

# Fundamentos de Redes de Comunicação

**CTESP – Redes e Sistemas Informáticos**

**2 – Tecnologias de Redes Locais (LAN)**

**António Godinho**

Fundamentos de Redes de Comunicação

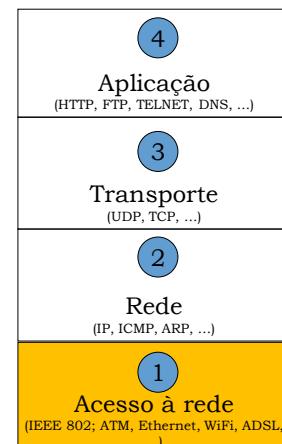


1

## Tecnologias de Redes Locais (LAN)

**Camada Acesso à Rede do modelo TCP/IP:**

- Funções principais:
  - Identificar univocamente os sistemas existentes na rede física local (Endereços MAC) e interligar sistemas na mesma rede utilizando esses endereços;
  - Gerir o acesso ao meio físico e transporte das tramas (pacotes de dados que circulam nas LAN)
  - Definir os meios de transmissão (cablagens, sem fios) e o formato dos sinais elétricos ou ópticos
  - Definir a Topologia da rede (p.e. Estrela, Bus)
  - Tecnologias: **Ethernet, Wifi, Token Ring, etc.**
  - Principais equipamentos: Switchs



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)



2

# Tecnologias de Redes Locais

## Normas 802.x

**IEEE 802.1** - Gestão de rede.

**IEEE 802.2** - Logical Link Control (LLC).

**IEEE 802.3 - Ethernet (redes LAN com cabos)**

**IEEE 802.4** - Token Bus.

**IEEE 802.5** - Token Ring.

**IEEE 802.6** - Redes Metropolitanas.

**IEEE 802.7** - MAN de banda larga.

**IEEE 802.8** - Fibra ótica.

**IEEE 802.9** - Integração de Redes Locais

**IEEE 802.10** - Segurança em Redes Locais

**IEEE 802.11 - Wireless LAN – WiFi (LAN sem fio)**

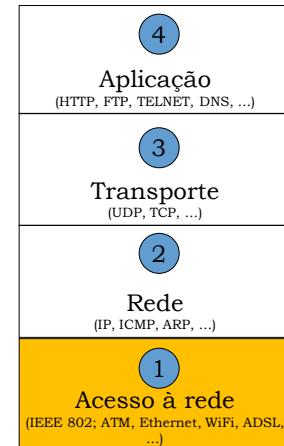
**IEEE 802.15** - Wireless Personal Area Network (Bluetooth)

**IEEE 802.16** - Broadband Wireless Access (WiMAX)

**IEEE 802.20** - Mobile Broadband Wireless Access (MobileFi)

**IEEE 802.22** - Wireless Regional Area Network (WRAN)

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)



3

3

# LAN – Meios de transmissão

## Com fios

- Metálicos com pares de cobre entrançado (UTP, STP, FTP,...)
- Fibra ótica
- Principal Tecnologia: **Ethernet (802.3)**

## Sem fios

- O ar é o meio de transmissão
- Principais tecnologias: **Wifi (802.11)**, Bluetooth (802.15)

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

4

4

2

# Endereço MAC

Todas as placas de rede das normas Ethernet ou WiFi possuem um endereço único denominado **MAC Address** ou **Endereço Físico**. Identifica a interface de rede e não o sistema nem a sua localização física na rede.

- **Tipos:**

- Unicast: nó identificado por um endereço único na rede
- Multicast: nó pode pertencer a vários grupos
- Broadcast: todos os nós pertencem a este grupo de difusão

- **Formato**

- 6 bytes (48 bits): administrados globalmente (IEEE)
- Gamas atribuídas a fabricantes (3 bytes mais significativos)
- Tipicamente representado em Hexadecimal; ex: 01:FA:3E:45:8B:67

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

5

5

# Endereço MAC

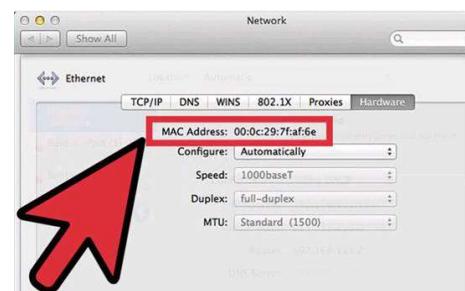
## Consulta do Endereço Físico:

Na linha de comandos do Windows:

```
C:\Users\Rui J>ipconfig /all
Ethernet adapter Ethernet 4:

Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter
Physical Address . . . . . : 0A-00-27-00-00-08
DHCP Enabled . . . . . : NO
Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::ecc:c579:f1f0:b2e5%8(PREFERRED)
IPv4 Address . . . . . : 172.16.2.98(PREFERRED)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.224
Default Gateway . . . . . : 172.16.2.97
```

Na Apple (preferências do sistema ->Rede)



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

6

6

3

# Endereço MAC

O Endereço MAC é atribuído pelo fabricante na construção da placa e mantém-se até ao fim da sua vida (pelo menos assim deveria ser ☺). Funções diferentes do Endereço IP:

## MAC Address utilizam-se

- No nível 2 do modelo OSI (diz-se serem Endereços Layer 2)
- Acesso à Rede no TCP/IP
- São processados pelos Switch para decidir o encaminhamento das tramas Ethernet ou 802.11 dentro da mesma rede (LAN)

## Endereços IP utilizam-se

- No nível 3 do modelo OSI (diz-se serem Endereços Layer 3)
- No nível Rede do modelo TCP/IP
- São processados por Routers para encaminhar pacotes IP entre redes diferentes.

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

7

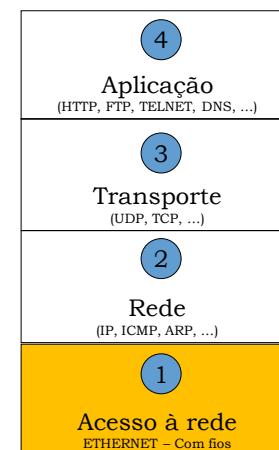
7

# Ethernet – 802.3

## Principal tecnologia das LAN com fios

### Define:

- Como deve ser o hardware (placas de rede, cabos, etc.)
- O formato dos pacotes que circulam na rede local, designados por tramas
- Como é gerido o acesso ao meio de transmissão.
- Funcionamento Simples; cablagens e equipamentos com preços reduzidos



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

8

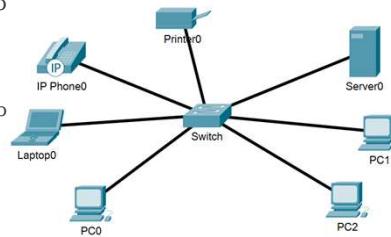
8

# Ethernet (802.3) - Topologia

## Topologia mais comum ESTRELA:

Configuração física ponto-a-ponto entre o nó (sistema) e ponto central. O ponto central pode ser:

- Repetidor multiporta (**Hub**):
  - Difunde as tramas para todos os sistemas; half-duplex; barramento lógico
  - Necessário controlo de acesso;
- Comutador (**Switch**):
  - Comuta simultaneamente as tramas, apenas para os destinatários
  - Full-duplex



**Meios de transmissão:** Cobre par entrancado (4 pares) ou fibra ótica (2 fibras)

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

9

9

# Ethernet (802.3) Meios de transmissão

## Fios de cobre

- Os mais comuns nas redes de computadores
- Estão sujeitos a interferências eletromagnéticas originadas em lâmpadas fluorescentes, motores elétricos e outros.
- Os sinais elétricos transportados pelos cabos de cobre são afetados e podem ser modificados alterando a mensagem transmitida.
- Para evitar este fenômeno utilizam proteções (blindagens) feitas com materiais isolantes.

## Tipos de cabos de cobre mais utilizados

- Coaxial (praticamente extinto)
- Cabos de pares entrancados: UTP, FTP, STP

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

10

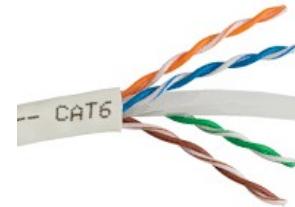
10

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

### Pares entrançados (Twisted Pair)

- Cabos compostos por quatro pares de fios de cobre. Em cada par, os fios estão entrançados.
- As cores dos fios são sempre: verde, verde e branco, laranja, laranja e branco, castanho, castanho e branco, e azul e azul e branco.
- A necessidade de entrançar os fios:
  - Em cada par, um fio é a referência e o outro é o sinal elétrico; o valor lido no receptor é a diferença entre os dois
  - Se a interferência afetar os dois fios por igual a diferença mantém-se. O entrançamento faz com que a interferência afete os dois condutores e, como a diferença não é afetada, o sinal mantém-se.
- Largura de banda moderada mas com capacidades até 10Gb quando utilizados todos os pares.
- Conectividade: ponto-a-ponto



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

11

11

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

### Alguns Tipos de Cabos de Pares Entrançados:

<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair	Os pares de fios estão entrelaçados entre si sem proteção adicional	
<b>FTP</b>	Foiled Twisted Pair	Cada par de fios tem uma blindagem para proteção adicional contra interferências externas e entre pares	
<b>S/UTP &amp; F/UTP</b>	Shielded/ Screened or Foiled Unshielded Twisted Pair	Complementa os UTP com uma blindagem comum a todos os pares	
<b>S/FTP</b>	Shielded and Foiled Twisted Pair	Complementa o FTP com uma blindagem comum a todos os pares.	

12

12

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

Categorias de Cabos de Pares Entrançados:

Cat	Largura de Banda	Utilização e débitos	Observações
1	Não especificado	Telefone	Designados por TVHV
2	1 MHz	Em desuso	Fora das especificações das normas
3	16 Mhz	Em desuso	
4	20 MHz	Em desuso	
5	100 MHz	Até 100 Mbps	
5e	100 MHz	Até 1Gbps	
6	200 MHz	Até 10Gbps mas só 55 mts	Recomendação mínima atual
6A	500 MHz	Até 10 Gbps	Em grande expansão.
7	600 MHz	10 Gbps a 100 mts	Só Shielded (p.e. S/FTP); Conetores GG45
7A	1000 MHz	40 Gbps a 50 mts	

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

13

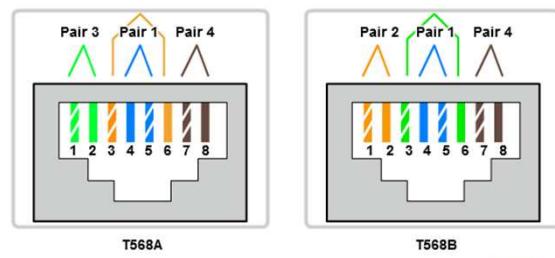
13

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

### Conetores dos Cabos de Pares entrançados

- Na ligação dos cabos das CAT 3 a 6 são utilizados conectores do tipo ISO 8877 (vulgarmente conhecidos por RJ45)
- Os oito condutores ficam dispostos em paralelo e são “cravados” na conector que tem oito contactos
- A ordem dos fios está determinada na norma EIA/TIA T568 com as variantes “A” e “B”.



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

14

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

### Conectores dos Cabos de Pares entrancados

- Cabos diretos:** cabos com ambas as extremidades terminadas com a mesma norma.
- Utilizados para ligar equipamentos terminais a comutadores
- Cabos cruzados (crossover):** cabos com as extremidades terminadas normas diferentes.
- Utilizados para ligar equipamentos do mesmo tipo (switch-switch) ou equipamentos terminais diretamente sem comutador (pc-pc; pc-router)

Color Standard EIA/TIA T568A		Ethernet Patch Cable	
TX+	/\	RJ45 Pin#	Pin# RJ45
TX-	\	Green/White Tracer   1	1 Green/White Tracer
RX+		Green   2	2 Green
RX-		Orange/White Tracer   3	3 Orange/White Tracer
		Blue   4	4 Blue
		Blue/White Tracer   5	5 Blue/White Tracer
		Orange   6	6 Orange
		Brown/White Tracer   7	7 Brown/White Tracer
		Brown   8	8 Brown

Color Standard EIA/TIA T568A		Ethernet Crossover Cable	
TX+	/\	RJ45 Pin#	Pin# RJ45
TX-	\	Green/White Tracer   1	1 Orange/White Tracer
RX+		Green   2	2 Orange
RX-		Orange/White Tracer   3	3 Green/White Tracer
		Blue   4	4 Brown/White Tracer
		Blue/White Tracer   5	5 Brown
		Orange   6	6 Green
		Brown/White Tracer   7	7 Blue
		Brown   8	8 Blue/White Tracer

"A" is earlier

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

15

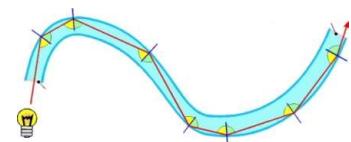
15

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

### Fibra Ótica

- A Fibra ótica é um meio de transmissão em grande expansão devido à sua grande capacidade de transmissão e serem imunes a interferências eletromagnéticas.
- Constituídos por:
  - Núcleo em vidro, extremamente fino;
  - Bainha também em vidro mas com índice de refração inferior que faz com que o sinal de luz seja refletido para o interior
  - Revestimento protetor
- Transporta sinais de luz. Fontes: LED ou Laser
- Capacidades de transmissão máxima ainda não atingidas; limitada pelos transmissores/recetores (**máximo registo atingido: 22,9 Petabit/s**).



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

16

16

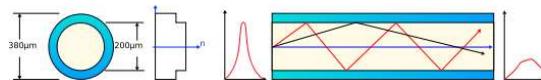
# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

### Tipos de Fibra Ótica

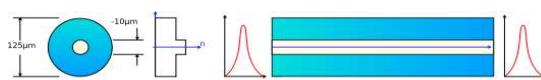
- Cabos Multimodo (OM)**

- Núcleo maior ( $>50 \mu\text{m}$ ) O sinal viaja por múltiplos feixes, dispersando-se. Por isso, o débito e distâncias alcançadas são menores;



- Cabos Monomodo (OS)**

- Núcleo menor (3 a 10  $\mu\text{m}$ ) Sinal só tem um percurso possível
- Alcança maiores distâncias (dezenas de Km) e débitos (já se obtiveram centenas de Gbps)
- A maior dificuldade é o manuseamento dos fios de vidro.
- São utilizadas nas LAN's para distribuição entre bastidores



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

17

17

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

Fibra Multimodo (multimode OM)	Fibra Monomodo (single-mode OS)
Núcleo: 50; 62,5; 82,5 ou 100 $\mu\text{m}$	Núcleo: 3 a 8 $\mu\text{m}$
Distâncias menores e limitadas. Ligações de servidores a Switchs.	Distâncias maiores. Ligação entre bastidores e redes operadores de telecomunicações. Short Haul Lasers (SX) – distâncias curtas Long Haul Lasers (LX) – distâncias longas
Núcleo de grande diâmetro torna mais fácil o alinhamento em emendas, conectores, etc. mas dispersa os sinais de luz	Núcleo de dimensões extremamente reduzidas torna difícil o alinhamento em emendas, conectores, etc.; A luz não se dispersa tanto e há menos perdas!
Baixo custo	Alto custo
Taxas de transmissão de até 10Gbps dependendo da distância	Taxas de transmissão muito elevadas (superiores a 10 Gbps)
Fonte de luz: LED (Light Emitting Diode)	Fonte de luz: LED ou Laser
Cabo com <ul style="list-style-type: none"> <li>uma fibra (diferentes ângulos de entrada, um para a transmissão e outro para a receção)</li> <li>Ou duas fibras (neste caso, uma para transmissão e outra para receção)</li> </ul>	Cabo constituído por duas fibras, uma para transmissão e outra para receção.

18

18

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

### Cenários de utilização de Fibra Ótica Multimodo (OM)

Ethernet Data Rate	Wavelength (nm)	Maximum channel length (meters)			
		OM1	OM2	OM3	OM4
100 Mbps	850	Up to 2000	Up to 2000	Up to 2000	Up to 2000
1 Gbps	850	275	550	550	1000
10 Gbps	850	33	82	300	550
40 & 100 Gbps	850	—	—	100	150
1 Gbps	1300	550	550	550	550
10 Gbps	1300	Up to 300	Up to 300	Up to 300	Up to 300

### Cenários de utilização de Fibra Ótica Monomodo (OS)

Tipo de Fibra	Aplicação comum	Comprimento máx.
FO Monomodo 8/125µm (OS 1)	1 – 10 Gb	2000mt
FO Monomodo 8/125µm (OS 1)	1 - 10 Gb	10000mt
FO Monomodo 8/125µm (OS 2)*	>10Gb	Dobro do OS1

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

19

19

# Ethernet (802.3)

## Meios de transmissão

### Conetores para Fibra Ótica:



Mais comuns: LC e SC

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

20

20

10

# Ethernet (802.3)

## Filosofia de funcionamento da Ethernet

- Cada elemento (PC, Impressora, Router, Switch, etc,) tem de conter um identificador único (**MAC Address**)
- Todas os elementos podem enviar mensagens para a rede
- As mensagens têm de conter dados que identifiquem de onde vêm e para onde vão
- Tem de existir uma forma de controlar o acesso ao meio de transmissão para evitar colisões das mensagens (CSMA/CD)
- As mensagens enviadas são denominadas **Tramas Ethernet** (são pacotes que podem conter dados para o destinatário ou mensagens de controlo de protocolos)

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

21

21

# Ethernet (802.3) - Trama

## Formato da Trama Ethernet:

	Preamble	SFD	DA	SA	Type	Data	Pad	FCS
Bytes	7	1	6	6	2	46 a 1500		4

- **Preamble** - sequência de 1s e 0s alternados (sincronização do receptor)
- **Start Frame Delimiter (SFD)** - Delimitador de início de trama (10101011)
- **DA e SA – Destination e Source Address** (6B+6B) - Endereços MAC (físico) do nó destinatário/emissor
- **Length ou Type** (2B) - Comprimento (bytes) dos dados ou tipo de pacote
- **Data** (46 a 1500) - Campo de dados da camada superior. Inclui os dados ou mensagem a enviar ao destinatário
- **Pad (padding)** (até garantir 64B) - Garantir comprimento mínimo da trama em mensagens mais curtas (64B excluindo Preamble e SFD)
- **Frame Check Sequence** - Código detector de erros

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

22

22

# Ethernet (802.3) - Evolução

## Evolução da norma Ethernet:

- **Na velocidade:** Ethernet (10Mbps) -> FastEthernet (100Mbps) -> GigabitEthernet (1Gbps) -> 10GigabitEthernet (10 Gbps);  
O IEEE e a 10-Gigabit Ethernet Alliance já lançaram as normas para 40, 100 e 200 e 400 Gbps.
- **Na Topologia:** Barramento -> Estrela -> Estrela estendida
- **Nos equipamentos:** HUB -> HUB + Bridges -> Switchs
- **Nas cablagens:** Cabos coaxiais -> Cabos de pares entrancados -> Fibra Ótica
- Nomenclatura: **XXX – base – YY** (forma de denominarmos as variantes da Tecnologia)
  - XXX – Velocidade em Mbps
  - Base – Indica que o sinal é transmitido na banda base (sem modulação) – igual para todas
  - YY – topologia e/ou cablagem
  - Exemplo: **100-base-T** significa rede a 100Mbps com topologia em estrela

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

23

23

# Ethernet (802.3) – Ethernet

Característica	10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseFL	10BaseFB
<b>Velocidade</b>	<b>10 Mbps</b>	<b>10 Mbps</b>	<b>10 Mbps</b>	<b>10 Mbps</b>	<b>10 Mbps</b>
Compr. máx. segmentos	500 m	185 m	100 m	2000 m	2000 m
Compr. máx.	2500 m	925 m	500 m	500 m	30000 m
Topologia	Barramento	Barramento	Estrela	Estrela	Estrela
Modo	Half-duplex	Half-duplex	Half-duplex	Half-duplex	Half-duplex
Meio físico	Coaxial	Coaxial	UTP Cat 3 min	Fibra óptica OM	Fibra óptica OM
Conectores	N-type	BNC	ISO 8877	ST	ST
Utilização	Em desuso	Em desuso	Generalizado	Backbones	Em desuso

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

24

24

## Ethernet (802.3) – FastEthernet

Característica	100BaseTX	100BaseT4	100BaseFX	100BaseLX
<b>Velocidade</b>	<b>100 Mbps</b>	<b>100 Mbps</b>	<b>100 Mbps</b>	<b>100Mbps</b>
Compr. máx.segmentos	100 m	100 m	160 m	10km
Compr. máx.	200 m	200 m	320 m	20km
Topologia	Estrela	Estrela	Estrela	Estrela
Suporte de full-duplex	Sim	Não	Sim	Sim
Meio físico	UTP Cat.5 2 pares	UTP Cat.3 4 pares	Fibra óptica OM	Fibra óptica SM
Conectores	ISO 8877 (RJ45)	ISO 8877 (RJ45)	ST ou SC	LC/SC/FC/ST
Utilização	Generalizado	Em desuso	Backbones	Operadores

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

25

25

## Ethernet (802.3) – GigabitEthernet

Característica	1000BaseSX	1000BaseLX	1000BaseCX	1000BaseT
<b>Velocidade</b>	<b>1 Gbps</b>	<b>1 Gbps</b>	<b>1 Gbps</b>	<b>1 Gbps</b>
Compr. máx. segmentos	(fo 62.5) 220 m (fo 50) 550 m	(fo multi) 550 m (fo mono) 5 km	25 m	100 m
Compr. máx.	(fo 62.5) 220 m (fo 50) 550 m	(fo multi) 550 m (fo mono) 5 km	50 m	200 m
Modo	Half/full duplex	Half/full duplex	Half/full duplex	Half duplex
Meio físico	Fibra ótica multimodo	FO multimodo ou monomodo	Coaxial	UTP Cat.5e 4 pares
Conectores	SC	SC	DB-9	RJ45
Utilização	Backbone	Backbone	Clusters	Generalizado

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

26

26

# Ethernet (802.3) – 10 GigabitEthernet

Característica	10Gbase-T	10Gbase-SR	10Gbase-LR	10Gbase-ER
<b>Velocidade</b>	<b>10 Gbps</b>	<b>10 Gbps</b>	<b>10 Gbps</b>	<b>10 Gbps</b>
Compr. máx. segmentos	100mt	300mt	10km	40km
Compr. máx.	200 mt	600mt	N x10km	N x 40km
Modo	Full duplex	Full duplex	Full duplex	Full duplex
Meio físico	STP/FTP Cat6a	Fibra ótica OM	Fibra Ótica OS	Fibra Ótica OS
Conectores	RJ45	LC, SC, etc	LC, SC, etc	LC, SC, etc
Utilização	Ligações Servidores – Switches	Bastidores em LAN	Ligações WAN	Redes de operadores

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

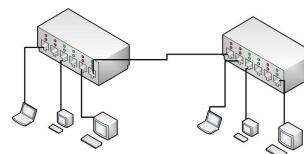
27

27

# Ethernet (802.3) - Equipamentos

Como já vimos atrás a topologia dominante nas LAN's Ethernet é em estrela.

A sua implementação utiliza equipamentos **concentradores (ou comutadores)** que possuem portas (tomadas ou interfaces). A cada porta é ligada um sistema (também designados por hosts), que podem ser PC, routers, servidores, etc. ou outro concentrador.



Existem dois concentradores principais: Hubs e Switchs

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

28

28

# Ethernet (802.3) - Hub



## HUB (Repetidor multiporta)

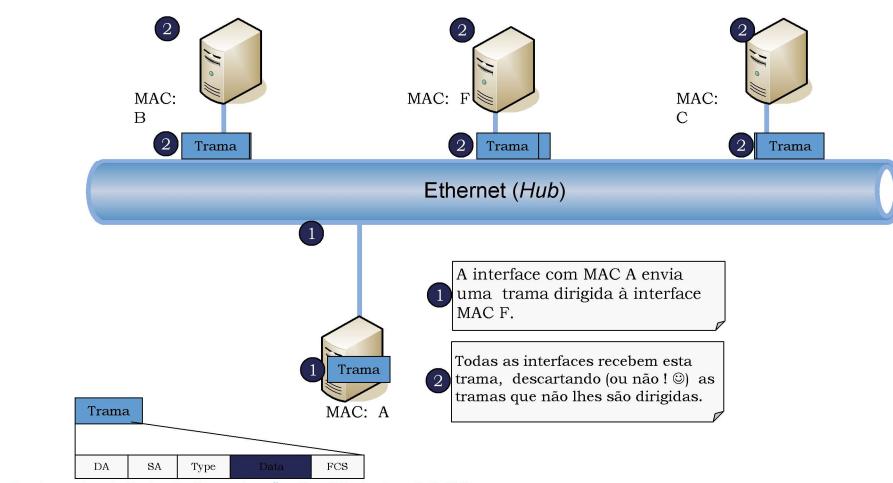
- Recebe o sinal numa porta e retransmite-o nas outras portas (difusão)
- Todos os hosts recebem as tramas enviadas pelos outros
- Impossível transmissões simultâneas (Half-duplex). Só um pode enviar de cada vez para evitar colisões -> **Domínio de colisão único**
- Todos os hosts estão no mesmo domínio de colisão e a velocidade é partilhada por todos!
- Baixo desempenho, pouca segurança. Em desuso.
- **São proibidos em redes novas que se queira certificar!**

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

29

29

# Hub – Funcionamento



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

30

30

# Ethernet (802.3) - Switch

## Switch - Comutador de tramas

- Tramas comutadas consoante endereço MAC destino – só o destinatário recebe a trama
- Possível transmissão simultânea (Full-duplex)
- Possível comutação simultânea entre diferentes pares de portas
- Capacidade da porta não é partilhada com as restantes
- Não há colisões – cada porta é um domínio de colisão



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

31

31

# Ethernet (802.3) - Switch

Os switches têm a capacidade de aprender e guardar numa **Tabela de endereços MAC (MAC AddressTable)** os endereços MAC que estão ligados a cada porta.

Assim, o Switch consegue saber para onde encaminhar as tramas consultando o campo DA de cada trama Ethernet que recebe.

A trama não é encaminhada para as outras portas poupando assim recursos e permitindo que as outras máquinas possam estar também a enviar ou receber dados.

Maior desempenho e maior segurança!

Diz-se que os Switches permitem a segmentação da LAN em vários domínios de colisão, uma por cada porta.

Exemplo de uma MAC Address Table num Switch.

Reparar que podem estar vários MAC associados à mesma porta, mas um MAC Address não pode estar em duas portas!

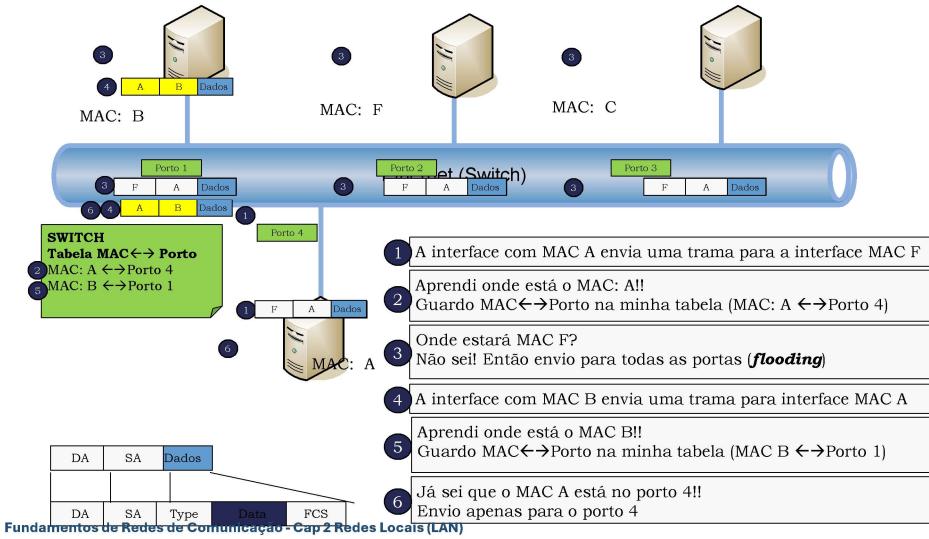
Vlan	Mac Address	Type	Ports
1	0009.5b44.9d2c	DYNAMIC	Fa0/1
1	000f.66e3.352b	DYNAMIC	Fa0/1
1	0012.8015.c940	DYNAMIC	Fa0/24
1	0012.8015.c941	DYNAMIC	Fa0/24
1	001a.adb3.bef7	DYNAMIC	Fa0/1
1	0025.2266.d104	DYNAMIC	Fa0/1
1	0026.b865.313e	DYNAMIC	Fa0/1
1	64a7.6973.8e4d	DYNAMIC	Fa0/1
1	6c71.d976.fce7	DYNAMIC	Fa0/1
1	74f6.12d4.1e1c	DYNAMIC	Fa0/1
1	a477.3344.98b6	DYNAMIC	Fa0/1

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

32

32

# Switch - Funcionamento



33

33

# ARP – Tradução IP<->MAC

## Address Resolution Protocol (ARP)

É um protocolo de nível 3

Permite saber o Endereço físico (MAC Address) a partir do Endereço IP para ser possível a construção da Trama Ethernet que possa ser trastada pelos Switchs numa LAN.

Os sistemas têm uma TABELA ARP onde armazenam a informação que relaciona o IP e o MAC obtida através do ARP. Uma vez que os sistemas podem mudar de endereços IP (ou até mudar de interface de rede) é necessário que este mapeamento seja dinâmico.

34

**Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)**

34

# ARP – Tradução IP<->MAC

## Modo de funcionamento típico:

1. Quando um sistema (PC por exemplo) necessita de enviar dados, tem de descobrir o MAC do destino para construir as tramas Ethernet. O serviço IP desse PC pede ao serviço ARP do PC o endereço físico correspondente a um dado endereço IP.
2. O ARP procura o endereço IP na sua tabela de mapeamento (tabela ARP):
  1. Se encontrar, devolve o respetivo endereço físico
  2. Caso contrário, constrói uma mensagem ARP (ARP REQUEST) que é enviada a todos os sistemas da rede (broadcast)
3. O sistema cujo endereço IP é o pretendido responde com um ARP REPLY que inclui a informação do seu Endereço MAC
4. O sistema adiciona o mapeamento à tabela ARP. Com esta informação, já pode construir a trama Ethernet.

**IMPORTANTE: os Switchs não enviam ARP quando desconhecem um MAC Address (ver cap. 2)!**

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

35

35

# ARP – Exemplo

O sistema 172.17.0.1 quer enviar uma mensagem, pela primeira vez, ao 172.17.0.2 numa rede Ethernet (ou Wifi).

1. Consulta a sua tabela de ARP. Como não tem o MAC desse destino:
  2. Constrói um **ARP Request**:
- ```
Trama Ethernet com ARP Request:
DA: FF:FF:FF:FF:FF:FF,      MAC destinatário (todos sistemas)
SA: 00:B0:D0:38:AB:B9,      MAC remetente
Data: ARP Request(
  00:B0:D0:38:AB:B9, a quem devem responder (MAC)
  172.17.0.1,          a quem devem responder (IP)
  0,                  endereço MAC a determinar
  172.17.0.2          destinatário do pedido
)
```
3. Aguarda o **ARP Reply**:
- ```
Trama Ethernet com ARP Reply
DA: 00:B0:D0:38:AB:B9,      MAC destinatário
SA: 00:C0:E0:11:22:33,      MAC remetente
Data: ARP Reply(
  00:C0:E0:11:22:33, o meu endereço MAC
  172.17.0.2,          o meu endereço IP
  00:B0:D0:38:AB:B9, quem solicitou (MAC)
  172.17.0.1          quem solicitou (IP)
)
```
4. Constrói as tramas Ethernet para envio da info ao destino com o sem MAC no SA (Source Address) e o MAC do destino, obtido via ARP, no DA (Destination Address.)

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

36

36

# ARP – Regras

**Se o Sistema destinatário ausente:**

- ARP envia pedido e espera um Δt pela resposta
- Se resposta não chega, repete envio ARP request (3 vezes no máximo)
- Se ocorrer um timeout é dada a indicação ao protocolo IP

Regra da **Tabela ARP** de mapeamento (Endereço IP ↔ Endereço MAC)

- O resultado de cada pedido de resolução satisfeito é guardado numa entrada da tabela com um TTL (Time-to-Live) associado
- Se o TTL acabar, ou seja, durante esse tempo não houve troca de informação com esse sistema, a entrada é removida

Consulta da tabela ARP no Windows: comando “*arp -a*”

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

37

37

## Redes Sem fios Wifi – 802.11



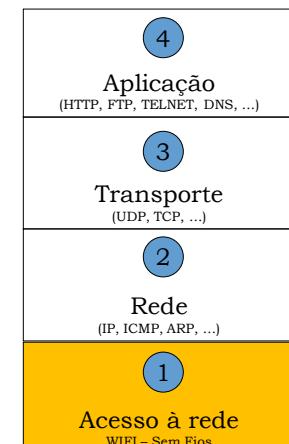
**É a tecnologia esmagadoramente dominante nas LANs sem fios.**

**A norma 802.11 define:**

- Como deve ser o hardware (placas de rede, Access Points, etc.)
- O formato das tramas (mensagens) que circulam na rede local
- Como é gerido o acesso ao meio de transmissão.

Nas redes domésticas, é praticamente a única usada. Nas redes empresariais ainda há um misto de Ethernet e Wifi.

As redes wireless utilizam o modelo TCP/IP. A diferença só está na camada inferior (Acesso à Rede) pois temos diferentes meios de transmissão e os bits têm de ser gerados e ordenados de forma diferente. As aplicações que funcionam em redes Ethernet também funcionam em Wifi!



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

38

38

19

# Wifi – 802.11



Utilizam ondas rádio para a comunicação entre os dispositivos (denominados Estações): PC's portáteis ou fixos, telemóveis, tablets, smartphones, etc.

Meio físico de transmissão é o ar. Os sinais são difundidos via rádio; não estão confinados a um meio físico e por isso são facilmente detetáveis.

As placas Wireless também têm um **endereço MAC**!

Todas as redes Wi-Fi estão identificadas por um **SSID** – nome da rede que surge quando pesquisamos redes sem fios.

Duas questões práticas fundamentais:

- **Desempenho:** Em cada AP apenas uma máquina pode estar a emitir num determinado momento (o AP funciona como um hub, em half-duplex)
- **Segurança:** Todos os pacotes são visíveis por todas as máquinas registadas nesse AP!



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

39

39

# Wifi – 802.11 - Rádio

## Diferença entre “Frequência” e “Canal”:

As redes wifi operam nas bandas de frequências de 2,4GHz e 5GHz (e recentemente também nos 6Ghz);

Em cada banda, foram definidos “canais”: a comunicação wifi não ocupa toda a banda da frequência mas uma pequena porção (canal) perto dessas frequências. Cada canal ocupa cerca de 20MHz. Algumas normas permitem agrregar vários canais para aumentar o débito;



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

40

40

# Wifi – 802.11 - Equipamentos

## Access Point Wifi (AP)

- Ligação entre os utilizadores e a rede
- Enviam e recebem sinais para os utilizadores através do espaço livre
- Largura de banda partilhada entre utilizadores
- São construídos para operarem em uma ou mais normas de redes sem fios
- Podem ser alimentados por transformador ligado diretamente a uma tomada elétrica ou pelo cabo de rede (PoE – Power over Ethernet)
- Há AP de interior ou exterior. Muitas vezes estão incorporados em Routers.
- Para a cobertura de grandes espaços, são colocados vários AP ligados à infraestrutura de Switching (redes wifi estruturadas) ou colocados AP que fazem de repetidores de sinal do AP anterior (redes wifi mesh).



Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

41

41

# Wifi – 802.11 - normas

Norma	Ano	Débito máximos	Frequência	Largura de Banda	Radio
802.11a	1999	54 Mbps	5 GHz	22 MHz	SISO
802.11b	1999	11 Mbps	2,4 GHz	21 MHz	SISO
802.11g	2003	54 Mbps	2,4 GHz	23 MHz	SISO
802.11n	2007	600 Mbps	2,4 e 5GHz	24 e 40 MHz	MIMO
802.11ac wave 1 (Wifi 5)	2013	1,3 Gbps	5 GHz	20, 40 e 80 MHz	MU-MIMO DL
802.11ac wave 2(Wifi 5)	2015	6,93 Gbps	5 GHz	20, 40, 80 e 160MHz	MU-MIMO DL
802.11ax (WiFi 6)	2019	9,6 Gbps	2,4 e 5GHz	20, 40, 80 e 160MHz	MU-MIMO 8 DL e UL
802.11ax 6E (Wifi 6E)	2020	9,6 Gbps	6Ghz	20, 40, 80 e 160Mhz	MU-MIMO 8 DL e UP
802.11be (Wifi 7)	2023	46 Gbps	2,4, 5 e 6 GHz	20, 40, 80, 160 e 320 Mhz	MU-MIMO 16 DL e UP, MLO

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

42

42

# Wifi – 802.11- Segurança

Numa rede sem fios o problema da **segurança** é acrescido pelo facto de que qualquer dispositivo equipado com esta tecnologia pode aceder ao sinal emitido pelos Access Points. Há quatro problemas fundamentais:

- Autenticação entre a estação e a rede;
- O controlo de acesso da estação;
- A confidencialidade dos dados trocados através de encriptação;
- A integridade dos dados trocados.

Estas funções são asseguradas pelas normas de segurança descritas a seguir.

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

43

43

# Wifi – 802.11- Segurança

Norma	Ano	Autenticação	Comentários
WEP	1999	Aberta ou Chave partilhada (PSK)	Obsoleta. Facilmente quebrável. A chave de encriptação de um utilizador é sempre a mesma.
WPA	2003	Chave partilhada (PSK) ou servidor RADIUS	TKIP – Cada trama tem uma chave de codificação diferente. Autenticação dos AP's. Ultrapassada.
WPA2 Personal (PSK)	2004	Chave Partilhada (PSK) + AES / CCMP	Para ambientes com menores exigências de segurança. Utilizadores partilham a mesma chave
		Servidor de RADIUS ou Diameter + AES /CCMP	Cada utilizador tem uma chave própria. Requer um servidor para autenticação. Para ambientes empresariais.
WPA3 Personal (SAE) e Enterprise	2018	Processo totalmente encriptado. Proteção da password (SAE em vez de PSK)	Em fase de implementação. Chaves mais robustas. Proteção contra ataques “dicionário”.

Fundamentos de Redes de Comunicação - Cap 2 Redes Locais (LAN)

44

44

# Wifi – 802.11 vs Ethernet

## Comparação Ethernet vs WiFi:

A performance de uma rede Ethernet comutada (ou seja com switchs e cabos UTP) garante a cada utilizador uma largura de banda de 100Mb (FastEthernet) ou 1 Gb (Gigabit Ethernet).

Nas redes wireless, a velocidade da norma utilizada é partilhada pelos utilizadores de cada AP. Por exemplo, na norma 802.11ac, os 1,3Gb são partilhados por todos os utilizadores que estejam registado no mesmo AP.

O desempenho poderá ser melhor ou pior que numa rede Ethernet consoante o número de utilizadores e a carga induzida na rede por cada um deles.