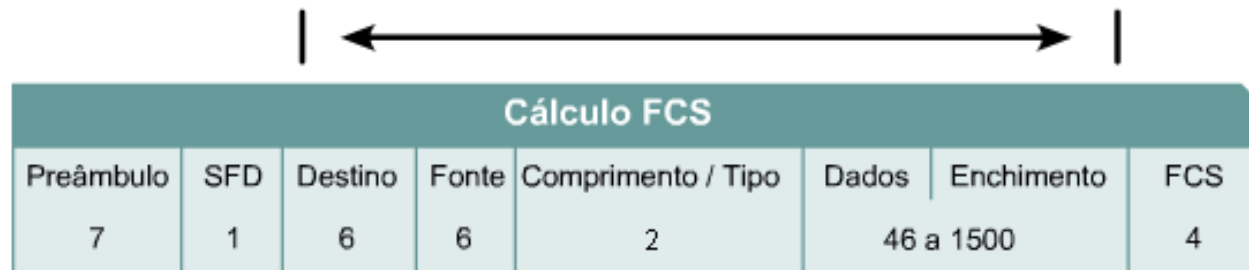
# Correção de Erros

- Ao detectar um erro a camada de enlace descartará o quadro ou tentará corrigi-lo
- É possível realizar a correção do erro se houver informação suficiente no campo FCS
- Para corrigir um quadro a atividade mais comum é solicitar a retransmissão deste

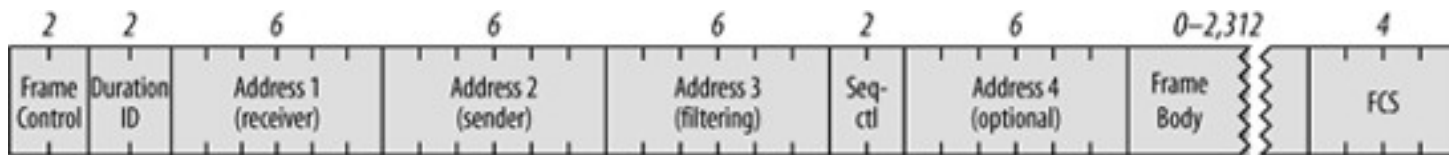


# Quadro Ethernet

- Exemplo do quadro Ethernet 802.3

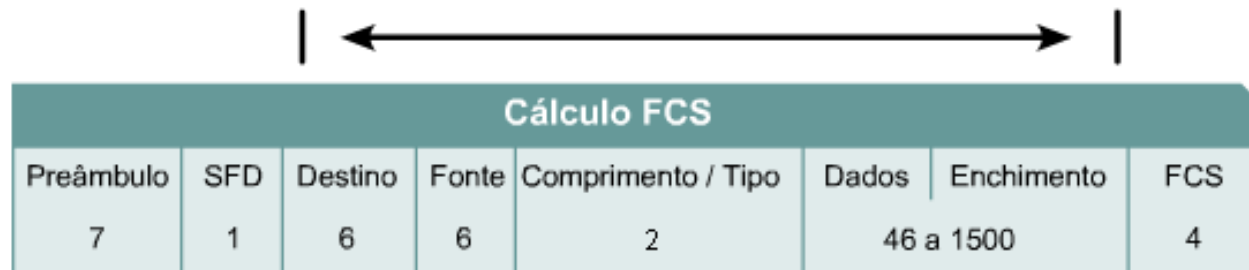


- Exemplo do quadro Wifi 802.11



# Quadro Ethernet

- Exemplo do quadro Ethernet 802.3



- Exemplo Wireshark

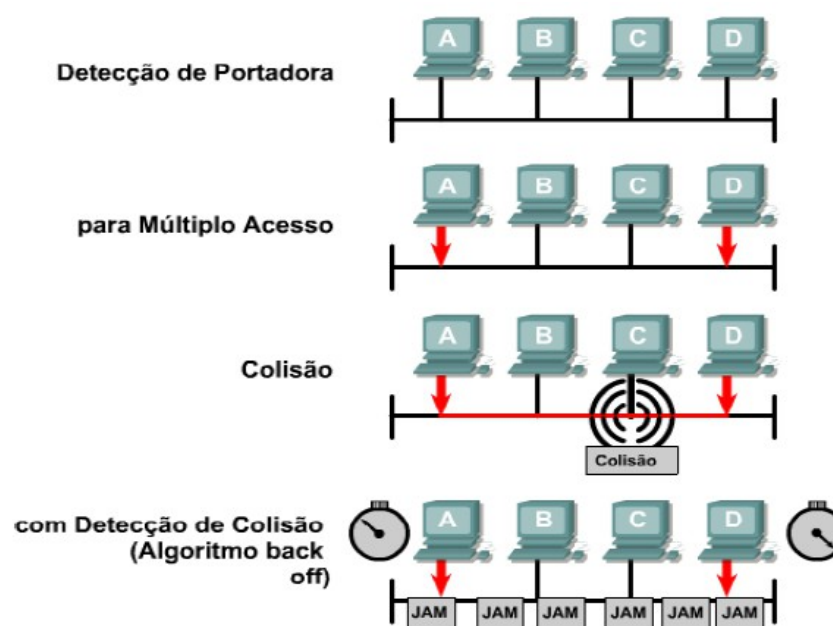
# Subcamadas do Enlace

- Link Layer Control
  - Implementada em software
  - Responsável pelo tratamento e detecção de erros
  - Informações do tipo de pacote de Rede está sendo transmitido
- Media Access Control
  - Implementada em hardware
  - Responsável pelo endereçamento
  - Sinalização para a camada física do envio de dados



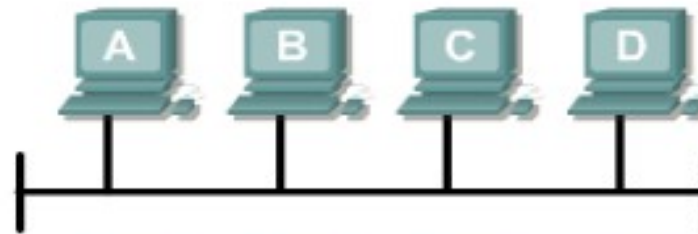
# Controle de Acesso compartilhado

- Múltiplos nós tentam usar o meio ao mesmo tempo
- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection CSMA/CD

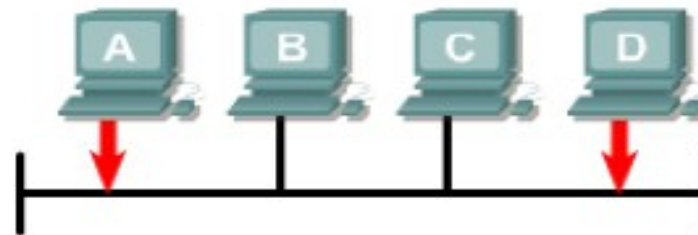


# CSMA/CD

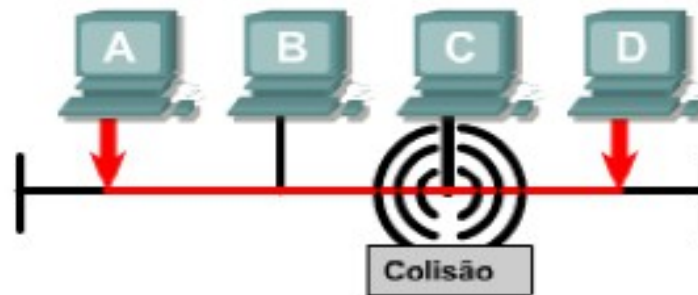
Detecção de Portadora



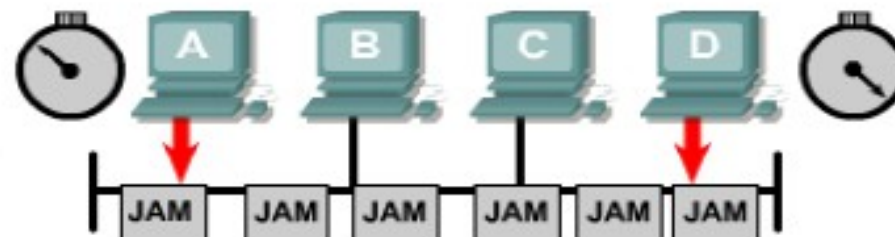
para Múltiplo Acesso



Colisão



com Detecção de Colisão  
(Algoritmo back off)

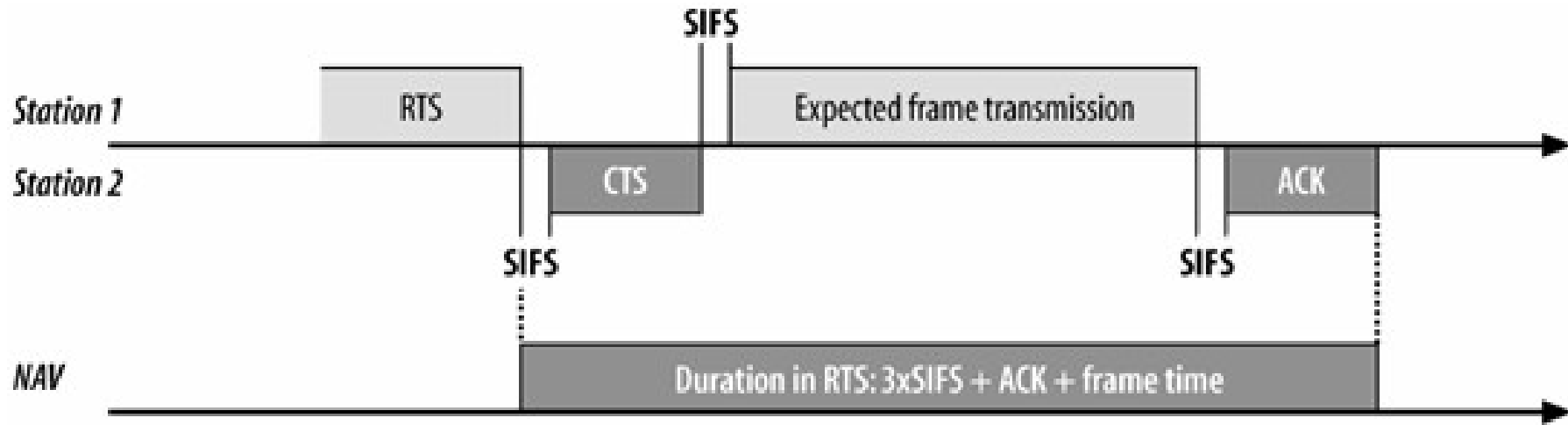


# Controle de Acesso Múltiplo

- Múltiplos nós tentam acesso ao meio
- Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance CSMA/CA
- Usado em redes 802.11



# CSMA/CA



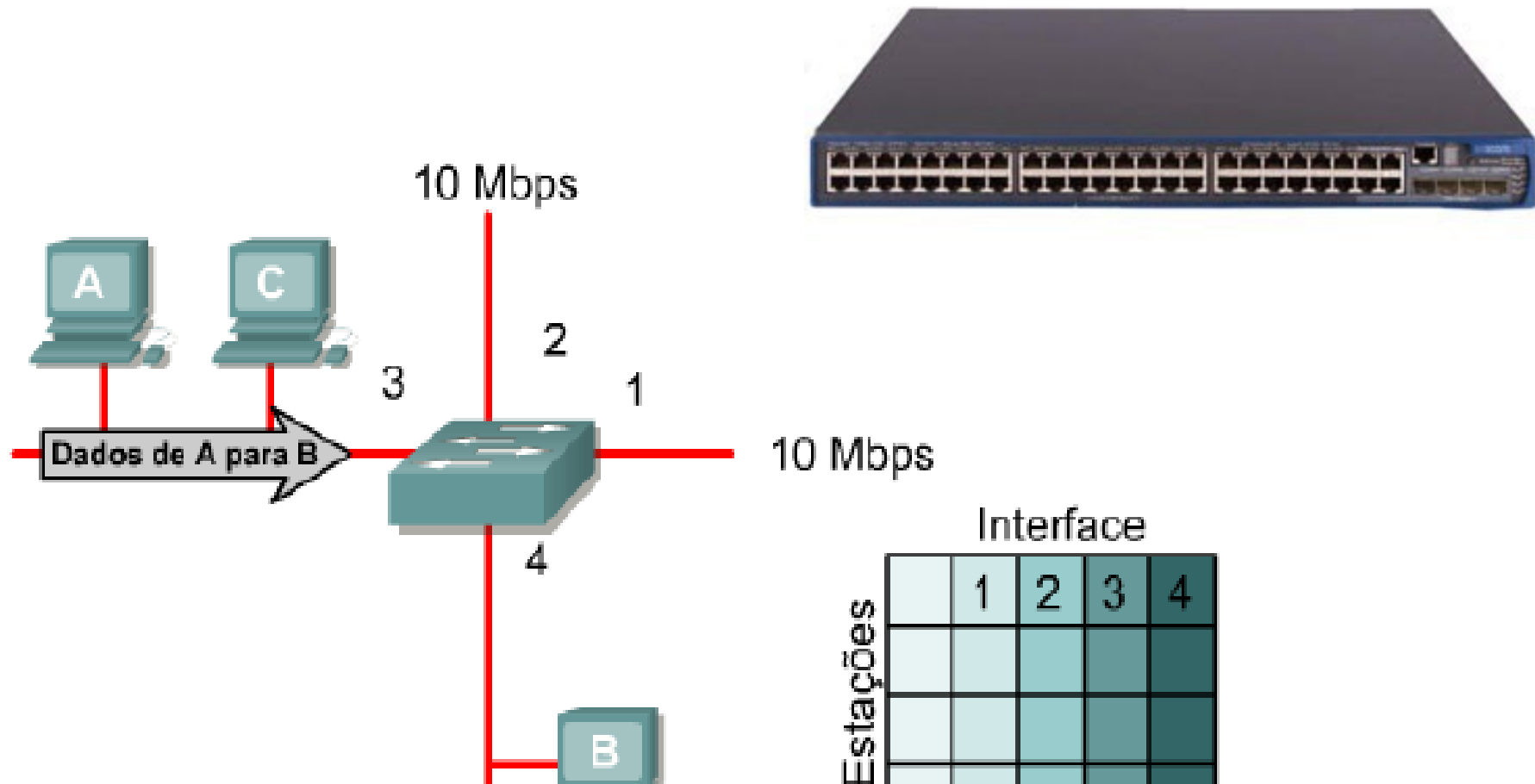


# Switch

- Equipamento que interliga hosts em uma rede
- Comumente trabalha na camada 2 (Enlace)
- Conhece endereços MAC dos equipamentos ligados a ele
- Cria a microssegmentação da rede
- Diminui consideravelmente as colisões na rede



# Switch

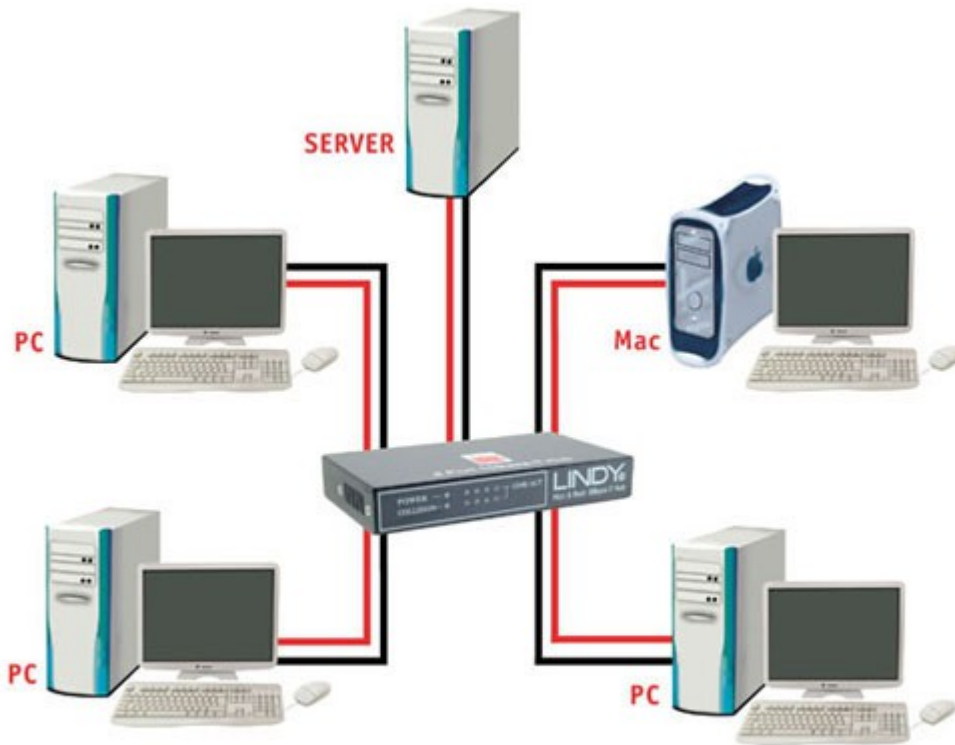


# Equipamentos Layer 1 e Layer 2

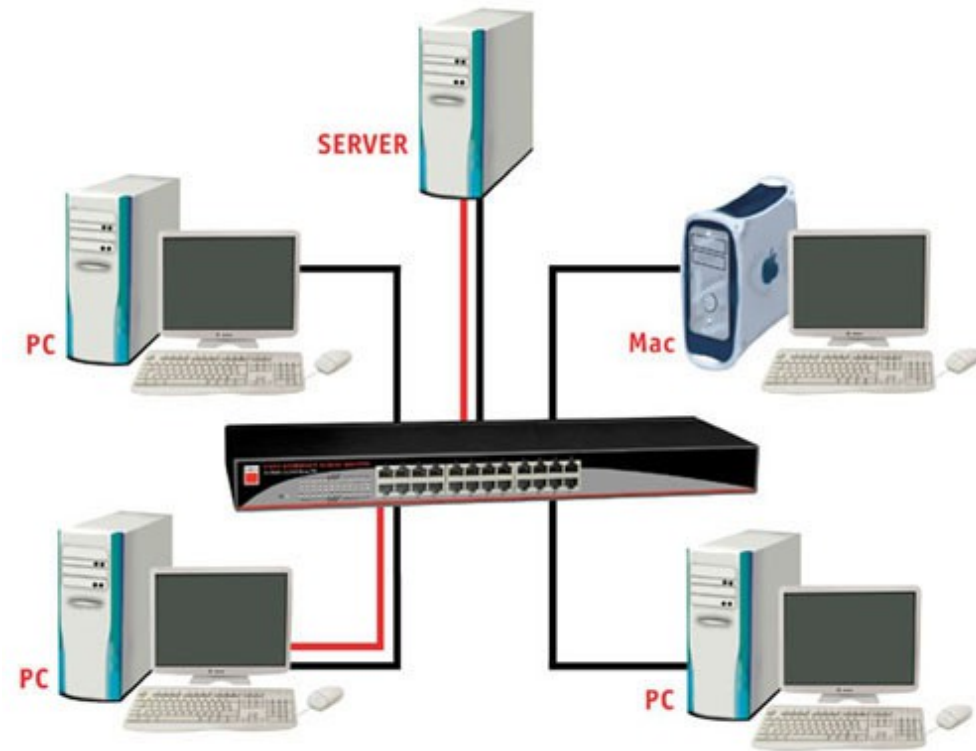
- Equipamentos da camada 1 Ex.: Hub
  - Não podem identificar origem e destino de um quadro
  - Sempre transmitem em broadcast
- Equipamentos da camada 2 Ex.: Switches
  - São capazes de ler os quadros, identificando origem e destino
  - Podem transmitir em unicast ou broadcast



# HUB X SWITCH



— The packet of data from the server is sent to all of the workstations connected to the hub



— The packet of data from the server is sent only to the destination workstation connected to the relevant port



# Switches Layer 3

- É capaz de ler o endereço da Camada de Rede, endereço IP
- Funcionará como um roteador
- Tem um hardware dedicado para realizar a distribuição do pacote



# Broadcast

- Um equipamento pode pedir para enviar um pacote a todos em uma rede
- Para isso é usado um endereço de destino MAC especial todo setado para 1's
- Em hexadecimal teremos
  - FF:FF:FF:FF:FF:FF
- Broadcast inunda a rede evitando que qualquer um possa usar a rede enquanto este pacote está sendo transmitido



# Conhecendo MAC

- O que fazer quando receber um pacote com MAC de destino desconhecido?

# Endereçamento de Rede

ARP e Endereço de LAN





# Objetivos

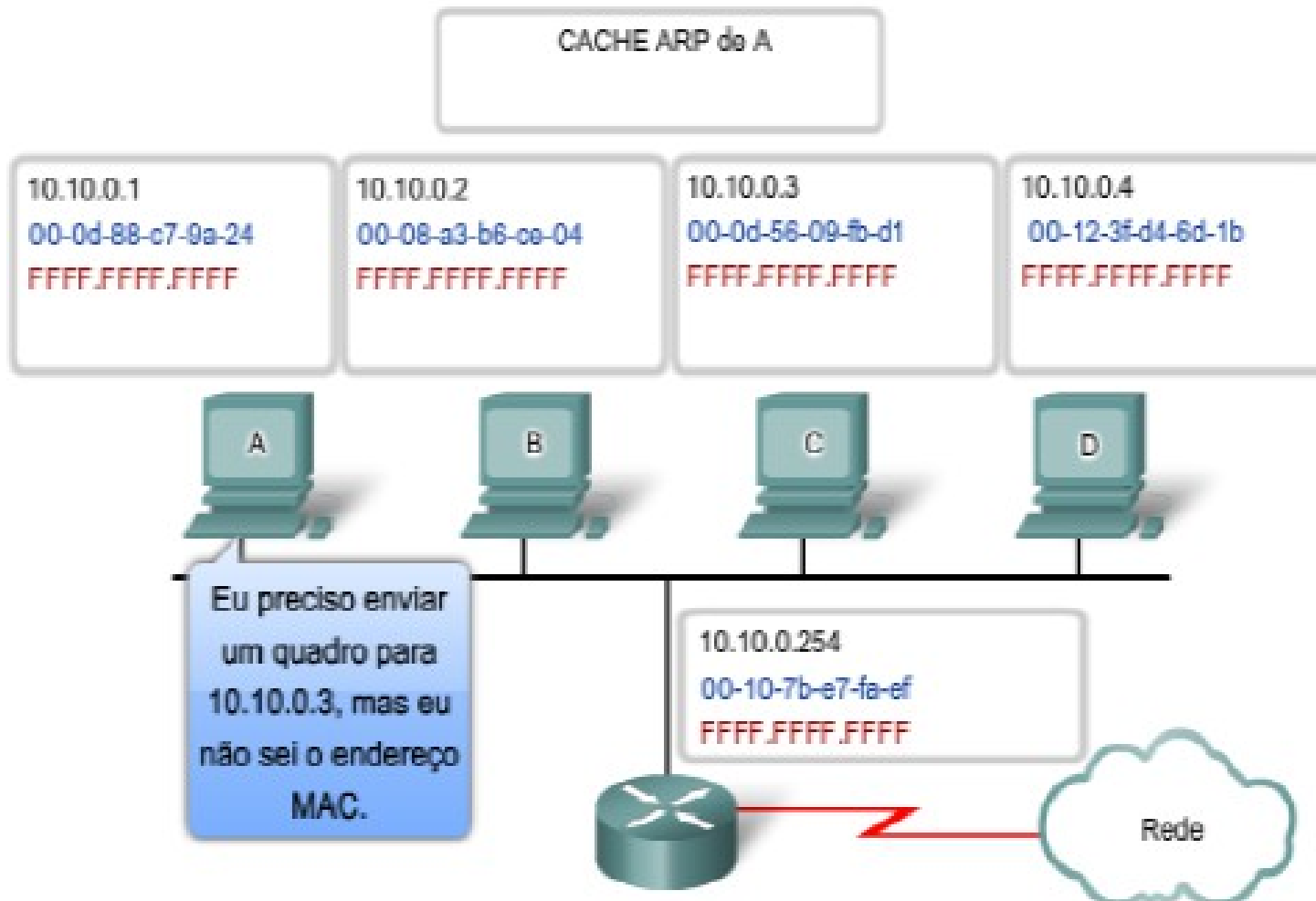
- Manter uma tabela com os endereços MAC's conhecidos
- Obter o endereço MAC dos equipamentos na mesma rede que se conheça o endereço IP
  - Resolver endereços IP para MAC

# Uso do ARP

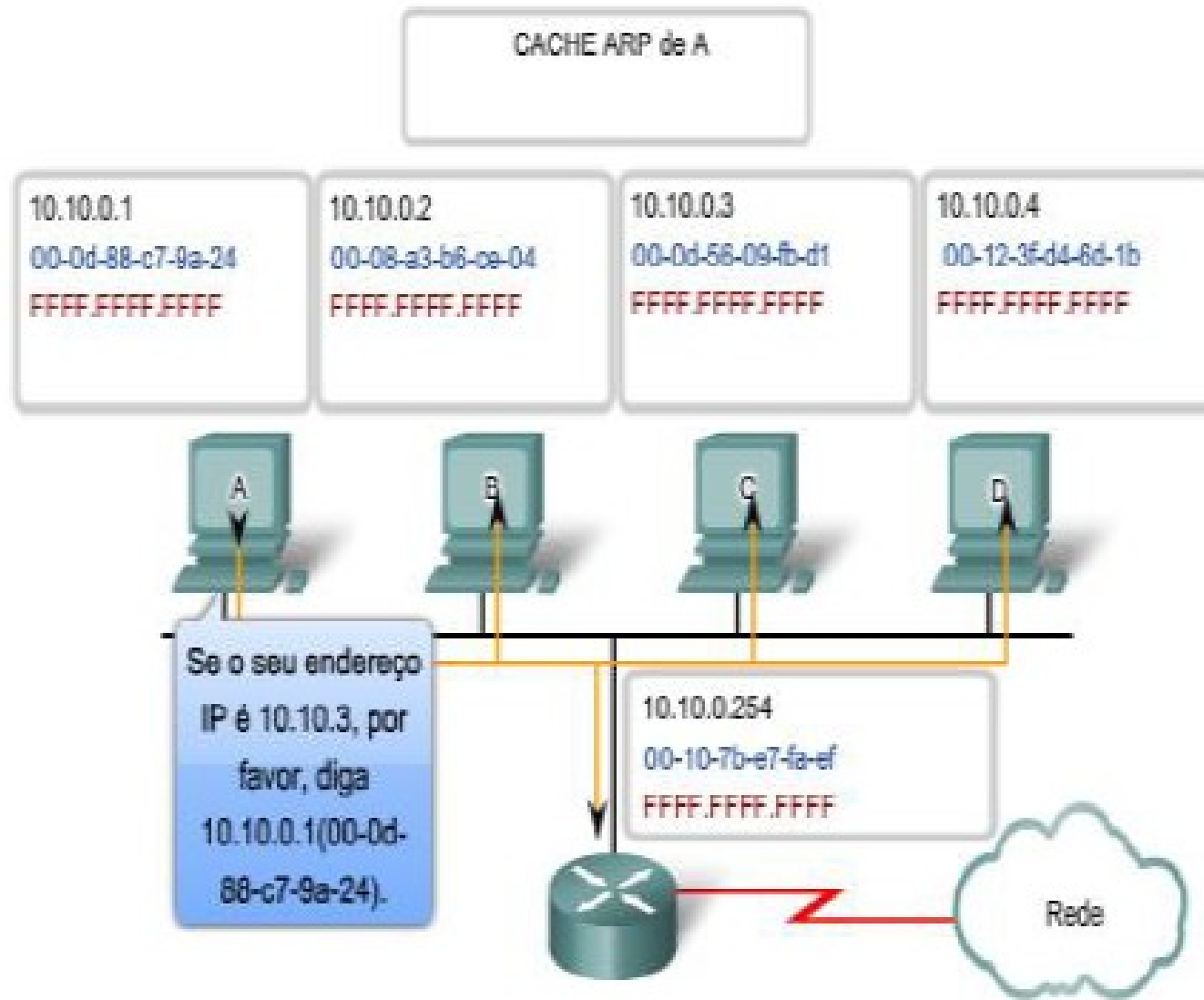
- Um pacote vem da camada de rede apenas com um endereço IP
- As camadas superiores não conhecem nada do endereçamento MAC
- A camada de enlace precisa descobrir o endereço MAC do IP



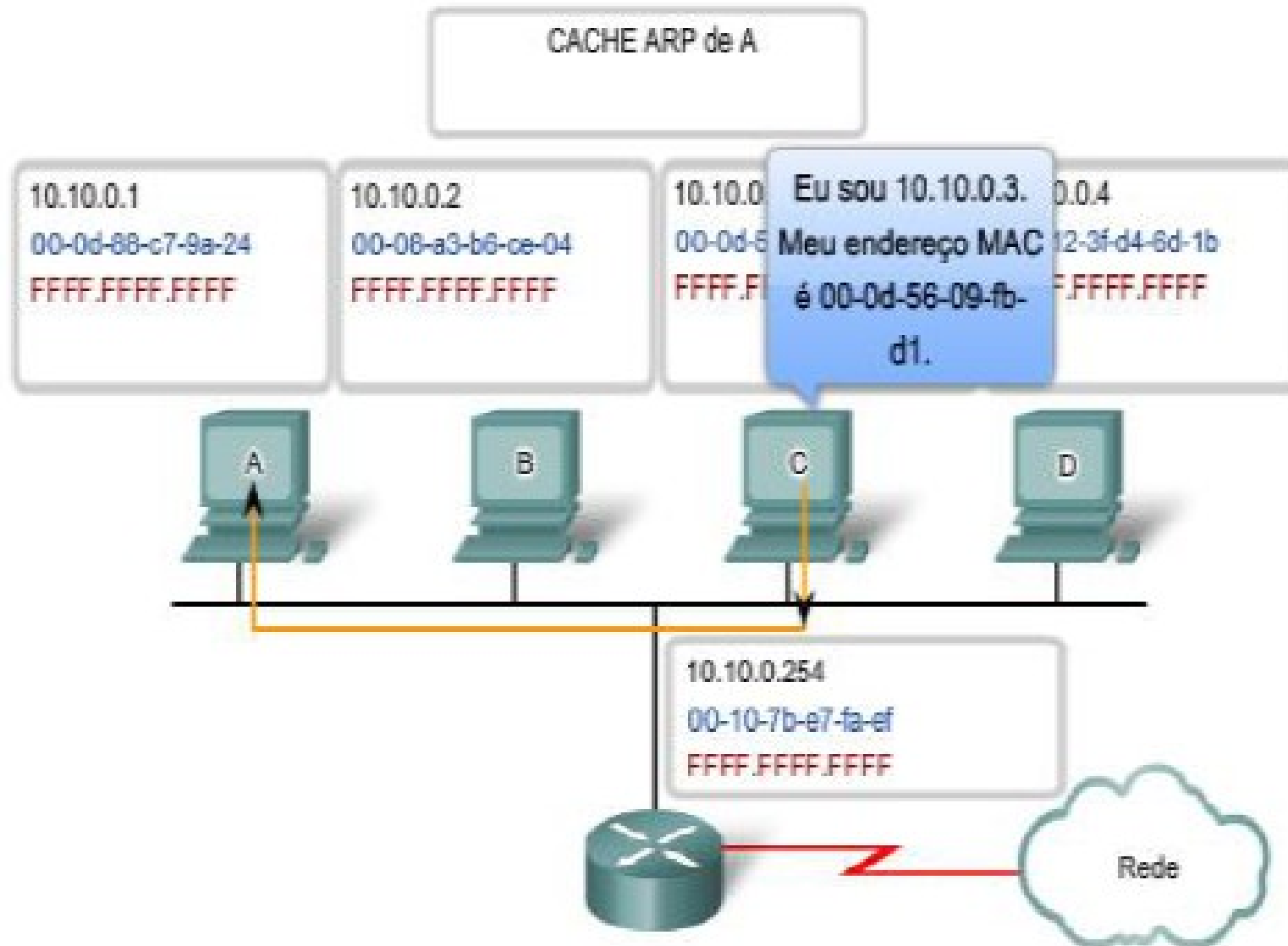
# Passo a Passo (1)



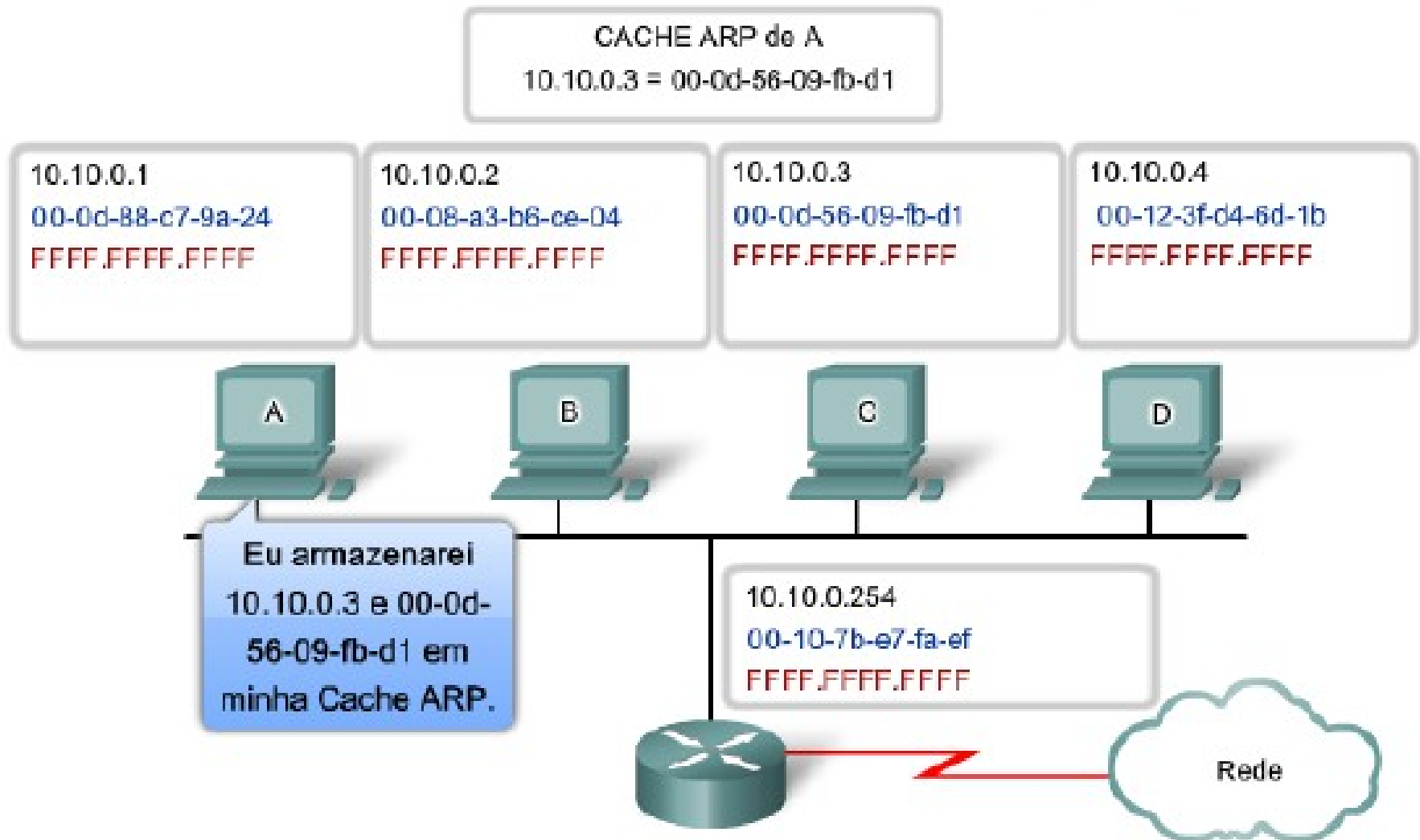
# Passo a Passo (2)



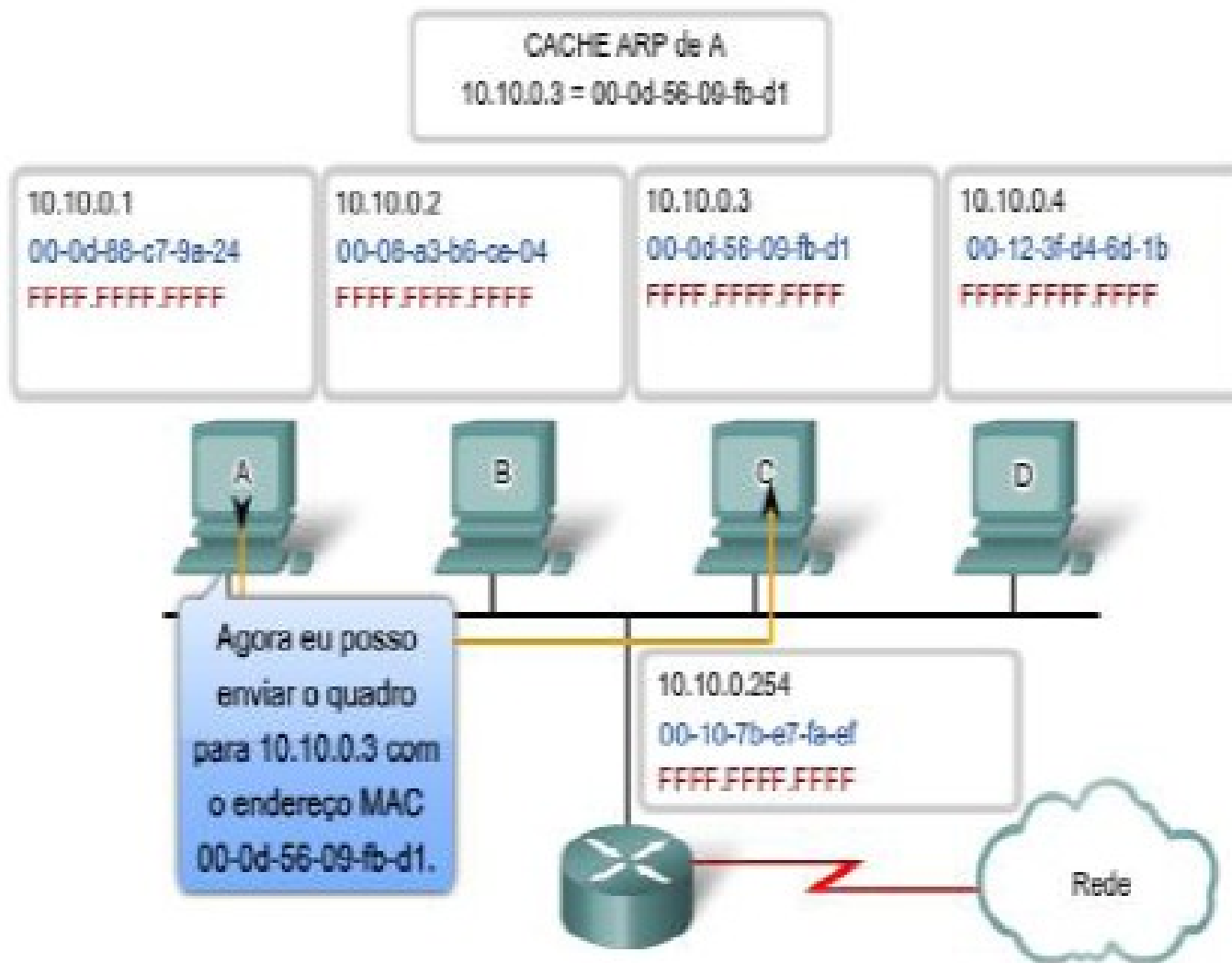
# Passo a Passo (3)



# Passo a Passo (4)



# Passo a Passo (5)



# Atividade

- Qual a unidade de dados da camada de Enlace?
- Quais funções da camada de enlace?
- Quais os campos existentes no quadro Ethernet?
- A camada de enlace pode oferecer entrega confiável ou não, por que nas redes sem fio é usada a entrega confiável?





# Atividade

- Descreva o funcionamento do protocolo ARP.
- Descreva o funcionamento do algoritmo CSMA/CD
- Por que nas redes sem fio é utilizado o algoritmo CSMA/CA?
- 

