

■■■ GUIA TÉCNICO DE REFERÊNCIA

Guia Técnico Ethernet / LAN Estruturada

Cablagem Estruturada, PoE, VLANs e Certificação

Versão: 1.0 | Maio de 2026 | Mercado: Portugal — ITED 4

Normas: IEEE 802.3 · ISO/IEC 11801 · EN 50173 · TIA-568-C/D · IEEE 802.1Q · 802.3af/at/bt

DOCUMENTO TÉCNICO — Mercado Português

Índice de Conteúdos

1. Introdução ao Ethernet / LAN Estruturada
2. Categorias de Cabo UTP / FTP / STP
3. Power over Ethernet (PoE)
4. Topologia, Conectores e Pinout
5. Velocidades Ethernet
6. VLANs, Trunking e LAGs
7. Certificação e Testes de Cabo
8. Troubleshooting Ethernet
9. Glossário Rápido Ethernet / LAN

1. Introdução ao Ethernet / LAN Estruturada

O Ethernet (IEEE 802.3) é o protocolo dominante em redes locais (LAN). Em telecomunicações, o cablagem estruturado Ethernet em par de cobre é a base da distribuição interior em edifícios (ITED), centros de dados e redes empresariais. Este guia cobre os aspetos práticos da instalação, certificação e troubleshooting de redes Ethernet em ambiente técnico português.

Norma de Cablagem Estruturada

- ISO/IEC 11801 — norma internacional de referência
- EN 50173 — norma europeia (alinhada com ISO/IEC 11801)
- TIA-568-C/D — norma americana (T568A/B)
- ITED 4 (Portugal) — exige cablagem mínima Cat6 / Classe E

2. Categorias de Cabo UTP / FTP / STP

Categoria	Frequência	Velocidade típica	Distância máxima	Uso recomendado
Cat5e	100 MHz	1 Gbps (1000BASE-T)	100 m	Legado — substituir em obra nova
Cat6	250 MHz	1 Gbps / 10 Gbps até 55 m	100 m / 55 m (10G)	Padrão atual ITED 4
Cat6A	500 MHz	10 Gbps	100 m	Recomendado para 10G
Cat7	600 MHz	10 Gbps	100 m	STP — uso industrial / DC
Cat7A	1000 MHz	40 Gbps até 50 m	100 m / 50 m (40G)	Datacenter
Cat8	2000 MHz	25 / 40 Gbps	30 m	Datacenter top-of-rack

Tipos de Blindagem

- UTP — Unshielded Twisted Pair (sem blindagem) — instalação interior comum
- F/UTP — Foil over UTP — blindagem geral (foil)
- S/UTP — Screen over UTP — blindagem com malha
- F/FTP — Foil over Foil-shielded pairs — cada par blindado
- S/FTP — Screen over Foil pairs — máxima blindagem (Cat7+)

NOTA: Em ambientes com forte interferência eletromagnética (perto de motores, transformadores, cabos de potência) usar pelo menos F/UTP. Em datacenters ou industriais, S/FTP.

3. Power over Ethernet (PoE)

O PoE permite alimentar dispositivos (APs WiFi, câmaras IP, telefones VoIP) através do mesmo cabo de dados, eliminando a necessidade de tomadas elétricas locais.

Standards PoE

Standard	IEEE	Potência Máxima na PSE	Potência no PD	Pares utilizados
PoE	802.3af (2003)	15.4 W	12.95 W	2 pares
PoE+	802.3at (2009)	30 W	25.5 W	2 pares
PoE++ Type 3	802.3bt (2018)	60 W	51 W	4 pares
PoE++ Type 4	802.3bt (2018)	90 W	71.3 W	4 pares
Passivo (não-padrão)	—	12 V / 24 V / 48 V	Variável	2 pares

Cálculo de Queda de Tensão

A queda de tensão num cabo PoE depende da resistência do cobre (AWG), comprimento e corrente. Para Cat6 (23 AWG), a resistência é $\approx 0.21 \Omega/\text{m}$ por par. Em 100 m com 2 pares em paralelo, a resistência loop completa é $\approx 21 \Omega$. Com 0.5 A, a queda é $V = R \times I = 21 \times 0.5 = 10.5 \text{ V}$ — inaceitável para PoE 48 V.

Solução: usar 4 pares (PoE++ Type 3/4) ou Cat6A com cabos de menor resistência.

Tabela de Classes de Potência

Classe	Potência mínima na PSE	Potência no PD	Standard
0	15.4 W	0.44–12.95 W	802.3af
1	4 W	0.44–3.84 W	802.3af
2	7 W	3.84–6.49 W	802.3af
3	15.4 W	6.49–12.95 W	802.3af
4	30 W	13–25.5 W	802.3at
5	45 W	40 W	802.3bt Type 3
6	60 W	51 W	802.3bt Type 3
7	75 W	62 W	802.3bt Type 4
8	90 W	71.3 W	802.3bt Type 4

4. Topologia, Conectores e Pinout

Topologia Estrela

O Ethernet utiliza topologia em estrela centrada num switch. Cada nó (computador, AP, câmara) liga-se ao switch por um único cabo até 100 m. Não existem ramificações elétricas como no coaxial.

Conectores RJ45

- Conector macho 8P8C utilizado em ambas as pontas do cabo
- Existem 2 esquemas de pinout: T568A e T568B
- Mais comum em Portugal: T568B em ambas as pontas (cabo direto)
- Cabo crossover: T568A numa ponta + T568B na outra — quase obsoleto (Auto-MDIX)

Pinout T568B (mais comum)

Pino	Cor	Par	Sinal
1	Branco/Laranja	2	TX+
2	Laranja	2	TX-
3	Branco/Verde	3	RX+
4	Azul	1	BI_DD+ (10G/PoE 4-pair)
5	Branco/Azul	1	BI_DD-
6	Verde	3	RX-
7	Branco/Castanho	4	BI_DC+
8	Castanho	4	BI_DC-

Keystones e Jacks

- Em cablagem estruturada, terminar em Keystone numa tomada RJ45
- Verificar se Keystone é Cat6 (não basta o cabo ser Cat6)
- Manter destrançamento do cabo < 13 mm em Cat6, < 6 mm em Cat6A
- Curvatura mínima do cabo: 4x diâmetro do cabo (≈ 25 mm)

5. Velocidades Ethernet

Velocidade	Norma IEEE	Distância UTP	Cabo mínimo
10BASE-T	802.3i	100 m	Cat3
100BASE-TX	802.3u	100 m	Cat5
1000BASE-T	802.3ab	100 m	Cat5e
2.5GBASE-T	802.3bz	100 m	Cat5e
5GBASE-T	802.3bz	100 m	Cat6
10GBASE-T	802.3an	100 m	Cat6A
25GBASE-T	802.3bq	30 m	Cat8
40GBASE-T	802.3bq	30 m	Cat8

A regra básica do Ethernet UTP é: 100 m de comprimento máximo (90 m em cabo permanente + 10 m de patch). Para velocidades acima de 10G, esta distância pode reduzir-se para 30 m (Cat8).

6. VLANs, Trunking e LAGs

VLAN (IEEE 802.1Q)

As VLANs (Virtual LAN) permitem segmentar logicamente uma rede física, criando domínios de broadcast separados. Cada VLAN tem um ID (1–4094) e o tráfego entre VLANs requer um router/L3 switch.

- VLAN nativa (untagged) — geralmente VLAN 1, mas devia ser alterada por segurança
- Tagged trunk port — transporta múltiplas VLANs entre switches

- Access port — pertence a uma única VLAN, sem tagging visível ao end-host
- Voice VLAN — VLAN especial para telefones IP com QoS

Trunking 802.1Q

Em links entre switches, ativar trunking 802.1Q para transportar múltiplas VLANs. Configurar a VLAN nativa em ambos os lados — diferenças causam VLAN hopping.

LACP / Port-Channel

Para agregar largura de banda, usar Link Aggregation Control Protocol (LACP, IEEE 802.3ad). Permite agrupar 2–8 ligações físicas num link lógico. Throughput escala linearmente em condições ideais (load balancing por hash). Tipos comuns: 2x1G LAG = 2 Gbps total, 4x1G LAG = 4 Gbps.

NOTA: O LACP requer configuração nos dois lados (switch e servidor/AP). Verificar modo: active vs. passive. "Active-active" é o mais robusto.

7. Certificação e Testes de Cabo

Após instalação, todos os cabos devem ser certificados com um certificador de campo (Fluke DSX, IDEAL LanTEK, Trend NaviTEK). A certificação valida que o cabo cumpre os parâmetros elétricos da categoria pretendida.

Parâmetros Certificados

- Wire Map — mapeamento dos pares (deteta open, short, miswire, split-pair)
- Length — comprimento medido por TDR (Time-Domain Reflectometry)
- Insertion Loss — atenuação a várias frequências
- NEXT (Near-End Crosstalk) — diafonia no extremo próximo
- PSNEXT — Power Sum NEXT (cumulativo de todos os pares)
- ACR-N — Attenuation to Crosstalk Ratio (Near-end)
- Return Loss — perdas por reflexão
- Propagation Delay — atraso de propagação
- Delay Skew — diferença de delay entre pares (max 50 ns)

Limites Cat6 a 250 MHz

Parâmetro	Limite (100 m)	Margem típica boa
Insertion Loss	< 36 dB @ 250 MHz	> 3 dB margem
NEXT (par-a-par)	> 33.1 dB	> 3 dB margem
PSNEXT	> 30.2 dB	> 3 dB margem
ACR-N	> -5.5 dB	> 2 dB margem
Return Loss	> 8 dB	> 2 dB margem
Wire Map	Sem erros	Obrigatório
Length	< 100 m	< 90 m permanent + 10 m patch

8. Troubleshooting Ethernet

Sintoma: Sem ligação (Link down)

- Verificar cabo (visualmente, depois com cable tester)
- Verificar LED de link em ambos os lados
- Inverter cabo numa boca conhecida-bona do switch
- Verificar speed/duplex auto-negotiation — fixar 1000/full se intermitente
- Verificar PoE — se dispositivo é PoE-only, confirmar PoE no switch

Sintoma: Velocidade abaixo do esperado (100 Mbps em vez de 1 Gbps)

- Cabo Cat5e/6 tem todos os 4 pares? (1G requer 4 pares)
- Wire map sem split-pair?
- Conector RJ45 mal crimpado num par
- Switch port em 100 Mbps fixo (verificar configuração)
- Certificar o cabo

Sintoma: Pacotes perdidos / latência irregular

- Crosstalk excessivo (NEXT abaixo do limite)
- Cabo com laço demasiado próximo de cabo de potência
- EMI de equipamento próximo (motor, ar condicionado, fluorescente)
- Cabo danificado fisicamente (entalado, dobrado)
- Switch em buffer overflow — verificar erros de interface

Sintoma: Loops em rede

- Ativar STP/RSTP (Spanning Tree) em todos os switches
- Evitar conectar 2 portas do mesmo switch entre si
- Ativar BPDU Guard em portas de acesso
- Storm Control para limitar broadcast/multicast

NOTA: Para diagnóstico avançado, usar Wireshark numa porta com SPAN/mirror configurado para capturar e analisar o tráfego.

9. Glossário Rápido Ethernet / LAN

Termo	Significado
UTP	Unshielded Twisted Pair
FTP / STP	Foil/Shielded Twisted Pair (com blindagem)
RJ45 / 8P8C	Conector Ethernet (8 posições, 8 contactos)
T568A / T568B	Esquemas de pinout do RJ45
Cat5e/6/6A/7/8	Categorias de cabo (frequência e velocidade suportada)
PoE / PoE+ / PoE++	Power over Ethernet (15.4 W / 30 W / 60 W ou 90 W)
PSE / PD	Power Sourcing Equipment / Powered Device
VLAN	Virtual LAN — segmentação lógica (IEEE 802.1Q)
Trunk	Porta que transporta múltiplas VLANs
Access port	Porta dedicada a uma única VLAN
LACP / 802.3ad	Link Aggregation Control Protocol — agregação de links
LAG / Port-Channel	Link Aggregation Group
STP / RSTP	Spanning Tree Protocol — evita loops
NEXT / PSNEXT	Near-End Crosstalk — diafonia
Insertion Loss	Atenuação do cabo (dB)
Auto-MDIX	Deteção automática de cabo direto/crossover
SFP / SFP+	Small Form-factor Pluggable — módulos óticos para uplinks