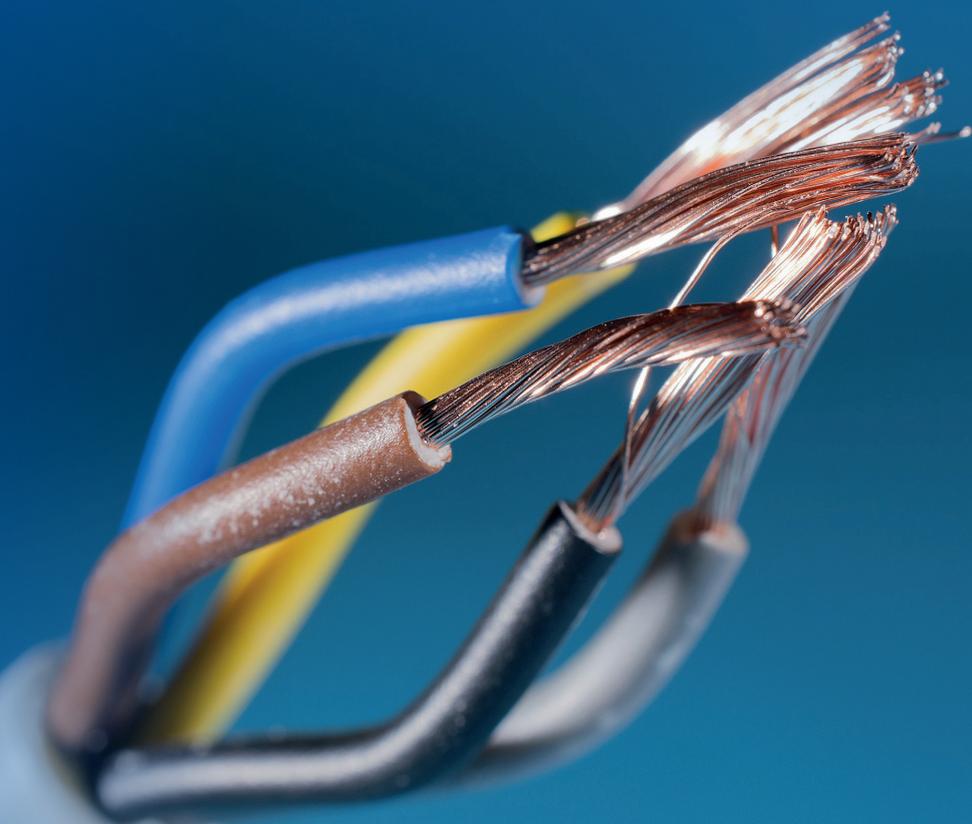


MANUEL BOLOTINHA

Cabos e Condutores Isolados

Tipos, Características,
Aplicações e Montagem



AUTOR

Manuel Bolotinha

TÍTULO

CABOS E CONDUTORES ISOLADOS

Tipos, Características, Aplicações e Montagem

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

Praça da Corujeira n.º 38 4300-144 PORTO – geral@quanticaeditora.pt

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados

Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · info@booki.pt – www.booki.pt

PARCEIRO DE COMUNICAÇÃO

oelectricista – Revista Técnica · www.oelectricista.pt

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN

Delineatura – Design de Comunicação – www.delineatura.pt

IMPRESSÃO

Julho, 2023

DEPÓSITO LEGAL

517649/23



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2023 | Todos os direitos reservados

a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda. para a língua portuguesa.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro não se encontra em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990.

CDU
621.3 Engenharia Elétrica

ISBN
Papel 9789899101890
E-book 9789899101906

Catálogo da Publicação
Família Eletrotécnica
Subfamília Produção, Transporte e Distribuição de Energia Elétrica

ÍNDICE

SIGLAS E ACRÓNIMOS	XIII
PREÂMBULO	XVII
PARTE I – CONCEITOS GERAIS	19
1. NORMAS E REGULAMENTOS	21
1.1. INTRODUÇÃO	21
1.2. REGULAMENTOS	21
1.3. NORMAS	22
1.4. OUTROS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	22
2. TENSÕES E FREQUÊNCIAS NORMALIZADAS E IDENTIFICAÇÃO DAS FASES	25
3. MATERIAIS CONDUTORES E ISOLANTES	29
3.1. MATERIAIS CONDUTORES	29
3.2. MATERIAIS ISOLANTES E DIELECTRICOS	31
3.3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS DIELECTRICOS	33
4. DEFINIÇÕES GERAIS	37
PARTE II – CABOS E CONDUTORES ISOLADOS DE POTÊNCIA	39
5. CABOS E CONDUTORES ISOLADOS – COMPOSIÇÃO, CARACTERÍSTICAS E DESIGNAÇÃO	41
5.1. DEFINIÇÕES, CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS	41
5.2. TENSÃO ESTIPULADA	42
5.3. CONDUTORES – MATERIAIS, TIPOS, SECÇÃO E CORRENTES ADMISSÍVEIS	44
5.4. NÚMERO DE CONDUTORES E IDENTIFICAÇÃO DAS FASES	53
5.5. ISOLAÇÃO, BAINHA EXTERIOR E OUTROS COMPONENTES	53
5.6. BLINDAGEM	55
5.7. ARMADURA	55
5.8. RESUMO DA CONSTITUIÇÃO DOS CABOS ISOLADOS	56
5.9. MARCAÇÃO E CODIFICAÇÃO DE CABOS E CONDUTORES ISOLADOS	57
6. CABOS ISOLADOS UTILIZADOS PELA E-REDES	63
6.1. CABOS AT E MT	63
6.2. CABOS BT	63

7.	CABOS FLEXÍVEIS	67
8.	CANALIZAÇÕES PRÉ-FABRICADAS BT	69
9.	UTILIZAÇÃO, MONTAGEM E LIGAÇÃO DE CABOS E CONDUTORES ISOLADOS E ACESSÓRIOS	73
9.1.	CRITÉRIOS GERAIS DE INSTALAÇÃO DE CABOS E CONDUTORES ISOLADOS	73
9.2.	CONDUTORES ISOLADOS	74
9.3.	CABOS ISOLADOS MAT, AT E MT	79
9.4.	CABOS ISOLADOS BT	82
9.5.	CAMINHOS DE CABOS	84
9.6.	PROCEDIMENTOS DE MONTAGEM DE CABOS ISOLADOS ENTERRADOS	87
9.6.1.	Definições	87
9.6.2.	Desenrolamento dos cabos	92
9.6.3.	Esforço de Tracção no Desenrolamento dos Cabos	96
10.	CAIXAS DE UNIÃO E TERMINAIS PARA CABOS ISOLADOS MAT, AT E MT	99
10.1.	CAIXAS DE UNIÃO DE CABOS	99
10.2.	CAIXAS TERMINAIS DE CABOS	103
10.3.	CAIXAS TERMINAIS PARA SUBESTAÇÕES ISOLADAS A GÁS	106
10.4.	PREPARAÇÃO DO CABO E REQUISITOS GERAIS DE EXECUÇÃO DAS CAIXAS	107
10.5.	CONTROLO DOS ESFORÇOS ELÉCTRICOS	108
10.6.	LIGADORES	111
	PARTE III – CABOS DE COMANDO E CONTROLO E DE INSTRUMENTAÇÃO	115
11.	FUNÇÃO DOS CABOS DE COMANDO E CONTROLO E DE INSTRUMENTAÇÃO	117
12.	CONSTITUIÇÃO E TIPOS DE CABOS DE COMANDO E DE INSTRUMENTAÇÃO	119
13.	MONTAGEM E LIGAÇÕES DOS CABOS DE COMANDO E CONTROLO E DE INSTRUMENTAÇÃO	123
	PARTE IV – CABOS DE COMUNICAÇÃO	127
14.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	129
15.	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E TIPOLOGIA DOS CABOS DE COMUNICAÇÃO	133

15.1.	CABOS DE PARES DE COBRE	133
15.1.1.	Infra-estruturas de Edifícios e Cabos de Comunicação para Comando e Controlo e Redes de Cablagem Estruturada	133
15.1.2.	Desenrolamento dos cabos	136
15.2.	CABOS COAXIAIS	138
15.3	CABOS DE FIBRA ÓPTICA	140
16.	PRINCÍPIOS DE MONTAGEM DOS CABOS DE COMUNICAÇÃO	145
17.	ENSAIOS DOS CABOS DE COMUNICAÇÃO	151
	PARTE V – CABOS RESISTENTES AO FOGO	153
18.	CABOS RESISTENTES AO FOGO	155
	PARTE VI – ENSAIOS (FAT E SAT) DE CABOS E CONDUTORES ISOLADOS DE POTÊNCIA	159
19.	ENSAIOS EM FÁBRICA (FAT)	161
20.	ENSAIOS EM OBRA E COMISSONAMENTO	165
20.1.	RECEPÇÃO DOS CABOS EM OBRA	165
20.2.	ENSAIOS EM OBRA (SAT)	165
20.3.	APARELHOS DE MEDIDA UTILIZADOS NOS ENSAIOS	166
	PARTE VII – DEFEITOS E DETECÇÃO DE AVARIAS EM CABOS DE POTÊNCIA ENTERRADOS	169
21.	TIPOS DE DEFEITOS	171
22.	SISTEMAS DE PROTECÇÃO DOS CABOS ISOLADOS	175
23.	INSPECÇÃO PERIÓDICA	177
24.	DETECÇÃO DE DEFEITOS EM CABOS ISOLADOS ENTERRADOS	179
	PARTE VIII – CABOS SUBMARINOS	181
25.	CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS SUBMARINOS	183
26.	CAIXAS DE UNIÃO DE CABOS SUBMARINOS	187
27.	INSTALAÇÃO DE CABOS SUBMARINOS	189

ANEXOS	CXCIII
Anexo 1 – RELAÇÃO DE NORMAS RELEVANTES	CXCV
A1.1. NORMAS EN, NP, NP HD E NP EN	CXCV
A1.2. NORMAS IEC	CXCVI
A1.3. OUTRAS NORMAS	CXCVII
Anexo 2 – SISTEMA DE UNIDADES	CXCIX
Anexo 3 – ÍNDICES DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	CCIII
A3.1. INTRODUÇÃO	CCIII
A3.2. ÍNDICE DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA A PENETRAÇÃO DE CORPOS SÓLIDOS E DE ÁGUA	CCIII
A3.3. ÍNDICE DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA OS IMPACTOS MECÂNICOS	CCIV
ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS	CCVII
BIBLIOGRAFIA	CCXV

Tabela 3.2. Materiais dielétricos mais usuais.

TIPO	MATERIAL
Sólidos	Materiais inorgânicos (cerâmica e vidro)
	Produtos têxteis
	Papel e outros produtos celulósicos
	Resinas sintéticas (<i>epoxy</i>), vernizes e silicones
	Mica
	Películas plásticas
	Fitas adesivas vulcanizadas
	Elastómeros – borracha de etileno-propileno (EPR) – e polímeros termoplásticos, como o PVC , o polietileno (PE) e o polietileno reticulado (XLPE)
Líquidos	Óleos minerais derivados do petróleo
	Fluídos de silicone
	Ésteres sintéticos
Gasosos	Azoto
	Hexafluoreto de enxofre (SF₆)
	Hidrogénio
	Dióxido de carbono (CO₂)

Os *dielétricos* utilizados actualmente nos cabos e condutores são, o **XLPE**, o **PVC** e o **EPR**. No **passado** foi utilizado o *óleo sob pressão* e o *papel impregnado com óleo*, existindo ainda bastantes cabos em serviço com este tipo de isolação.

Os **materiais inorgânicos** e as **resinas sintéticas** são utilizados *nos isoladores das linhas aéreas* e nos **invólucros exteriores das caixas de união e de fim de cabo**⁴. As *resinas sintéticas* são utilizadas também *no isolamento dos transformadores secos*, enquanto os óleos minerais são utilizados nos *transformadores em banho de óleo* e em *certos tipos de caixas de união e fim de cabo*.

As **fitas adesivas vulcanizadas** e as **resinas** são usadas na **reconstrução da isolação**, nas *caixas de união e terminais de cabo*.

4 Ver Capítulo 10.

5.4. NÚMERO DE CONDUTORES E IDENTIFICAÇÃO DAS FASES

Os cabos MAT e AT, atendendo às suas *dimensões e peso*, têm apenas **um condutor** (*cabos monopulares*), habitualmente com secções entre **95 mm² e 2000 mm²** (*tensão estipulada 36/60 (72,5) kV*), e entre **240 mm² e 2500 mm²** – *condutores em cobre* – e **240 mm² e 2000 mm²** – *condutores em alumínio (tensões estipuladas entre 64/110 (123) kV e 290/500 (525) kV)*.

Os cabos MT têm **um ou três condutores** (*cabos monopulares e tripolares*, respectivamente), com secções **entre 25 mm² e 300 mm²**, preferencialmente em *alumínio e monopulares*.

Nestes cabos as **fases não são identificadas de fábrica**.

Os cabos BT podem ter de **1 a 5 condutores**:

- 2 condutores: a **mesma fase** (*comandos de iluminação*) ou **fase e neutro**.
- 3 condutores: **2 fases e neutro** ou **1 fase, neutro e condutor de protecção**.
- 4 condutores: **3 fases e neutro** ou **3 fases e condutor de protecção**.
- 5 condutores: **3 fases, neutro e condutor de protecção**.

As **cores dos condutores** *variam de país para país*, estando normalizadas na *Europa*, particularmente na *UE*, as seguintes cores dos **cabos ca**, de acordo com a *Norma IEC 60445*:

- Fases (L1; L2; L3): **preto, castanho e cinzento**.
- Neutro (N): **azul**.
- Condutor de protecção (PE): **verde-amarelo**.
- Condutor de neutro e protecção (PEN): **azul ao longo de todo o comprimento, com marcação verde-amarelo em ambas as extremidades** ou **verde-amarelo ao longo de todo o comprimento, com marcação azul em ambas as extremidades**.

Nos cabos monopulares as **fases não são identificadas de fábrica**.

As **cores dos condutores dos cabos cc** em vigor na *UE* são **castanho** para o *positivo (+)* e **cinzento** para o *negativo (-)*, embora também seja *habitual utilizar-se* o **vermelho** para o *positivo* e o **preto** para o *negativo*.

5.5. ISOLAÇÃO, BAINHA EXTERIOR E OUTROS COMPONENTES

O XLPE é o *material dieléctrico* que actualmente é mais utilizado na **isolação dos condutores e cabos**, embora nos cabos AT e MT também seja usado o **EPR**, e nos *condutores e cabos BT* o **PVC**.

O **incremento da utilização** do XLPE deve-se aos seguintes factos.

- *Aumento das características técnicas dos cabos*, designadamente o **aumento da temperatura máxima admissível** pelo condutor, o que permite uma **corrente permanente admissível sem aumento da secção e melhor comportamento ao curto-circuito**.

protegidas contra a penetração de humidade e outros contaminantes e contra acções mecânicas.

A Figura 9.2. ilustra a protecção das extremidades de cabos isolados.



Figura 9.2. Selagem das pontas de cabo para posterior utilização.

9.2. CONDUTORES ISOLADOS

Os **condutores isolados** são habitualmente utilizados em **instalações habitacionais, de serviços e comerciais**, nos **circuitos de iluminação, tomadas e alimentação de equipamentos** que **não requeiram secções superiores a 4-6 mm²** (como por exemplo, *electrodomésticos*) e também, para **secções superiores**, nas **instalações colectivas de distribuição de energia e alimentação dos QE das fracções autónomas de edifícios e construções semelhantes**, como por exemplo os **centros comerciais (colunas montantes e entradas das fracções autónomas e alimentação do Quadro dos Serviços Comuns dos edifícios)**.

São instalados **enfiados em tubo VD** (Figura 9.3.), *embebido* em **roço** em *tectos e paredes de alvenaria*, ou *à vista sobre braçadeiras*, incluindo *ductos e galerias*²⁷, em **tubo ERM/Isogris** (Figura 9.5.), *embebido* no **betão**, ou em **calhas técnicas de rodapé fixadas a paredes** (Figura 9.6.), onde *pode também ser instalada aparelhagem*, mais habitualmente *tomadas de energia e de comunicação*.

Deve salientar-se que, de acordo com a *RTIEBT*, em *cada tubo*, **seja qual for** o tipo *utilizado*, **não podem ser instalados condutores que pertençam a circuitos diferentes**.

²⁷ **Ducto**: espaço fechado para alojamento de canalizações, não situado no pavimento ou no solo, com dimensões que não permitam a circulação de pessoas, mas no qual as canalizações instaladas sejam acessíveis em todo o seu percurso. – Secção 262.7 das *RTIEBT*.

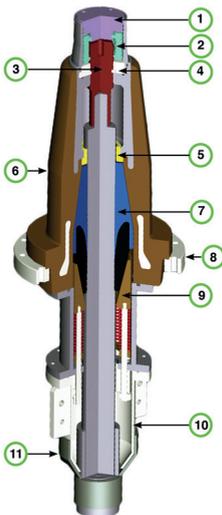
Galeria: compartimento ou corredor, contendo suportes ou espaços fechados apropriados para canalizações e suas ligações e cujas dimensões permitem a livre circulação de pessoas em todo o seu percurso – Secção 262.8 das *RTIEBT*.

10.3. CAIXAS TERMINAIS PARA SUBESTAÇÕES ISOLADAS A GÁS

As *SE MAT* e *AT isoladas a gás (GIS)* são equipadas com **invólucros próprios** para a *instalação das caixas terminais*. Quer o *GIS* quer as *caixas terminais* devem obedecer à *Norma IEC 62271-203*, para que sejam **compatíveis**.

As *caixas terminais para ligação a este tipo de equipamento*, de que se mostra um exemplo na *Figura 10.12.*, são **adequadas** para *cabos com isolamento em papel impregnado³⁷ ou XLPE*, e dispõem, basicamente, dos mesmos constituintes anteriormente referidos, isto é:

- Ligadores.
- Invólucro exterior (em alumínio).
- Isolador de suporte (habitualmente em resina epoxy).
- Material de enchimento (óleo mineral ou similar).
- Cone de controlo dos esforços eléctricos (ver Capítulo 10.5).
- Material de selagem (anilha dupla e vedantes, entre o compartimento de óleo e de gás – SF_6).
- Terminal de terra.
- Suporte para cabos.



Legenda

1. Pastilha de contacto
2. Conjunto de ligação rápida
3. Ligador
4. Travão do ligador
5. Cone de controlo dos esforços eléctricos
6. Isolador em resina epoxy
7. Cone pré-moldado de controlo dos esforços eléctricos, em borracha
8. Flange de fixação
9. Cone de controlo dos esforços eléctricos, de compressão
10. Invólucro exterior
11. Manga termo-retráctil

Figura 10.12. Caixa terminal de cabo para GIS.

³⁷ Em vários países ainda existem cabos deste tipo, incluindo Portugal. A EDP Distribuição e posteriormente a E-REDES tem vindo a substituí-los pelos cabos referidos no Capítulo 5.1.

11. FUNÇÃO DOS CABOS DE COMANDO E CONTROLO E DE INSTRUMENTAÇÃO

Os **cabos de comando e controlo e de instrumentação** são utilizados nas *instalações eléctricas e industriais* para a **transmitir os sinais de medida**, *lidos* pelos **transformadores de medida** (*TI e TT*) e **equipamentos de medida** (*sensores de temperatura, medidores de caudal, por exemplo orifícios calibrados, medidores de pressão, por exemplo venturis, etc.*) aos **aparelhos de medida e contagem e conversores de medida** e aos **PLC** das *instalações* e ainda para a **ligação** às bobinas de abertura e fecho, ou *outro dispositivo de actuação*, de **disjuntores, contactores e interruptores**, e **outros equipamentos de comando e controlo** das *instalações* (*interruptores de nível, pressostatos, termostatos, contactos auxiliares dos equipamentos, etc.*), com o **objectivo** de dotar os *sistemas de medida, protecção, comando e controlo* das *instalações* com as **informações necessárias** para o *cumprimento* das suas **funções**.

13. MONTAGEM E LIGAÇÕES DOS CABOS DE COMANDO E CONTROLO E DE INSTRUMENTAÇÃO

Os cabos de comando e controlo e de instrumentação podem ser montados:

- Em caieiras, no **Parque Exterior** das SE tipo AIS (ver Capítulo 9.3.).
- Em *caminhos de cabos*, **fixados com braçadeiras de serrilha** (ver Capítulo 9.5.).
- À vista, **sobre braçadeiras**.
- *Enfiados em tubo de ferro galvanizado ou termoplástico*, fixado por *braçadeiras*, para **protecção mecânica**.

A sua *ligação* é feita nos **terminais dos equipamentos** ou em **réguas terminais**, por meio de **terminais de forquilha ou de ponteira** (ver Capítulo 9.).

Cada *cabo* deve ter uma **referência**, definida no projecto da instalação, e ser inscrito numa **lista de cabos**, de que se representa um exemplo na Tabela 13.1., que deve conter os seguintes elementos:

- *Referência do cabo*.
- *Tipo do cabo*.
- *Origem*.
- *Destino*.
- *Encaminhamento* (opcional).

Tabela 13.1. Exemplo de uma lista de cabos.

FROM			TO			MULTICORE CABLE	
Panel Name	Short Form	Terminal No.	Panel Name	Short Form	Terminal No.	Cable Type	Cable Reference
110kV Local Control Panel	LCC5	X421:5	110k Disturbance Recorder Panel	EREC	X705:1	S 4X4 mm ²	1LCC5EREC
110kV Local Control Panel	LCC5	X421:6	110k Disturbance Recorder Panel	EREC	X705:3		
110kV Local Control Panel	LCC5	X42:7	110k Disturbance Recorder Panel	EREC	X705:5		
110kV Local Control Panel	LCC5	X421:8	110k Disturbance Recorder Panel	EREC	X705:7		
110kW C&P Panel E05	RP05	X240:1	110kW BusBar Protection Panel	EBBZ	X211:10	A 2X6 mm ²	1LCC5EREC
110kW C&P Panel E05	RP05	X240:2	110kW BusBar Protection Panel	EBBZ	X211:9		

- *Velocidade de propagação nominal (NVP) [% da velocidade da luz⁴³].*
- *Impedância característica [Ω a 1-125 MHz].*
- *Atraso de propagação [ns a 10 MHz].*
- *Atraso diferencial [ns/100 m].*

Os **valores** dos *diversos parâmetros* **dependem** do **tipo de cabo** e da **categoria** consideradas, podendo obtidos nos *catálogos dos fabricantes*.

Os cabos das *infra-estruturas em edifícios*, de acordo com o *ITED*, deverão ser de **categoria 6** ou superior.

15.1.2. Infra-estruturas Exteriores

Em *Portugal*, de acordo com o *ITUR 3*, os *cabos de pares de cobre* que constituem as *infra-estrutura públicas de urbanizações e loteamentos* são dos tipos **TE1HE** e **T1EG1HE** (designação segundo a *Norma NP 922*).

Os cabos tipo **TE1HE** têm *condutores* em **cobre macio**, *isolação* em **polietileno**, *assemblagem* em **pares** (subunidades de **10**, *unidades* de **50** e *unidades* de **100**), *núcleo* em **fita de poliéster**, *blindagem* em **fita de alumínio/poliéster** e *bainha exterior* em **polietileno**.

Os cabos tipo **T1EG1HE** têm *condutores* em **cobre macio**, *isolação* em **polietileno celular** (incluindo *foam-skin*⁴⁴), *assemblagem* em **pares** (subunidades de **10**, *unidades* de **50** e *unidades* de **100**), *enchimento* com **geleia de petróleo bloqueante**, *núcleo* em **fita de papel**, *blindagem* em **fita de alumínio/poliéster** e *bainha exterior* em **polietileno**.

O **número de pares** considerado pelo *ITUR* para *cada um dos tipos de cabos*, em **função do diâmetro dos condutores** é apresentado na Tabela 15.2.

43 *Velocidade da luz* – $c = 300.000$ km/s.

44 *Foam-skin* é um composto **formado pela retenção de gás num material sólido** (ou líquido) com uma **pele de alta densidade** e um **núcleo de baixa densidade**, com propriedades **isolantes**.

16. PRINCÍPIOS DE MONTAGEM DOS CABOS DE COMUNICAÇÃO

Os **cabos de comunicação** (*cabos de pares de cobre – cabos de dados; cabos coaxiais; cabos de fibra óptica*) são normalmente instalados em:

- Enfiados em *tubos VD*, embebidos em elementos de alvenaria ou à vista, sobre braçadeiras, nas redes colectivas de edifícios.
- Enfiados em *tubos VD*, embebidos em elementos de alvenaria, ou em *tubos ERM*, embebidos no betão, nas redes individuais de edifícios.
- Em *calhas técnicas, de rodapé ou de pavimento* (ver Capítulos 9.2. e 9.4., respectivamente), em **compartmento dedicado**.
- Em *caminhos de cabos exclusivos*, situação mais comum nas *SE e instalações de produção de energia eléctrica e industriais*.

Os *cabos de comunicação* devem ser **segregados** dos *cabos e condutores de potência e de comando e controlo*.

De acordo com o *ITED* a *secção recta do tubo* deve ser **igual ou superior a duas vezes** a *soma das secções rectas dos cabos* neles instalados, sendo possível, nas *redes individuais*, instalar no *mesmo tubo cabos de natureza diferente*, por exemplo *cabos de pares de cobre e cabos coaxiais*. Do que foi exposto resulta a seguinte **fórmula** para *cálculo do diâmetro nominal do tubo* (D_T):

$$D_T \geq 2 \times \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2} \text{ mm} \quad [1]$$

Onde:

- n : número de cabos instalados no mesmo tubo.
- d_i : diâmetro nominal de cada cabo instalado no tubo.

Deverá *verificar-se sempre* $D_{\text{tubo}} \geq 20 \text{ mm}$ e para *fibras ópticas* $D_{\text{tubo}} \geq 25 \text{ mm}$.

As **secções úteis** (S_U) das *calhas técnicas e dos caminhos de cabos* devem ser *calculadas* de acordo com a seguinte **fórmula**:

$$S_U \geq \frac{\pi}{2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2} \text{ mm}^2 \quad [2]$$

Onde n e d_i têm *significado idêntico* ao da expressão [1].

18. CABOS RESISTENTES AO FOGO

Há instalações eléctricas que **devem manter-se em funcionamento em caso de incêndio**, pelo que os *cabos que as alimentam* devem ter **características de resistência ao fogo**, indicadas nas *normas e regulamentos aplicáveis*.

O n.º 3 do art.º 77 do RTSCIE determina que devem **assegurar a sua integridade e o seu funcionamento**:

Equipamentos A: todos os circuitos relevantes na detecção e combate a incêndios:

- *Sistema de controlo de fumos.*
- *Sistemas de pressurização e desenfumagem.*
- *Bombagem de água de incêndios.*
- *Elevador prioritário dos bombeiros.*
- *Ventilação de locais afectos a serviços técnicos.*
- *Sistemas de drenagem de águas residuais.*

Equipamentos B: circuitos de emergência e sinalização de segurança e comandos e meios auxiliares de extinção de incêndios.

Equipamentos C: sistemas automáticos de detecção de incêndios e de gases combustíveis, de retenção de portas e bloqueadores de escadas mecânicas.

A *garantia de integridade e funcionamento* daqueles *equipamentos e sistemas* deve verificar-se durante o *período de tempo* indicado na Tabela 18.1., em **função da categoria de risco do local** definidas no RJSCIE.

Tabela 18.1. Tempo mínimo de garantia de funcionamento dos circuitos relevantes na detecção e combate a incêndios.

EQUIPAMENTOS	CATEGORIA DO RISCO	TIPO DO RISCO	TEMPO MÍNIMO (m)
A	1ª ou 2ª	Reduzido ou moderado	60
	3ª ou 4ª	Elevado ou muito elevado	90
B	1ª ou 2ª	Reduzido ou moderado	30
	3ª ou 4ª	Elevado ou muito elevado	60
C	1ª ou 2ª	Reduzido ou moderado	15
	3ª ou 4ª	Elevado ou muito elevado	30
Locais de risco F ⁴⁸			90

48 Locais que possuam meios e sistemas essenciais à continuidade de actividades sociais relevantes, designadamente os centros de nevrálgicos de comunicação, comando e controlo.

- Ensaio de retracção da isolação e da bainha exterior.
- Ensaio de penetração de água⁵¹.
- Ensaio de inflamabilidade.

Ensaio de rotina

- Verificação da construção do cabo (diâmetro dos condutores; número e diâmetro dos fios dos condutores; resistência a **20 °C**; espessura da isolação e da bainha exterior; marcação do cabo; diâmetro exterior).
- Inspeção visual para detectar defeitos no cabo.
- Ensaio de resistência dos condutores.
- Ensaio de descargas parciais.
- Ensaio de tensão aplicada (rigidez dieléctrica).
- Ensaio de tensão à onda de choque seguido de um ensaio de tensão à frequência industrial.
- Ensaio eléctricos nas bainhas e blindagens não metálicas.

Ensaio especiais

- Ensaio de comportamento ao fogo (*Normas IEC 60631, 60632, 61034-1 e 2 e 60754 e EN 50525-3*).

⁵¹ Para os cabos *MAT* este ensaio é habitualmente considerado um **ensaio de rotina**.

22. SISTEMAS DE PROTECÇÃO DOS CABOS ISOLADOS

Os *cabos e condutores isolados BT* são normalmente protegidos por **disjuntores**, embora os *cabos da RBT (circuitos principais e ramais)* sejam protegidos por *fusíveis*, localizados, respectivamente, nos *QGBT do PT* e nos *AD*.

Também os *condutores isolados* que constituem a **instalação colectiva de um edifício** (*coluna montante, colunas derivadas e entradas*) são protegidos por **fusíveis**, localizados nos *Quadros de Coluna* e nas *Caixas de Coluna*.

Os *cabos MT* são habitualmente protegidos por **unidades de protecção** com ligação a *TI* – **máximo de intensidade instantânea e temporizada** (códigos ANSI/IEEE/IEC 50 e 51) e **máximo de intensidade homopolar instantânea e temporizada** (códigos ANSI/IEEE/IEC 50 e 51N) – ou com ligação a *TI* e *TT* – máximo de intensidade direccional e máximo de intensidade homopolar direccional (códigos ANSI/IEEE/IEC 67 e 67N).

A protecção dos *cabos AT e MAT* é habitualmente realizada por **unidades de protecção** com ligação a *TI*, com as *funções diferencial* (código ANSI/IEEE/IEC 87L), como **protecção principal**, e **50, 51, 50N e 51N**, como **protecções de backup**.

A *protecção diferencial*, cujo **princípio de funcionamento** é a *lei dos nós de Kirchhoff*, é **instalada em ambas as extremidades do cabo**, fazendo-se a *comunicação entre as unidades de protecção* por meio de um **cabo de fibra óptica**.

Os *cabos submarinos* são também utilizados para **interligação** quer de *energia eléctrica* quer de *comunicações* ente **países e mesmo continentes** (como por exemplo a instalação de este tipo de cabos entre Marrocos e Inglaterra, Escócia e Inglaterra e França e Espanha), uma vez podem *conter no interior cabos de fibra óptica*, para *comunicação*.



Figura 25.1. Cabo submarino.

Quando são utilizados *cabos monopolares*, habitualmente os *cabos submarinos não incorporam fibras ópticas*, pelo que é necessário instalar **cabos submarinos de fibra óptica**, dos quais se apresenta um exemplo na Figura 25.2.

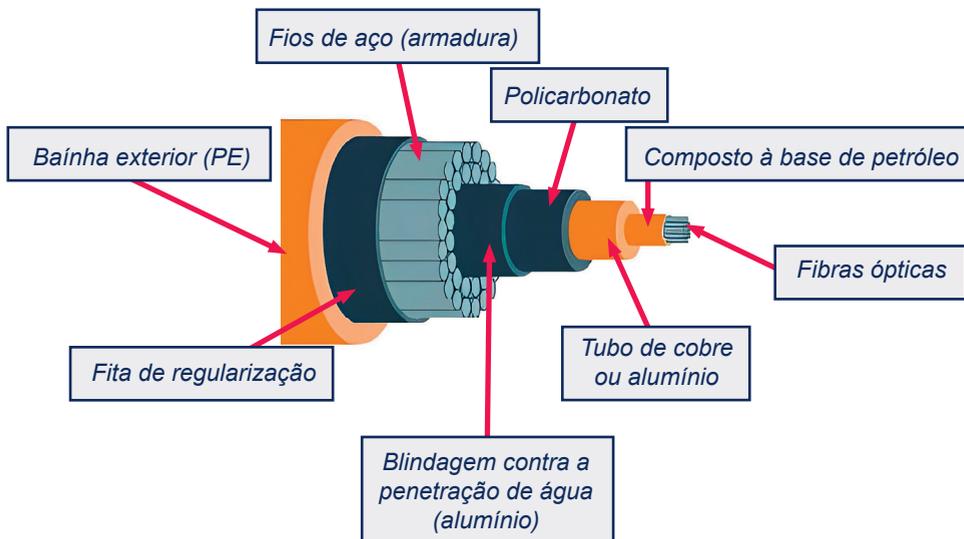


Figura 25.2. Cabo submarino de fibra óptica.



Figura 27.2. Embarcações para montagem de cabo submarino.



Figura 27.3. Robô para montagem de cabo submarino.

Depois de instalados, os *cabos submarinos* o seu **traçado** deve ser **localizado** em *cartas náuticas*, para uma **fácil identificação** por *outros usuários marítimos*.

Cabos e Condutores Isolados

Tipos, Características, Aplicações e Montagem

MANUEL BOLOTINHA

Sobre a obra

Nesta obra são abordados os aspectos relacionados com os cabos e condutores eléctricos isolados MAT, AT, MT e BT, tendo em conta os diferentes tipos, como os cabos submarinos, os diferentes tipos de defeitos e as protecções a utilizar, as suas características e respectivas aplicações, os caminhos de cabos, as caixas de união e terminais, as normas e regulamentos aplicáveis e os procedimentos de montagem e ensaios. Estes cabos e condutores são elementos fundamentais das redes de transporte e distribuição de energia eléctrica e de comunicações das respectivas instalações de utilização sendo necessário garantir o seu funcionamento e fiabilidade.

Sobre o autor

Manuel Bolotinha, MSc, licenciou-se em 1974 em Engenharia Electrotécnica (Ramo de Energia e Sistemas de Potência) no Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa (IST/UL), onde foi Professor Assistente, e obteve o grau de Mestre em Abril de 2017 em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL).

Tem desenvolvido a sua actividade profissional nas áreas do projecto, fiscalização de obras e gestão de contratos de empreitadas designadamente de projectos de geração e transporte de energia, instalações industriais e infra-estruturas de distribuição de energia, aero-portuárias e ferroviárias, não só em Portugal, mas também em África, na Ásia e na América do Sul.

Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros, é também Formador Profissional, credenciado pelo IEFP, tendo conduzindo cursos de formação, de cujos manuais é autor, em Portugal, África e Médio Oriente.

É também autor de diversos artigos técnicos publicados em Portugal e no Brasil e de livros técnicos, em português e inglês, e tem proferido palestras na OE, ANEP, FCT-UNL, IST e ISEP.

Parceiro de Comunicação

o electricista 

Também disponível em formato livro



ISBN: 978-989-910-190-6



www.engebook.pt