

**INSTITUTO
FEDERAL**
Pará

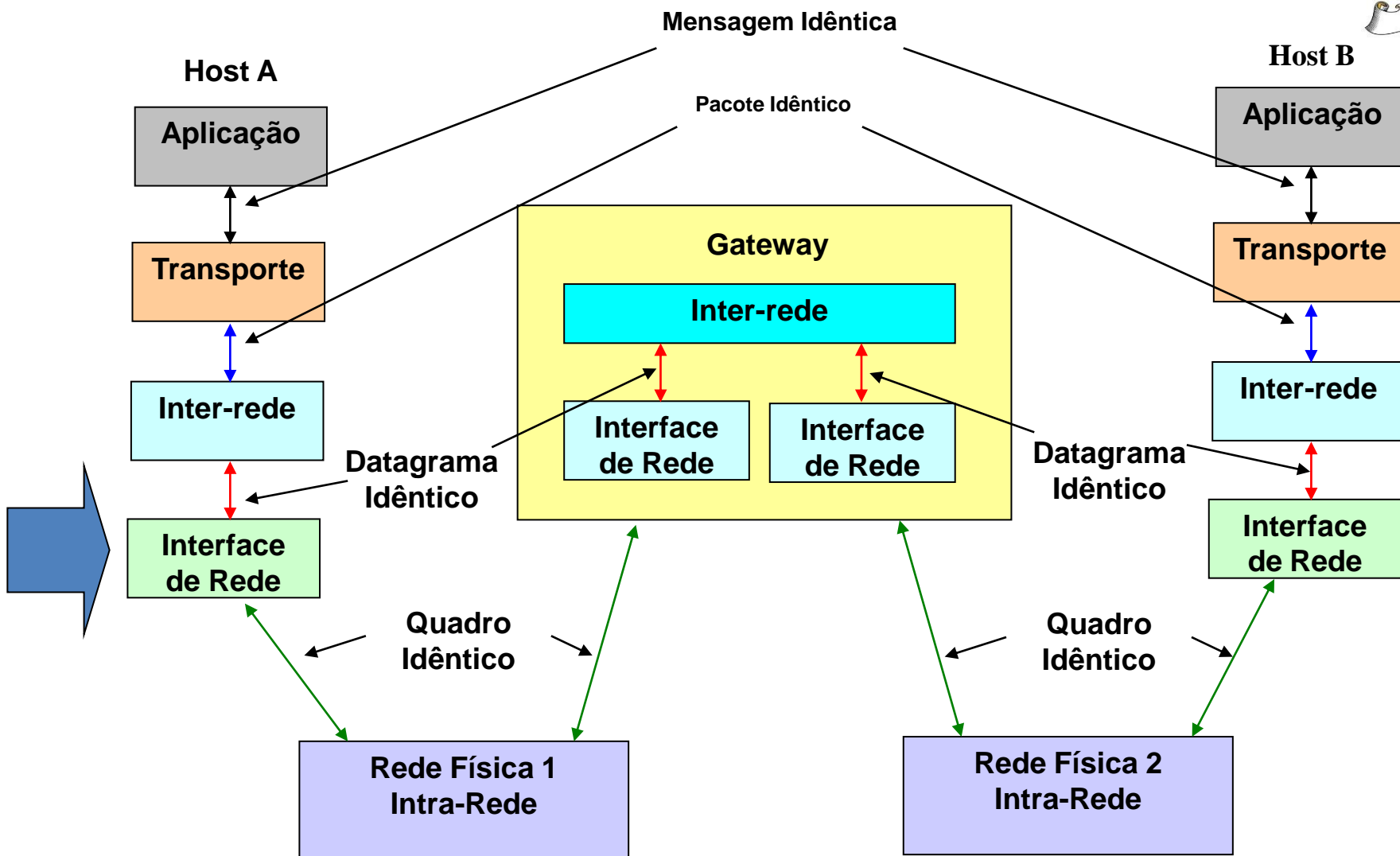
Redes de Computadores



Ricardo José Cabeça de Souza

ricardo.souza@ifpa.com.br

Camada Enlace



Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Fornece interface de serviço a camada de rede
 - Endereçamento Físico
 - controle de
 - Controle de acesso ao meio de transmissão
 - Determina como os bits da camada física serão agrupados em quadros (framing)
 - Controle de erros de transmissão
 - Controle de fluxo de quadros

Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Possíveis Serviços:
 - **Sem conexão e sem confirmação**
 - Envio de quadros independentes
 - Destino não confirma recebimento
 - Sem conexão
 - Adequado quando taxa erros baixa
 - Aplicação em tráfego de tempo real

Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Possíveis Serviços:
 - **Sem conexão e com confirmação**
 - Sem conexão
 - Quadros enviados são individualmente confirmados
 - Caso quadro não tenha chegado dentro de um intervalo de tempo específico, acontece o reenvio
 - Útil em canais não confiáveis (Ex: sem fio)

Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Possíveis Serviços:
 - **Orientado à conexão**
 - Estabelecimento de conexão
 - Quadros são numerados
 - Garantia de recebimento
 - Três fases:
 - » Conexão, transferência e Desconexão

Camada Enlace

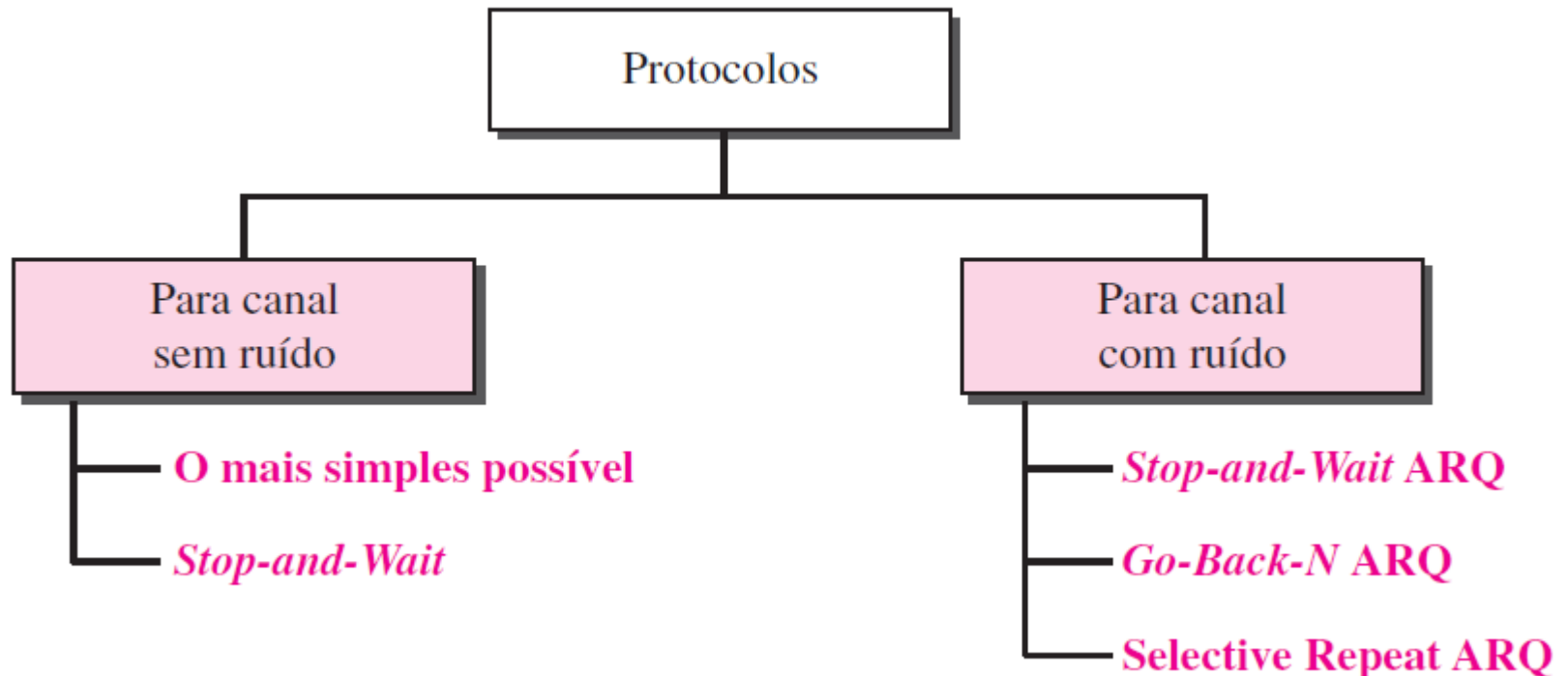
- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Controle de erros/fluxo
 - FCS (Frame Check Sequence)
 - Identificar se a confirmação será com ou sem erro
 - Transmissor não deve enviar mais dados do que o receptor for capaz de processar
 - Regras de quando o transmissor pode enviar o quadro seguinte
 - Bits de paridade

Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Controle de erros/fluxo
 - Uso de temporizadores na camada de enlace (timeout)
 - Desativado com chegada da confirmação
 - Terminado o tempo sem confirmação indica problema em potencial
 - Quadros são numerados para receptor distinguir quadros originais das cópias
 - Algoritmo de bit alternado (stop-and-wait)
 - Janela **n** com retransmissão integral (go-back-n)
 - Janela **n** com retransmissão seletiva (selective repeat)

Camada Enlace

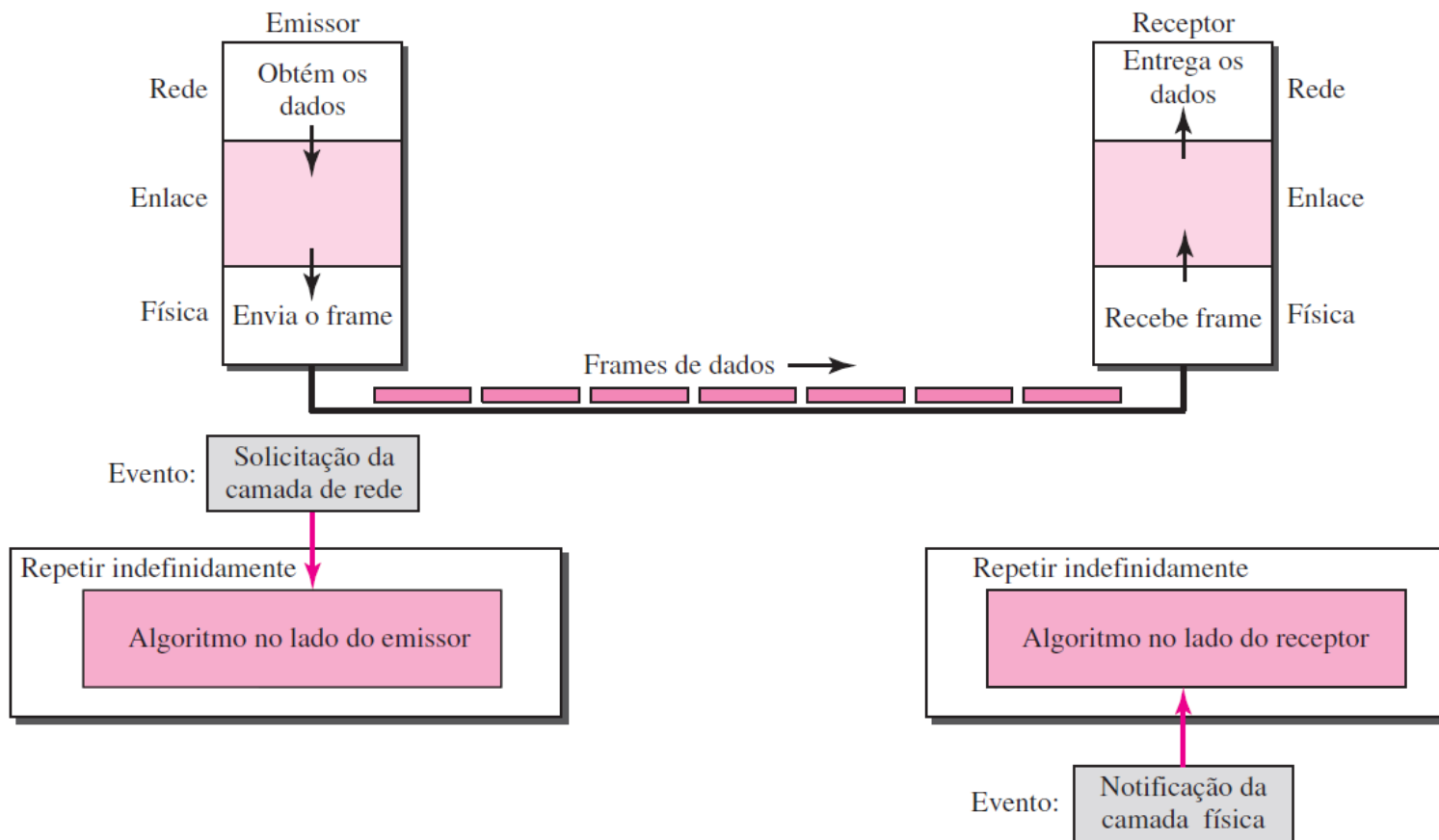
- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Controle de fluxo





Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Controle de fluxo

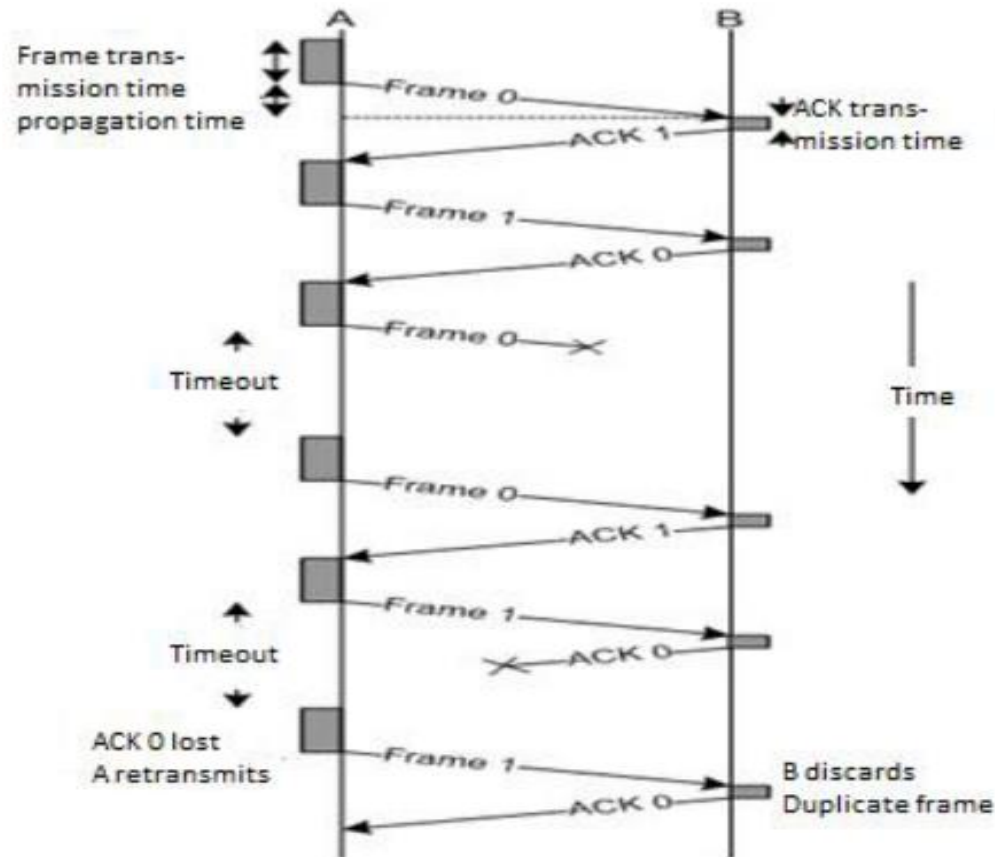


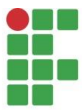
Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Controle de erros/fluxo
 - **Algoritmo de bit alternado (stop-and-wait)**
 - Primeiro quadro recebe numeração 0, segundo 1, terceiro 0, e assim sucessivamente
 - Transmissor só envia novo quadro quando recebe reconhecimento do quadro anteriormente enviado
 - Se não receber confirmação, reenvia quadro anterior
 - Ineficiente por deixar canal ocioso ao esperar confirmação

Camada Enlace

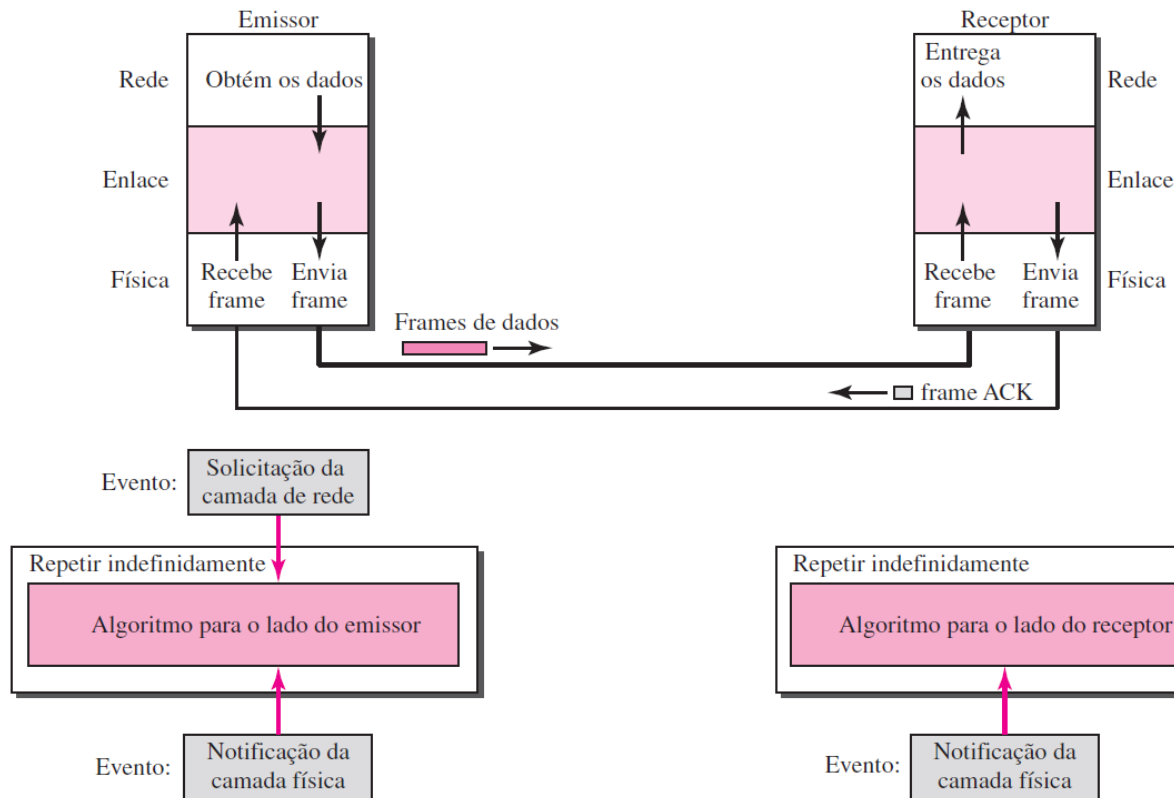
- Algoritmo de bit alternado (stop-and-wait)





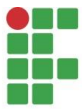
Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - **Algoritmo de bit alternado (stop-and-wait)**



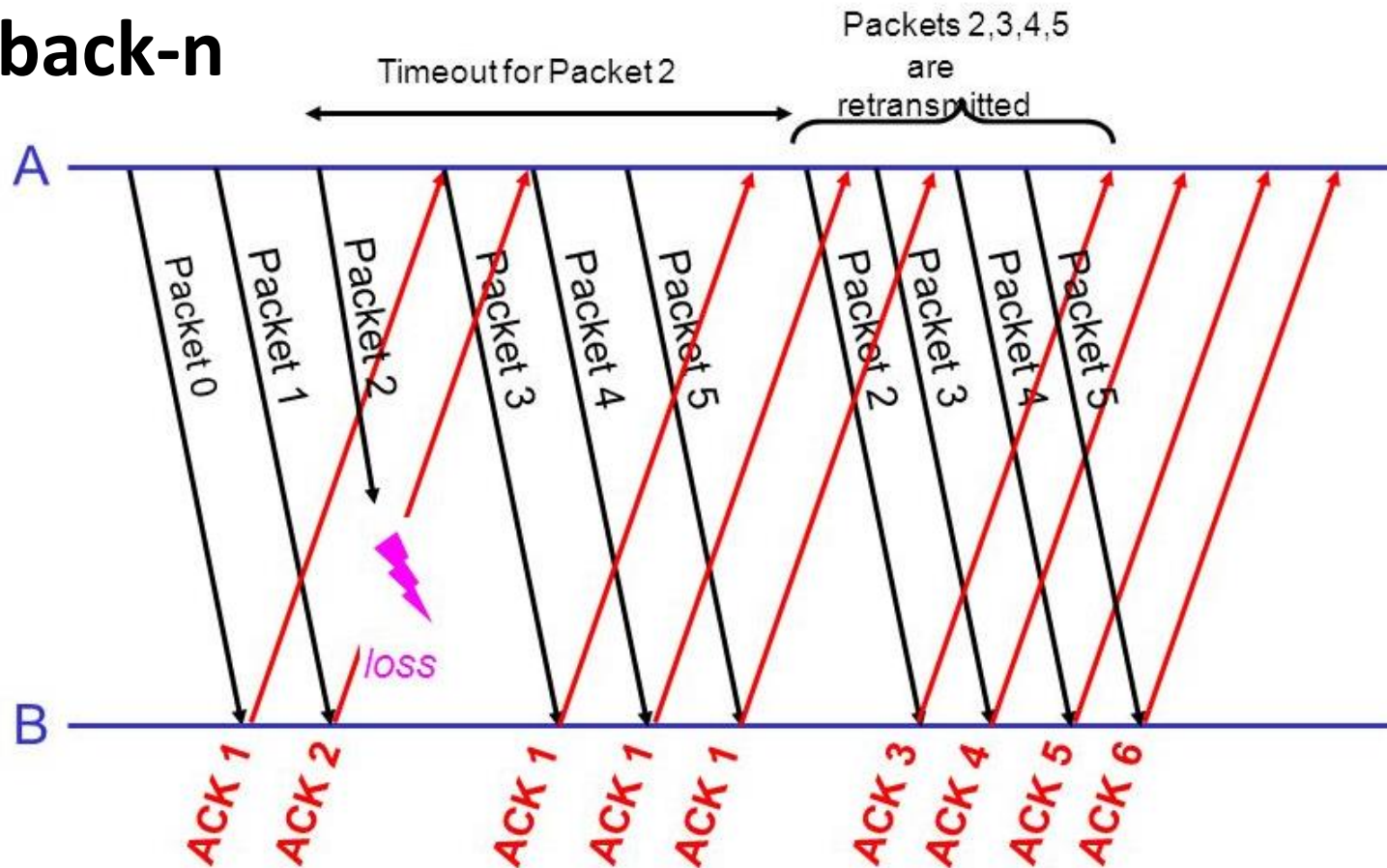
Camada Enlace

- **CAMADA DE INTERFACE DE REDE (ENLACE)**
 - Controle de erros/fluxo
 - Janela **n** com retransmissão integral (go-back-n)
 - Envio de diversos quadros sem esperar reconhecimento
 - Número máximo de quadros, devidamente numerados, determina largura da janela de transmissão
 - Transmissor identifica problema quando não recebe reconhecimento do quadro
 - Todos os quadros a partir do que não foi reconhecido são retransmitidos
 - Janela **n** com retransmissão seletiva (selective repeat)
 - Apenas o quadro que não foi reconhecido é retransmitido



Camada Enlace

go-back-n

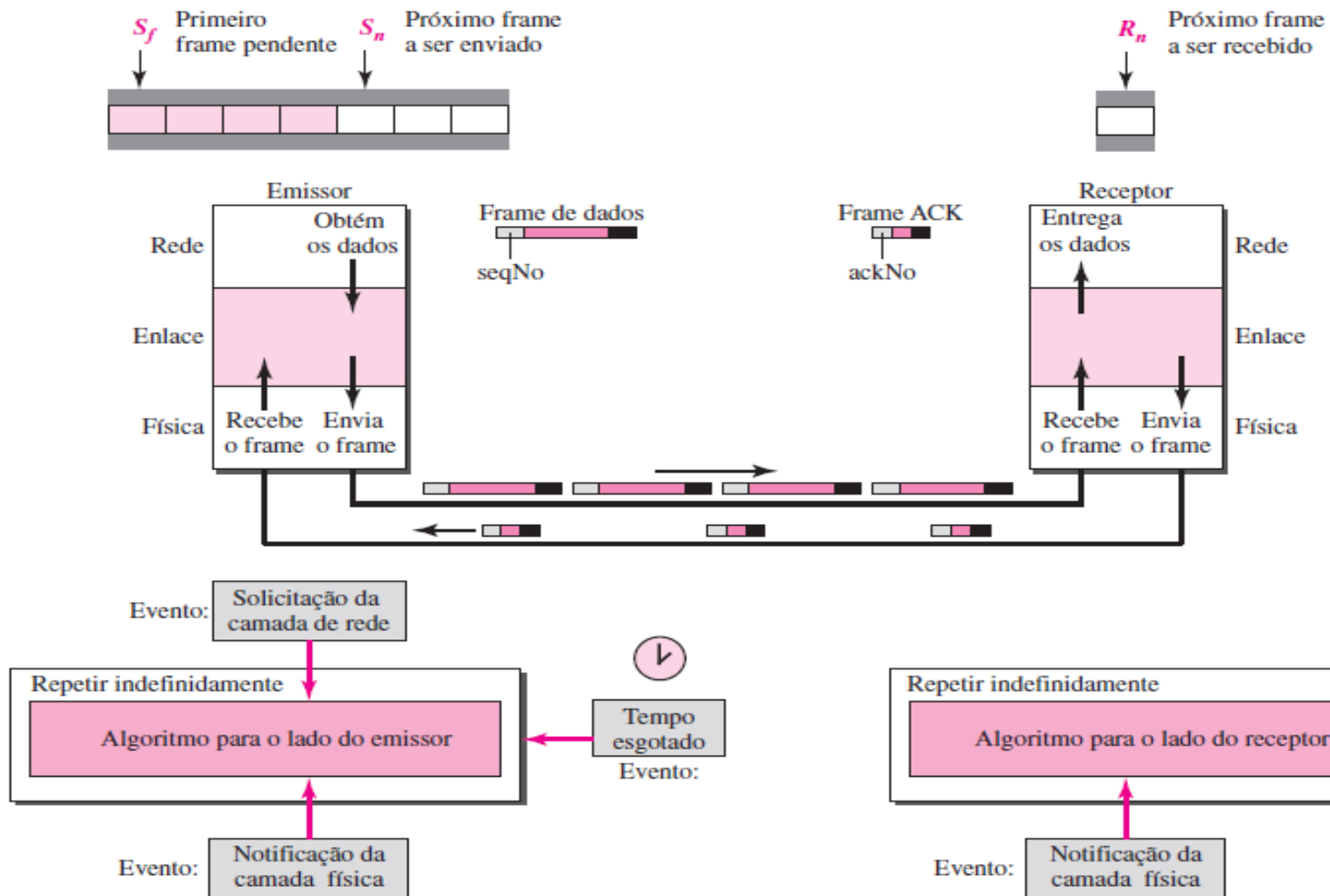


Fonte: http://images.slideplayer.com/33/8175417/slides/slide_4.jpg



Camada Enlace

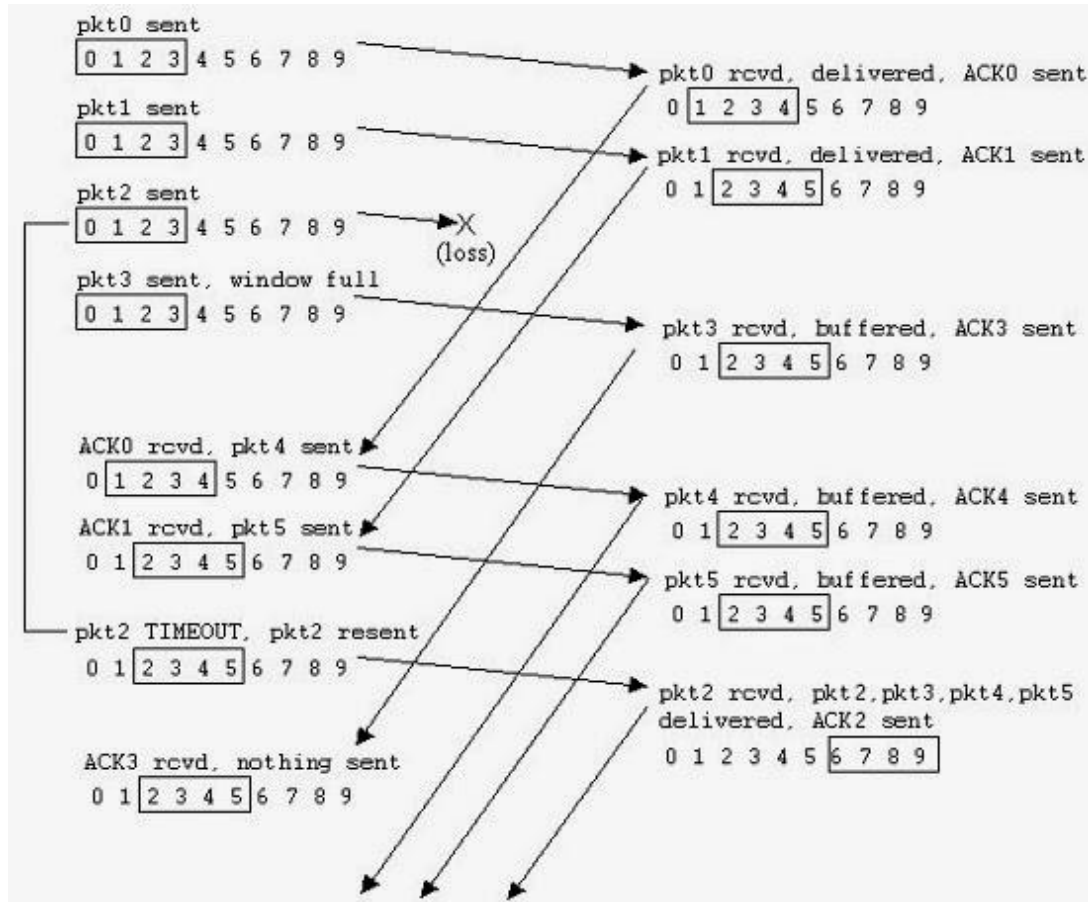
Projeto do protocolo Go-Back-N ARQ





Camada Enlace

selective repeat



Camada Enlace

- **Janela Deslizante**

- Go-back-n
- Selective Repeat

Links Simuladores:

http://www.ccs-labs.org/teaching/rn/animations/gbn_sr/

https://wps.pearsoned.com/ecs_kurose_compnetw_6/216/55463/14198702.cw/index.html

Camada Enlace

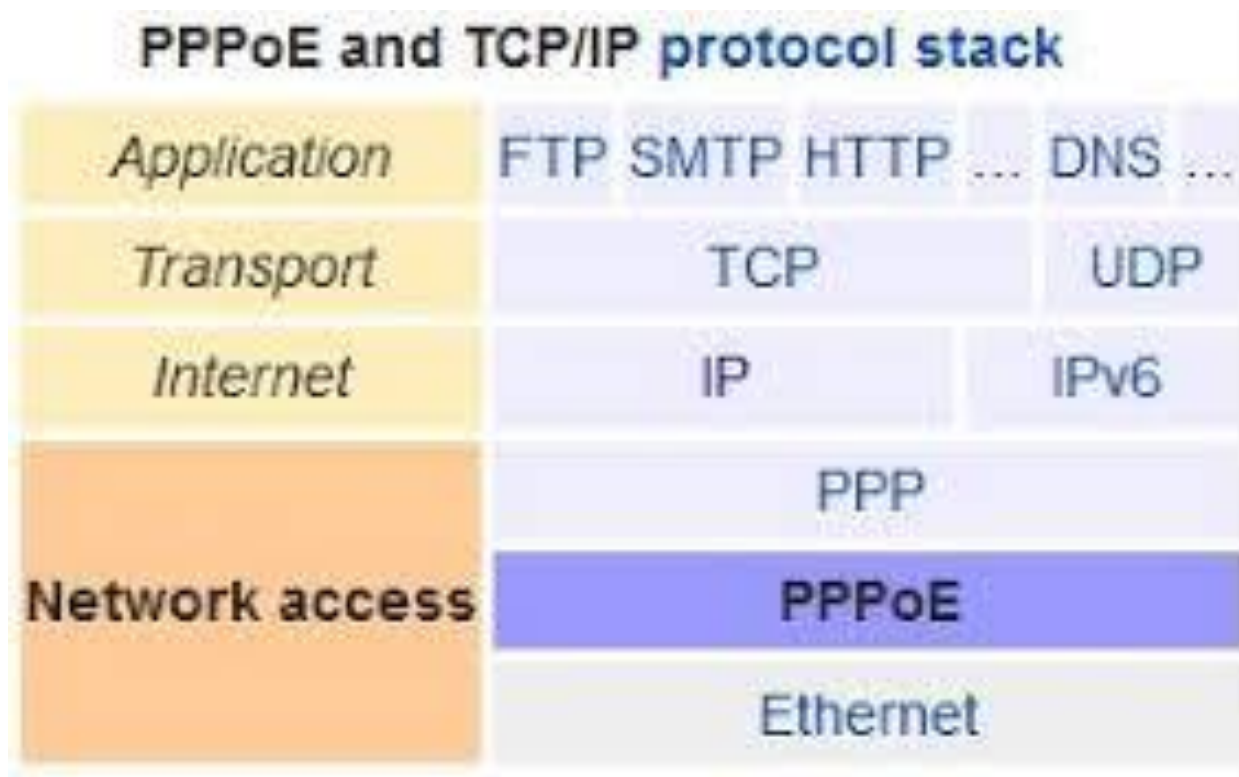
- **PROTOCOLOS NÍVEL DE ENLACE**
 - Ethernet
 - ATM (Asynchronous Transfer Mode)
 - FDDI (Fiber Distributed Data Interface)
 - HDLC (High-level Data Link Control)
 - Protocolo síncrono, orientado a bit, de caráter geral para canais full-duplex (ponto-a-ponto ou multiponto)
 - HDLC é o tipo de encapsulamento padrão para cada porta serial em roteadores

Camada Enlace

- **PROTOCOLOS NÍVEL DE ENLACE**
 - SLIP (Serial Line IP)
 - Conectar estações por meio de linhas discadas conectadas a modem
 - PPP (Point-to-Point Protocol)
 - Enlaces de dados para linhas ponto-a-ponto
 - Trata da detecção de erros
 - Um quadro PPP (um datagrama IP, IPX ou Appletalk) é empacotado com um cabeçalho GRE (encapsulamento de roteamento genérico) e um cabeçalho IP
 - O cabeçalho IP contém os endereços IP de origem e destino que correspondem ao cliente e ao servidor VPN.

Camada Enlace

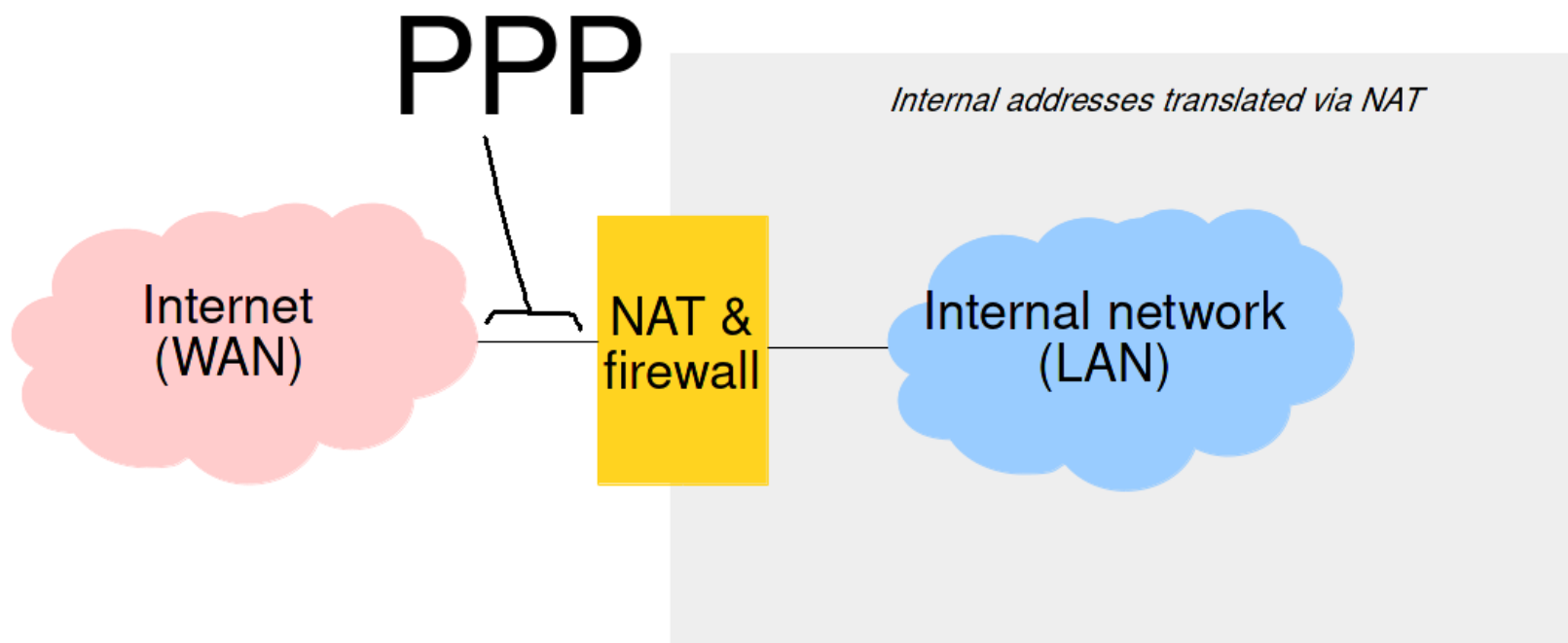
- **PPP(Point-to-Point Protocol)**



Fonte: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQdGblsHjHpiVaz00VGCilzO5AVgl6eHYQ3nRtQDLeV9cy6vmAL>

Camada Enlace

- **PPP(Point-to-Point Protocol)**



Fonte: https://jonnytyers.files.wordpress.com/2016/11/basic_firewall_ppp.png

Camada Enlace

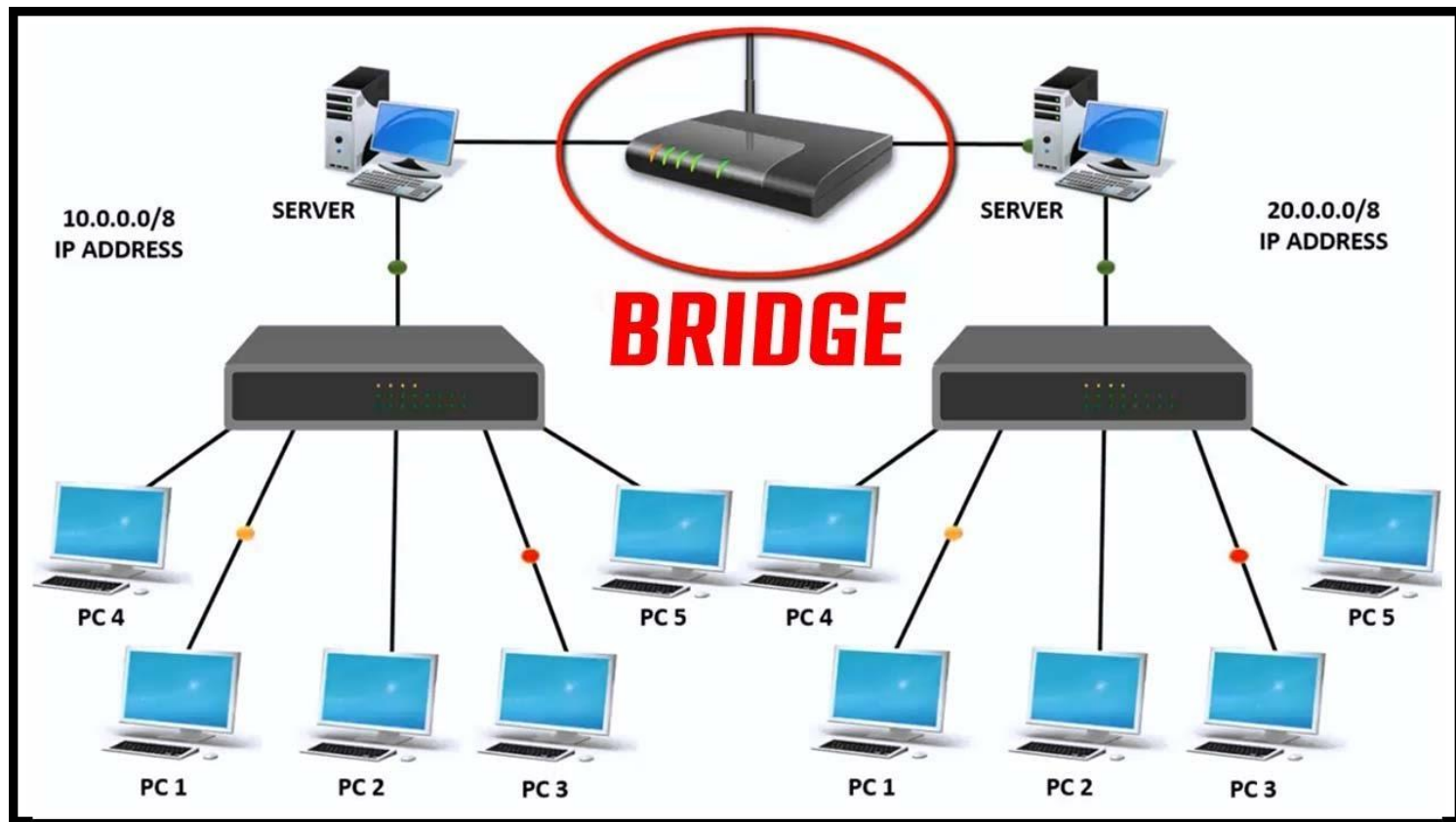
- **PONTE (BRIDGE)**

- É um repetidor inteligente, pois faz controle de fluxo de dados
- Ela analisa os pacotes recebidos e verifica qual o destino
- Se o destino for o trecho atual da rede, ela não replica o pacote nos demais trechos, diminuindo a colisão e aumentando a segurança.



Camada Enlace

- PONTE



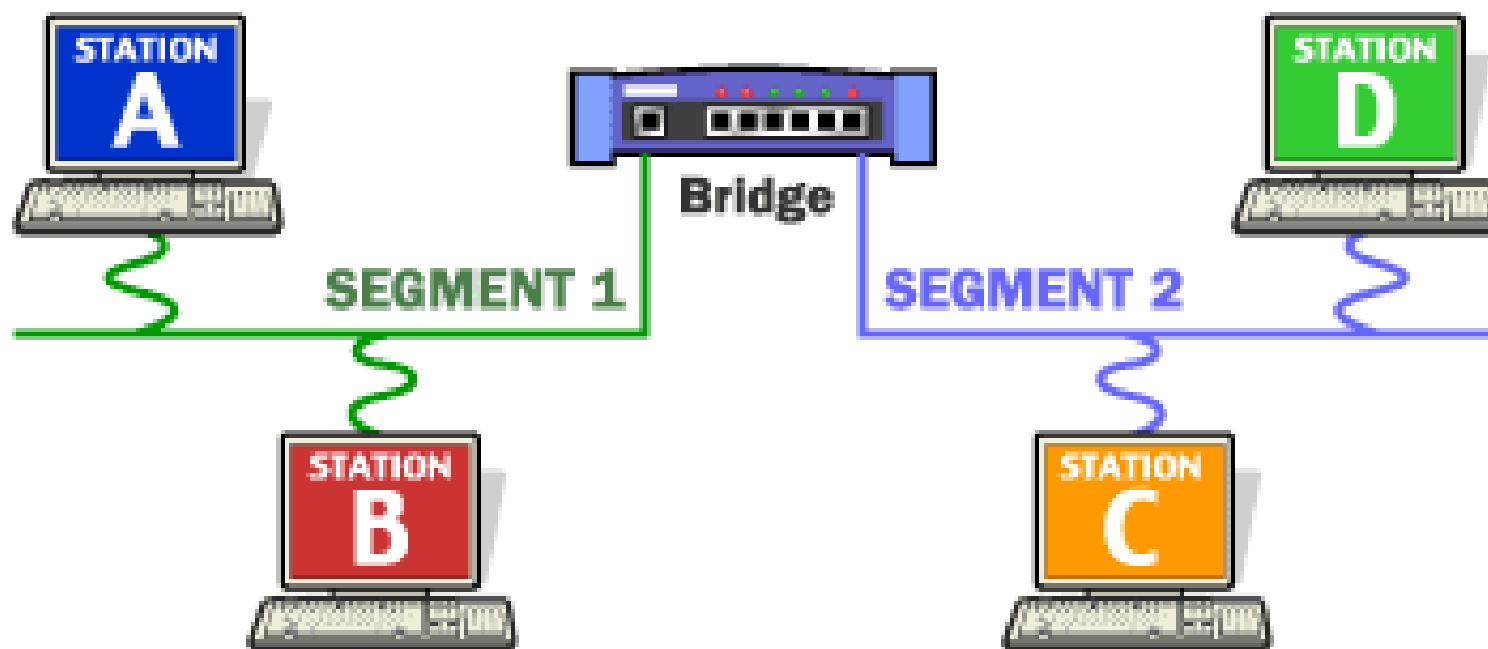
Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/OBIJ3QuEt9k/maxresdefault.jpg>

Camada Enlace

- PONTE

An Ethernet Bridge Connecting Two Segments

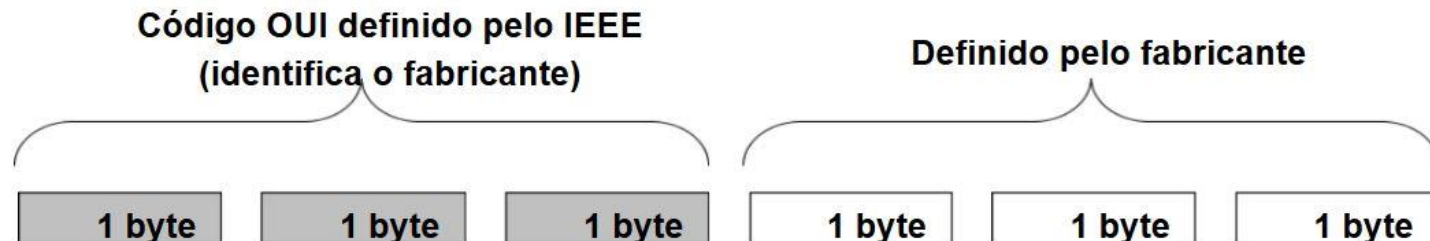
©2003 HowStuffWorks



Fonte: <https://s.hswstatic.com/gif/ethernet5.gif>

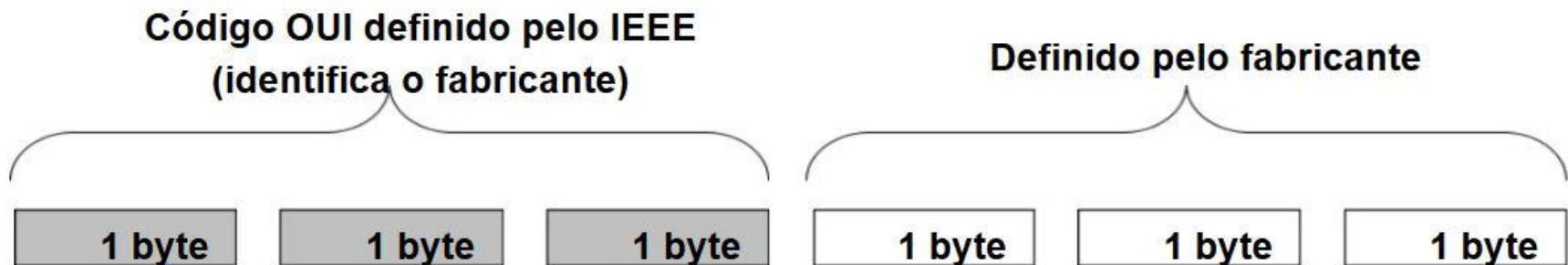
Camada Enlace

- **ENDEREÇAMENTO DA CAMADA DE ENLACE**
 - NIC tem endereçamento **MAC** (Media Access Control)
 - Número com 48 bits
 - Três primeiros segmentos:
 - OUI(Organizationally Unique Identifier) atribuído pelo IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) → Fabricante
 - Três últimos:



Camada Enlace

- **ENDEREÇAMENTO DA CAMADA DE ENLACE**



Fonte: <http://www.bosontreinamentos.com.br/wp-content/uploads/2017/07/endere%C3%A7o-MAC-address-redes.jpg>



Camada Enlace



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [versao 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

C:\Users\7virtual>ipconfig /all

Configuração de IP do Windows

Nome do host. . . . . : LogandoTi-win7
Sufixo DNS primário . . . . . :
Tipo de nó. . . . . : híbrido
Roteamento de IP ativado. . . . . : nao
Proxy WINS ativado. . . . . : nao

Adaptador Ethernet Conexao local:

Sufixo DNS específico de conexao. . . . . :
Descrição . . . . . : Intel(R) PRO/1000 MT Network Co
nnection
Endereço Físico . . . . . : 00-0C-29-85-73-A7
DHCP Habilitado . . . . . : Nao
Configuração Automática Habilitada. . . . . : Sim
Endereço IPv4. . . . . : 192.168.0.25(Preferencial)
Máscara de Sub-rede . . . . . : 255.255.255.0
Gateway Padrao. . . . . : 192.168.0.3
Servidores DNS. . . . . : 192.168.0.3
NetBIOS em Tcpip. . . . . : Habilitado

Adaptador Ethernet VirtualBox Host-Only Network:

Sufixo DNS específico de conexao. . . . . :
Descrição . . . . . : VirtualBox Host-Only Ethernet A
dapter
Endereço Físico . . . . . : 08-00-27-00-0C-98
DHCP Habilitado . . . . . : Nao
Configuração Automática Habilitada. . . . . : Sim
Endereço IPv4. . . . . : 192.168.56.1(Preferencial)
Máscara de Sub-rede . . . . . : 255.255.255.0
Gateway Padrao. . . . . :
NetBIOS em Tcpip. . . . . : Habilitado
```

Fonte: <https://www.palpitedigital.com/wp-content/uploads/2011/01/endereco-mac.jpg>

Camada Enlace

- **Ethernet**

- Bob Metcalfe – 1973 Xerox PARC
- Alto Aloha Network
- Ethernet
 - Ether – espaço luminífero
 - A ideia de **Éter** surgiu entre as discussões a respeito da natureza da luz, onde alguns defendiam que esta seria corpuscular, ou seja, dotada de matéria, já outros defendiam que a natureza da luz seria ondulatória. Com isto o éter veio a contribuir com a ideia de que a luz seria uma onda, uma vez que precisaria de um meio material onde se propagar, e este meio foi chamado de **éter**
 - Net – Recurso essencial ao sistema: meio físico
- Patente Ethernet: 1977 – Multipoint Data Communication System With Collision Detection

Camada Enlace

- **EVOLUÇÃO**
- Lançamento Padrão DIX Ethernet 10 Mbps
 - 1980
 - DEC / Intel / Xerox (DIX)
 - Cabo coaxial grosso

Camada Enlace

- **EVOLUÇÃO**
- Padronização IEEE (LAN e MAN)
 - 1985
 - 802
 - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - CSMA/CD (802.3)
 - Token Bus (802.4)
 - Token Ring (802.5)
 - DQDB (802.6)


Camada Enlace



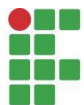
- **EVOLUÇÃO ETHERNET**
 - 10Base5
 - 10Base2
 - 10BaseT
 - 10BaseF
 - 100BaseTX (Fast Ethernet)
 - 100BaseFX (Fast Ethernet)
 - 1000BaseT (Gigabit Ethernet)
 - 1000BaseX (Gigabit Ethernet)
 - 10 Gigabit Ethernet
 - 40 Gigabit Ethernet
 - 100 Gigabit Ethernet

Camada Enlace

- EVOLUÇÃO ETHERNET

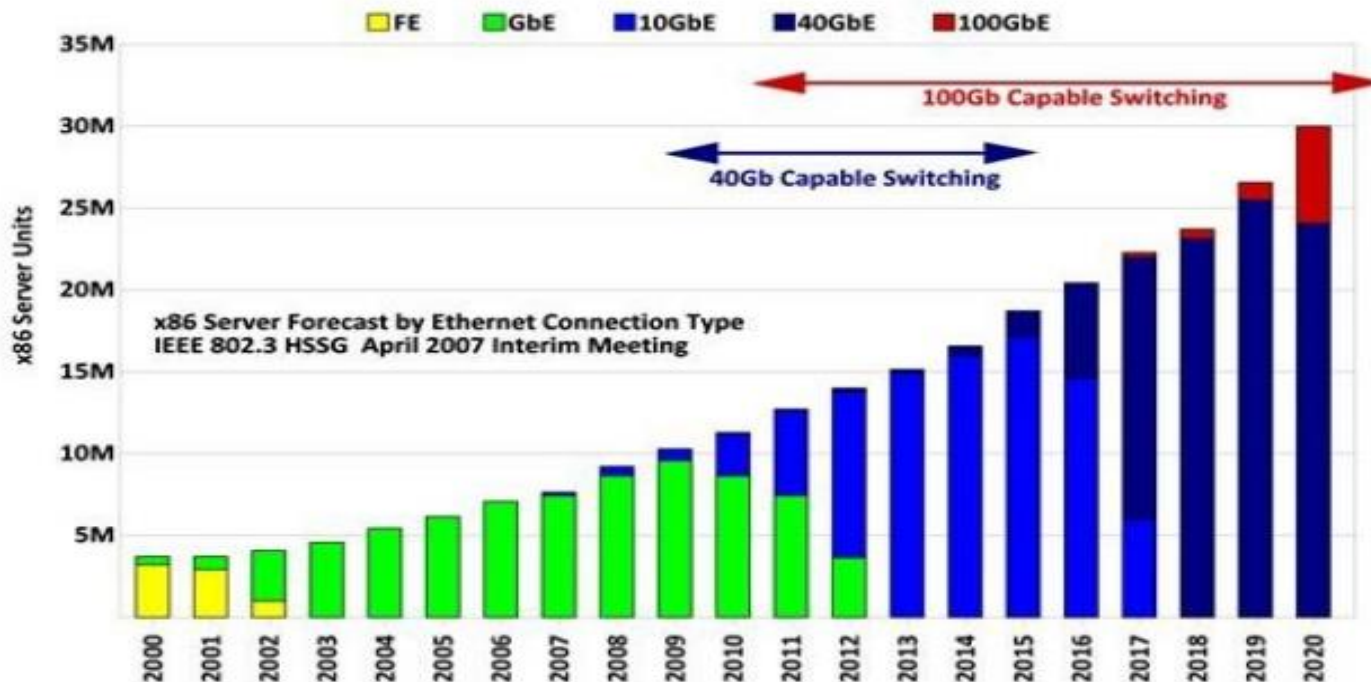
Ano	Nome Comercial	Nome Técnico	IEEE	Taxa	Cabo UTP (100m)
1990	 Ethernet	10BASE-T	802.3	10 Mbps	Cat 5
1995	Fast-Ethernet	100BASE-TX	802.3u	100 Mbps	Cat5e
1999	Gigabit-Ethernet	1000BASE-T	802.3ab	1 Gbps	Cat6
2006	10GbE	10GBASE-T	802.3an	10 Gbps	Cat6A

Fonte: https://2.bp.blogspot.com/-KWcntX5B1Po/V_J4JWXMsrl/AAAAAAAAAFQ/INO3zz1PBB0Rbc3j9W5EVvd_KDbLhCKgwCLcB/s1600/Conhe%25C3%25A7a%2Bo%2Bnovo%2Bpadr%25C3%25A3o%2BNBASE-T%2Bde%2BGigabit%2BEthernet.png



Camada Enlace

Ethernet Switches and X86 Servers

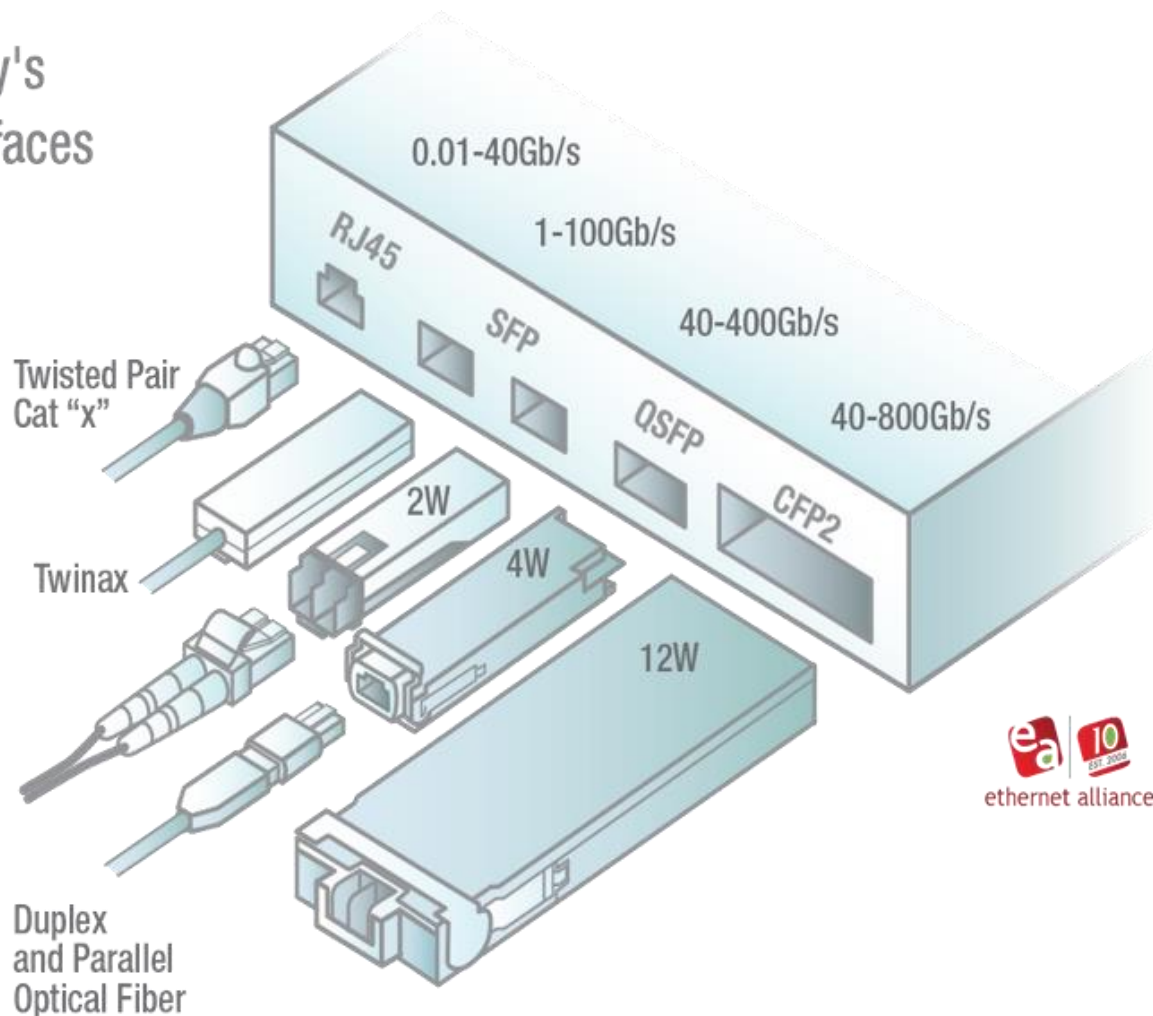


Business and Technology Working as One



Camada Enlace

Today's
Interfaces



Camada Enlace



High-speed Ethernet standards

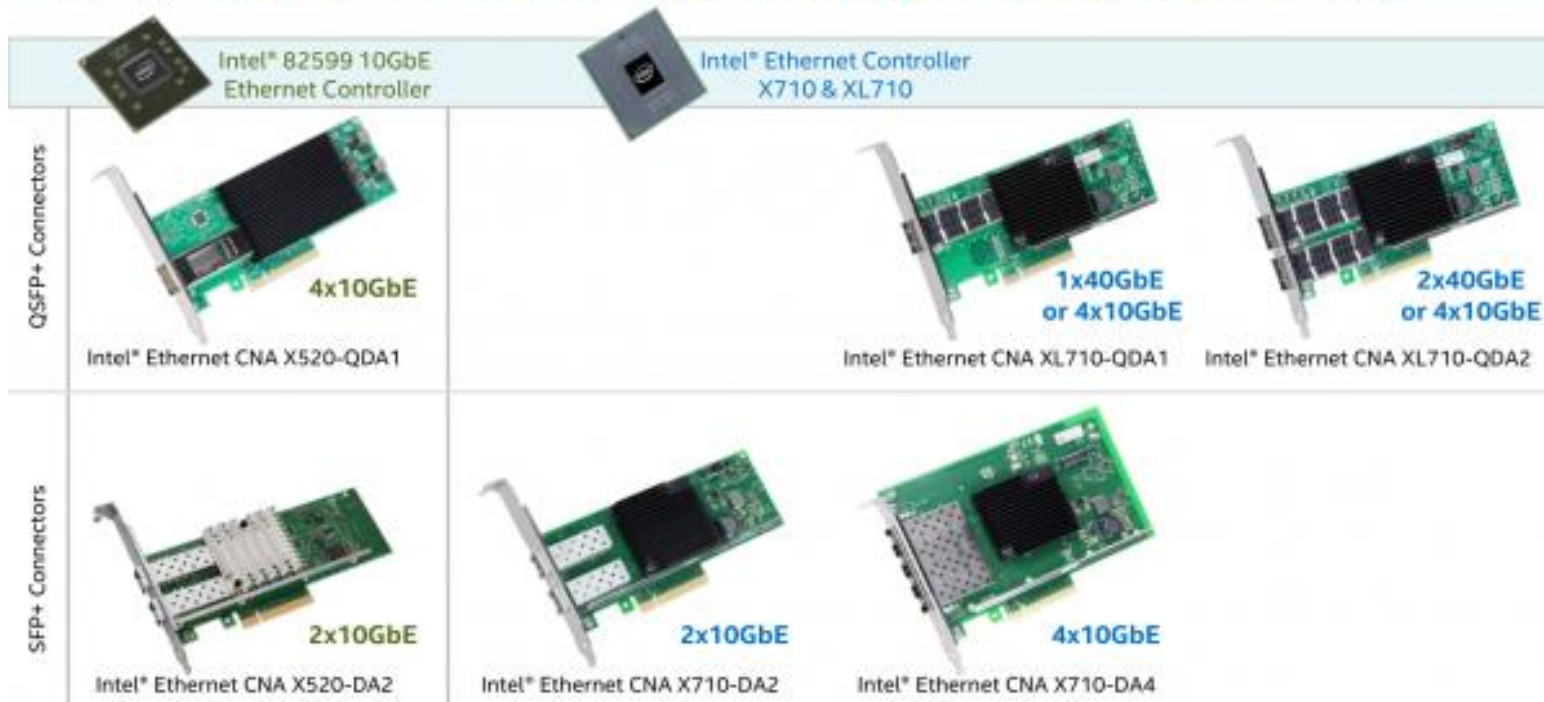
Standard	Media	Distance
40GBase-SR4	MMF, four fibers (OM3)	100 m
40GBase-LR4	SMF, four wavelengths	10 km
40GBase-CR4	Copper	10 m
40GBase-KR4	Backplane	1 m
100GBase-SR10	MMF, 10 fibers (OM3)	100 m
100GBase-LR4/ER4	SMF, four wavelengths	10 km
100GBase-CR10	Copper	10 m

Fonte: https://aemstatic-ww2.azureedge.net/content/lw/en/articles/print/volume-26/issue-10/applications/40100-gigabit-ethernet-watching-the-clock/_jcr_content/leftcolumn/article/headerimage.img.jpg/1327014707812.jpg

Camada Enlace

- 40 Gigabit Ethernet

Intel® Ethernet Converged Network Adapter Family



Fonte: https://www.pcper.com/files/imagecache/article_max_width/news/2014-09-08/intel-40gb-nic-01.png

Camada Enlace



- 100 Gigabit Ethernet

BO28L13610D



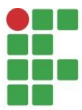
BlueOptics® QSFP28 100GBASE-LR4, 4xWDM, 10KM, LC
Duplex, Optical Fiber Transceiver, DDM/DOM



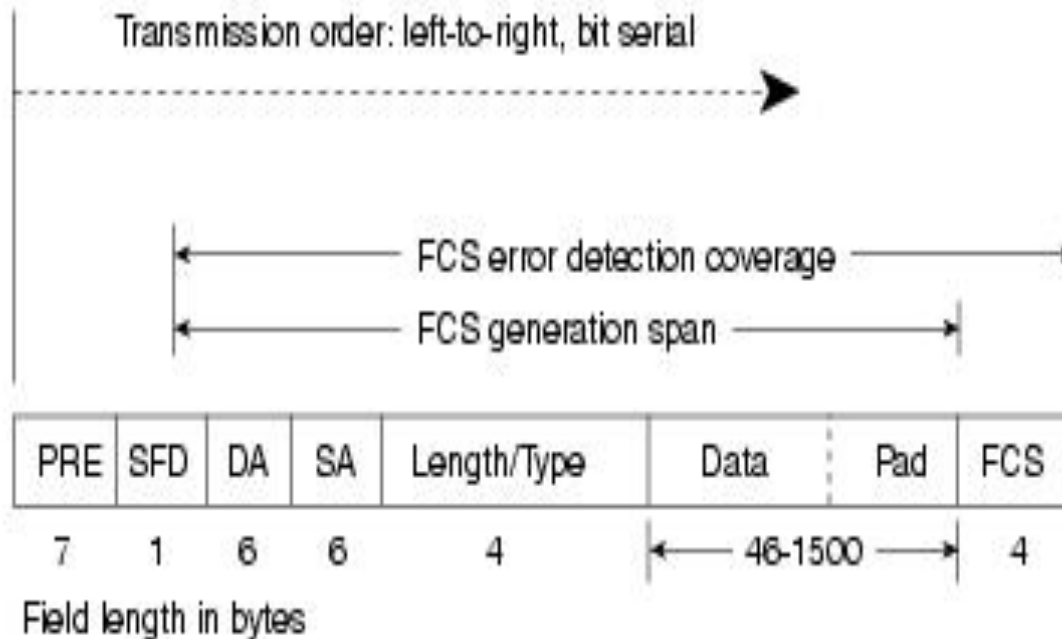
Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/c4/fa/b7/c4fab7a378a9c11cf51e3d5c0bd9e17d.jpg>

Camada Enlace

- **OS ELEMENTOS BÁSICOS DO ETHERNET**
 - QUADRO(Frame)
 - Conjunto padronizado bits usados para transporte dados
 - Protocolo MEDIA ACCESS CONTROL(MAC)
 - Regras de acesso
 - COMPONENTES DE SINALIZAÇÃO
 - Dispositivos eletrônicos para enviar e receber dados
 - MEIO FÍSICO
 - Cabos ou outros meios



• O QUADRO ETHERNET



PRE = Preamble

SFD = Start-of-frame delimiter

DA = Destination address

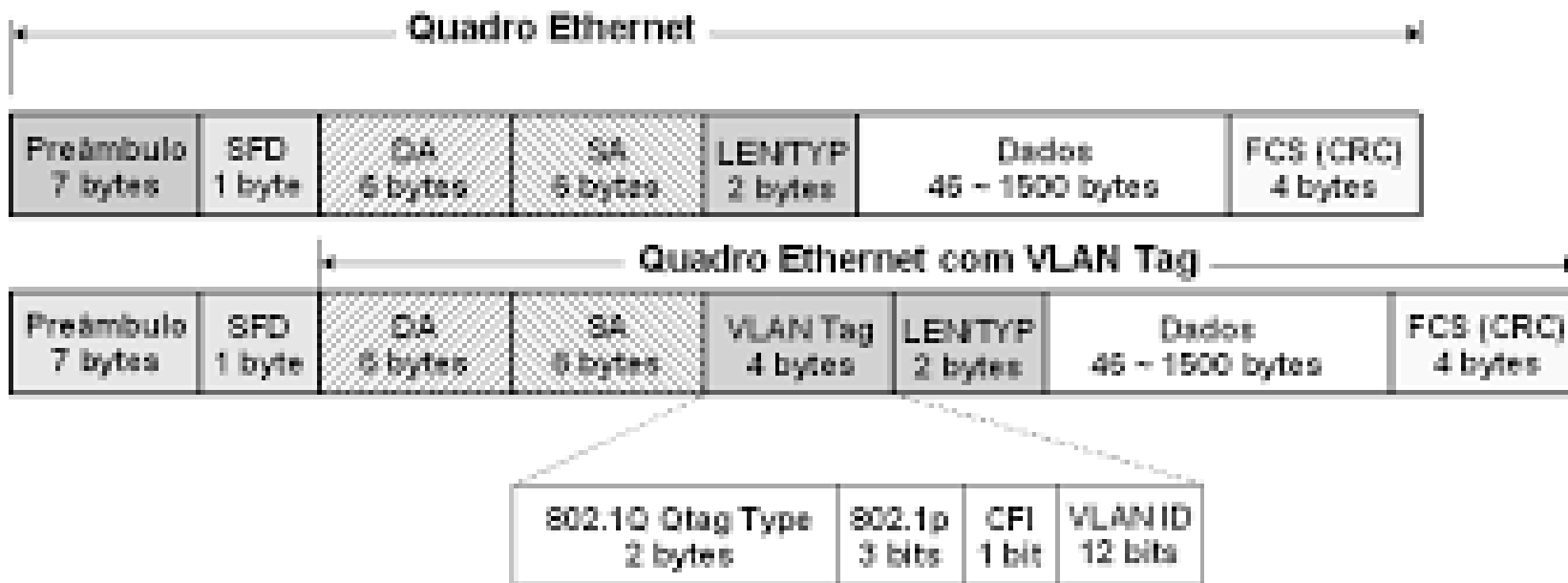
SA = Source address

FCS = Frame check sequence

Fonte: <http://docwiki.cisco.com/w/images/4/46/CT840706.jpg>



- **O QUADRO ETHERNET**



Fonte: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTE_i1rI4mFej3i5L7b6t7PLs-kKmzLjeFOZYWCb5SszmdZATUJ_SA

Camada Enlace



56 bits

8 bits

- **Preâmbulo/SFD**

- 64 bits
- Sincronização do stream de dados
- Interfaces 10 Mbps
- Permite perda dados iniciais
- SFD – Start Frame Delimiter
- Mantido em Fast e Gigabit Ethernet (sinalização constante)



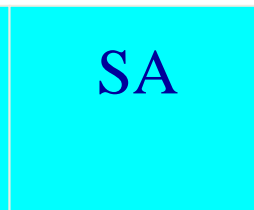
Camada Enlace

- **Endereço de Origem e Destino**
 - Controlado pelo IEEE-Standards Association
 - OUI (Organizationally Unique Identifier) do Fabricante – 24 bits
 - 24 bits seguintes – atribuído pelo fabricante
 - Endereço MAC (Media Access Control)
 - Interface(NIC) lê endereço destino
 - Trata o quadro ou ignora

48 bits

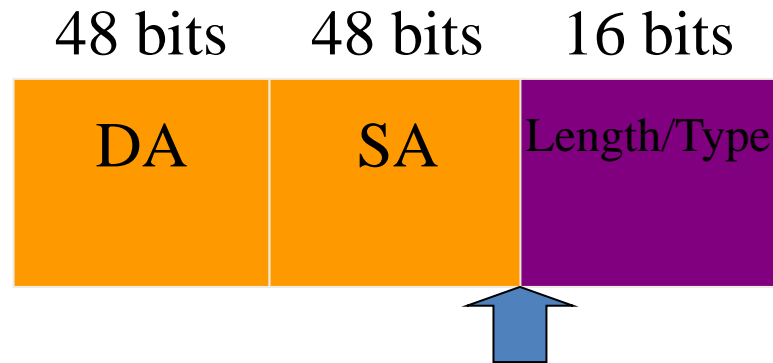


48 bits



Camada Enlace

- **Cabeçalho de marcação de VLAN (Virtual LAN)**
 - Entre origem e campo de tamanho/tipo
 - 4 bytes de extensão
 - Usado por hubs de comutação para direcionar tráfego para membros de uma determinada VLAN



Camada Enlace

- **Campo de Tipo/Tamanho**
 - Se valor **campo** \leq tamanho máx quadro (1.518 decimal)
 - Então **campo Tipo/Tamanho** = campo de tamanho
 - nº octetos dados LLC
 - Senão valor **campo Tipo/Tamanho** $>$ tamanho máx
 - tipo de protocolo dos dados

16 bits

Length/Type

Camada Enlace

- **Campo de Dados**
 - Mínimo de 46 bytes e Máximo de 1500
 - Se dados < 46 bytes
 - São usados dados de preenchimento(PAD)

46 a
1500 bits

Data/PAD

Camada Enlace

- **FCS (Frame Check Sequence)**
 - CRC (Cyclic Redundancy Check)
 - Verificar integridade quadro (sem preâmbulo)
 - CRC gerado na transmissão com campos: destino, origem, tipo/tamanho e dados

32 bits



FCS

Camada Enlace

◆ CRC (Cyclic Redundancy Check)

- Código Polinomial
- Cadeias de bits
- Polinômio Gerador $G(x)$
- Quadro $M(x)$
- Aritmética Módulo 2

32 bits

FCS

Camada Enlace

- ◆ **Cálculo do FCS (Frame Check Sequence)**
 - ◆ Adicionar um conjunto de bits (Frame Check Sequence) à mensagem original a transmitir
 - ◆ $FCS(x)$ é igual ao resto da divisão inteira entre duas funções polinomiais $M(x)$ e $G(x)$ onde:
 - ◆ $M(x)$ é a nossa mensagem original sem código de erros
 - ◆ $G(x)$ o polinômio gerado pré-definido (chave da nossa codificação).

$$FCS(x) = resto\left[\frac{M(x)x^n}{G(x)}\right]$$

Camada Enlace

◆ Cálculo do FCS (Frame Check Sequence)

- ◆ Transformar a mensagem binária em polinômio
- ◆ Multiplicar o polinômio da mensagem pelo elemento de maior expoente do polinômio gerador
- ◆ Dividir o resultado pelo polinômio gerador, em operação aritmética módulo 2

$$\frac{M(x)x^n}{G(x)}$$

- ◆ $M(X)_{\text{bin}} = 1101011 \rightarrow M(X) = X^6 + X^5 + X^3 + X + 1$
- ◆ $G(X) = X^4 + X^3 + 1$
- ◆ O resto da divisão será o FCS, com a mesma quantidade de bits do maior expoente do gerador, incluído na mensagem a ser transmitida

Camada Enlace

- ◆ **Cálculo do FCS (Frame Check Sequence)**
 - ◆ No receptor:
 - ◆ Chegada de $M(X)$ em binário, com o FCS
 - ◆ Transforma em polinômio
 - ◆ Divide (aritmética módulo 2) pelo polinômio gerador
 - ◆ Se o resto for zero
 - ◆ A mensagem chegou sem erros
 - ◆ Caso contrário, a mensagem com erros é descartada

Camada Enlace

◆ Polinômios Geradores

Tabela 3: Polinômios de CRC comuns

CRC	$G(x)$
CRC-8	$x^8 + x^2 + x + 1$
CRC-10	$x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x + 1$
CRC-12	$x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + 1$
CRC-16	$x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$
CRC-CCITT	$x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
CRC-32	$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

Fonte: PETERSON; DAVIE, 2004, p.70

Fonte: https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialcrc1/pagina_6.asp

Camada Enlace

- **PROTOCOLO MAC (Media Access Control)**
 - Não existe controlador central
 - Entrega por broadcast
 - Canal compartilhado
 - CSMA/CD
 - Carrier Sense – escutar canal
 - Multiple Access – prioridade igual de acesso ao canal
 - Collision Detect – sentir a colisão no canal

Camada Enlace

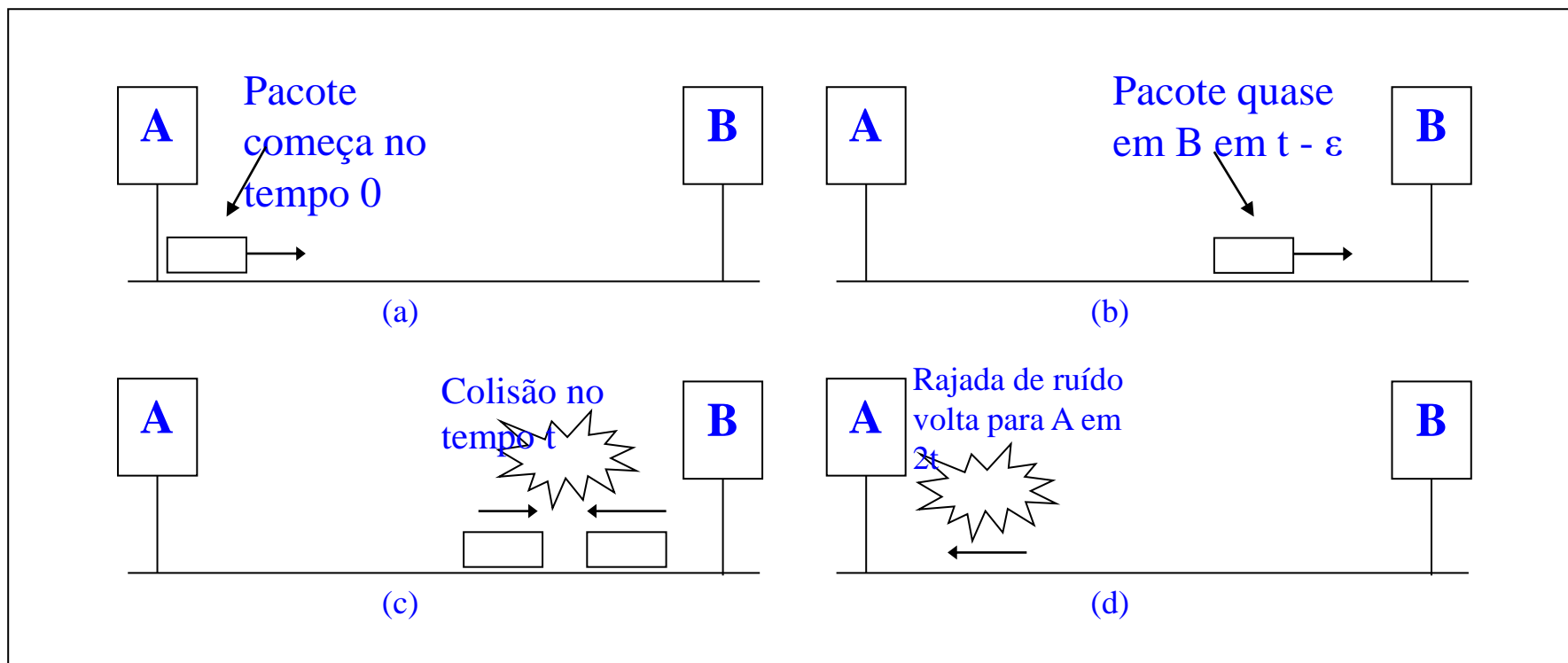


- **REGRAS GOVERNAM TRANSMISSÃO**
 - Sem portadora, tempo \geq IFG
 - TRANSMITA
 - Vários quadros
 - Intervalo IFG
 - Com portadora
 - Ouvir até fim portadora
 - Detectada colisão
 - Transmitir + 32 bits (Sinal de Engarrafamento de Imposição de Colisão)
 - Espera e reprograma transmissão

Camada Enlace

CSMA/CD

Tempo t atingir outra extremidade



A medida que a velocidade cresce, o comprimento do quadro mínimo deve aumentar ou o comprimento do cabo diminuir.

Camada Enlace



- **BACKOFF EXPONENCIAL**
 - Antes de tentar uma retransmissão, o adaptador espera um tempo aleatório depois de m colisões (*exponential backoff*), isto é, **acesso aleatório**
 - Escolhe K entre $\{0, 1, \dots, 2^{m-1}\}$
 - Espera $K \times 512$
 - Volta a tentar acesso ao meio

Camada Enlace

- **CONTROLE DE ACESSO AO MEIO (MAC)**
 - Gerência do controle de acesso ao meio de transmissão
 - **Protocolos de Acesso:**
 - CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection) (802.3)
 - CSMA/CA (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Avoidance)
 - Estação avisa sobre a transmissão e em quanto tempo a mesma irá realizar a tarefa (802.11)
 - Polling
 - Somente transmite quando interrogado pelo controlador
 - Slot
 - Anel segmentado com bit indicando se cheio ou vazio
 - Token Bus (802.4)
 - Token Ring (802.5)
 - TDM/FDM

Camada Enlace

- **CSMA/CD E CSMA/CA**

Link Simulador:

https://wps.pearsoned.com/ecs_kurose_compnetw_6/216/55463/14198702.cw/index.html

Camada Enlace



- **Ethernet Full-Duplex**
 - Comunicação simultânea entre duas estações
 - Estações ligadas segmentos ponto a ponto
 - Dobra a capacidade agregada do link
 - Limite: recursos de mídia
 - Especificação IEEE 802.3x

Camada Enlace

- **REQUISITOS FULL DUPLEX**

- Sistema de mídia com percurso de transmissão e recepção independentes: par trançado e FO
- Duas estações ligadas por links ponto a ponto full-duplex (CSMA/CD é desativado)
- Duas estações configuradas e são capazes de utilizar o modo de operação full-duplex

- **Obs:**

- O IFG continua a existir

Camada Enlace

- **HUB (NÍVEL FÍSICO)**
 - REPETIDOR
 - Nível de sinal
 - Não toma decisões baseada em endereços
 - Retransmite sinal
 - Limite 1.024 estações
 - FUNÇÕES
 - Impor colisões a todos os segmentos
 - Restaurar amplitude sinal
 - Fragmentar a extensão

Camada Enlace



- **HUB(CONCENTRADOR)**



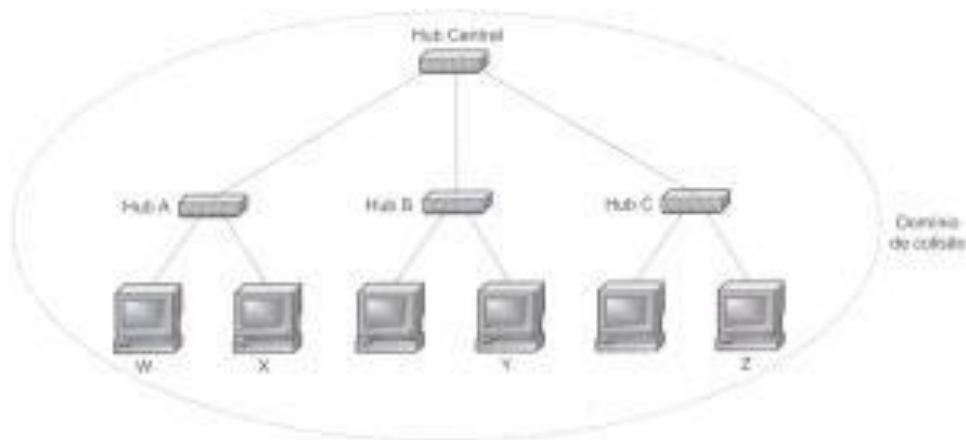
Fonte: <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/715NRWW6N0L.gif>



Fonte: https://acco-product-images.s3.amazonaws.com/mbank247376_w1400_h1400.jpg

Camada Enlace

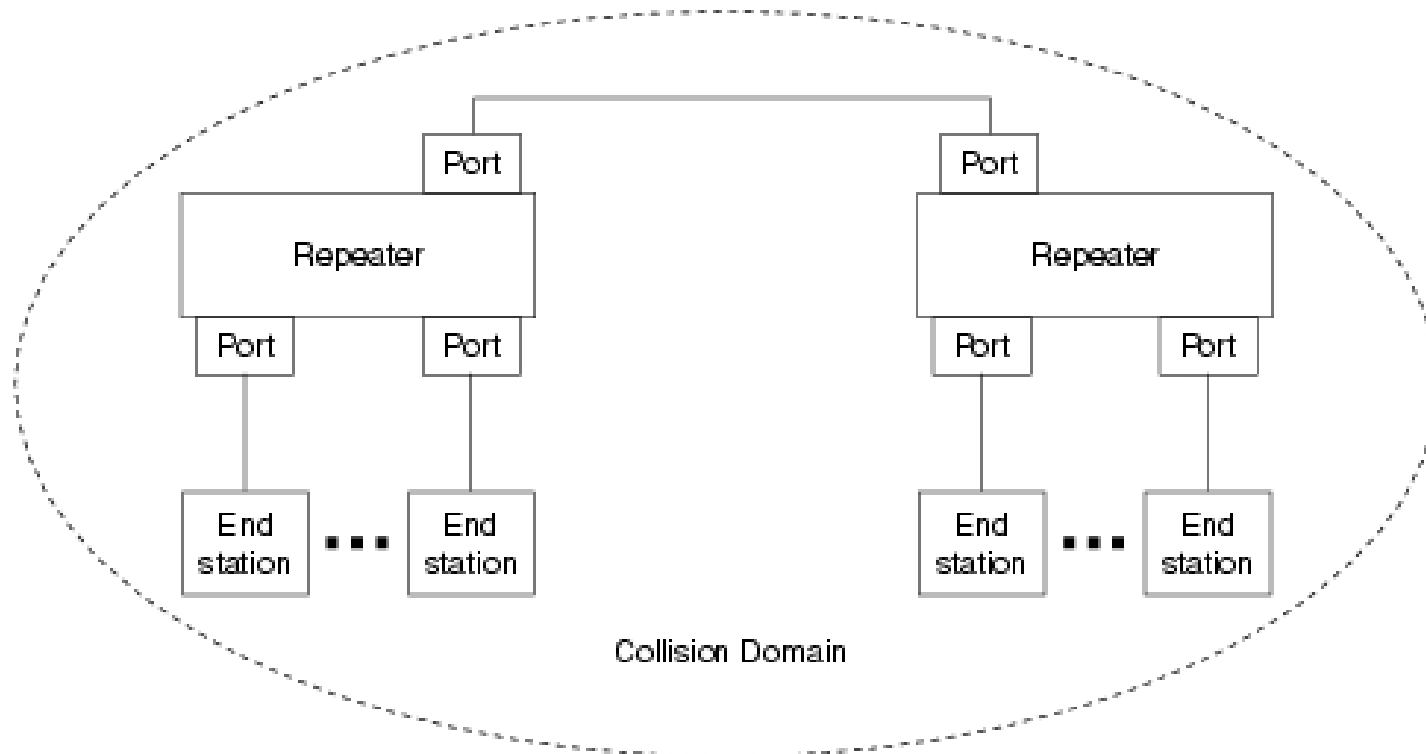
- **DOMÍNIO DE COLISÃO**
 - Sistema Ethernet cujos elementos (cabos, repetidores, interfaces de estação e outros) fazem parte do mesmo domínio de temporização do sinal.



Fonte: <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAgZe8AE-10.jpg>

Camada Enlace

- DOMÍNIO DE COLISÃO



(a) Repeater-based CSMA/CD network

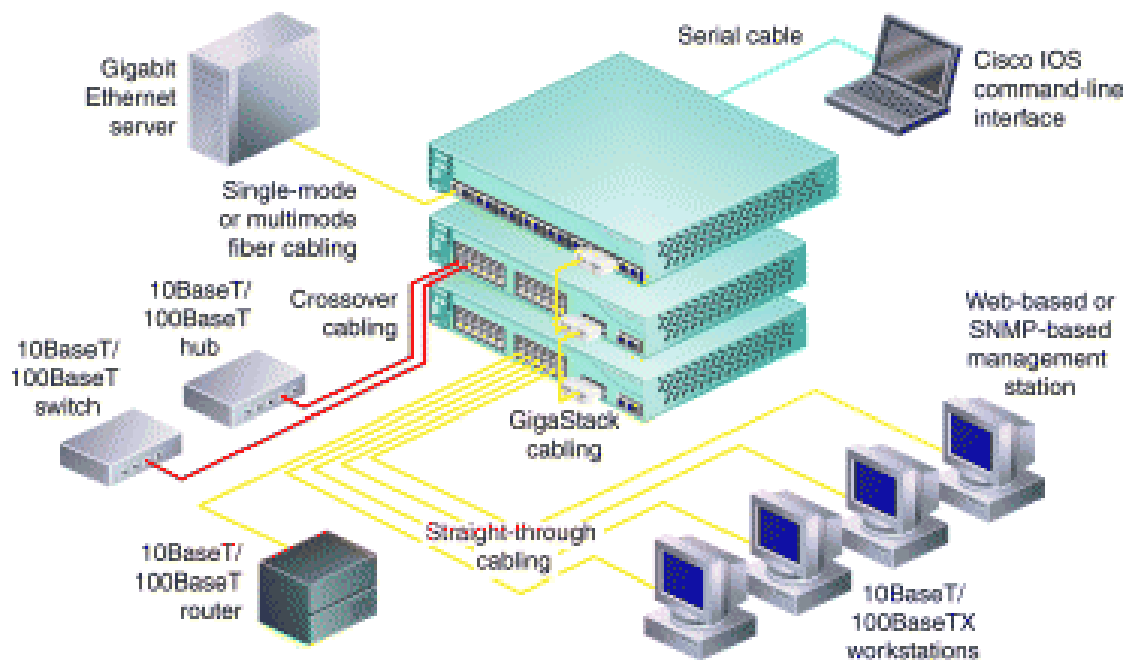
Fonte: <http://www.bb-elec.com/Images/Managed-Ethernet-Switches-Dia1.aspx>

Camada Enlace

- **SWITCH (COMUTADORES)**
 - Agiliza o tráfego e alivia gargalos do backbone
 - Divide o tráfego da rede em segmentos menores
 - Separam domínios de colisão
 - Ligam segmentos de velocidades diferentes
 - Controlam o fluxo
 - Aumentam largura de banda

Camada Enlace

- HUBS DE COMUTAÇÃO (SWITCH)**



Fonte: <https://s.hswstatic.com/gif/lan-switch-cisconetwork.gif>



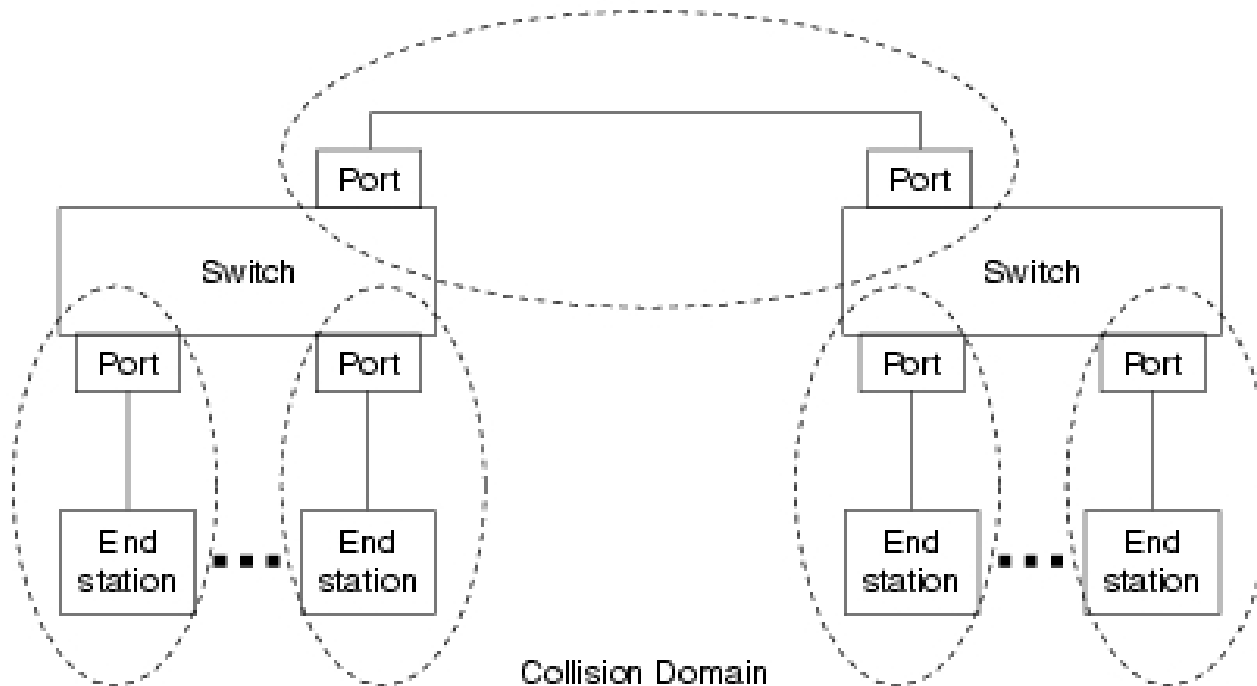
Fonte: https://brain-images-ssl.cdn.dixons.com/6/6/10156166/u_10156166.jpg

Camada Enlace

- **SWITCH (COMUTADORES)**
 - Baseada no endereço MAC
 - Criação de LANs separadas
 - Não há limites ao tamanho possível de uma LAN quando são usados comutadores para interconectar segmentos
 - Quando o quadro deve ser encaminhado num segmento, usa o CSMA/CD para acessá-lo
 - Plug-and-play, self-learning (auto aprendizado)

Camada Enlace

- **SWITCH - Domínio de Colisão**



(b) Switch-based CSMA/CD network

Fonte: <http://www.bb-elec.com/Images/Managed-Ethernet-Switches-Dia2.aspx>

Camada Enlace

● HUBS DE COMUTAÇÃO FUNCIONAMENTO

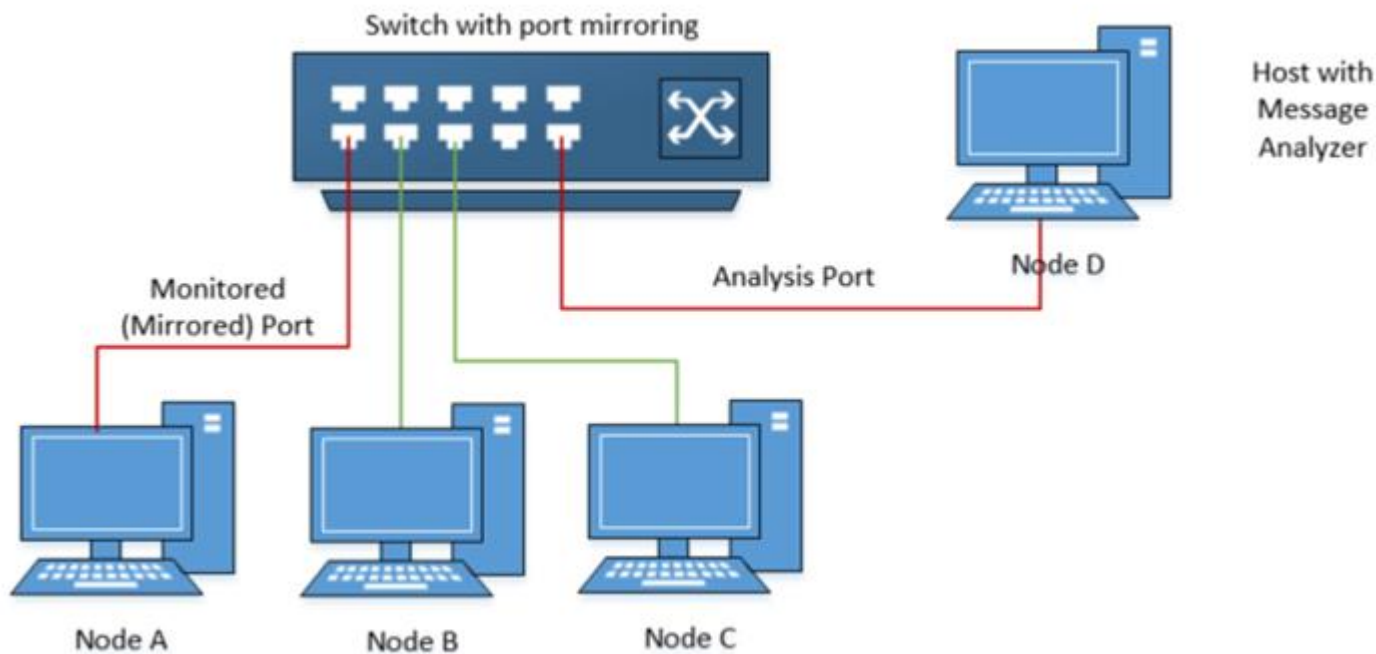
- Aprendizagem dos endereços dos quadros
- Decide encaminhamento do quadro
- Portas em modo “promíscuo”
 - Interface lê todos os quadros
 - Inclui endereço em uma tabela (porta x estação)
- Endereços não vistos – broadcasting
- Desaprender - período 5 min

Camada Enlace

- **HUBS DE COMUTAÇÃO - RECURSOS**
 - Gerenciamento (SNMP)
 - Porta de *span* (port mirroring – port analyzer)
 - Filtros personalizados
 - Gerenciamento de Tráfego (prioridade)
 - LANs Virtuais

Camada Enlace

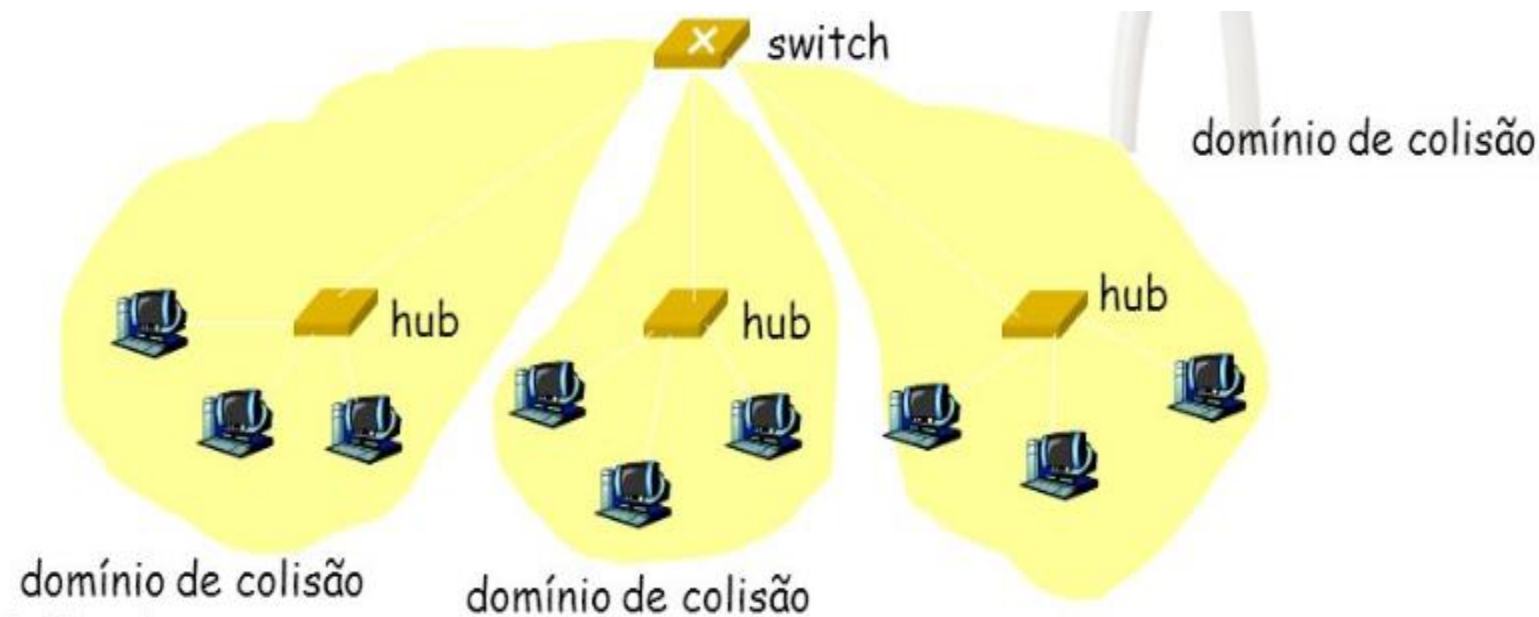
- Porta de “span”(port mirroring)



Fonte: https://msdnshared.blob.core.windows.net/media/2016/05/clip_image001_thumb1.png

Camada Enlace

- **SWITCH: ISOLAMENTO DE TRÁFEGO**



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/1760063/7/images/49/Switch%3A+isolamento+de+tr%C3%A1fego.jpg>

Camada Enlace

- **HUBS DE COMUTAÇÃO - VANTAGENS**
 - Aceitar várias conversações simultâneas entre as portas
 - Melhora desempenho da rede
 - Oferece maior largura de banda e muitas portas
 - Simples de instalar e operar
 - Transparentes à operação Ethernet
 - Ligação de segmentos em velocidades diferentes

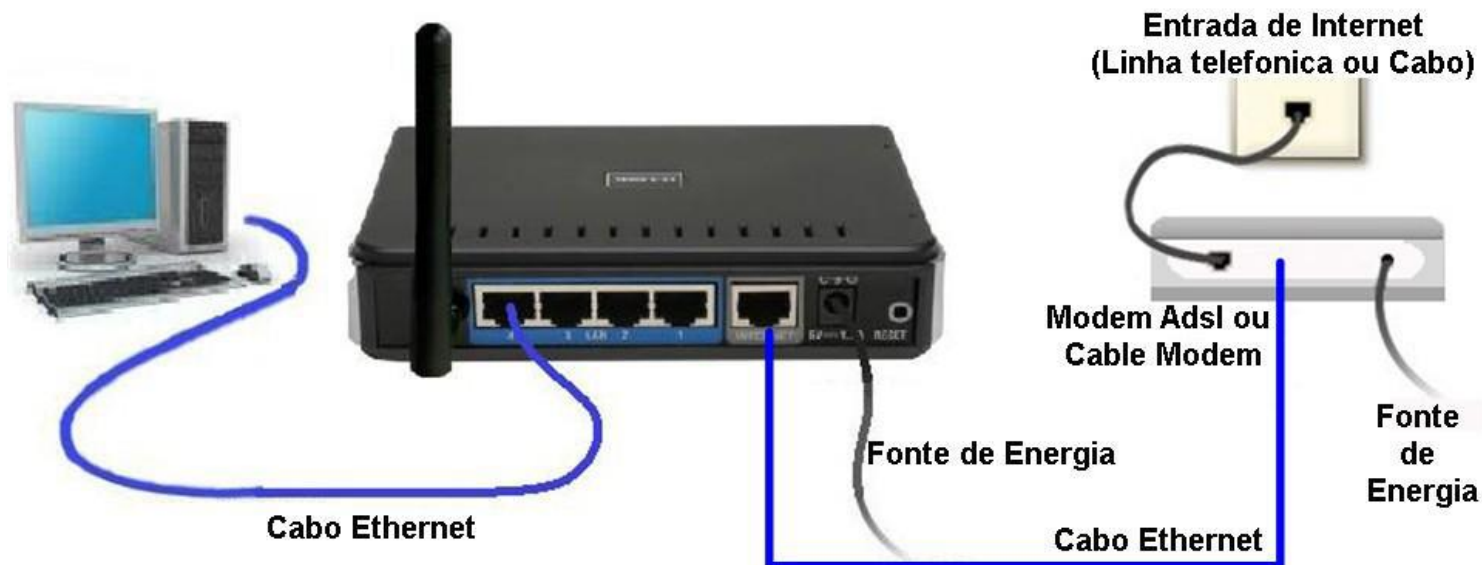
Camada Enlace

- **MODEM**
 - Modulador / Demodulador
 - São sempre utilizados aos pares, um em cada extremidade do caminho de transmissão
 - É um dispositivo eletrônico que modula um sinal digital numa onda analógica, pronta a ser transmitida pela linha telefônica, e que demodula o sinal analógico e reconverte-o para o formato digital original

Camada Enlace

- **MODEM**

- Família xDSL (*Digital Subscriber Line*, ou linha de assinante digital)
- ADSL é um padrão de comunicação digital que utiliza o par trançado de cobre (linha telefônica comum) como meio de transmissão.



Fonte: <http://netzapinformatica.com.br/blog/wp-content/uploads/2015/01/liga%C3%A7%C3%A3o-de-roteador-com-modem.png>

Camada Enlace

- **MODEM**

- Família xDSL (*Digital Subscriber Line*, ou linha de assinante digital)



Fonte: <https://www.tecmundo.com.br/banda-larga/3489-conheca-os-varios-tipos-de-conexao.htm>

Camada Enlace

- **MODEM**
 - Família 4G



Fonte:

[https://s2.glbimg.com/kVeW9UfDkc6NggXjeFjV6nUTpB4=/0x156:1598x1008/1000x0/smart/filters:strip_icc\(\)/i.s3.glbimg.com/v1/AUTH_08bf48bc0524877943fe86e43087e7a/internal_photos/bs/2017/y/S/REeGjnSTap4B9LDjQYpw/5550001.jpg](https://s2.glbimg.com/kVeW9UfDkc6NggXjeFjV6nUTpB4=/0x156:1598x1008/1000x0/smart/filters:strip_icc()/i.s3.glbimg.com/v1/AUTH_08bf48bc0524877943fe86e43087e7a/internal_photos/bs/2017/y/S/REeGjnSTap4B9LDjQYpw/5550001.jpg)

Camada Enlace

- **MODEM**
 - Modem/Roteador



Fonte: <http://s.glbing.com/po/tt/f/original/2013/05/13/modemroteadorswitch.jpg>



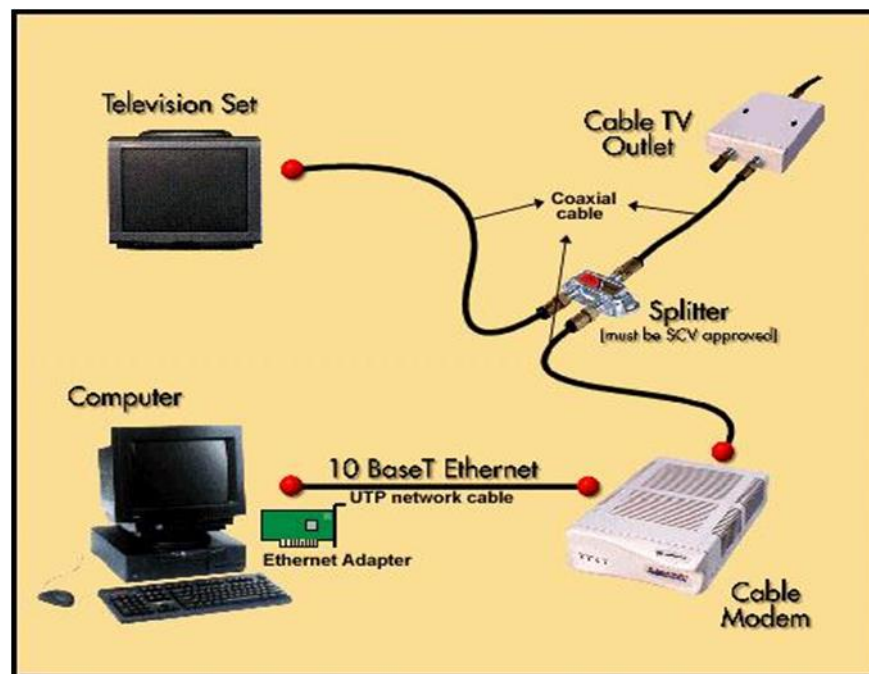
Fonte: <http://ria.vienthongquangngai.vn/wp-content/uploads/2017/04/draytek-modem.png>



Camada Enlace

- **MODEM**

- Cable Modem/Roteador



Fonte: <https://inforlandes.files.wordpress.com/2010/04/sem-titulo4.png>

http://4.bp.blogspot.com/-EfqFhTTBmHg/UHuMhVG-3-I/AAAAAAAAADCw/khEIK4ySDC4/s1600/motorola_sb5100.gif

Referências



- FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.
- KUROSE, Jim F. ROSS, Keith W. **Redes de Computadores e a Internet**. Uma nova abordagem. 3. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2006.
- TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- COMER, Douglas E. **Internetworking with TCP/IP. Principal, Protocolos, and Architecture**. 2.ed. New Jersey: Prantice Hall, 1991. v.1.
- OPPENHEIMER, Priscilla. **Projeto de Redes Top-down**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- GASPARINNI, Anteu Fabiano L., BARELLA, Francisco Rogério. **TCP/IP Solução para conectividade**. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1993.
- Gigabit Ethernet White Paper
by Gigabit Ethernet Alliance (1997)
[http://www.gigabit-ethernet.org/
technology/whitepapers/gige_0997/papers97_toc.html](http://www.gigabit-ethernet.org/technology/whitepapers/gige_0997/papers97_toc.html)



Referências



- SPURGEON, Charles E. **Ethernet: o guia definitivo**. Rio de Janeiro: Carr 2000.
- SOARES, Luiz Fernando G. **Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- CARVALHO, Tereza Cristina Melo de Brito (Org.). **Arquitetura de Redes de Computadores OSI e TCP/IP**. 2. Ed. rev. ampl. São Paulo: Makron Books do Brasil, Brisa; Rio de Janeiro: Embratel; Brasília, DF: SGA, 1997.
- COMER, Douglas E. **Interligação em rede com TCP/IP**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. v.1.
- ARNETT, Matthen Flint. **Desvendando o TCP/IP**. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 543 p.
- ALVES, Luiz. **Comunicação de dados**. 2. Ed. rev. ampl. São paulo: Makron Books do Brasil, 1994.
- DEFLER, Frank J. **Tudo sobre cabeamento de redes**. Rio de Janeiro: Campus, 1994
- www.laercio.com.br
- www.feiradeciencias.com.br