



# Instalações Elétricas

Módulo 2

### *Apresentação*

Este módulo tem caráter teórico-prático, pelo que deve decorrer em ambiente laboratorial ou oficial de modo a permitir ao aluno verificar e comprovar os conhecimentos adquiridos relativos aos materiais usados na indústria elétrica e eletrônica, à concepção e realização de instalações elétricas e à proteção de instalações e pessoas.

### *Introdução*

A abordagem deste módulo de Instalações Elétricas leva-nos a um melhor entendimento dos vários tipos de ambientes existentes no mercado de trabalho assim como a melhor escolha deste tipo de equipamento para que se ajuste às crescentes evoluções de tecnologias.

### *Objetivos de aprendizagem*

- Materiais utilizados na Indústria Elétrica e Eletrônica (IEE):
  - Conhecer os materiais mais usados na indústria Elétrica e Eletrônica e respetivas aplicações.
  - Caracterizar os diversos tipos de materiais mais usados na IEE pelas suas propriedades elétricas e mecânicas.
  - Relacionar as características dos materiais com as suas aplicações.
- Representação esquemática:
  - Identificar os diversos tipos de esquemas.
  - Interpretar e desenhar esquemas elétricos, respeitando as normas do desenho esquemático.
- Instalações Elétricas:
  - Escolher o tipo de canalização em função do local.
  - Conhecer o conceito de potência instalada.
  - Compreender a necessidade da subdivisão das instalações de utilização.
  - Descrever uma canalização a partir da sua designação simbólica pela consulta de tabelas.



- Proteção de Instalações e Pessoas:
  - Identificar anomalias de funcionamento dos circuitos e os efeitos que produzem.
  - Conhecer os diferentes tipos de aparelhos de proteção e suas aplicações.
- Circuitos de Iluminação, Sinalização e Alarme:
  - Interpretar esquemas elétricos de circuitos de iluminação, sinalização e alarme.
  - Aplicar regras e normas na execução dos trabalhos, ligando corretamente a aparelhagem no circuito.

### *Âmbito de conteúdos*

- Materiais utilizados na Indústria Elétrica e Eletrônica:
  - Propriedades gerais dos metais.
  - Metais ferrosos.
  - Materiais não ferrosos (condutores, ligas resistentes, isolantes, semicondutores).
- Representação Esquemática:
  - Esquemas unifilares e multifilares.
  - Realização de esquemas.
- Instalações Elétricas:
  - Instalações de utilização elétrica e telecomunicações (potência instalada, subdivisão das instalações, canalizações).
  - Proteção de instalações e pessoas.
  - Circuitos de iluminação, sinalização e alarme.



# Materiais utilizados na Indústria Elétrica e Eletrônica

## *Apresentação*

Observa-se que em todos os segmentos da vida diária se encontra a presença de materiais, como seja nos transportes, na habitação, no vestuário, nos meios de comunicação, processamento de dados, comércio, lazer, produtos alimentares, artigos de saúde, ensino, produção e transporte de energia, entre muitos outros.

Assim, o conhecimento e a capacidade de produzir e manipular os materiais afeta de modo direto o nível de bem-estar da população.

O desenvolvimento de um povo está diretamente relacionado com a sua habilidade em produzir e manipular os materiais.

Nos nossos dias, podemos apontar o silício como o material base para a fabricação de componentes eletrônicos, lembrando que os equipamentos eletrônicos estão presentes na maioria da atividade humana, seja nos transportes (rodoviários, aéreos, ferroviários, marítimos, etc.) nas comunicações, informática, controlo de processos industriais, medicina, instrumentos de análise e de pesquisa de diversas áreas, desporto, e muitas outras.

É difícil imaginar uma atividade que não tenha alguma dependência, se não direta, pelo menos indireta, com algum sistema ou equipamento eletrônico.

Como dependência indireta entenda-se a produção de utensílios usados numa determinada atividade, a análise de resultados dessa atividade, o transporte e/ou comercialização de bens, entre muitos outros exemplos.

Como consequência, a eletrônica tornou-se no maior mercado mundial (maior que a indústria automóvel, a indústria química, etc.).

Todas as aplicações eletrônicas são, no entanto, baseadas em materiais, sendo o silício (semicondutor) o mais importante destes. Também o germânio é utilizado de modo mais corrente, mas em muito menor escala que o silício.

Mesmo assim, os outros materiais usados em engenharia elétrica e eletrônica (eletrotécnica), são também fundamentais e imprescindíveis e devem ser objeto de atenção no estudo dos materiais elétricos.



O principal objetivo destes materiais é fornecer o conhecimento básico e/ou os fundamentos sobre os diversos materiais usados na engenharia eletrotécnica.

No campo desta engenharia, destacam-se as aplicações de materiais metálicos nas diversas formas de geração de energia elétrica, como sejam a eólica, a solar, as termoelétricas, ou as hidroelétricas.



*Fig. 1 – Aplicação de materiais na construção de cabos elétricos*

## *Classificação geral dos materiais*

A classificação dos materiais faz-se tendo em conta as suas propriedades mais relevantes e o tipo de aplicação que se pretende para os mesmos.

Assim, os materiais encontrados na matéria e que se utilizam nas diversas aplicações eletrotécnicas, dividem-se em:

- Materiais condutores (incluem-se aqui as resistências e os supracondutores);
- Materiais isoladores;
- Materiais semicondutores;
- Materiais magnéticos.





Na figura seguinte, apresenta-se esta classificação de modo mais detalhado.



Fig. 2 – Classificação geral dos materiais

Atendendo ao facto de poderem ser encontrados nos três estados da matéria, como exemplos destes tipos de materiais, podem referir-se (como condutores e como isoladores):

- Materiais no estado sólido (cobre – condutor; vidro – isolador);
- Materiais no estado líquido (mercúrio – condutor; óleo mineral – isolador);
- Materiais no estado gasoso (ar bastante húmido – condutor; ar seco – isolador).

De entre as diversas propriedades que podem referir-se, destaca-se a resistividade de cada material, podendo referir-se para cada um dos principais grupos:

- Materiais condutores: Valores entre  $10^{-4}$  e  $10^2 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ;
- Materiais isoladores: Valores entre  $10^{14}$  e  $10^{26} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ;
- Materiais semicondutores: Valores entre  $10^4$  e  $10^{10} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

## A forma e a função dos materiais e aparelhagem

A forma dada aos materiais resulta de um compromisso entre a função que se pretende para esse material e os custos necessários à obtenção dessa forma.

O mesmo raciocínio é feito quando se tratar de aparelhagem, elétrica ou eletrónica.



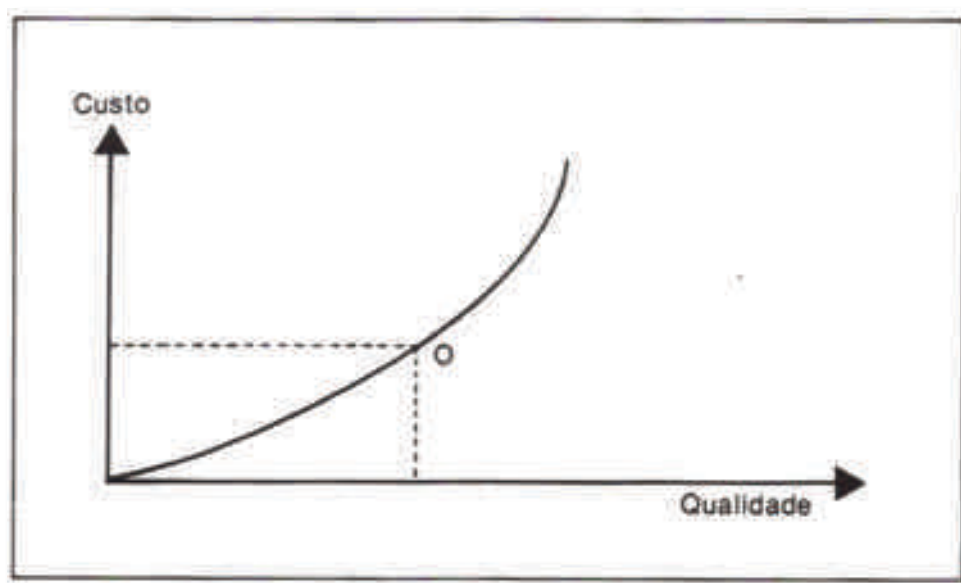
A sua forma será determinada por um conjunto de condicionantes de ordem técnica, de acordo com o comportamento que se pretenda de um determinado tipo de material ou materiais, moldada por aspetos de ordem funcional.

Por exemplo, um mesmo tipo de aparelho construído para ser utilizado como ferramenta portátil ou móvel, ou para colocação fixa numa bancada de trabalho, terá necessariamente formatos diferentes, embora possa apresentar o mesmo tipo de características eletrotécnicas.

O outro parâmetro determinante será o seu custo.

Habitualmente, os preços irão subindo, à medida que as especificações técnicas sejam mais rigorosas (elevadas).

Resultará daqui um compromisso entre estes dois aspetos, conforme se indica na figura seguinte.



*Fig. 3 – Escolha custo versus qualidade*

O ponto **O** será aquele que corresponde à escolha ideal.

Esta escolha corresponderá ao melhor compromisso entre os custos necessários à sua produção, comercialização e operações de manutenção, e o nível de qualidade ou especificações que se pretendam.

Entre as diversas aplicações dos materiais, dois grupos destacam-se pelo tipo de exigências a que estão sujeitos, e que se prendem essencialmente com os níveis de tensões elétricas e intensidades de corrente que irão suportar. Eles são o grupo de





aplicações em eletricidade (poderemos chamar-lhe “correntes fortes”) e o grupo de aplicações em eletrónica (poderemos chamar-lhe “correntes fracas”).

Ao nível das “correntes fortes” podemos tomar como exemplo as instalações de produção de energia elétrica, onde se destaca o uso do aço para a construção das pás e eixo das turbinas (devido à elevada resistência mecânica).

Já nos geradores (estátor, rotor, coletores, barras estatóricas, etc.), destaca-se o uso do cobre eletrolítico (devido às suas propriedades elétricas).

Na etapa de transformação (em que há elevação da tensão), para a construção dos transformadores, destaca-se o uso de materiais isolantes sólidos (papel termicamente estabilizado, madeira, resinas, etc.), isolantes líquidos (óleo mineral isolante) e isolantes gasosos ( $SF_6$ , ar sintético muito seco, nitrogénio e  $CO_2$  como meio de extinção).

Materiais ferromagnéticos são também utilizados para fabricação do núcleo, destacando-se as chapas de aço silício laminado a frio, sendo o cobre usado para os enrolamentos de transformadores e máquinas elétricas.

Nas subestações, os meios isolantes mais utilizados (ver figura seguinte), são o ar natural ou comprimido e o  $SF_6$ , assim como a porcelana, o vidro e os polímeros.



*Fig. 4 – Exemplos de isoladores*

Nas linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além do uso do vidro, da porcelana e dos polímeros para o isolamento, é usado o aço galvanizado para a construção das estruturas. As linhas são construídas de ligas de alumínio, aço e cobre,



devido a apresentarem características como resistência mecânica e boa condutividade (ver figura seguinte).



*Fig. 5 – Isolador em linha de transporte de energia*

Tanto para as referidas “correntes fortes” como para as “correntes fracas”, são utilizados diversos tipos de materiais, de acordo com as características necessárias ao bom funcionamento e integração destes nas diversas aplicações.



*Fig. 6 – Diversos tipos de aplicações de material isolante*



### *A escolha dos materiais*

De acordo com o que já foi referido, a escolha dos materiais baseia-se num conjunto de necessidades em função da aplicação em causa e das propriedades apresentadas por cada um desses materiais.

Deste modo, deveremos entrar em linha de conta com as propriedades seguintes.

- Condutibilidade elétrica;
- Nível de isolamento elétrico;
- Calor libertado por efeito Joule, enquanto conduz a corrente;
- Estabilidade do valor da resistividade com a temperatura e a intensidade de corrente;
- Imunidade a agentes atmosféricos ou químicos;
- Boa resistência a esforços de tração, compressão, torção, ou dobragem;
- Baixo peso;
- Resistência a choques (pancadas secas);
- Flexibilidade mecânica;
- Elasticidade;
- Valor do seu ponto de fusão;
- Condutividade com a temperatura;
- Imunidade a agentes atmosféricos ou químicos;
- Boa resistência a esforços de tração, compressão, torção, ou dobragem;
- Baixo peso;
- Resistência a choques (pancadas secas);
- Características gerais com a temperatura;
- Flexibilidade mecânica;
- Elasticidade;
- Valor do seu ponto de fusão;
- Condutividade com a temperatura.



## *Propriedades e grandezas características dos materiais elétricos*

Podemos caracterizar os materiais por várias propriedades que lhes conferem um conjunto de diferenças, necessárias à sua perfeita diferenciação e que se irão relacionar com a função para os quais serão selecionados.

Enumerando estas propriedades, encontramos o seguinte conjunto de definições:

- a. Condutibilidade elétrica – Propriedade que os materiais têm de conduzirem a corrente elétrica, com maior ou menor facilidade.  
O material com melhor condutibilidade é a prata.
- b. Rigidez dielétrica – É a tensão máxima por unidade de comprimento, que se pode aplicar aos isolantes, sem romper as suas características isolantes (expressa-se em kV/cm ou em kV/mm).  
O material com melhor rigidez é a mica.
- c. Condutibilidade térmica – Propriedade que os materiais têm de conduzirem com maior ou menor facilidade o calor.  
Normalmente, os bons condutores térmicos também são bons condutores elétricos, o que pode ser uma vantagem ou uma desvantagem.  
Como bons condutores térmicos temos a prata e o cobre.
- d. Maleabilidade – Propriedade que os materiais têm de se deixar reduzir a chapas, (exemplos: ouro e prata).
- e. Ductilidade – Propriedade que os materiais têm de se deixar reduzir a fios, ou à fieira (exemplos: ouro, prata, cobre e ferro).
- f. Tenacidade – Propriedade que os materiais têm de resistir à tensão de rotura, por tração ou compressão.  
A tensão de rotura é expressa em  $\text{kg/mm}^2$ , (exemplos de materiais tenazes: bronze silicioso, cobre duro).
- g. Maquinabilidade – Propriedade de os materiais se deixarem trabalhar por qualquer processo tecnológico, através de máquinas-ferramentas, (exemplo: ferro).
- h. Dureza – Propriedade de os materiais riscarem ou se deixarem riscar por outros, (exemplos de materiais duros: diamante, quartzo).



- i. Densidade – É a relação entre o peso da unidade de volume de um dado material e o peso de igual volume de água destilada a 4,1 °C, à pressão normal, (materiais condutores mais pesados: prata, mercúrio).
- j. Permeabilidade magnética – Propriedade de os materiais conduzirem com maior ou menor facilidade as linhas de força do campo magnético, (exemplos: ferro-silício, aço, ferro-fundido, etc.).
- k. Elasticidade – Propriedade de retomarem à forma primitiva, depois de deformados por um esforço momentâneo.
- l. Dilatabilidade – Propriedade de aumentarem de comprimento, superfície ou volume, por ação do calor.
- m. Resiliência – Propriedade de os materiais resistirem à rotura, por pancadas “secas”.
- n. Resistência à fadiga – É o valor limite do esforço sobre um material, resultante da repetição de manobras.  
Cada manobra vai progressivamente provocando o “envelhecimento” do material, perdendo progressivamente as suas propriedades.
- o. Fusibilidade – Propriedade de os materiais passarem do estado sólido ao líquido, por ação do calor.  
Tem interesse conhecer o ponto de fusão de cada material, para sabermos quais as temperaturas máximas admissíveis na instalação onde o material está integrado.
- p. Resistência à corrosão – Propriedade que os materiais têm de manter as suas propriedades químicas, por ação de agentes exteriores, (atmosféricos, químicos, etc). Tem importância nos materiais expostos e enterrados (linhas, cabos ao ar livre ou enterrados, contactos elétricos, etc).



## *Principais materiais condutores*

Os materiais condutores em termos de eletricidade são aqueles que apresentam uma grande apetência (ou que opõem pouca resistência), à passagem ou atravessamento pela corrente elétrica.

Os metais são bons condutores porque os eletrões se encontram mais afastados dos núcleos atômicos e têm por isso grande mobilidade.

Estes eletrões designam-se por eletrões livres, movimentando-se desordenadamente no interior dos metais.

Contudo, ao fechar-se um circuito elétrico, estes eletrões organizam-se de imediato num movimento ordenado, formando uma corrente elétrica.

Existem também soluções que são boas condutoras. Somente as soluções que são formadas por iões e por sais é que são boas condutoras de corrente elétrica.

Assim quando se fecha o circuito elétrico, os iões movimentam-se organizadamente, dirigindo-se os iões negativos para o eléctrodo positivo e os iões positivos para o eléctrodo negativo.

Este movimento organizado constitui a corrente elétrica no líquido.

Por entre os diversos materiais condutores existentes, salientam-se pelas suas propriedades e pela habitual utilização para este efeito, os seguintes:

- Cobre (cobre duro e o cobre macio);
- Alumínio;
- Prata;
- Ouro;
- Carvão.

Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais condutores e ligas condutoras.



CONDUTORES E LIGAS CONDUTORAS	COMPOSIÇÃO	RESISTIVIDADE A 20°C (Ω.mm <sup>2</sup> /m)	COEFICIENTE DE TEMPERATURA (°C <sup>-1</sup> )	DENSIDADE (A 20°C)	TEMPERATURA DE FUSÃO (°C)	TENSÃO DE ROTURA (Kg/mm <sup>2</sup> )	APLICAÇÕES
Cobre macio	Cobre	0,0172	0,00393	8,89	1080	25	Condutores, contactos
Cobre duro	Cobre (+ estanho ou silício)	0,0179	0,0039	8,89	1080	37	Linhas aéreas
Alumínio	Alumínio	0,0282	0,0040	2,70	657	15 a 20	Cabos e linhas aéreas
Prata	Prata	0,016	0,0036	10,50	960	28	Contactos, fusíveis
Bronze silicioso	Cobre + estanho + zinco + silício	0,025	0,002	8,90	900	70	Linhas aéreas
Latão	Cobre + zinco	0,085	0,001	8,40	940	22	Contactos, terminais
Almelec, Aldrey	Alumínio + magnésio + silício	0,0323	0,0036	2,70	660	30	Cabos e linhas aéreas
Mercúrio	Mercúrio	0,962	0,0009	13,60	-39	-	Contactos, interruptores

Fig. 7 – Principais características dos condutores e ligas condutoras





Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características das ligas resistentes.

LIGAS RESISTENTES	COMPOSIÇÃO	RESISTIVIDADE A 20°C ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	COEFICIENTE DE TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	DENSIDADE (A 20°C)	TEMPERATURA DE FUSÃO ( $^{\circ}\text{C}$ )	TEMPERATURA DE FUNC. IONAMENTO ( $^{\circ}\text{C}$ )	APLICAÇÕES
Mailhehort	Cobre + zinco + níquel	0,30	0,0003	8,5	1290	400	Reóstatos
Constantan	Cobre + níquel	0,49	0,0002	8,4	1240	400	Resistências padrão
Manganina	Cobre + manganês + níquel	0,42	0,00002	8,15	910	500	Resistências de precisão
Ferro-níquel	Ferro + níquel + crómio	1,02	0,0009	8,05	1500	500	Resistências de aquecimento
Níquel-crómio	Níquel + crómio	1,04	0,00004	8,0	1475	1000	Resistências de aquecimento
Grafite	Carvão	0,5 a 4	-0,0004	2,25	-	-	Resistências para fornos de alta temperatura, escovas para motores, eléctrodos para soldadura, resistências para electrónica
Carvão amorfo	Carvão	32 a 65	-0,0004	2,25	-	-	

Fig. 8 – Principais características das ligas resistentes



### *Principais materiais isoladores*

Os materiais isoladores, em termos de eletricidade, são aqueles que apresentam uma grande resistência à passagem ou atravessamento por parte da corrente elétrica.

Pode-se dizer que são materiais maus condutores ou isoladores aqueles que não se deixam atravessar pela corrente elétrica e que, portanto, dificilmente a conduzem.

Por entre os diversos materiais isoladores existentes, salientam-se pelas suas propriedades e pela habitual utilização para este efeito, os seguintes:

- Mica;
- Porcelana;
- Vidro;
- Plásticos;
- Borracha;
- Carvão.

Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais isolantes minerais.



MATERIAIS ISOLANTES (MINERAIS)					
MATERIAL	RESISTIVIDADE A 20°C (MΩ.cm)	RIGIDEZ DIELÉTRICA (KV/mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Mica	$10^7$	100 - 200	500 - 600	Suporta temperaturas e tensões muito elevadas.	Suportes para resistências de aquecimento; isolante das lâminas do coletor das máquinas elétricas.
Porcelana	$> 10^5$	35	-	Estável ao longo do tempo; porosa; recoberta de esmalte, torna-se impermeável.	Base para terminais; isolante para linhas.
Vidro	$> 10^6$	10 - 40	200 - 250	Elevada resistência mecânica.	Tubo para lâmpadas fluorescentes e incandescentes.
Quartzo	$> 10^{18}$	20 - 30	-	Suporta temperaturas elevadas.	Lâmpadas de vapor de mercúrio.
Óleos	$10^7 - 10^{18}$	10 - 25	60 - 200	Devem ser isentos de impurezas; incombustíveis.	Isolante para transformadores, disjuntores, etc.
Amianto	$10^9$	3	200 - 250	Resiste a temperaturas elevadas; absorve a humidade.	Isolante de condutores, apoios para resistências.
<b>OUTROS:</b> Fibrocimento, mármore, breu, etc.					

Fig. 9 – Principais características dos materiais isolantes (minerais)



Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais isolantes orgânicos.

MATERIAIS ISOLANTES (ORGÂNICOS)					
MATERIAL	RESISTIVIDADE A 20°C (MΩ.cm)	RIGIDEZ DIELÉTRICA (KV/mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Borracha natural	10 <sup>8</sup>	20 - 30	-	Elástica; resistente; muito sensível à oxidação e agentes exteriores	Isolador de condutores; luvas; tapetes isoladores.
Neopreno	-	10 - 15	-	Borracha sintética; grande resistência à penetração da água e grande duração.	Isolamento de condutores.
Chartterton	-	-	-	Funde facilmente.	Enchimento de caixas para cabos subterrâneos.
Algodão	> 10 <sup>3</sup>	5 - 10	-	Muito flexível na sua forma.	Fios e fitas para cobrir condutores e bobinas de máquinas elétricas.
Papel impregnado	10 <sup>6</sup>	7 - 8	100	Barato; higroscópico.	Isolante de cabos subterrâneos.
<b>OUTROS:</b> Ebonite, verniz, cartão, madeira.					

Fig. 10 – Principais características dos materiais isolantes (orgânicos)



Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais isolantes plásticos.

MATERIAIS ISOLANTES (PLÁSTICOS)					
MATERIAL	RESISTIVIDADE A 20°C (MΩ.cm)	RIGIDEZ DIELÉTRICA (KV/mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Polietileno	$10^{18}$	40	60 – 80	Resistente à ação solar e dos ácidos; grande resistividade.	Suporte de enrolamentos; caixas para rádio e televisão; isolamento de condutores.
Policloreto de Vinilo	$10^2 - 10^5$	30 - 50	70 - 105	Não é inflamável; resiste às ações químicas.	Isolamento de condutores; fabrico de tubos.
Poliestireno	$10^{10}$	55	80 - 90	Resina sintética, facilmente moldável; bastante resistente.	Fabrico de placas e caixas com alto poder isolante, difusores para aparelhagem de iluminação.
Resina epóxi (araldite)	$10^9 - 10^{10}$	20 – 45	80 - 120	Pode ser facilmente moldada, produzindo diversos aparelhos e peças; boa resistência mecânica e isolante.	Isolador de suporte travessia; para-raios; caixas para cabos.
Resina fenólica (baquelite)	$> 10^{12}$	10 - 20	120	Inalterável aos agentes exteriores; grande resistividade.	Fabricação de peças para aparelhagem elétrica.

Fig. 11 – Principais características dos materiais isolantes (plásticos)



Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais isolantes gasosos.

MATERIAIS ISOLANTES (GASOSOS)					
MATERIAL	RESISTIVIDADE A 20°C (MΩ.cm)	RIGIDEZ DIELÉTRICA (KV/mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Ar	10 <sup>8</sup>	3	Sem limite	Isolante barato; humidifica com facilidade.	Como isolante natural na extinção de arco elétrico em aparelhagem de proteção.
<b>OUTROS:</b> Azoto e hexafluoreto de enxofre.					

Fig. 12 – Principais características dos materiais isolantes (gasosos)

### Materiais magnéticos

A capacidade de certos materiais - nomeadamente o ferro, o níquel, o cobalto e algumas de suas ligas e compostos - de adquirir um alto e permanente momento magnético é de grande importância para a engenharia eletrotécnica. As aplicações de materiais magnéticos são muitas e fazem uso de quase todos os aspetos do comportamento magnético.

Existe uma variedade extremamente grande de diferentes tipos de materiais magnéticos e é importante saber primeiro porque, estes e somente estes materiais, possuem propriedades magnéticas e em seguida, saber o que leva a comportamentos diferentes nestes materiais.



As pesquisas por materiais magnéticos com melhores características são motivadas pela possibilidade de redução nas dimensões dos equipamentos e de diminuição de limitações no desempenho, devido à saturação e perdas magnéticas.

Para a melhor compreensão dos materiais magnéticos, serão analisados seguidamente alguns conceitos e definições necessários.

**Materiais magnéticos** – São aqueles que têm permeabilidade magnética maior que a do ar.

**Permeabilidade magnética** – É a propriedade que estes materiais têm de “conduzirem” as linhas de força do campo magnético.

Por entre os diversos materiais magnéticos existentes, salientam-se pelas suas propriedades e pela habitual utilização, os seguintes:

- Ferro macio.
- Aço.
- Ferro fundido.
- Aço vazado.
- Cobalto.
- Níquel.

Apresenta-se de seguida uma relação das principais características importantes às funções em que são utilizados, para os diversos materiais magnéticos.

**Ferro macio** – Trata-se de ferro quase puro, com uma pequena percentagem de carbono. É utilizado no fabrico de núcleos e armaduras para eletroímãs, fios, chapas, veios e parafusos.

**Aço** – É uma liga de ferro e carbono, em que a percentagem de ferro e carbono varia entre 0,3 e 1,5 %.

O aço silicioso (2 a 5% de silício) é utilizado no fabrico de chapas magnéticas para os circuitos das máquinas de corrente alternada.





**Ferro fundido (ou coado)** – É uma liga de ferro e carbono, em que a percentagem deste é superior a 2,5%, tendo permeabilidade magnética inferior à do ferro macio e do aço. É utilizado no fabrico de carcaças e tampas para máquinas elétricas, caixas para instalações elétricas e outras aparelhagens para instalações elétricas.

**Aço vazado** – O aço vazado contém menos carbono que o ferro fundido e tem maior permeabilidade.

É utilizado no fabrico de carcaças para alguns motores.

**Cobalto** – É o metal mais tenaz que se conhece.

É utilizado em todas as situações em que os materiais sejam submetidos a grandes esforços.

É utilizado no fabrico de aços e de corantes.

**Níquel** – Não se altera quando exposto ao ar.

Por isso, é bastante utilizado no revestimento de outros metais, como proteção, principalmente contra a corrosão.

### *Materiais semicondutores: Bandas de energia, junção P-N*

Os semicondutores possuem propriedades elétricas, que são intermédias entre aquelas apresentadas pelos condutores elétricos e as apresentadas pelos isolantes.

São compostos por materiais específicos e similares aos dos materiais cerâmicos.

Os materiais cerâmicos são compostos por elementos químicos metálicos e não-metálicos, como por exemplo, óxidos, nitretos e carbetos.

A grande variedade de materiais que se enquadra nesta classificação inclui cerâmicos que são compostos por minerais argilosos, cimento e vidro.

Estes materiais são tipicamente isolantes à passagem de eletricidade e calor (não possuem eletrões livres para a condução), apresentam boa resistência a altas temperaturas e a ambientes adversos (alta estabilidade química) e são abrasivos (mais resistentes do que os metais e polímeros).



Em relação ao comportamento mecânico, os cerâmicos são duros, porém muito quebradiços.

Além disso, as características elétricas destes materiais são extremamente sensíveis à presença de minúsculas concentrações de átomos de impurezas, concentrações que podem ser controladas ao longo de regiões espaciais muito pequenas.

Os semicondutores tornaram possível o advento dos dispositivos e circuitos integrados eletrônicos, que revolucionaram totalmente as indústrias de produtos eletrônicos e de computadores.

No caso dos semicondutores de Silício (Si), estes apresentam também propriedades mecânicas excelentes, o que os torna utilizáveis em dispositivos micromecânicos (micromotores, microinjetores, microsensores, etc).

Os materiais semicondutores mais utilizados são:

- Silício;
- Germânio;
- Selênio.

De entre estes, o silício e o germânio são os semicondutores mais utilizados, com uma maior predominância do silício face ao germânio, por ser mais estável termicamente.

Quando puros têm uma condutividade muito baixa, comportando-se como isoladores.

É portanto necessário, que apresentem determinadas impurezas, na sua constituição (como o antimônio, o fósforo, o boro, o índio, etc.), para assim se tornarem materiais semicondutores.

Nesta situação dizemos que se encontram dopados.

Para uma melhor compreensão do funcionamento dos semicondutores, é importante abordar alguns conceitos relativos à constituição atômica da matéria.

Começaremos então pelo estudo do conceito de bandas de energia.

A matéria que se pode encontrar no estado sólido, líquido ou gasoso é constituída por moléculas e estas podem ainda ser subdivididas em partículas menores, que são os átomos.

O exemplo representado na figura seguinte mostra a decomposição de uma molécula de água em dois átomos de hidrogénio e um átomo de oxigénio.





Fig. 13 – Exemplo de constituição atómica da matéria

Na sua estrutura, o átomo é basicamente formado por três tipos de partículas elementares, os eletrões, os prótons e os neutrões.

Os prótons e os neutrões encontram-se no núcleo do átomo, enquanto os eletrões giram em órbitas eletrónicas à volta do núcleo do átomo (ver figura seguinte).

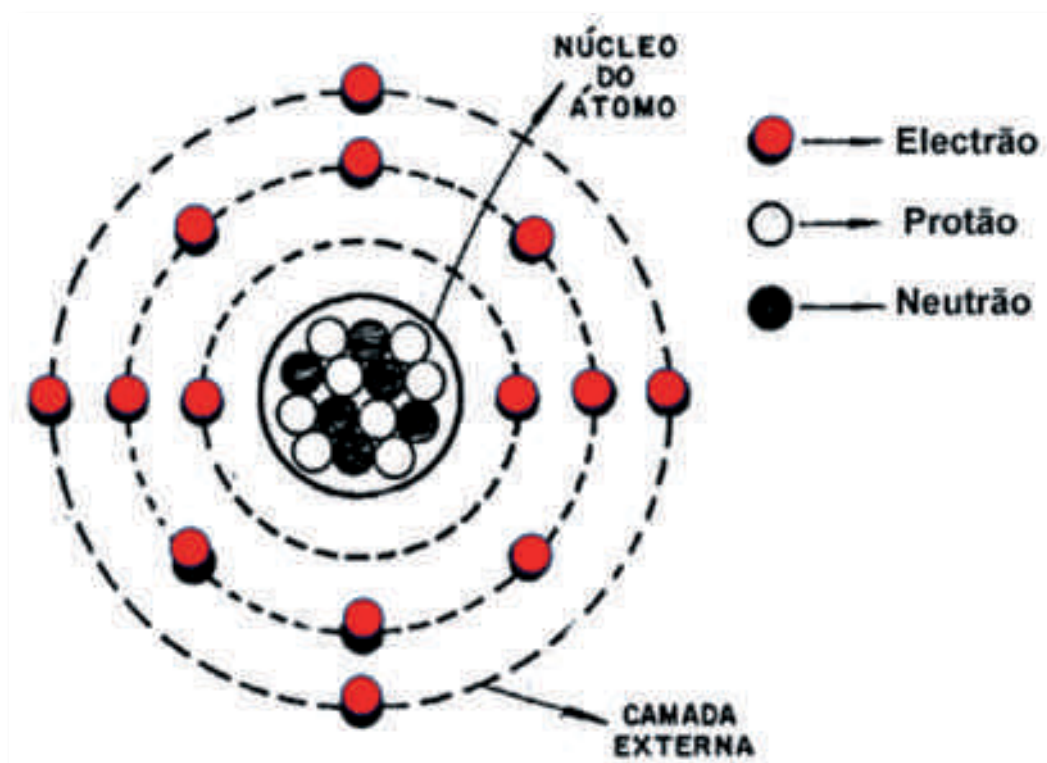


Fig. 14 – Estrutura do átomo

As órbitas, embora concêntricas, não são complanares, distribuindo-se antes ao longo de uma região do espaço, como se pode ver na figura representada a seguir.



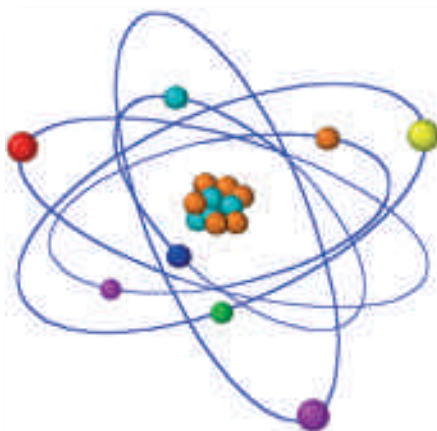


Fig. 15 – Órbitas eletrônicas em redor do núcleo

A carga elétrica do elétron é igual à carga do próton, porém de sinal contrário. O elétron possui carga elétrica negativa (-) e o próton carga elétrica positiva (+). O nêutron não possui qualquer carga elétrica, ou seja, a sua carga é nula.

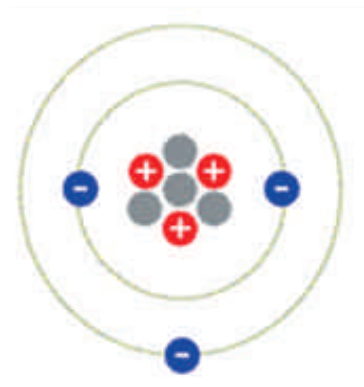


Fig. 16 – Carga elétrica das partículas

Num átomo, os elétrons que giram em volta do núcleo distribuem-se em várias órbitas ou camadas eletrônicas, num total máximo de sete (K, L, M, N, O, P, Q).



Fig. 17– Camadas eletrônicas do átomo



Em qualquer átomo, o número de prótons contidos no seu núcleo é igual ao número de elétrons que giram à volta dele, ou seja, a carga elétrica do átomo é nula, pois a carga positiva dos prótons é anulada pela carga negativa dos elétrons.

Um átomo nesse estado está eletricamente neutro.

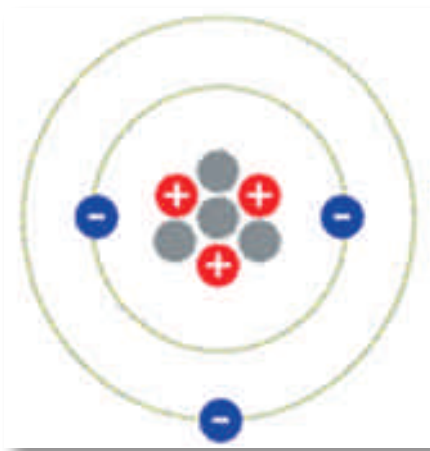


Fig. 18 – Carga elétrica do átomo

Um átomo, quando eletricamente neutro, poderá ganhar (receber) ou perder (ceder) elétrons.

Quando ele ganha um ou mais elétrons, dizemos que se transforma num ião negativo.

Quando um átomo perde um ou mais elétrons, dizemos que ele se transforma num ião positivo.

Como exemplo, teremos que se um átomo de sódio (Na) ceder um elétron ao átomo de cloro (Cl), passamos a ter um ião positivo de sódio e um ião negativo de cloro (ver figura).

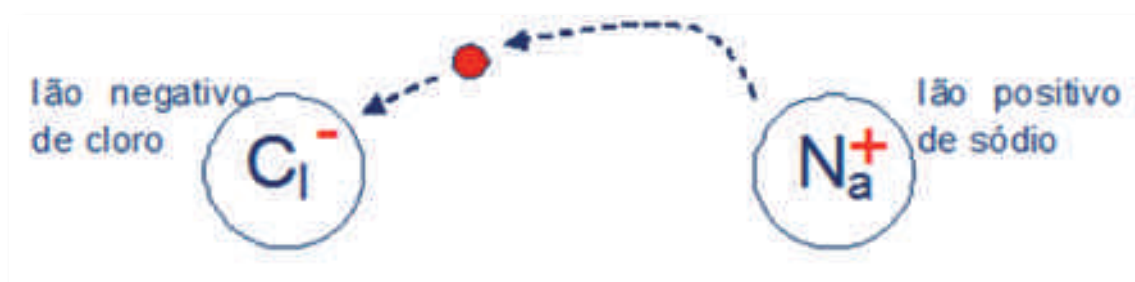
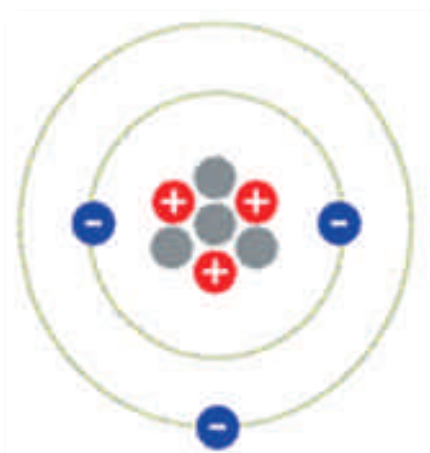


Fig. 19 – Formação de íões

A órbita eletrônica ou camada mais afastada do núcleo é a camada de valência e os elétrons dessa camada são chamados de elétrons de valência.





Elétron de valência

Fig. 20 – Elétron de valência

Num átomo, o número máximo de elétrons de valência é de oito.

Quando um átomo tem oito elétrons de valência diz-se que o átomo tem estabilidade química ou molecular.

Os átomos com um, dois ou três elétrons de valência têm uma certa facilidade em cedê-los, já que a sua camada de valência está muito incompleta (para estar completa deveria ter oito elétrons de valência).

Como exemplo, consideremos um átomo de cobre que tem um elétron de valência, o que faz com que ele ceda com muita facilidade esse elétron (elétron livre).



Fig. 21 – Cedência de elétron livre

No caso dos isoladores, os átomos que têm entre cinco e oito elétrons de valência não cedem facilmente elétrons livres, já que a sua camada de valência está quase completa (para estar completa deveria ter oito elétrons de valência).

O vidro, a mica, a borracha estão neste caso, sendo portanto isoladores.





Estes materiais não são condutores da corrente elétrica porque não têm elétrons livres, sendo necessário aplicar-lhes uma grande energia para fazer passar os elétrons de banda de valência para a banda de condução.

No caso dos semicondutores, os átomos com quatro elétrons de valência, geralmente não ganham nem perdem elétrons, situação que acontece com os materiais semicondutores, germânio (Ge) e silício (Si), já referidos.

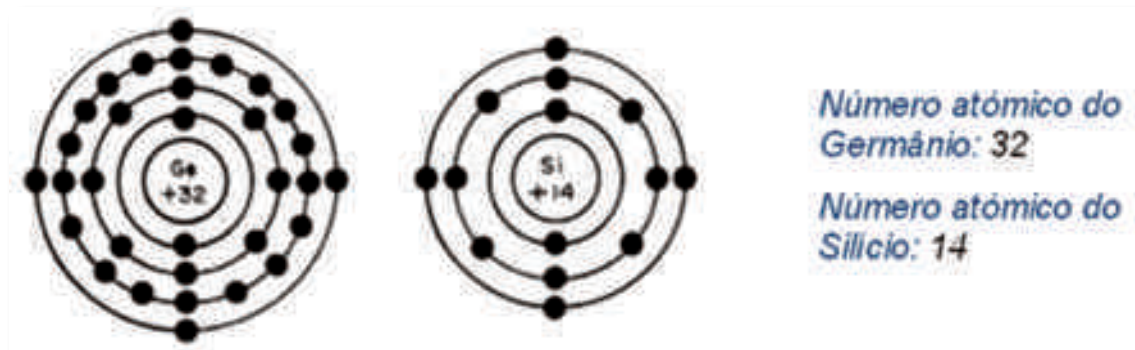


Fig. 22 – Estrutura atômica do germânio e do silício

Importa compreender agora o conceito de bandas de energia, de acordo com o que se indica na figura seguinte.

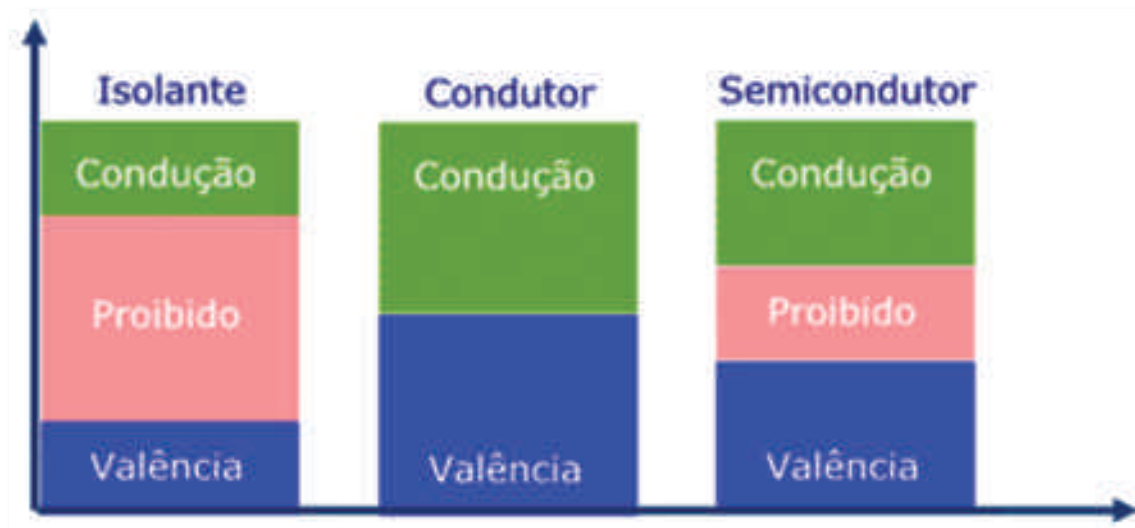


Fig. 23 – Bandas de valência

Num material isolante é necessário aplicar muita energia (por exemplo, muita tensão elétrica), para fazer passar os elétrons da banda de valência para a banda de condução, já que a banda proibida é muito larga, requerendo portanto muita energia para esse processo.





Pelo contrário, num material condutor a passagem dos eletrões da banda de valência para a banda de condução faz-se facilmente, já que não existe banda proibida.

Os materiais semicondutores encontram-se numa situação intermédia, entre os materiais isoladores e os materiais condutores.

A existência dos semicondutores com os diferentes níveis de cargas positivas (P) e de cargas negativas (N), se os unirmos através de uma zona de contacto, conduz-nos ao conceito de junção PN.

Se considerarmos que um átomo que perdeu eletrões ficou com falta destes (lacunas, ou faltas de eletrões, quando se trata de carga elétrica e do seu respetivo equilíbrio), podemos facilmente entender que a junção de um material semiconductor do tipo P (com excesso de lacunas) com um material semiconductor do tipo N (com excesso de eletrões livres) origina uma junção PN.

Se reforçarmos a sua carga eletrónica através de uma bateria (pilha) externa, obtemos uma junção polarizada de modo direto.

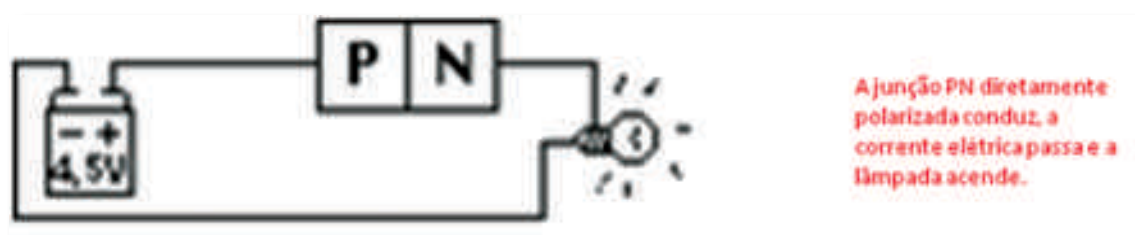


Fig. 24 – Junção P-N diretamente polarizada

Se ao contrário, contrariarmos a sua carga eletrónica através de uma bateria (pilha) externa, montada em sentido inverso da anterior, obtemos uma junção polarizada de modo inverso.

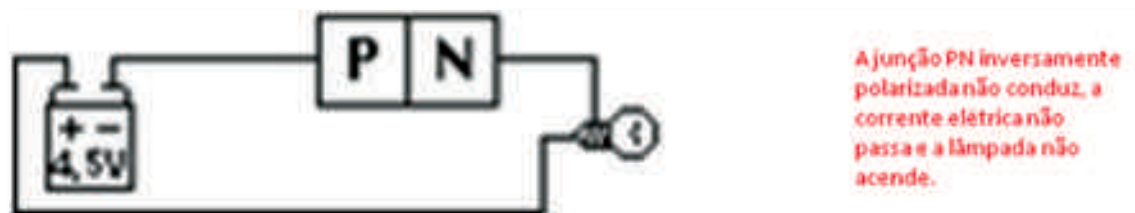


Fig. 25 – Junção P-N inversamente polarizada

Na zona da junção, os eletrões livres do semiconductor N recombina-se com as lacunas do semiconductor P, formando uma zona sem portadores de carga elétrica, que se designa por zona neutra ou zona de depleção.





Fig. 26 – Zona neutra ou zona de depleção

A junção PN está diretamente polarizada, quando o potencial negativo da alimentação está ligado ao semicondutor N e o potencial positivo da alimentação está ligado ao semicondutor P (ver figura seguinte).



Fig. 27 – Junção P-N em condução

A junção PN está inversamente polarizada quando o potencial negativo da alimentação está ligado ao semicondutor P e o potencial positivo da alimentação está ligado ao semicondutor N (ver figura seguinte).

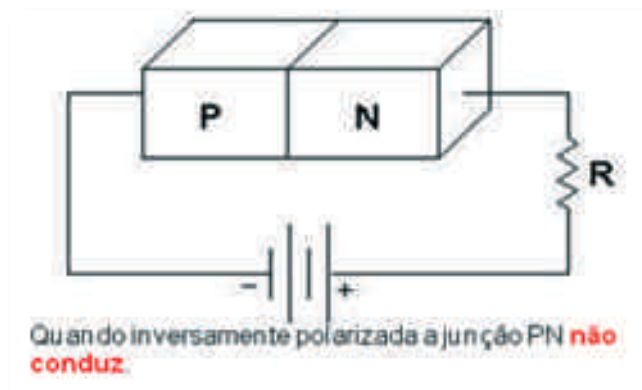


Fig. 28 – Junção P-N em bloqueio



Quando polarizada diretamente a junção PN conduz, porque nesta junção a zona neutra ou zona de depleção (zona sem portadores de carga elétrica) se torna mais estreita e a resistência elétrica diminui, facilitando assim a passagem da corrente elétrica.

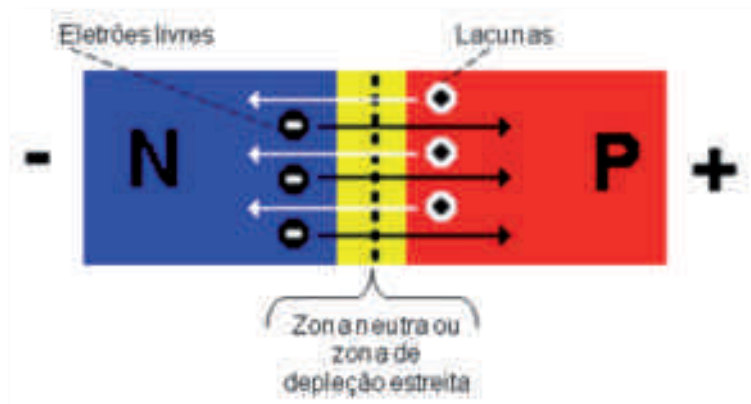


Fig. 29 – Estrangulamento da zona neutra ou de depleção

Ao invés, quando polarizada inversamente a junção PN não conduz, porque nesta junção a zona neutra ou zona de depleção (zona sem portadores de carga elétrica) tende a alargar, a resistência elétrica aumenta significativamente e a corrente elétrica deixa de passar.



Fig. 30 – Alargamento da zona neutra ou de depleção

Este efeito de maior ou menor alargamento da zona neutra ou de depleção provoca de modo correspondente uma maior ou menor queda de tensão.

Assim sendo, quando a junção PN está polarizada diretamente, a corrente elétrica ao passar pela zona neutra ou zona de depleção, que apresenta um determinado valor de resistência elétrica, origina uma conseqüente queda de tensão ( $U = R \times I$ ).

Nas junções PN de silício, essa queda de tensão pode variar entre 0,6V (Volt) e 1V (Volt). Nas junções PN de germânio, essa queda de tensão pode variar entre 0,2V (Volt) e 0,4V (Volt).



### *Atividades propostas*

#### **QUESTÕES DE REVISÃO:**

1. Em termos gerais, como se classificam os materiais?
2. Que aspetos contribuem para definir a forma dada aos materiais?
3. Que propriedades são importantes na escolha de um material?
4. O que se entende por condutibilidade elétrica?
5. O que se entende por rigidez dielétrica?
6. O que se entende por ductilidade?
7. Indique quais os principais materiais isoladores que conhece.
8. Quais os principais materiais semicondutores utilizados?
9. Que designação se atribui a um átomo eletricamente neutro quando ganha ou recebe um eletrão?
10. O que se entende por camada de valência?



# Especificação geral dos condutores e cabos elétricos

## Introdução

A definição dos diversos aspetos relacionados com a instalação elétrica fornecerá os elementos fundamentais para a adequada especificação das canalizações elétricas.

Os condutores e cabos utilizados nestas instalações abrangem vários tipos, em função das variadas aplicações para que estão destinados.

Os cabos destinados à transmissão de energia elétrica distinguem-se principalmente:

- a. Pelo tipo de instalação:
  - Doméstica;
  - Industrial;
  - Distribuição;
  - Aplicações particulares.
- b. Pela tensão de serviço entre fases U:
  - Baixa tensão (BT),  $U \leq 1000V$ ;
  - Média tensão (MT),  $1000V < U < 45000V$ ;
  - Alta tensão (AT),  $45000V \leq U \leq 225000V$ ;
  - Muito alta tensão (MAT),  $U > 225000 V$ .

Podem ainda ser cabos rígidos ou flexíveis, conforme a instalação a alimentar seja fixa ou móvel, respetivamente.

Em cada caso a considerar, a escolha deverá ser feita de maneira a conferir ao cabo as características e qualidades requeridas, quer no plano técnico quer no económico.

A escolha do cabo que melhor se adapte às necessidades, consiste em determinar os materiais apropriados para os diferentes elementos constituintes do cabo e dimensionar o mesmo em função das condições de funcionamento e instalação da canalização projetada, dentro do respeito pela regulamentação em vigor.

Para além da regulamentação, onde a houver, deverão sempre ser seguidas as boas técnicas e práticas recomendadas para a instalação dos cabos e condutores.



Importa também introduzir algumas definições, fundamentais para a correta compreensão dos assuntos relacionados com esta temática.

Assim, consideram-se as seguintes definições:

**Instalação elétrica** – É constituída pela canalização elétrica e respetivos recetores elétricos.

**Canalização elétrica** – É o conjunto constituído por um ou mais condutores elétricos e pelos elementos que asseguram o seu isolamento elétrico, as suas proteções mecânicas, químicas e elétricas e a sua fixação, devidamente agrupados e com aparelhos de ligação comum.

**Alma condutora (de um condutor isolado ou de um cabo)** – É o elemento destinado à condução da corrente elétrica, podendo ser constituído por um conjunto de fios devidamente reunidos, ou por perfis adequados.

A alma condutora pode ser unifilar (com um só fio), multifilar (com vários fios), setorial e multissetorial.

**Condutor nu** – É um condutor que não possui qualquer isolamento elétrico.

**Condutor isolado** – É a alma condutora, revestida de uma ou mais camadas de material isolante, que assegura o seu isolamento elétrico.

**Cabo isolado (ou simplesmente cabo)** – É o condutor isolado dotado de bainha, ou conjunto de condutores isolados devidamente agrupados, provido de bainha, trança ou envolvente comum.

### *Indicação para a escolha correta da especificação*

A determinação da especificação é um problema complexo, com um grande número de parâmetros em jogo, quer técnicos quer económicos.

Na maioria das situações, não é possível determinar com precisão a totalidade desses elementos, tanto mais que a interpretação de alguns é, por vezes, delicada.



É portanto necessária uma abordagem cuidada dos diversos domínios.

Nestas as informações requeridas são necessárias, a fim de permitir a escolha mais apropriada no plano técnico.

A sua importância é avaliada em cada caso estudado.

As informações reunidas e disponibilizadas ao executante do projeto da instalação elétrica permitirão a escolha global mais apropriada para a situação em questão.

E esta escolha global deverá tomar em linha de conta quer os critérios técnicos referidos, quer os critérios económicos, que têm também um lugar muito importante na escolha de uma canalização elétrica.

Existe assim um conjunto de informações determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, aplicável à generalidade destes.

Relativamente aos cabos aéreos, não são diretamente aplicáveis todas as informações seguintes, cuja determinação precisa, requer o conhecimento de informações particulares mais específicas.

Teremos então a necessidade de obter elementos quanto a:

a. Relativamente à rede de alimentação

- Natureza da corrente e modo de distribuição:
  - Corrente contínua;
  - Corrente alternada;
  - Modo de distribuição: Monofásica, bifásica, trifásica;
  - Frequência da rede.
- Tensão entre condutores no ponto da alimentação (tensão composta no caso de corrente alternada):
  - Tensão nominal de serviço;
  - Tensão máxima de serviço.
- Ponto neutro:
  - Diretamente ligado à terra;
  - Ligado a terra por intermédio de uma impedância;
  - Isolado (neste caso, é necessário precisar a probabilidade de ocorrência de defeitos fase-terra e as condições de eliminação dos mesmos).



- Sobretensões eventuais, de origem atmosférica ou outras:
  - Probabilidade de ocorrência;
  - Valor;
  - Duração.
- b. Relativamente à instalação a alimentar e às condições de funcionamento da canalização
  - Tensão entre condutores no ponto da utilização ou queda de tensão admissível;
  - Fator de potência;
  - Potência a transmitir (ativa ou aparente), ou intensidade da corrente;
  - Regime de carga:
    - Regime permanente;
    - Regime cíclico (diagrama de intensidade e duração correspondente);
    - Condições de sobrecarga (intensidade, duração, probabilidade);
  - Condições de curto-circuito na alma condutora e ecrã (intensidade, duração).
- c. Relativamente às características do cabo
  - Tensão nominal (ou estipulada);
  - Tipo de cabo (rígido, flexível, de campo radial ou não, natureza do isolamento, etc.);
  - Comprimento total do cabo;
  - Número de condutores;
  - Natureza do metal dos condutores (alumínio, cobre);
  - Condições especiais, caso existam:
    - Caderno de encargos imposto;
    - Referências particulares;
    - Condições de receção;
    - Condições de entrega (comprimentos desejados, limitações no peso e dimensões das bobinas, etc.).
- d. Relativamente às condições de instalação do cabo
  - Modo de colocação:





- Ao ar:
  - Ao ar livre, exposto ou não às radiações solares;
  - Em galeria, caleira de betão, tabuleiros ou entubado (dimensões, ventilação eventual, etc.).
- No solo:
  - Diretamente;
  - Em caleira de betão cheia de areia;
  - Em tubos (comprimento, tipo, dimensões e disposição dos tubos, etc.).
- Características térmicas do local:
  - Temperatura do ar ambiente;
  - Temperatura do solo à profundidade de colocação;
  - Resistividade térmica do solo.
- Proximidade com outros cabos (ou fontes de calor):
  - Número de cabos, tipo, natureza e secção das almas condutoras, potência a transmitir;
  - Disposição e distância em relação ao cabo considerado (esquema se possível).
- Agressividade do local:
  - Natureza do solo;
  - Imersão em água;
  - Contacto com produtos químicos (natureza dos produtos, concentração, temperatura, tipo de contacto, imersão temporária ou prolongada, etc.).
- Outras condições:
  - Colocação do cabo em instalação móvel (enrolador, grua, plataforma girante, etc.);
  - Particularidades do traçado: colocação vertical, com desnivelamentos importantes, com desníveis aéreo-subterrâneos, travessias de estradas, rios, etc.
  - Esforços mecânicos na colocação ou em serviço;



- Riscos de fenômenos de indução, provocados por outras canalizações nas proximidades;
  - Etc.
- e. Relativamente aos acessórios da instalação
- Extremidades:
    - Disposição
      - No interior;
      - No exterior;
      - Em celas ou caixas (dimensões, natureza do material de enchimento);
    - Riscos de poluição (poeiras condutoras, atmosfera salina, etc.);
  - Junções e derivações:
    - Execução;
    - Proteções particulares (mecânica, química, etc.);
  - Condições de ligação à terra.

Para além deste conjunto de aspetos de carácter técnico genérico, dependendo das regulamentações e normalizações adotadas pelos diversos países, aplicam-se ainda especificações decorrentes destas, que são também ditadas por razões de índole técnica. Se por vezes, se tornam algo complexas, também é verdade que conferem aos projetos muito maior rigor e a garantia de uma instalação elétrica muito mais fiável.

Tendo por base as prescrições CEI (Comissão Eletrotécnica Internacional) e o CENELEC (Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica), analisaremos de seguida a sequência de procedimentos definida por estas, nos seis passos seguintes.

**PASSO 1 – Avaliação das condições ambientais dos vários locais, as quais dependem de fatores de influências externas.**

Estes fatores de influências externas são representados através de um código alfanumérico, constituído por duas letras e um algarismo.

As letras indicam a categoria destas influências externas, enquanto os algarismos indicam uma graduação dessas influências, de acordo com tabelas existentes.



Para as categorias das influências, temos:

**A** – Ambiente;      **B** – Utilização;      **C** – Construção dos edifícios.

CODIFICAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS EXTERNAS				
ELEMENTOS CONSTITUINTES DO CÓDIGO	SIGNIFICADO DE CADA ELEMENTO	CATEGORIA DAS INFLUÊNCIAS		
		AMBIENTE	UTILIZAÇÃO	CONSTRUÇÃO DOS EDIFÍCIOS
1ª LETRA DO CÓDIGO	CATEGORIA GERAL	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
2ª LETRA DO CÓDIGO	NATUREZA DA INFLUÊNCIA	<b>A até S</b> (17 naturezas)	<b>A até E</b> (5 naturezas)	<b>A e B</b> (2 naturezas)
NÚMERO	CLASSE	1 a 8	1 a 5	2 e 4

Fig. 31 – Tabela de codificação de influências externas

#### A – AMBIENTE

- **AA1 a AA8** – Temperatura ambiente;
- **AB1 a AB8** – Condições climáticas (influências combinadas da temperatura e da humidade);
- **AC1 a AC2** – Altitude;
- **AD1 a AD8** – Presença de água;
- **AE1 a AE6** – Presença de corpos sólidos estranhos;
- **AF1 a AF4** – Presença de substâncias corrosivas ou poluentes;
- **AG1 a AG3** – Impactos;
- **AH1 a AH3** – Vibrações;
- **AJ** – Outras ações mecânicas;
- **AK1 a AK2** – Presença de flora ou de bolores;
- **AL1 a AL2** – Presença de fauna;
- **AM1 a AM6** – Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes;
- **AN1 a AN3** – Radiações solares;



- **AP1 a AP4** – Efeitos sísmicos;
- **AQ1 a AQ3** – Descargas atmosféricas, nível cerâmico (N);
- **AR1 a AR3** – Movimentos do ar;
- **AS1 a AS3** – Vento.

### B – UTILIZAÇÕES

- **BA1 a BA5** – Competência das pessoas;
- **BB1 a BB3** – Resistência elétrica do corpo humano;
- **BC1 a BC4** – Contactos das pessoas com o potencial de terra;
- **BD1 a BD4** – Evacuação das pessoas em caso de emergência;
- **BE1 a BE4** – Natureza dos produtos tratados ou armazenados.

### C – CONSTRUÇÃO DOS EDIFÍCIOS

- **CA1 a CA2** – Materiais de construção;
- **CB1 a CB4** – Estrutura dos edifícios.

Esta informação encontra-se condensada na tabela representada a seguir.



Ordem	1ª Letra	2ª Letra	Algarismo X	Estrutura do código	Situação normal	Designação da influência
	Categoria geral	Natureza da influência	Classe da influência			
01	A (Ambiente)	A	1 a 8	AAx	AA4 e	Temperatura ambiente
02		B	1 a 8	ABx	AB4	Condições climáticas
03		C	1 e 2	ACx	AC1, AD1, ..., AS1	Altitude
04		D	1 a 8	ADx		Presença de água
05		E	1 a 6	AEx		Presença de corpos sólidos
06		F	1 a 4	AFx		Presença de corpos e substâncias corrosivas ou poluentes
07		G	1 a 3	AGx		Ações mecânicas (impactos)
08		H	1 a 3	AHx		Ações mecânicas (vibrações)
09		J	1	AJx		Ações mecânicas (outros)
10		K	1 a 2	AKx		Presença de flora e bolores
11		L	1 a 2	ALx		Presença de fauna
12		M	1 a 6	AMx		Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes
13		N	1 a 3	ANx		Radiações solares
14		P	1 a 4	APx		Efeitos sísmicos
15		Q	1 a 3	AQx		Descargas atmosféricas, nível cerâmico (N)
16		R	1 a 3	ARx		Movimentos do ar
17		S	1 a 3	ASx		Vento



18	B (Utiliza- ções)	A	1 a 5	BAx	BA1, BB1, ..., BE1	Competência das pessoas
19		B	1 a 3	BBx		Resistência elétrica do corpo humano
20		C	1 a 4	BCx		Contacto das pessoas com o potencial de terra
21		D	1 a 4	BDx		Evacuação das pessoas em caso de emergência
22		E	1 a 4	BEx		Natureza dos produtos tratados ou armazenados
23	C (Constru- ção dos edifícios)	A	1 a 2	CAx	CA1 e CB1	Materiais de construção
24		B	1 a 4	CBx		Estrutura dos edifícios

Fig. 32 – Tabela de codificação de influências externas

PASSO 2 – Escolha do tipo de canalização.

As três figuras seguintes dão uma ideia de aplicação de regulamentações técnicas para dimensionamento de canalizações



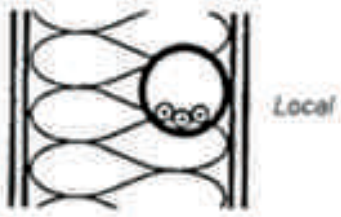
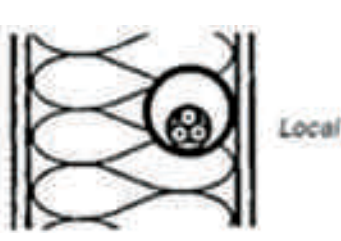
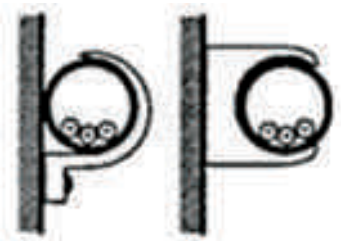
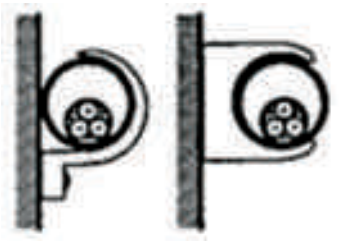
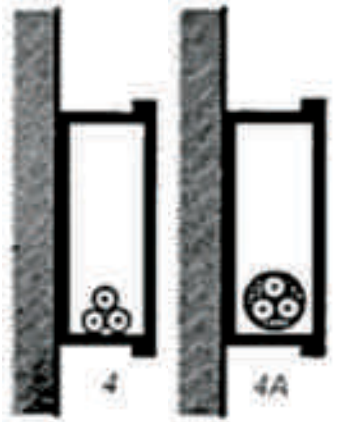
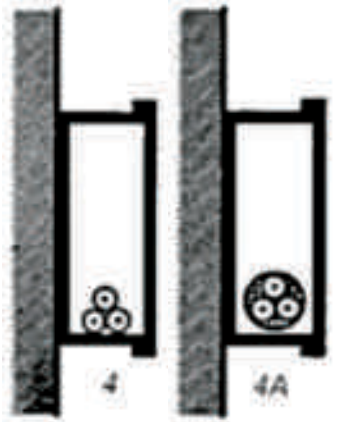
SELEÇÃO DAS CANALIZAÇÕES (QUADRO 52F – R.T.I.E.B.T.)								
Condutores e cabos	Sem fixação	Fixação direta	Condutas circulares (tubos)	Calhas	Condutas não circulares	Caminhos de cabos, escadas e consolas	Sobre isoladores	Cabos autosuportados
Condutores nus	-	-	-	-	-	-	+	-
Condutores isolados	-	-	+	+	+	-	+	-
Cabos multicondutores (*)	+	+	+	+	+	+	0	+
Cabos monocondutores (*)	0	+	+	+	+	+	0	+
(+) Permitido	(-) Interdito		(0) Não aplicável ou não utilizado na prática					
(*) Incluindo os cabos armados e os cabos com isolamento mineral								

Fig. 33 – Seleção das canalizações



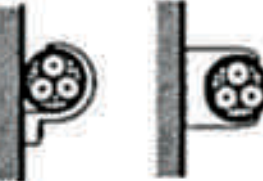

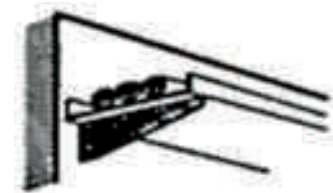
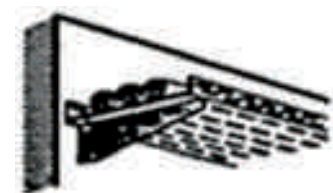
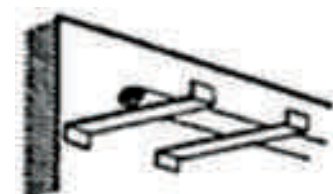
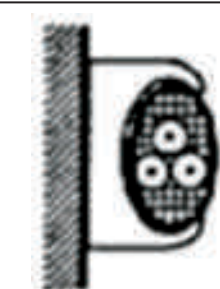






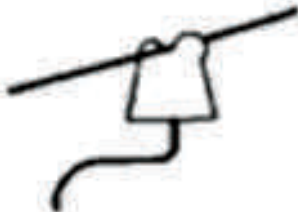
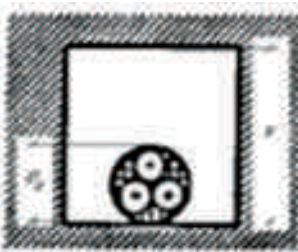


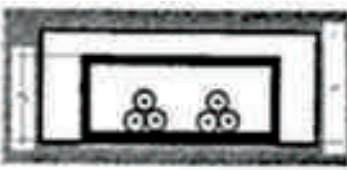


EXEMPLOS DE MODOS DE INSTALAÇÃO DAS CANALIZAÇÕES (QUADRO 52H – R.T.I.E.B.T.)			
Exemplo	Designação	Refª	Método de refª(1)
1	2	3	4
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) embebidas em elementos da construção, termicamente isolantes	1	A
	Cabos multicondutores em condutas circulares (tubos) embebidas em elementos da construção, termicamente isolantes	2	A2
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) montadas à vista	3	B
	Cabos mono ou multicondutores em condutas circulares (tubos) montadas à vista	3A	(em estudo)
	Condutores isolados em condutas não circulares montadas à vista	4	B2
	Cabos mono ou multicondutores em condutas não circulares montadas à vista	4A	(em estudo)

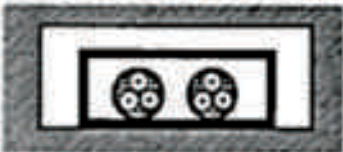
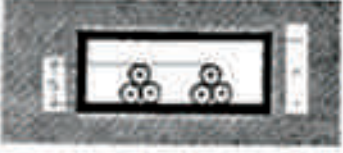
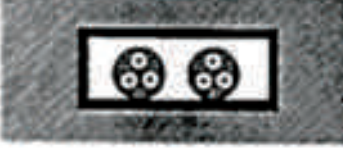
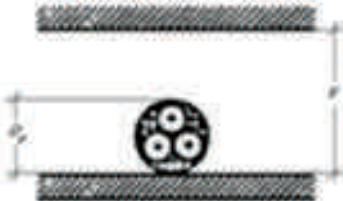
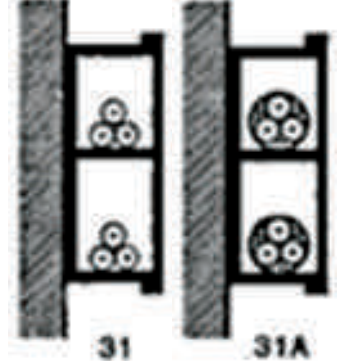




	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) embebidas nos elementos da construção, em alvenaria	5	B
	Cabos mono ou multicondutores em condutas circulares (tubos) embebidas nos elementos da construção, em alvenaria	5A	(em estudo)
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados às paredes	11	C
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados aos tetos	11A	C [3]
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em caminhos de cabos não perfurados	12	C [2](3)
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em caminhos de cabos perfurados	13	E ou F [4](3)
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em consolas	14	E ou F [4] ou [5](2)(3) G
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados por braçadeiras e afastados dos elementos da construção	15	E ou F [4] ou [5](2)(3) G



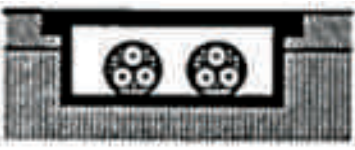
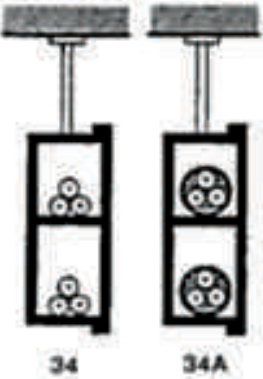



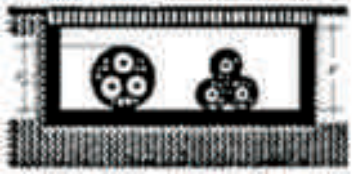
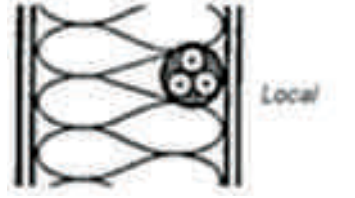

	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em escadas (para cabos)	16	E ou F [4] ou [5](2)(3) G
	Cabos mono ou multicondutores autosuportados ou suspensos por fiadores	17	E ou G
	Condutores nus ou isolados assentes sobre isoladores	18	G
	Cabos mono ou multicondutores em ocios da construção	21	B2 para: 1,5DeV5De B para: 5DeV50De (4)
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) em ocios da construção	22	B2 para: 1,5DeV20De B para: 20DeV50De (4)
	Cabos mono ou multicondutores em condutas circulares (tubos) em ocios da construção	22A	(em estudo)
	Condutores isolados em condutas não circulares em ocios da construção	23	B2 para: 1,5DeV20De B para: 20DeV50De (4)







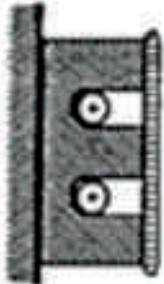
	<p>Cabos mono ou multicondutores em condutas não circulares em ocios da construção</p>	<p>23A</p>	<p>(em estudo)</p>
	<p>Condutores isolados em condutas não circulares embebidas durante a construção do edifício</p>	<p>24</p>	<p>B2 para: 1,5DeV5De B para: 5DeV50De (4)</p>
	<p>Cabos mono ou multicondutores em condutas não circulares embebidas durante a construção do edifício</p>	<p>24A</p>	<p>(em estudo)</p>
	<p>Cabos mono ou multicondutores em tetos falsos ou suspensos</p>	<p>25</p>	<p>B2 para: 1,5DeV5De B para: 5DeV50De (4)</p>
	<p>Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas fixadas a elementos da construção em percursos horizontais</p>	<p>31</p>	<p>B(5)(8)</p>
	<p>Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas fixadas a elementos da construção em percursos verticais</p>	<p>32</p>	<p>B(5)(8)</p>
	<p>Condutores isolados em calhas embebidas nos pavimentos e nas paredes</p>	<p>33</p>	<p>B(5)</p>








	Cabos mono ou multicondutores em calhas embebidas nos pavimentos e nas paredes	33A	B2
	Condutores isolados em calhas suspensas	34	B(5)
	Cabos mono ou multicondutores em calhas suspensas	34A	B2
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) ou cabos multicondutores em caleiras fechadas, em percursos horizontais ou verticais	41	B2 para: 1,5DeV20De B para: 20DeV50De (4)
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) em caleiras ventiladas	42	B(6)(8)
	Cabos mono ou multicondutores em caleiras abertas ou ventiladas	43	B(6)
	Cabos multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, termicamente isolantes	51	A
	Cabos mono ou multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, sem proteção mecânica complementar	52	C



	<p>Cabos mono ou multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, com proteção mecânica complementar</p>	<p>53</p>	<p>C</p>
	<p>Cabos mono ou multicondutores, em condutas enterradas</p>	<p>61</p>	<p>D(7)</p>
	<p>Cabos mono ou multicondutores enterrados, sem proteção mecânica complementar</p>	<p>62</p>	<p>D(7)</p>
	<p>Cabos mono ou multicondutores enterrados, com proteção mecânica complementar</p>	<p>63</p>	<p>D(7)</p>
	<p>Condutores isolados em calhas de rodapé</p>	<p>71</p>	<p>A(9)</p>



	<p>Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas de rodapé dotadas de separadores</p> <p>(* - compartimento para cabos de comunicações e de transmissão de dados)</p>	72	B(8)
	<p>Condutores isolados em condutas circulares (tubos) ou cabos mono ou multicondutores, protegidos pelos arcos das portas</p>	73	A(9)
	<p>Condutores isolados em condutas circulares (tubos) ou cabos mono ou multicondutores, protegidos pelos arcos das janelas</p>	74	A(9)
<p><b>Nota:</b> O algarismo indicado dentro de [ ] corresponde ao da referência do quadro 52E1 (fatores de correção).</p> <p><b>V</b> - é a menor dimensão ou o diâmetro do oco ou a dimensão vertical do bloco alveolar do oco do pavimento ou do teto.</p> <p><b>D<sub>e</sub></b> - é o diâmetro exterior dos cabos multicondutores ou o diâmetro equivalente dos cabos monocondutores ou o diâmetro exterior da conduta ou do bloco alveolar; quando os cabos monocondutores forem colocados em triângulo <math>D_e = 2,2d</math> e quando forem colocados em linha <math>D_e = 3d</math> (<math>d</math> - é o diâmetro exterior de um cabo monocondutor);</p> <p><b>(1)</b> - Veja-se o Anexo III.</p> <p><b>(2)</b> - Para certas aplicações, pode ser mais adequado utilizar fatores de correção específicos, como por exemplo, os indicados nos quadros 52E4 e 52E5.</p> <p><b>(3)</b> - Os valores das correntes admissíveis podem também ser usados para os percursos verticais; quando as condições de ventilação forem limitadas a temperatura na parte superior do percurso vertical pode tornar-se muito elevada.</p> <p><b>(4)</b> - Para <math>V \geq 50D_e</math> devem ser usados os métodos de referência C, E ou F.</p> <p><b>(5)</b> - Os valores das correntes admissíveis indicados para o método de referência B são válidos para um único circuito; quando se utilizar mais do que um circuito, devem ser aplicados os fatores de correção indicados no quadro 52E1, mesmo se houver divisórias ou separadores.</p>			



- (6)** - Recomenda-se limitar a utilização destes modos de instalação aos locais acessíveis apenas a pessoas autorizadas.
- (7)** - Em estudo; provisoriamente aplica-se o método D do Anexo III.
- (8)** - Para os cabos multicondutores utilizar o método de referência B2.
- (9)** - *Quando a construção destas calhas for termicamente equivalente às utilizadas nos métodos de instalação 31 e 32, podem ser usados os métodos de referência B e B2 (veja-se a nota 7).*

*Fig. 35 – Exemplos de modos de instalação das canalizações*

PASSO 3 – Determinação da secção mínima dos condutores, em função da corrente de serviço (potência a alimentar, número de fases e fator de potência), recorrendo a tabelas de fabricantes.

PASSO 4 – Determinação da corrente máxima admissível na canalização ( $I_z$ ), (ver exemplos através do Quadro 52H e do método de referência (Quadro 52C), das R.T.I.E.B.T., em anexo).

PASSO 5 – Verificação da condição de quedas de tensão.

PASSO 6 – Verificação da condição de aquecimento, para determinação do calibre da proteção da canalização.

### *Regulamentação e normas*

Independentemente da adoção de normas para instalação e colocação em serviço de cabos e condutores pelos diversos países, a adoção de normas pelos fabricantes vem limitar e de algum modo regular, a existência daqueles no mercado.

Este facto conduz à limitação da sua utilização, pela necessidade de mecanizar e automatizar as linhas de produção, permitindo situações de economia de escala, de grande importância para a competitividade destes produtos, também no aspeto comercial.





A regulamentação tem assim, um papel essencial na definição de todo o material elétrico, particularmente das canalizações.

Tem por fim assegurar:

- A qualidade e a fiabilidade do fornecimento, pela escolha apropriada do cabo, das condições de instalação e de exploração;
- Segurança na utilização, pela prevenção do perigo de correntes elétricas que circulam na vizinhança imediata de pessoas e bens.

As prescrições regulamentares, destinadas a satisfazer as exigências dos utilizadores, não devem, no entanto, constituir uma limitação à evolução técnica e um travão ao seu progresso; por isso, elas devem estar de preferência, ligadas à determinação dos objetivos visados e ao controlo dos resultados obtidos.

Por outro lado, a regulamentação, sendo fruto de uma síntese entre os pontos de vista do utilizador, do instalador e do construtor, em vários domínios, por vezes complexos, não será de modo algum satisfatória com uma apresentação simplificada.

Por isso, os regulamentos e normas devem fornecer indicações sucintas e objetivas que lhes permitam ser de aplicação corrente.

Em cada caso, será necessário procurar, antes de mais, quais são os textos suscetíveis de influenciar a determinação da canalização projetada e qual a edição em vigor do texto original.

Esquemáticamente, a ação da regulamentação exerce-se, por um lado, nas características dos cabos e, por outro, nas características da instalação.

Analisemos sucintamente ambos os aspetos.

No domínio das características dos cabos, a regulamentação é constituída por normas, especificações técnicas, cadernos de encargos, recomendações, etc., que definem os tipos de cabos e fixam as suas dimensões e características principais, assim como os meios de as controlar.

Para cada tipo de condutor ou cabo, a referência ao documento de normalização correspondente indica as entidades que fazem a sua aprovação, o que permite uma avaliação prévia sobre quais os países em que essas normas estão em vigor.

Ao nível da regulamentação internacional, é importante referir que em 1905, foi criada a «Comissão Eletrotécnica Internacional» (CEI), cuja sede é em Genebra (Suíça).



Agrupa os representantes da indústria elétrica de mais de quarenta países. Ela constitui o ramo elétrico da Organização Internacional de Normalização (ISO). Comitês de estudo especializados são responsáveis por vários assuntos.

No que diz respeito aos cabos, distinguem-se principalmente os comitês:

- N.º 20, compreendendo o subcomité 20A (cabos MT e AT) o subcomité n.º 20B (cabos BT) o subcomité n.º 20C (problemas ligados ao fogo, a corrosividade e a toxicidade dos subprodutos do fogo);
- N.º 18, cabos para instalação a bordo dos navios;
- N.º 46, cabos de telecomunicações;
- N.º 64, regras de instalação.

Os documentos que definem o caminho da evolução são usados pelos técnicos de cada país e provêm dos comitês de estudo.

Servem de base ao estabelecimento das normas nacionais, nomeadamente no plano europeu, por intermédio do CENELEC (Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica). O objetivo fundamental do CENELEC, criado em 1973 e agrupando atualmente cerca de vinte países, é, com efeito, a harmonização das diferentes normas nacionais e dos processos de certificação, de maneira a reduzir os entraves criados nas trocas entre países europeus no domínio eletrotécnico.

O processo de harmonização pode, consoante os casos, revestir-se de duas formas:

- Um documento de harmonização serve de base à revisão, num dado prazo, das diversas normas nacionais existentes; certas diferenças menores podem então subsistir nestas últimas;
- Uma norma europeia única é adaptada pelos vários países; as normas nacionais são idênticas neste caso.

Deste modo, inicialmente, os trabalhos do comité n.º 20 conduziram à aplicação da harmonização de um certo número de condutores e cabos de utilização corrente isolados em PVC ou borracha, de tensão nominal inferior ou igual a 450/750 V.

Todo o material fabricado em conformidade com uma norma harmonizada poderá ser considerado satisfatório, sem haver necessidade de o submeter às diversas normas nacionais correspondentes.



No caso dos cabos, isto traduz-se pela atribuição de uma marcação harmonizada HAR.

A dispensa disso, assim como a confirmação posterior da qualidade de produção são objeto de procedimentos, confiados em cada país, a um organismo nacional de aprovação.

No domínio das características das instalações, a regulamentação é constituída por textos oficiais que definem as condições gerais às quais devem satisfazer as instalações.

Para as canalizações elétricas, as prescrições abrangem essencialmente:

- A escolha dos condutores e cabos, segundo a natureza da instalação, fazendo referência, nalguns casos, às normas e especificações atrás enunciadas;
- As condições de instalação, de manutenção, de exploração e de proteção das canalizações.

Em primeiro lugar, figuram as prescrições administrativas (decretos e deliberações técnicas) tomadas pelos poderes públicos que fixam as regras de aplicação dos textos legislativos, precisam os casos em que é obrigatório o seu cumprimento e preveem eventualmente a sua anulação.

Uma mesma instalação poderá estar sujeita, simultaneamente a vários textos.

O controlo do seu cumprimento é assegurado pela administração respetiva.

## Constituição dos condutores e cabos

Chama-se condutor ao conjunto constituído por uma alma condutora e a sua camada isolante.

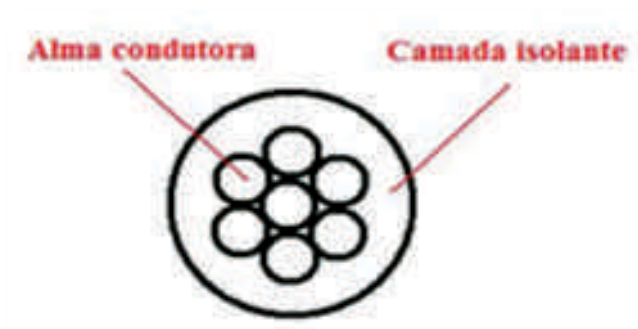


Fig. 36 – Constituição de um condutor

Um condutor munido de um revestimento exterior é designado por cabo unipolar (ou monopolar ou monocondutor).



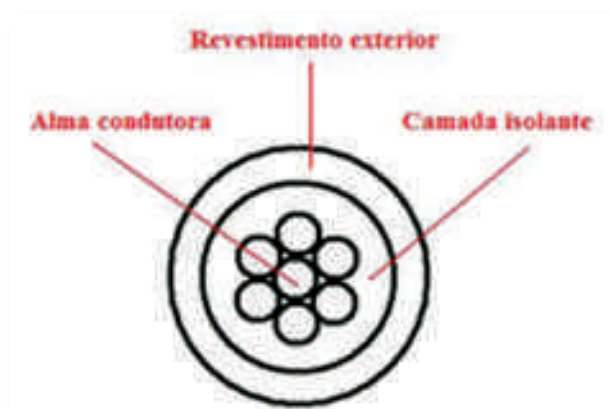


Fig. 37 – Constituição de um cabo monocondutor com alma circular

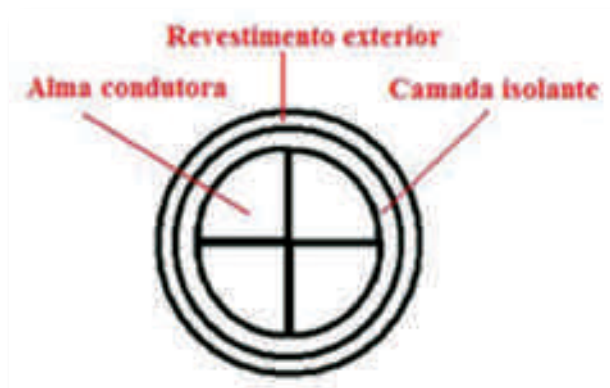


Fig. 38– Constituição de um cabo monocondutor com alma setorial

Um cabo multipolar é formado por vários condutores eletricamente distintos e mecanicamente solidários.

A designação de cabo multicondutor é, em geral, usada para cabos com mais de três condutores.

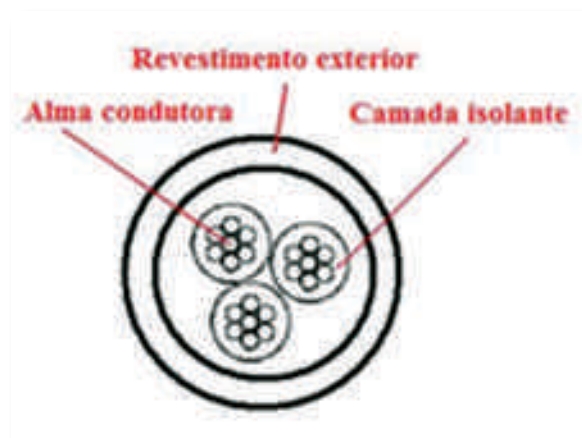


Fig. 39– Constituição de um cabo multicondutor com alma circular





Fig. 40 – Constituição de um cabo multicondutor com alma setorial

As funções da alma condutora e da camada isolante são óbvias. A alma condutora destina-se a conduzir a corrente elétrica, enquanto a camada isolante faz a separação da alma condutora com o exterior, impedindo o contacto direto com o material que conduz a eletricidade.

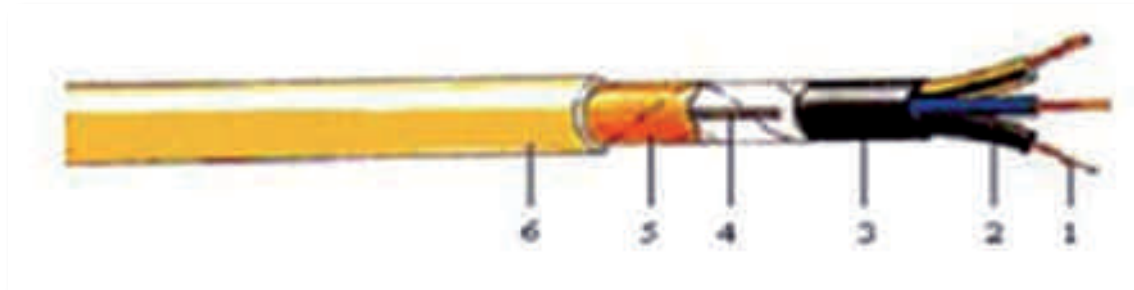
Os principais elementos constituintes dos cabos elétricos são, resumidamente, os seguintes:

- *Isolamento* – Camada de material isolante que, envolvendo a alma condutora, assegura o seu isolamento elétrico.
- *Enchimento* – Material destinado a regularizar a forma do cabo, preenchendo os espaços vazios entre os condutores isolados, garantindo que não haja descontinuidades nem pontos fracos.
- *Blindagem (ou ecrã)* – Revestimento condutor ou semiconductor que envolve cada um dos condutores isolados ou o seu conjunto, com o fim de assegurar determinadas características elétricas, como: equalização de potenciais elétricos, redução de campos eletrostáticos, redução de correntes de fuga, evitar interferências de campos eletromagnéticos com outros cabos de energia ou de telecomunicações.
- *Bainha* – Revestimento contínuo que, envolvendo completamente o condutor isolado ou o conjunto cablado (ou torcido) de condutores isolados contribui para a proteção dos cabos. Quando for metálica pode também desempenhar a função de blindagem.
- *Trança* – Revestimento constituído por fios entrançados, têxteis ou metálicos.



- *Armadura* – Revestimento metálico que tem como principal finalidade proteger o cabo contra ações mecânicas exteriores, para além de funções de natureza elétrica que possam desempenhar.

Na figura seguinte apresentam-se os elementos constituintes da generalidade dos cabos.



**LEGENDA:** 1 – Alma condutora, 2 – Isolamento (invólucro isolante), 3 – Bainha interior, 4 – Fios de continuidade, 5 – Ecrã (blindagem), 6 – Bainha exterior

*Fig. 41 – Constituição de um cabo elétrico*

### *Características particulares dos condutores e cabos*

Vamos analisar com mais cuidado os restantes constituintes, designadamente os ecrãs condutores e o revestimento exterior.

Os ecrãs condutores geralmente não são utilizados em baixa tensão.

Pela sua localização e função, distinguem-se os seguintes tipos:

- Ecrã sobre a alma condutora: ao criar uma superfície equipotencial uniforme à volta da alma, pretende-se evitar a concentração do campo elétrico nas irregularidades da superfície da mesma, o que seria prejudicial a um bom funcionamento do isolante. Este ecrã pode ser realizado por enfitamento ou por extrusão;
- Ecrã sobre a camada isolante geralmente ligado à terra permite:
  - Criar uma superfície equipotencial à volta do isolante, orientando o campo elétrico;
  - Prevenir contra os efeitos indutores dos campos eletrostáticos externos e internos;
  - Assegurar o escoamento das correntes capacitivas bem como a corrente de defeito à terra (curto-circuito homopolar);



- Assegurar a proteção das pessoas e bens em caso de perfuração do cabo, por um corpo condutor exterior, que é colocado desta maneira ao potencial da terra.

Para satisfazer estas últimas funções, emprega-se, geralmente, um ecrã metálico com a forma de uma bainha contínua, barras ou fios metálicos ou várias fitas enroladas em hélice, com interposição eventual, entre o ecrã e o isolante, de uma camada condutora não metálica enfitada ou extrudida.

Em certos tipos de cabos (cabos flexíveis para aplicação em minas por exemplo), a função essencial do ecrã é garantir a segurança em caso de incidentes que ponham em causa a integridade do cabo.

O ecrã, dito “de segurança”, pode ser constituído da mesma maneira que o anterior, ou então, por uma camada ou enchimento em matéria sintética condutora, contendo os condutores de escoamento da corrente.

O ecrã está permanentemente ligado a um potencial baixo e qualquer modificação do mesmo provoca o corte da alimentação do cabo.

Relativamente ao revestimento, este é constituído por um conjunto de camadas em materiais apropriados, destinados a conferir ao cabo uma forma determinada e a assegurar a sua proteção contra ações exteriores.

As partes deste revestimento, que formam um tubo de matéria contínua, recebem o nome de bainhas.

Nelas, distinguem-se:

- Os enchimentos ou bainha de enchimento que têm por objetivo preencher os espaços vazios entre condutores e dar ao conjunto uma geometria determinada, geralmente cilíndrica;
- A bainha de estanquidade, que deve assegurar a proteção do isolante, contra humidade ou agentes corrosivos, podendo ser metálica ou sintética;
- O revestimento exterior, que assegura a proteção química e mecânica do cabo, geralmente formado por uma bainha de material sintético.

Estes fatores vão exigir maior ou menor proteção nos cabos, bem como substâncias protetoras diferenciadas.



Os principais revestimentos protetores elétricos, mecânicos e químicos dos cabos, são os indicados na tabela seguinte:

MATERIAIS MAIS UTILIZADOS NO REVESTIMENTO DOS CONDUTORES E CABOS			
Isolamento	Bainha	Blindagem	Armadura
Policloreto de Vinilo (PVC)	Policloreto de Vinilo	Fita de alumínio	Fitas de aço
Polietileno (PEX)	Chumbo	Fita de cobre	Fios de aço
Borracha silicone	Polietileno		Trança têxtil
Papel seco ou impregnado (em óleo)	Borracha		

Fig. 42 – Materiais mais utilizados no revestimento de condutores e cabos elétricos

Os materiais mais utilizados na constituição das almas condutoras são o cobre e o alumínio.

O cobre utilizado é o cobre macio recozido, que deve apresentar as seguintes características:

- Resistividade  $\rho = 0,0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  (a 20°C);
- Apresentar-se limpo, sem oxidação, isento de produtos e defeitos nocivos à sua finalidade.

O cobre, quando isolado a borracha, deve ser estanhado para evitar a corrosão provocada pela borracha vulcanizada, devido à ação do enxofre nela existente.

O alumínio utilizado como alma condutora deve apresentar as seguintes características:

- Resistividade  $\rho = 0,0282 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  (a 20°C);
- Elevado grau de pureza;
- Apresentar-se limpo e isento de defeitos nocivos à sua finalidade.

No quadro da figura seguinte apresenta-se um resumo de características para os tipos de cobre e alumínio utilizados na fabricação de cabos.





Características	Cobre Recozido	Alumínio 3/4 duro	Liga de Alumínio (Al, Mg e Si)
Grau de Pureza, %.....	> 99,9	> 99,5 (*)	—
Resistividade a 20°C, ohm . mm <sup>2</sup> /m.....	17.241 . 10 <sup>-3</sup>	28.264 . 10 <sup>-3</sup>	32,8 . 10 <sup>-3</sup>
Coefficiente de variação da resistência ôhmica com a temperatura, a 20°C, por °C..	3,93 . 10 <sup>-3</sup>	4,03 . 10 <sup>-3</sup>	3,6 . 10 <sup>-3</sup>
Densidade a 20°C.....	8,89	2,70	2,70
Coefficiente de dilatação linear a 20°C, por °C.....	17 . 10 <sup>-6</sup>	23 . 10 <sup>-6</sup>	23 . 10 <sup>-6</sup>
Tensão de ruptura, MPa.....	230 a 250	120 a 150	295 a 350
Alongamento à ruptura, %.....	20 a 40	1 a 4	24
Temperatura de Fusão, °C.....	1080	660	780

Fig. 43 – Características físicas elétricas e mecânicas



Fig. 44– Exemplos de cabos com diferentes constituições e revestimentos

As secções normalizadas das almas condutoras (mm<sup>2</sup>) são as seguintes:

0,5/0,75/0,5/2,5/4/6/10/16/25/35/50/70/95/120/150/185/240/300/400/500/630/800/1000.

As almas dos condutores rígidos não têm obrigatoriamente um só fio.

À medida que a secção vai aumentando, os condutores deixam de ser unifilares e passam a ser multifilares.



As secções mínimas que deverão utilizadas para os diversos circuitos em locais habitacionais, deverão ter os seguintes valores:

SECÇÕES MÍNIMAS EM LOCAIS HABITACIONAIS	
Natureza dos circuitos	Secção mínima (mm <sup>2</sup> )
Iluminação	1,5
Tomadas	2,5
Máquinas de lavar louça	2,5
Máquinas de lavar e secar roupa	2,5
Termoacumuladores	2,5
Fogões	4
Climatização	2,5

Fig. 45 – Secções mínimas de cabos e condutores em locais de habitação

Na tabela seguinte indica-se a relação entre as secções mínimas dos condutores de fase e do condutor neutro e condutor de proteção.

RELAÇÃO ENTRE AS SECÇÕES MÍNIMAS DOS CONDUTORES DE FASE E DOS CONDUTORES DE NEUTRO E PROTEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	
Condutores de fase	Neutro e condutor de proteção
1,5	1,5
2,5	2,5
4	4
6	6
10	10



16	10
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
500	240
630	300
800	400
1000	500

*Fig. 46 – Relação entre as secções mínimas dos condutores de fase e dos condutores de neutro e proteção*

### *Nomenclatura de condutores e cabos elétricos*

Os condutores e cabos que se fabricam em todo o mundo, e que obedecem a padrões de normalização e respetiva certificação, apresentam características que estão de acordo com as normas referidas, como seja o caso do documento de harmonização HD – 361 do CENELEC (Comité Europeu de Normalização Elétrica).

Na tabela seguinte apresentam-se os símbolos que são utilizados de modo mais corrente, dos condutores e cabos de média e baixa tensão.



Símbolos utilizados nas designações de condutores e cabos isolados para instalações elétricas, segundo o HD 361			EXEMPLO <sup>(1)</sup>											
			H	05	V	V			-F	3	G	2,5		
		SÍMBOLO												
NORMALIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harmonizado</li> <li>• Tipo nacional reconhecido</li> <li>• Tipo nacional não reconhecido</li> </ul>	H												
		A												
TENSÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 100 / 100 V</li> <li>• ≥ 100 / 100 V; 300 / 300 V</li> <li>• 300 / 300 V</li> <li>• 300 / 500 V</li> <li>• 450 / 750 V</li> </ul>	PT-N												
		00												
		01												
		03												
		05												
C O N S T R U T I V O S	Isolamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Borracha de etileno-propileno</li> </ul>	B											
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etileno acetato de vinilo</li> </ul>	G											
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Borracha</li> </ul>	R											
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Borracha de silicone</li> </ul>	S											
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Policloreto de vinilo</li> </ul>	V											
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polietileno reticulado</li> </ul>	X											
REVESTIMENTO METÁLICO / ARMADURAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bainha lisa de alumínio, extrudida ou soldada</li> <li>• Condutor concêntrico de alumínio</li> <li>• Blindagem de alumínio</li> <li>• Armadura em fita de aço, galvanizado ou não</li> </ul>	A2												
		A												
		A7												
		Z4												
BAINHA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etileno acetato de vinilo</li> <li>• Trança de fibra de vidro</li> <li>• Policloropreno</li> <li>• Borracha</li> <li>• Trança têxtil</li> <li>• Policloreto de vinilo</li> </ul>	G												
		J												
		N												
		R												
		T												
C O N S T R U T I V O S	Forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabo circular</li> </ul>	Sem letra											
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabo plano:</li> <li>- condutores separáveis</li> <li>- condutores não separáveis</li> </ul>	H											
			H2											
NATUREZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobre</li> <li>• Alumínio</li> </ul>	Sem letra												
		A												
FLEXIBILIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condutor flexível da classe 5</li> <li>• Condutor flexível da classe 6</li> <li>• Condutor ou cabo flexível para instalação fixa</li> <li>• Condutor rígido circular cableado</li> <li>• Condutor rígido setorial cableado</li> <li>• Condutor rígido maciço circular</li> <li>• Condutor rígido maciço setorial</li> <li>• Condutor tinsel</li> </ul>	- F												
		- H												
		- K												
		- R												
		- S												
		- U												
		- W												
- Y														



Composi- ção(2)	• Número de condutores		
	• Ausência de condutor verde/ amarelo	x	
	• Existência de condutor verde/ amarelo	G	
	• Secção do condutor (mm <sup>2</sup> )		
	• Identificação por coloração	Sem letra	
	• Identificação por algarismo	N	
<p>(1) - Cabo harmonizado, para a tensão de 300 / 500 V, com isolamento em policloreto de vinilo, com condutores de cobre flexíveis da classe 5, constituído por três condutores de 2,5 mm<sup>2</sup>, sendo um deles o de proteção (H05VV-F3G2,5).</p> <p>(2) - Quando as secções dos condutores neutro e de proteção forem diferentes das secções dos condutores de fase, a composição deve caracterizar essa alteração. Por exemplo, para um cabo com condutores de fase a 35 mm<sup>2</sup> e condutores neutro e proteção a 16 mm<sup>2</sup>, a composição deve ser representada por 3X35+2G16.</p>			

Fig. 47– Símbolo usados nas designações condutores e cabos isolados

## Identificação e utilização dos condutores e cabos elétricos

As instalações elétricas de corrente alternada podem ser monofásicas ou trifásicas.

As instalações monofásicas são constituídas por um condutor de fase, um condutor de neutro e um condutor de proteção (PE).

As instalações trifásicas são constituídas por três condutores de fase (fases distintas), um condutor de neutro e um condutor de proteção.

A identificação de cada condutor é feita pela cor do isolamento do condutor, ou por meio de pintura ou enfitamento, quando se trate de condutores nus.

Esta identificação permitirá uma maior eficiência na colocação ou reparação de uma instalação elétrica.

As cores normalizadas do isolamento para identificação dos condutores são as seguintes:

- Azul claro para o neutro;
- Castanho, preto ou cinzento para a fase;
- Verde e amarelo para o condutor de proteção (PE).





Fig. 48 – Cores normalizadas para os condutores

**CABOS E CORDÕES FLEXÍVEIS – Cor dos condutores isolados e respectiva ordem sequencial**

Composição/ Número de condutores isolados	Código de cores actual				Novo código de cores (HD 308.52)	
	Condutores rígidos		Condutores flexíveis		Condutores rígidos e flexíveis	
	C/cond.V/A	S/cond.V/A	C/cond.V/A	S/cond.V/A	C/cond.V/A	S/cond.V/A
2		●●		●●		●●
3	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●● ou ●●●
4	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●● ou ●●●●	●●●●
5	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●

*Nota: Nas situações previstas com duas configurações dá-se preferência à configuração com condutor de isolamento cinzento.*

Fig. 49 – Estrutura de cores nos cabos elétricos e cordões flexíveis

Nas instalações de corrente contínua (DC), as cores mais utilizadas são o vermelho, associado ao condutor positivo, e o preto, ao condutor negativo.



Fig. 50 – Condutores de corrente contínua



## Atividades propostas

### QUESTÕES DE REVISÃO:

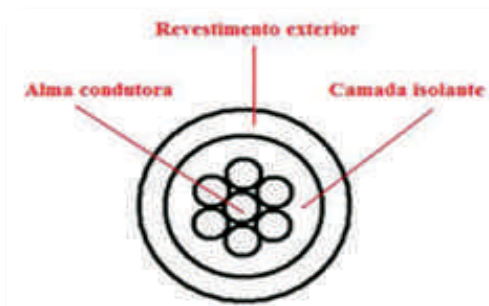
1. Quais são os primeiros critérios para se poder distinguir ou selecionar um condutor ou um cabo elétrico?
2. Que partes constituem uma instalação elétrica?
3. O que se entende por canalização elétrica?
4. O que se entende por alma condutora (de um condutor isolado ou de um cabo)?
5. O que é um condutor nu?
6. O que se entende por condutor isolado?
7. O que é um cabo isolado (ou simplesmente cabo)?
8. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente à rede de alimentação?
9. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente à instalação a alimentar e às condições de funcionamento da canalização?
10. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente às características do cabo a instalar?
11. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente às condições de instalação do cabo?
12. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente aos acessórios da instalação?
13. Que passos deveremos seguir segundo as normas CEI e CENELEC para a especificação de cabos e condutores?
14. Quais as principais vantagens da adoção de normas e regulamentos internacionais?





15. Indique a que tipos de cabo se referem as imagens seguintes:

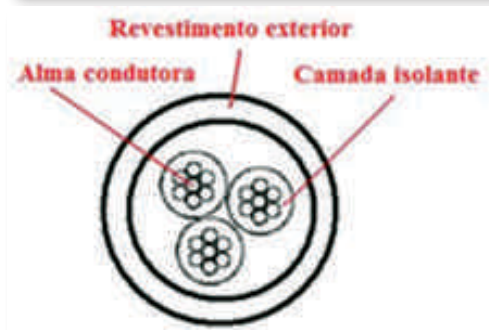
a)



b)



c)



d)



16. O que é o isolamento de um cabo?

17. O que se entende por enchimento de um cabo?

18. O que é a blindagem ou ecrã?

19. O que se entende por bainha de um cabo?

20. O que é a trança de um cabo?





21. O que se entende por armadura de um cabo?

#### **TRABALHO DE GRUPO:**

22. Organizados em grupos com composição e número de elementos a determinar pelo professor, pretende-se que os alunos desenvolvam o seguinte:

#### **TRABALHO DE GRUPO – CABOS E CONDUTORES ELÉTRICOS**

##### **1 – INTRODUÇÃO**

Após o estudo detalhado dos diversos tipos de cabos e condutores, é importante proceder a um trabalho de reflexão e de síntese sobre as matérias abordadas, com vista a uma perfeita compreensão das mesmas.

Esta etapa visa preparar o futuro técnico para uma escolha equilibrada e eficaz sobre os cabos e condutores a adotar para cada solução, mas também proporcionar a elaboração de materiais didáticos a serem utilizados pela escola.

##### **2 – OBJETIVOS**

Os objetivos para este trabalho são os seguintes:

- a. Identificar os diferentes tipos de cabos e sua utilização.
- b. Identificar as diversas características construtivas, elétricas e mecânicas dos cabos.
- c. Conhecer a nomenclatura de condutores e cabos elétricos.
- d. Compreender a interdisciplinaridade.
- e. Fortalecer e fomentar o espírito de grupo.

##### **3 – RECURSOS NECESSÁRIOS**

- Computador com acesso à internet;
- Manuais de fabricantes de condutores e cabos elétricos;
- Condutores e cabos elétricos.

##### **4 – PROCEDIMENTOS DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO**

- a. Selecionar os diferentes tipos de condutores e cabos;
- b. Construir uma tabela de condutores e cabos, suas características, e aplicações,



- recorrendo ao apoio das disciplinas ligadas às tecnologias de informação, potenciando assim a interdisciplinaridade;
- c. Elaborar painéis de condutores e cabos com troços dos mesmos, em número definido pelo professor, de acordo com as necessidades e disponibilidades, para poderem ser usados nos laboratórios da escola;
  - d. Elaborar um relatório final de síntese do trabalho.

### 5 – TABELA DE CARACTERÍSTICAS

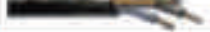
A tabela de características a elaborar, deverá contemplar no mínimo, os seguintes aspetos:

- Imagem do condutor ou cabo (para os painéis deverá existir um troço de condutor ou cabo);
- Designação;
- Descrição;
- Tensão estipulada;
- Instalação e utilização;
- Outras características relevantes.



EXEMPLO DE TABELA DE CARACTERÍSTICAS, RETIRADO DO MANUAL DE UM FABRICANTE:

## Condutores e Cabos [Parte I]

Designações e características dos Condutores e Cabos				
Designação	Descrição	Tensões Especificadas	Instalação e Utilização	
H05W-U	- Condutor unifilar de cobre. - Isolamento de PVC.	300/500 V	Em instalações de sinalização e controle.	
H05W-K, H05V-K Antena F2	- Condutor flexível de cobre. - Isolamento de PVC.	300/500 V, 450/750 V	Em instalações fixas no interior, embutidas ou à vista.	
H05V-U, H05V-R Antena F	- Condutor rígido de cobre macio unifilar (H05V-U) ou multifilar (H05V-R). - Isolamento de PVC.	450/750 V	Em instalações fixas, à vista ou embutidas, montagem de quadros e aparelhagens.	
PE-M03W-U	- Condutores rígidos unifilares de cobre macio. - Isolamento de PVC. - Bainha de regularização. - Bainha de PVC.	300/500 V	Instalações interiores de utilização de energia, instalações protegidas, estabelecidas no interior de aparelhos de utilização. Estes cabos não podem ser embutidos em paredes.	
H05W-F Antena FVV	- Condutores flexíveis de cobre. - Isolamento de PVC. - Bainha de PVC.	300/500 V	Instalações interiores fixas e móveis. Sinalização e comando.	
PT-NE5WPE-U Antena FVD	- Condutores unifilares de cobre macio, (dispostos paralelamente) - Isolamento de PVC. - Bainha de PVC.	300/500 V	Não inserir em instalações fixas à vista.	
H05W/H2 - F Antena FVSD	- Condutor flexível de cobre. - Isolamento de PVC.	300/500 V	Instalações interiores fixas e móveis. Sinalização e comando.	
H05W-H - H Antena FVSD	- Condutores extra flexíveis de cobre. - Isolamento de PVC.	300/500 V	Ligação de receptores dimencionais móveis.	
PT-NE7W7V-U, PT-NE7W7V-R, PT-NE7W7V-S	- Condutores rígidos de cobre macio. - Isolamento de PVC. - Bainha de regularização ou enfitegem. - Blindagem de fita de alumínio. - Fita de continuidade da blindagem. - Enfitagem. - Bainha exterior de PVC.	450/750 V	Instalação de utilização de energia, instalações industriais e instalações de comando e sinalização. Podem ser montados ao ar livre, em caixas ou condutas ou enterrados em valas.	
W...TV	- Condutores rígidos de cobre macio. - Isolamento de PVC (WV) ou de polietileno reticulado (WV). - Bainhas de regularização ou enfitegem. - Bainha exterior de PVC.	0,6/1kV	Distribuição de energia, instalações industriais, de comando e sinalização. Podem ser montados ao ar livre, em caixas ou condutas e enterrados em valas, devidamente protegidos.	
IVV...LVV	- Condutores multifilares de alumínio. - Isolamento de PVC (IVV) ou de polietileno reticulado (LVV). - Bainha de regularização ou enfitegem. - Bainha de PVC.	0,6/1kV	Fundamentalmente para redes de distribuição de energia e instalações industriais. Podem ser montados ao ar livre, em caixas ou condutas e enterrados em valas.	
LSVV...LSVV	- Condutores multifilares de alumínio. - Isolamento de PVC (LSVV) ou de polietileno reticulado (LSVV). - Enfitagem. - Bainha de PVC.	0,6/1kV	Fundamentalmente para redes de distribuição de energia e instalações industriais. Podem ser montados ao ar livre, em caixas ou condutas e enterrados em valas.	
WV...XAV Cabo armado	- Condutores rígidos de cobre macio. - Isolamento de PVC (WV) ou de polietileno reticulado (XAV). - Enfitagem facultativa. - Bainha interior de PVC. - Armadura de fitas de aço. - Bainha exterior de PVC.	0,6/1kV	Fundamentalmente para distribuição de energia podendo também ser utilizados em instalações industriais e instalações de comando e sinalização. Podem ser montados ao ar livre, em caixas ou condutas e enterrados em valas.	
LVAV...LVAV Cabo armado	- Condutores multifilares de alumínio. - Isolamento de PVC (LVAV) ou de polietileno reticulado (LVAV). - Enfitagem facultativa. - Armadura de fitas de aço. - Bainha exterior de PVC.	0,6/1kV	Fundamentalmente para distribuição de energia e instalações industriais. Podem ser montados ao ar livre, em caixas ou condutas e enterrados em valas.	
LSVV...LSXAV Cabo armado Condutor em alumínio nu/nuo	- Condutores sectoriais de alumínio macio. - Isolamento de PVC (LSVV) ou de polietileno reticulado (LSXAV). - Enfitagem de polietileno. - Bainha interior de PVC. - Armadura de fitas de aço. - Bainha exterior de PVC.	0,6/1kV	Fundamentalmente para distribuição de energia, podendo também ser utilizados em instalações industriais. Podem ser montados ao ar livre, em caixas ou condutas, ou enterrados em valas.	
KS...LKS Cabo adorm em traçado	- Condutores multifilares de cobre (KS) ou alumínio (LKS). - Isolamento de polietileno reticulado.	0,6/1kV	São utilizados em chegadas de redes aéreas ou em redes montadas sobre os para-raios dos edifícios (RS). Os cabos do tipo LKS são utilizados em redes aéreas de distribuição em baixa tensão.	

\* O aspecto e características dos condutores e cabos apresentados podem variar ligeiramente dependendo do fabricante.



# Representação Esquemática

## Apresentação

Este tema destina-se a introduzir o aluno no contexto do desenvolvimento da representação esquemática para assim desempenhar a interpretação e desenvolvimento de um circuito elétrico de uma habitação ou escritório.

## Circuitos de iluminação

### NOÇÕES PARA O DESENHO TÉCNICO

#### Formato do papel

O formato básico de papel designado de AO (A zero) considera um retângulo de 841 mm por 1189 mm correspondente a 1 m<sup>2</sup> de área. Deste formato derivam-se os demais formatos.

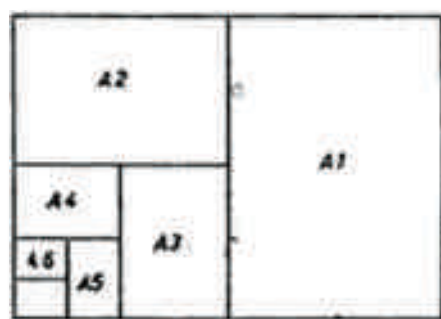


Fig. 51 - Obtenção de vários formatos da série A por subdivisão do formato AO

Designação	Dimensões mm	Margens (mm)		Area (m <sup>2</sup> )
		Lateral esquerda	Outras	
AO	841X1189	25	5	1,0000
A1	594 X 841	25	5	0,5000
A2	420 X 594	25	5	0,2500
A3	297 X 420	25	5	0,1250
A4	210X297	25	5	0,0625
A5	148X210	25	5	0,0312
A6	105X148	25	5	0,0156

Fig. 52 – Tamanhos do papel



### Fixação da folha de desenho

1. A fixação da folha de desenho ao tampo do estirador e indispensável no desenho rigoroso.
2. A fixação da folha pode fazer-se com «*punaises*», com fita gomada, ou ainda com etiquetas gomadas. O uso de fita ou etiquetas gomadas tem sobre os «*punaises*» a vantagem de não causar embaraço ao movimento das régua e esquadros e de não danificar o tampo do estirador.
3. O papel deve fixar-se de modo que fique próximo do bordo esquerdo da prancheta
4. O papel deve, além disso, ficar a uma distância do bordo inferior da prancheta que seja suficiente para se poder utilizar a régua T, quando se desenha na parte inferior da folha.
5. Quando se pretende fixar a folha, começa-se por acertar o lado superior do papel com a régua T. Em seguida, desloca-se ligeiramente a régua, segurando o papel com a mão direita e fixam-se os cantos superiores. Finalmente, desloca-se a régua T até próximo do lado inferior do papel e fixam-se os cantos inferiores.

### Réguas T e Esquadros

As regas T são constituídas por duas partes, a cabeça e a régua propriamente dita, em geral ligadas rigidamente entre si, de modo a manterem-se perpendiculares

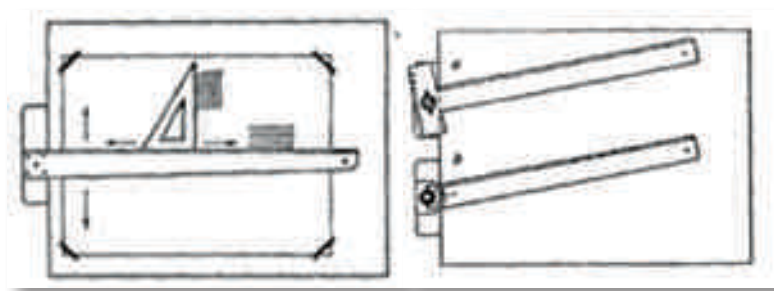


Fig. 53 – Réguas e Esquadros

Existem também régua T em que a cabeça e a régua não estão ligadas rigidamente entre si, mas por meio de um sistema de parafuso e porca de orelhas, que permite variar o ângulo entre eles. Este tipo de régua T pode ter ainda um transferidor que permite marcar diretamente o ângulo desejado.



A régua T deve trabalhar sobre o bordo esquerdo do tampo do estirador, porque se pretende que seja deslocada com a mão esquerda, ficando a direita livre para desenhar. Pela mesma razão os desenhadores canhotos deverão poder dispor de estiradores com o bordo direito retificado e de régua T capazes de trabalhar sobre este bordo.

Sobre o bordo de trabalho da régua T deslizam os esquadros, permitindo o conjunto traçar facilmente linhas horizontais e verticais.

Os esquadros que se utilizam mais correntemente são ambos de forma triangular:

- Com ângulos de 90°; 60° e 30° que se designa por esquadro de 30° ou esquadro de 60°
- Com um ângulo de 90° e dois de 45° que se designa por esquadro de 45°.

Os esquadros de 30° e 45°, isolados ou combinados entre si, permitem traçar todos os ângulos múltiplos de 15° entre 0° e 345°.

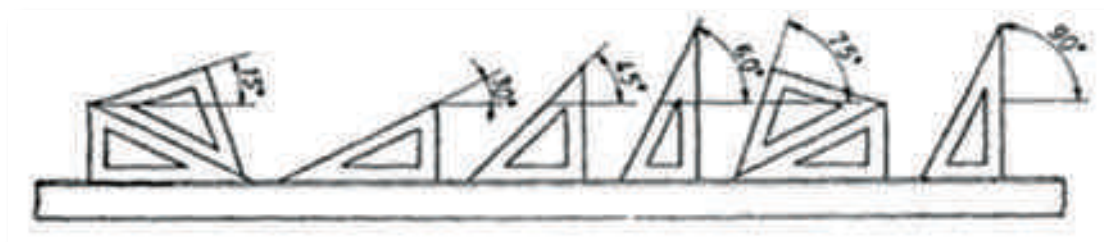


Fig. 54 -Esquadro

Utilização dos esquadros de 30° e 45° para traçado de ângulos

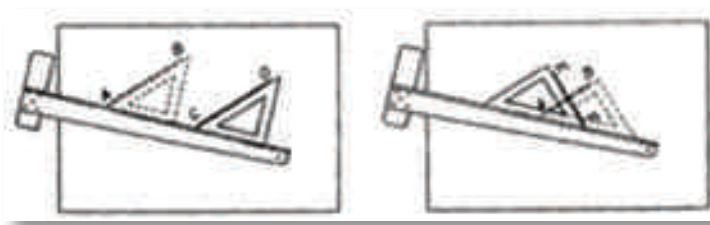


Fig. 55 – Desenho de ângulos

### Escantilhões.

Os escantilhões são instrumentos que permitem realizar o traçado de:

- Curvas; • diversos polígonos; • letras; • instalações sanitárias;
- Telecomunicações; • química; • alta tensão; • etc.





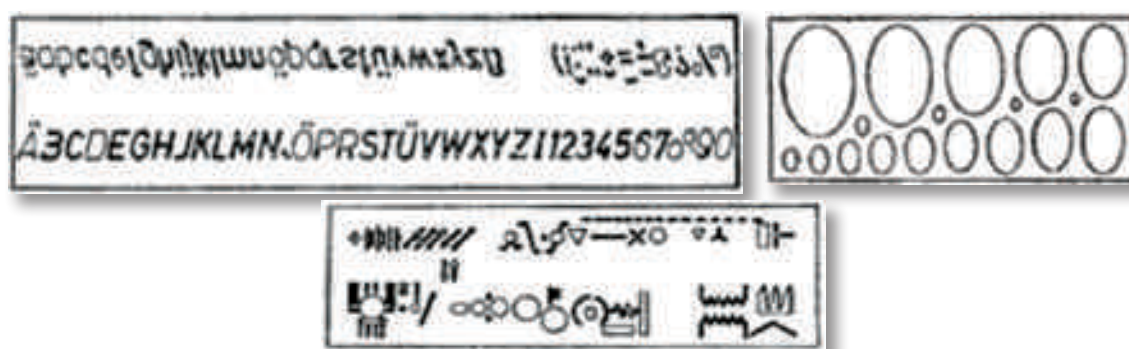


Fig. 56 – Escantilhões

### Legendas dos desenhos

Quando se executa um desenho, há necessidade de fazer constar do próprio desenho certo número de indicações que interessam a sua identificação.

Legenda com as dimensões e a disposição, a utilizar nos desenhos de Projeto, Instalação e Conservação de Infra Estruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED).

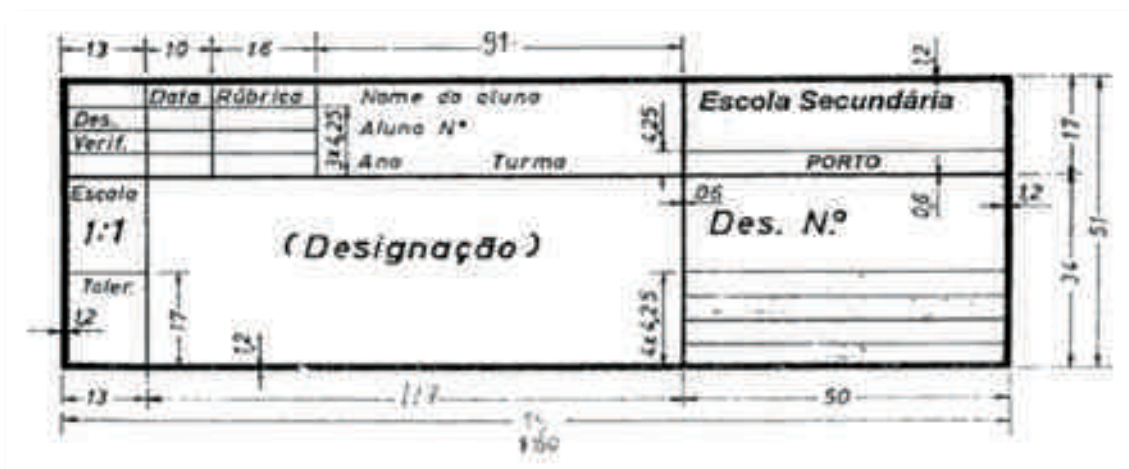


Fig. 57 – Legenda dos desenhos

## Instalações Elétricas

### Disposições Gerais

Toda a instalação elétrica deverá obedecer a requisitos fundamentais que a obrigam a uma eficiência funcional e a um tempo de vida útil suficiente.

Para tal é necessário que a instalação elétrica mantenha, dentro de determinados parâmetros, os valores de tensão e corrente necessário ao seu funcionamento.



Deverá também garantir a proteção dos utilizadores dos perigos da eletricidade (electrocuções) e da própria instalação das consequências graves, originadas por sobrecargas (provocadas por curto-circuitos ou sobrecargas).

Para atingir estes objetivos, quando se realiza um projeto elétrico, deve-se escolher os materiais das Instalações (condutores, tubos, quadros, aparelhos, etc.) que obedecem às disposições das “Regras Técnicas das Instalações Elétricas”, às normas e especificações nacionais existentes.

As características destes materiais dependem essencialmente do fim a que se destinam e das condições a que podem estar submetidos (IP e IK).

Assim, as instalações devem:

- Quanto à conceção

Ser concebidas com vista a garantir:

- a. A proteção das pessoas, dos animais e dos bens;
- b. O funcionamento da instalação elétrica de acordo com a utilização prevista.

Os circuitos devem ser convenientemente subdivididas de forma a limitar os efeitos de eventuais perturbações, facilitar a pesquisa e reparação de avarias.

- De uma forma geral deverão ser constituídas com circuitos distintos de iluminação, circuitos de tomadas e ainda circuitos distintos também para alimentação de aparelhos de potência elevada (por exemplo: máquinas de lavar roupa e louça).
- Em locais de habitação, cada circuito final não deve, em regra, alimentar mais do que oito pontos de utilização.
- Os aparelhos fixos de climatização ambiente devem ser repartidos por circuitos finais distintos dos de outras utilizações para que cada circuito alimente, no máximo, cinco aparelhos.

Todos os circuitos devem ser dotados de condutor de proteção.

Os circuitos devem ser dimensionados para a potência total dos aparelhos de utilização que por eles são alimentados, afetada dos fatores de utilização e de simultaneidade.





- Quanto ao quadro de entrada
  - Cada instalação elétrica de utilização deverá ser dotada de um quadro de entrada.
  - O quadro de entrada deve ser dotado de um dispositivo de corte geral, que corte simultaneamente todos os condutores ativos.
  - A corrente estipulada do dispositivo de corte geral deve ser, pelo menos, a correspondente à potência prevista para a instalação, com o mínimo de 16 A.
  - O quadro de entrada deve ser estabelecido dentro do recinto servido pela instalação elétrica e, tanto quanto possível, junto ao acesso normal do recinto e do local de entrada da energia.
  
- Quanto aos sistemas de proteção
  - Deverão garantir a proteção contra contactos diretos e contactos indiretos.
  
- Quanto a secção nominal mínima dos condutores
  - As secções dos condutores dos circuitos das instalações de locais de habitação devem ser determinadas em função das potências previsíveis, com os valores mínimos indicados no quadro seguinte:

Nas instalações fixas de circuitos de sinalização e comando, a secção mínima dos condutores é de 0,5 mm<sup>2</sup>. Admite-se a secção mínima de 0,1 mm<sup>2</sup> para os circuitos de sinalização e comando destinados a aparelhos eletrónicos.

Secções mínimas dos condutores dos circuitos em locais de habitação

Natureza dos circuitos	Secção (mm <sup>2</sup> )
Iluminação	1,5
Tomadas	2,5
Termoacumuladores	2,5
Máquinas de lavar e de secar roupa e loiça	2,5
Fogões	4
Climatização ambiente	2,5

*Fig. 58 – Secções dos fios*



### *Estudo, concepção e montagem de circuitos elétricos*

Normas de higiene e segurança no trabalho

As normas de higiene e segurança no trabalho revelam-se através de hábitos e técnicas, que têm como finalidade eliminar riscos, aumentando a segurança de quem trabalha e na melhoria das condições em que atua. Segundo estatísticas, 80% dos acidentes devem-se a falhas humanas.

A própria desarrumação e a limpeza dos locais de trabalho são causas de muitos acidentes. Por exemplo: não se deve utilizar qualquer aparelho elétrico, nem mexer numa instalação elétrica, quando estiverem acidentalmente molhados ou quando se tiver os pés ou as mãos molhadas.

Também quer seja em casa, na escola ou um dia mais tarde no local de trabalho, a higiene e segurança deverão ser elementos da nossa preocupação, porque são fontes de exposição, evitando muitos acidentes e revelando um pouco da nossa personalidade.

O ruído, o espaço, a iluminação, a temperatura e a ventilação são fatores que contribuem para um bom ambiente físico de trabalho.

Descurar estes elementos, não lhes atribuindo a devida atenção e no mínimo, cometer a imprudência, provocando o acidente e deficiências nos trabalhos realizados.

#### Cuidados a ter com a ferramenta utilizada

A longevidade das ferramentas e a prevenção do acidente com a sua utilização está associada a adoção de algumas regras elementares:

1. Utilizar ferramentas de boa qualidade, isoladas e que o cabo ou punho tenham uma forma adequada.
2. Manter as ferramentas limpas e verificar o seu estado periodicamente.
3. Utilizar as ferramentas só nas tarefas para as quais foram idealizadas.
4. Ter as ferramentas sempre arrumadas após a sua utilização.
5. Não colocar ferramentas nos bolsos.
6. Manusear as ferramentas corretamente.



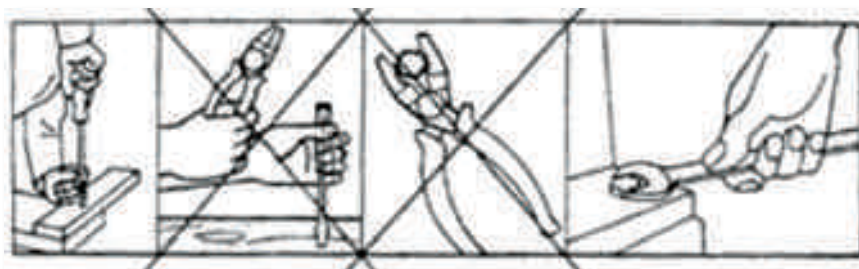


Fig. 59– Utilização correta das ferramentas

## Planeamento, programação e execução dos circuitos eléctricos

Para a execução de qualquer montagem, desde a sua idealização (definindo o tipo de instalação, de condutores e aparelhagem a utilizar em função das condições do local) até à sua concretização, várias são as fases do planeamento e programação a seguir.



Fig. 60 – Planeamento, programação e execução de circuitos eléctricos

## Esquemas de instalação

No planeamento de uma instalação eléctrica deveremos representar simbolicamente através de diversos tipos de esquemas os aparelhos, o percurso dos cabos eléctricos e as ligações entre os diversos elementos que constituem o circuito eléctrico.



Simbologia para instalações de iluminação e sinalização




















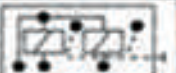


	Multifilar	Unifilar
Caixa de derivação		
Tomada monofásica		
Tomada monofásica com terra		
Lâmpada de incandescência		
Interruptor		
Comutador de lustre		
Comutador de escada		
Inversor		
Telemuptor		
Automático de escada		
Transformador		
Campainha		
Botão de pressão		
Quadro de alvos		
Trinco eléctrico		

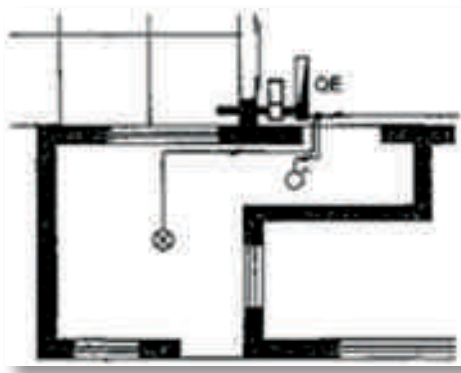
Fig. 61 – Simbologia

Para isso existem vários esquemas

**a. Esquema unifilar**

Utilizando simbologia adequada é representada a localização dos aparelhos elétricos e o percurso dos condutores com este tipo de esquema.





*Fig. 62 – Representação de um esquema unifilar na planta de uma residência*

Os condutores são representados por uma única linha, cruzada por pequenos traços oblíquos que indicam o número de condutores que representam.

Estes elementos permitem, com a planta à escala, o cálculo do comprimento dos condutores, cabos elétricos e restante material utilizado na montagem.

#### **b. Esquema multifilar**

Neste tipo de representação, representam-se os diferentes condutores e as suas ligações aos terminais dos diversos aparelhos que constituem o circuito elétrico.

Na elaboração do esquema, os trajetos da corrente elétrica (condutores) deverão ser representados por intermédio de linhas retas verticais e horizontais tendo em consideração as seguintes regras:

1. O condutor fase deverá ligar sempre primeiro ao aparelho de comando e só depois ao aparelho recetor
2. No suporte de lâmpada o condutor de fase deve ser ligado ao contacto central.
3. Na caixa de derivação o condutor neutro deverá ligar no terminal mais afastado em relação ao da fase, como norma de segurança, indo depois ligar ao aparelho recetor.
4. Evitar, na representação dos condutores, o cruzamento de linhas, para que o esquema represente com o máximo de clareza as ligações dos condutores aos terminais dos aparelhos.



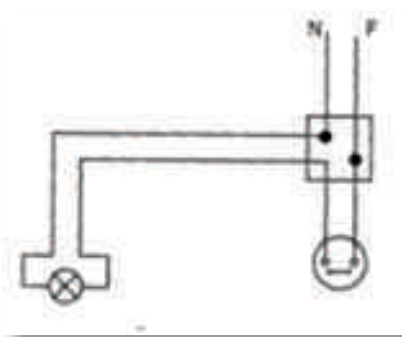


Fig. 63 – Esquema multifilar

**c. Esquema de princípio ou de funcionamento**

Este tipo de representação simplificada, que apenas considera as funções da aparelhagem, sem ter em conta a sua posição relativa, tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

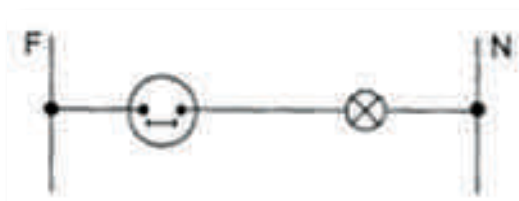


Fig. 64 – Esquema de princípio

**Material a utilizar**

O diverso material a utilizar na montagem da canalização elétrica, deverá ser adequado na sua qualidade, forma e tipo, em função do ambiente existente no local, onde será inserido o circuito elétrico.

**A) Condutores**

Os condutores e respetiva secção deverão, segundo as normas de segurança, estar de acordo com as que constam no quadro.



	<i>Condutores a utilizar</i>	
	<i>Instalação fixa a vista</i>	<i>Instalação embebida</i>
<i>Instalação de iluminação</i>	<b>H05VV-U2x1,5</b> (VV 2 x 1,5 mm <sup>2</sup> )	<b>H05V-U1x1,5</b> (V 1,5 mm <sup>2</sup> )
<i>Instalação de sinalização</i>	<b>H03VH - U2 x 0,5</b> (TVD 2 x 0,6 mm)	<b>H03V- U1 x 0,5</b> (TV 0,6 mm)
<i>Instalação de tomada</i>	<b>H05VV - U3G2,5</b> (VV 2 x 2,5 mm <sup>2</sup> + T)	<b>H05V-U1 x2,5</b> (V 2,5 mm <sup>2</sup> )

Fig. 65 – Secção dos condutores

Quanto à coloração do seu isolamento para que sejam convenientemente identificados, o regulamento estabelece:

Condutor de fase ..... preto ou castanho

Condutor neutro ..... azul-claro

Condutor de terra ..... verde/amarelo

### B) Tubos

Em canalizações a tubo, estes deverão ter um diâmetro ou dimensões da secção reta, tais que permitam o fácil enfiamento e desenfiamento dos condutores isolados.

Secção reta: 
$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$



Os tubos devem ser ligados através de união, ou caixas adequadas de modo a garantirem uma proteção eficaz em todo o seu comprimento.

Quadro de escolha do tubo VD a utilizar em função do número de condutores do tipo H05V-U e da sua secção.



Secção nominal dos condutores mm <sup>2</sup>	Diâmetro nominal dos tubos (mm)				
	Número de condutores				
	1	2	3	4	5
1.5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	16	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	90
185	50	63	75	90	90
240	50	75	90	90	110
300	63	75	110	110	110
400	63	90	110	110	—
500	75	110	—	—	—

Fig. 66 – Simbologia

### C) Canalizações

Os circuitos que fazem parte de uma instalação elétrica, a partir do quadro geral até aos recetores, podem ser executados de várias maneiras, utilizando os condutores e cabos mais apropriados para o efeito e tendo sempre em atenção o cumprimento das normas regulamentares de segurança. Assim, podemos obter pelo menos dois tipos de canalizações elétricas:





- Canalização à vista - é uma instalação em que os circuitos entre as caixas de derivação e entre estas e os aparelhos de manobra são fixados a parede por intermédio de braçadeiras.

Podem ser feitas:

- a condutor H05VV-U enfiado em tubo rígido do tipo VD;
  - a cabo do tipo H05VV-U;
- Canalização embebida - é uma instalação em que os circuitos entre caixas de derivação e entre estas e os aparelhos de manobra são feitos no interior da parede, dentro de roços previamente abertos para o efeito. Só as caixas de derivação e os aparelhos de comando são visíveis e acessíveis ao utilizador.
    - São feitas a condutor do tipo H05V-U enfiado em tubos rígido do tipo VD ou em tubo anelado.


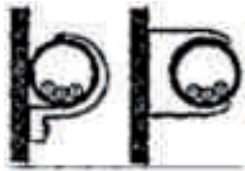
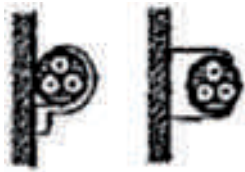


*Tubo VD*

*Tubo anelado*

*Fig. 67 – Tipos de tubo*

Exemplos de modos de instalação

	<i>Condutores isolados em condutas circulares (tubos) embebidas nos elementos da construção, em alvenaria</i>
	<i>Condutores isolados em condutas circulares (tubos) montadas a vista</i>
	<i>Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados as paredes</i>



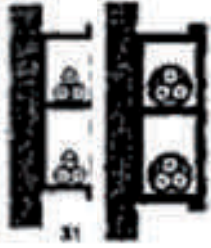

	<p><i>Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas fixadas a elementos da construção em percursos horizontais</i></p>
	<p><i>Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas fixadas a elementos da construção em percursos verticais</i></p>

Fig. 68 – Modos de instalação

## Canalizações à vista

### Canalizações a cabo

Estas canalizações são utilizadas em instalações fabris, garagens e locais temporariamente húmidos.

Os cabos, neste tipo de instalações, são fixos às paredes por braçadeiras, previamente colocadas por intermédio de pernos de aço. As caixas de derivação e de aparelhagem podem ser do tipo estanque ou blindado conforme se trate, respetivamente, de local húmido ou não.

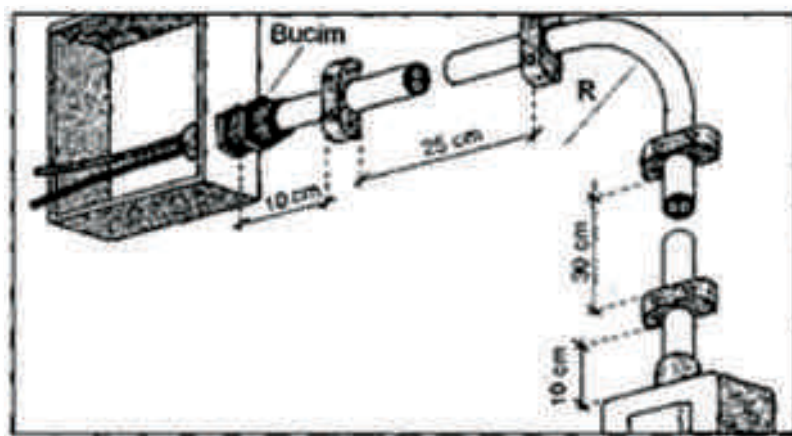
Devem ser utilizados buçins na união dos cabos com as caixas de derivação e a aparelhagem. As caixas de derivação e de aparelhagem para estas canalizações são do tipo exterior.

Normas de execução nas canalizações a vista a cabo do tipo H05 VV-U

As braçadeiras são fixadas na parede por parafuso ou perno de aço, devendo respeitar-se as distâncias indicadas na figura em baixo, para a sua colocação.

O cabo deve ser esticado e apertado pelas braçadeiras de modo a não encostar a parede.





*As curvas não podem ter um raio ( $R$ ) inferior a 10 vezes o diâmetro do cabo.  
Bucim - dispositivo cilíndrico de PVC rígido dentro do qual se encontra um elemento de borracha que tem por fim vedar a passagem de água ou humidade para o interior da caixa.*

*Fig. 69 – Curvas nos tubos*

### Canalizações a tubo

Estas canalizações são utilizadas quando os condutores necessitam de ser protegidos contra ações mecânicas.

O tubo é fixo a parede por processo idêntico ao da fixação de cabos e o equipamento utilizado (caixas de derivação e aparelhagem) é, também, idêntico ao utilizado nas canalizações a cabo.

Neste tipo de instalações, os bucins são substituídos por boquilhas e são utilizadas uniões para a junção dos tubos topo a topo, para permitir a proteção adequada dos condutores que passam no seu interior.



*União*

*Boquilhas com porca*

*Fig. 70 – União e Boquilhas*



Normas de execução nas canalizações à vista a tubo

As curvas no tubo devem ser feitas com a ajuda de uma mola, adequada ao diâmetro do tubo

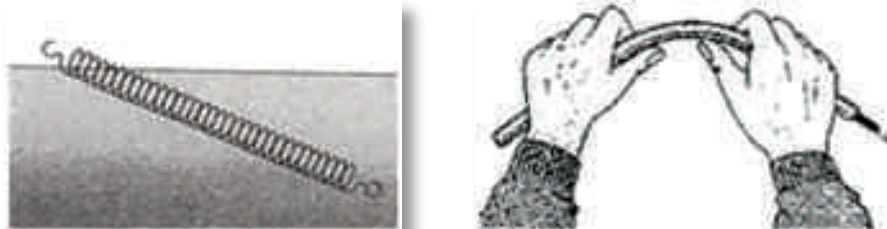


Fig. 71 – Mola

Distâncias normalizadas para o afastamento de braçadeiras para instalações a vista com tubos do tipo VD.

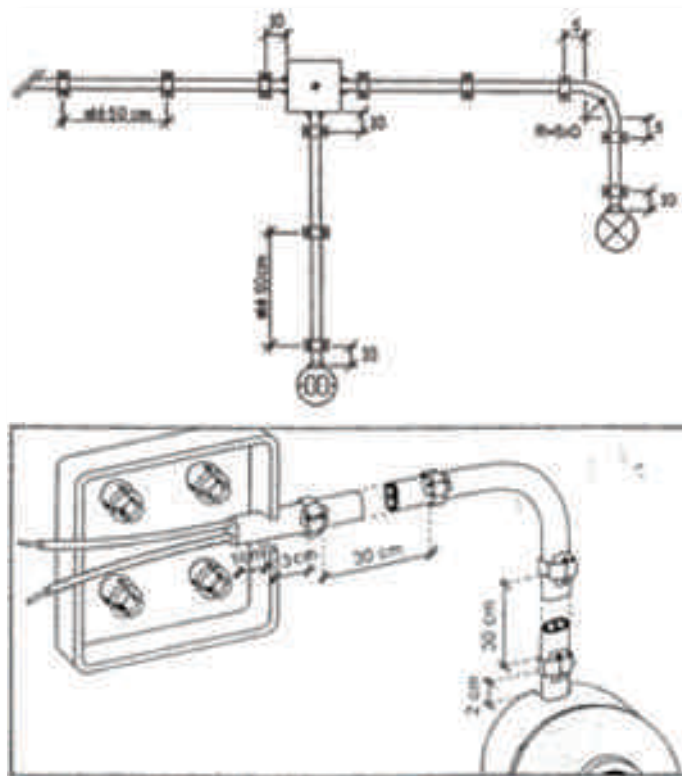


Fig. 72 – Distâncias

### Canalizações embebidas

A canalização é embebida quando o seu traçado, desde o quadro geral até aos recetores, passando pelos aparelhos de comando, não é visível.



Estas canalizações são feitas a tubo do tipo VD ou tubo anelado, embebido na parede, permitindo o enfiamento do condutor do tipo H05V-U

Quadro da escolha do tubo anelado a utilizar em função do número de condutores e da secção.

Secção nominal dos condutores mm <sup>2</sup>	Diâmetro nominal do tubo anelado (mm)			
	número de condutores			
	2	3	4	5
1,5	16	16	20	20
2,5	16	20	20	25
4	20	20	25	25
6	20	25	32	32
10	25	32	32	40
16	32	32	40	40
25	32	40	50	50
35	40	50	50	63
50	50	50	63	63
70	50	63	63	
95	63	63		
120	63			
150	63			

*Fig. 73 – Diâmetro do tubo*

Neste tipo de instalações são utilizados vários acessórios, como por exemplo:

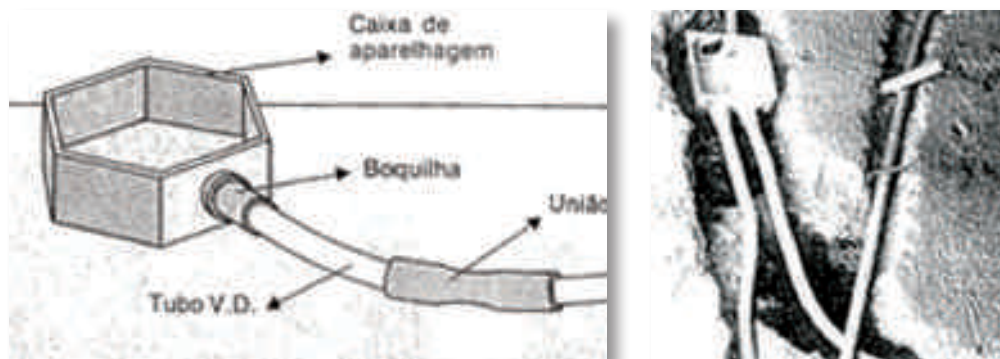
- Caixas de aparelhagem;
- Boquilhas;
- Uniões.

Caixas de aparelhagem - são caixas feitas em material plástico (PVC) dentro das quais são colocados os aparelhos de manobra e utilização e onde são feitas as ligações destes aparelhos aos condutores.



Boquilha - peça em plástico rígido ou flexível que permite estabelecer a união do tubo a caixa de derivação e a caixa de aparelhagem.

União - dispositivo em plástico rígido que permite unir dois tubos topo a topo.



Caixas de aparelhagem

Roço

Fig. 74 – Caixa e Roço

A tubagem, neste tipo de canalização, é colocada em roços feitos nas paredes para o efeito, e vai permitir a ligação entre as caixas de derivação e entre estas e as caixas de aparelhagem.

Roço - Abertura longa e estreita, feita num elemento da construção (parede, teto ou pavimento) para instalação de condutas ou de certos tipos de canalizações e tapada após a instalação destes.

As caixas de aparelhagem e de derivação devem ser embebidas na parede, para que se possam instalar posteriormente a aparelhagem e as placas de bornes.

Os condutores e os cabos só devem ser enfiados nas condutas embebidas em roços nos elementos da construção após a colocação destas.

Os condutores do tipo H05V-U devem de ser enfiados nos tubos antes de se taparem os roços com massa de cimento.

O raio de curvatura de uma canalização deve ser tal que os condutores e os cabos não possam ser danificados.

O percurso das canalizações embebidas em roços e que sejam fixadas rigidamente aos elementos da construção deve ser vertical, horizontal ou paralelo às arestas das superfícies de apoio. No caso de canalizações embebidas no betão, pode seguir-se o percurso prático mais curto.



Medidas regulamentares na colocação dos diferentes tipos de aparelhagem em instalações a vista ou embebedas:

### Aparelhos elétricos

Os aparelhos elétricos classificam-se em função da utilização em:

- Aparelhos de comando (ex:)



*Interruptor*



*comutador*



*botão de pressão*

- Aparelhos de ligação (ex:)



*Tomada*



*placa de ligadores*



*caixa de derivação*

- Aparelhos de utilização (ex)



*Lâmpada*



*campainha*

- Aparelhos de transformação (ex:)



*Transformador*





Medidas regulamentares na colocação dos diferentes tipos de aparelhagem em instalações à vista ou embebida.

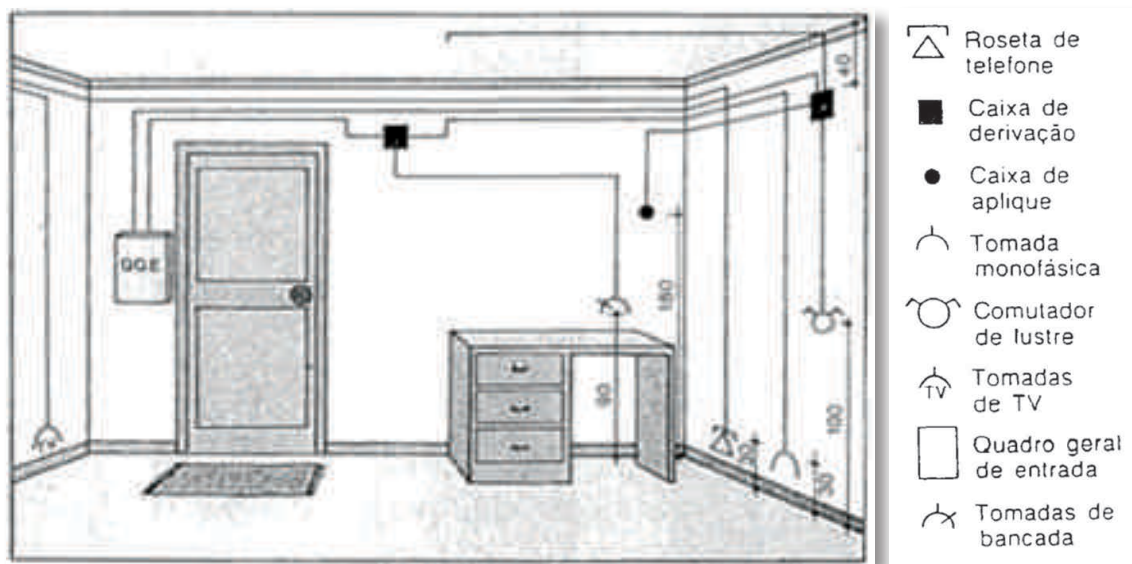


Fig. 75 – Medidas

Painéis de iluminação

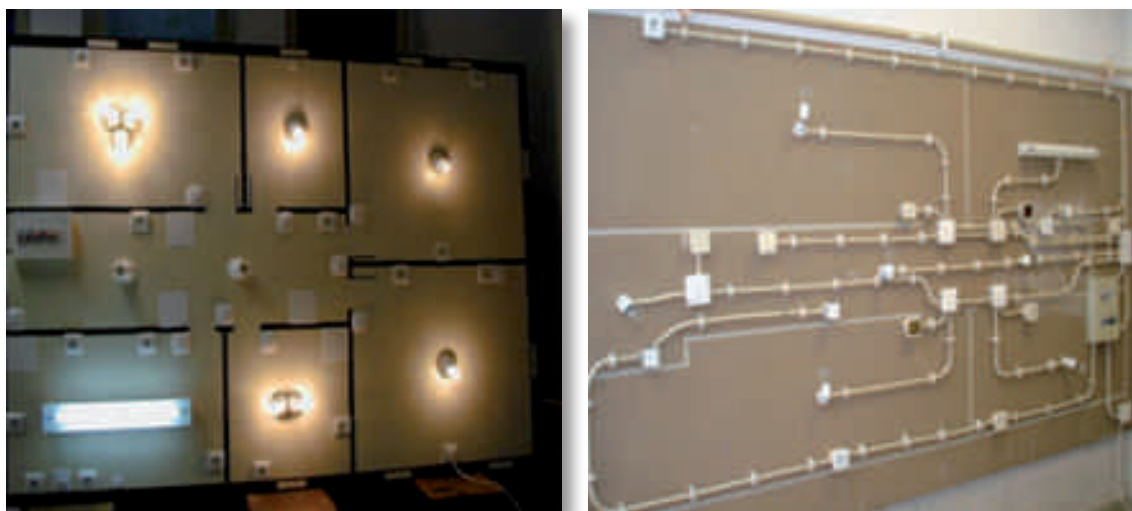


Fig. 76 – Painéis

Aplicações de algumas canalizações elétricas.

Planta de um andar: circuito de iluminação.





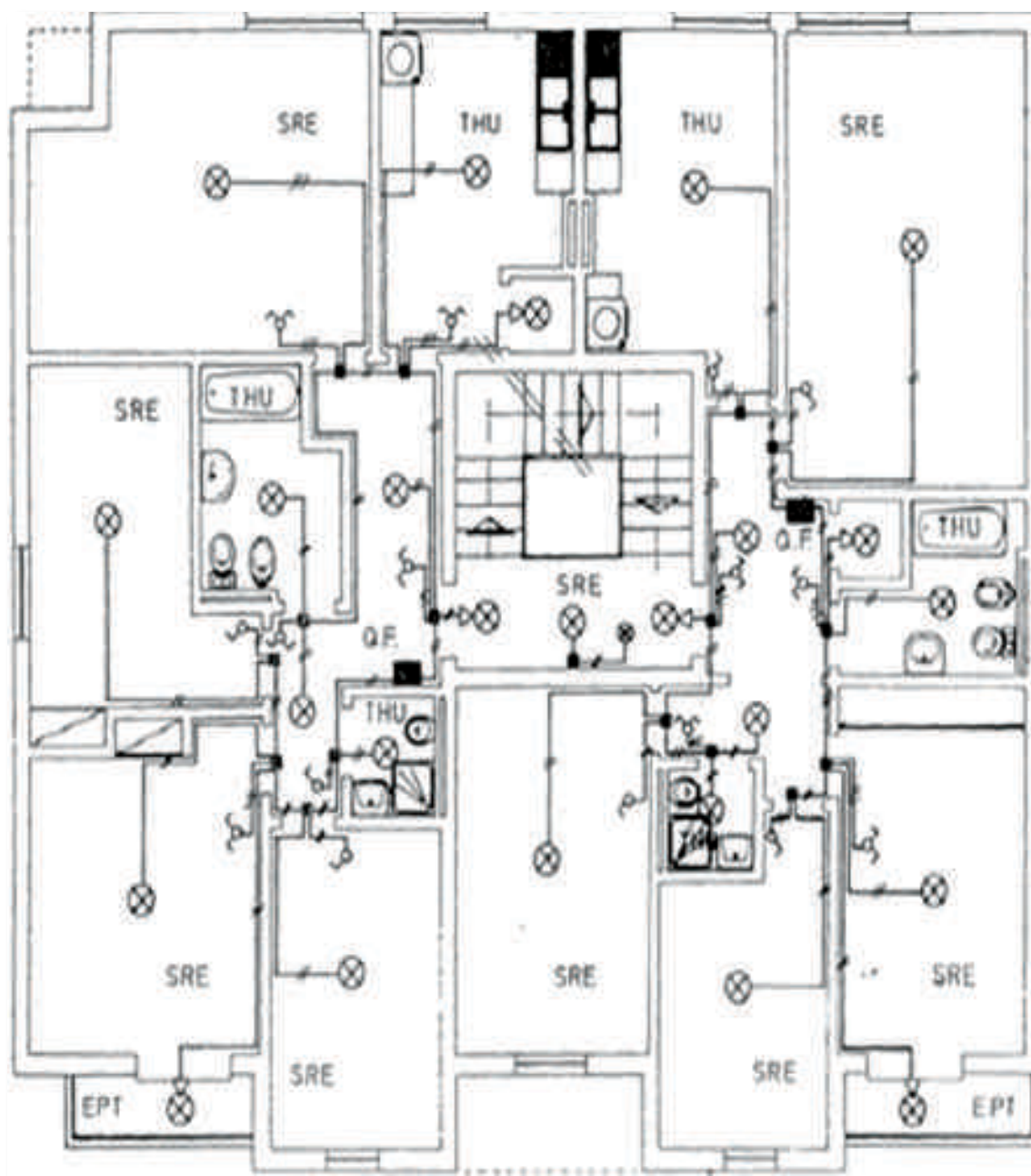


Fig. 77 – Planta

- Locais SRE — Locais sem riscos especiais
- Locais THU — Locais temporariamente húmidos
- Locais HUM — Locais húmidos
- Locais MOL — Locais molhados
- Locais EPT — Locais expostos
- Locais SUB — Locais submersos
- Locais POE — locais poeirentos
- Locais AGO — Locais de ambiente corrosivo



Locais ATP — Locais sujeitos a altas temperaturas

Locais BTP — Locais sujeitos a baixas temperaturas

Locais AMI — Locais sujeitos a ações mecânicas intensas

Locais RIN — Locais em risco de incêndio

Locais REX — Locais em risco de explosão



# Instalações Elétricas

## *Apresentação*

Neste tema vamos abordar os circuitos que poderemos ter de desenvolver de raiz ou reparar o circuito já existente numa habitação ou escritório.

## *Montagem de circuitos de iluminação*

Interrupção simples com lâmpada de incandescência

É empregue sempre que se deseja comandar de um só lugar um único circuito, com uma ou mais lâmpadas.

### **Esquema funcional**

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer às ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

N – Neutro (potencial elétrico de 0 Volt)

F – Fase (potencial elétrico de 230 Volt)

### **Esquema unifilar**

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.



**Esquema estrutural**

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

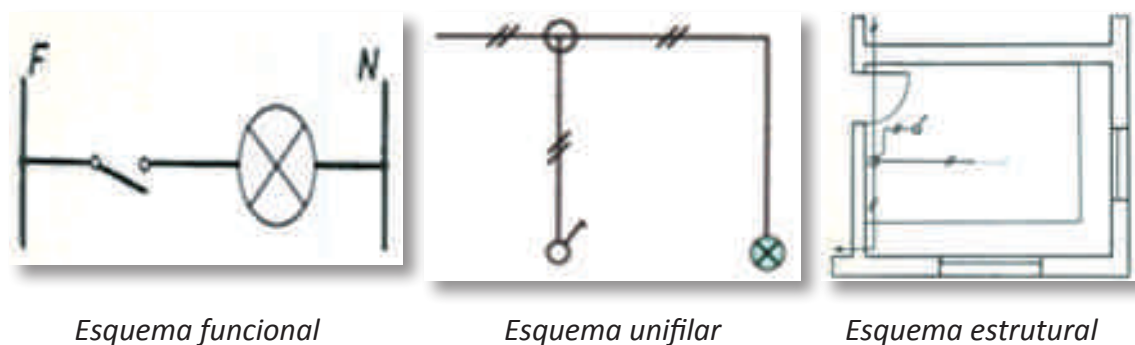


Fig. 78 – Esquemas

**Esquema multifilar**

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

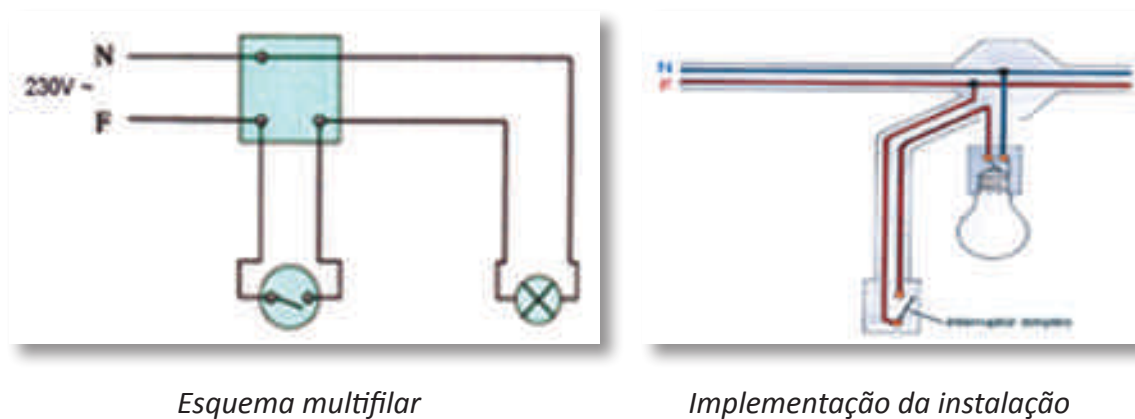


Fig. 79 – Esquema Multifilar

**Interrupção simples com lâmpada fluorescente**

Ao contrário das lâmpadas de incandescência, as lâmpadas fluorescentes necessitam de um balastro e arrancador para arrancarem.



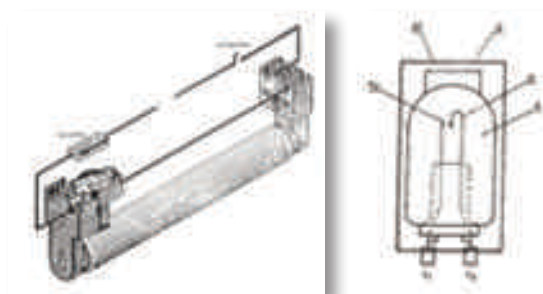


Fig. 80 – Lâmpada fluorescente

### Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

### Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.

### Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

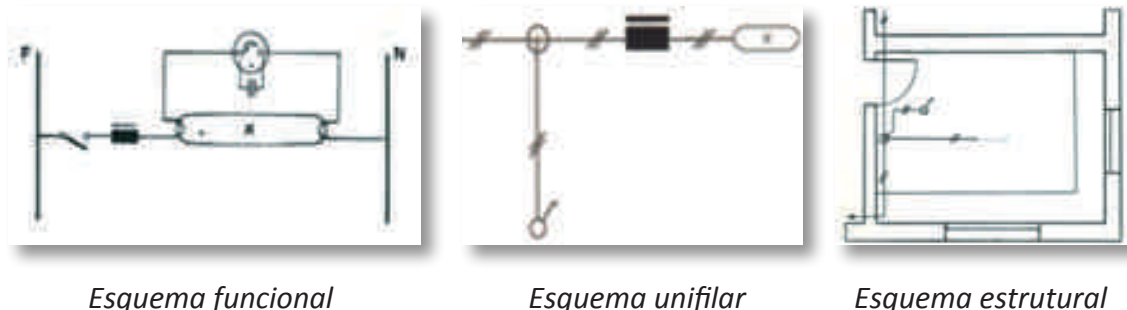
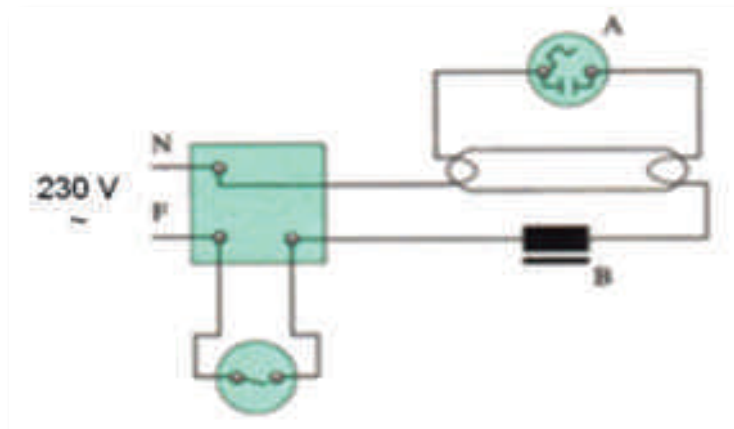


Fig. 81 – Esquemas



### Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.



A – Arrancador B – Balastro

Fig. 82 – Esquema multifilar

### Comutação de lustre

É empregue sempre que se deseja comandar de um só lugar dois circuitos, com uma ou mais lâmpadas.

### Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

### Esquema unifilar

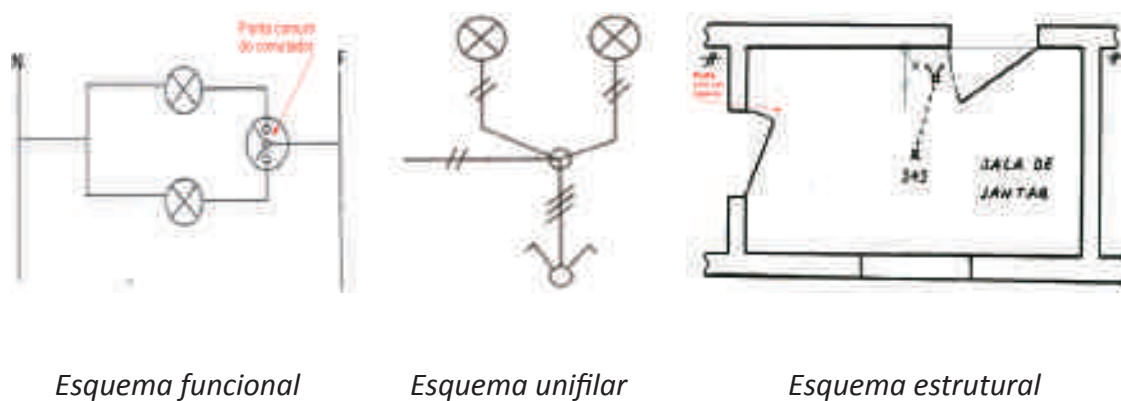
A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.



### Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.



Esquema funcional

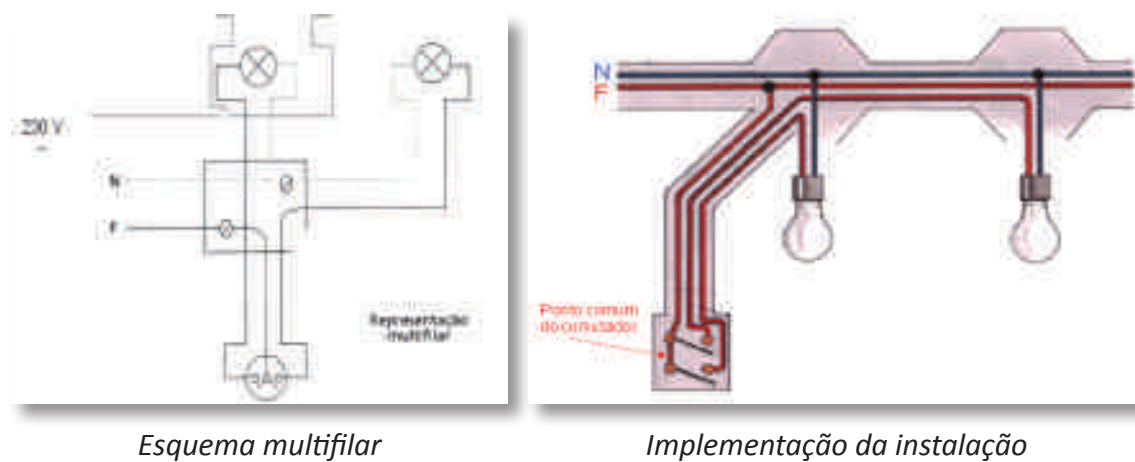
Esquema unifilar

Esquema estrutural

Fig. 83 – Esquemas

### Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.



Esquema multifilar

Implementação da instalação

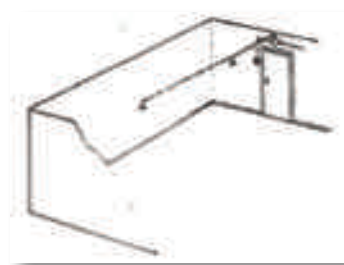


Fig. 84 – Esquemas



### **Comutação de escada ou de quarto**

Montagem que tem por objetivo o comando de um só circuito elétrico de dois sítios diferentes.

As escadas, quartos, certos corredores e salas com duas entradas são exemplos de locais onde, por funcionalidade e comodidade, as lâmpadas devem ser comandadas de dois locais diferentes. Acende-se na “entrada”, apaga-se na “saída” e vice – versa.

### **Esquema funcional**

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

### **Esquema unifilar**

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

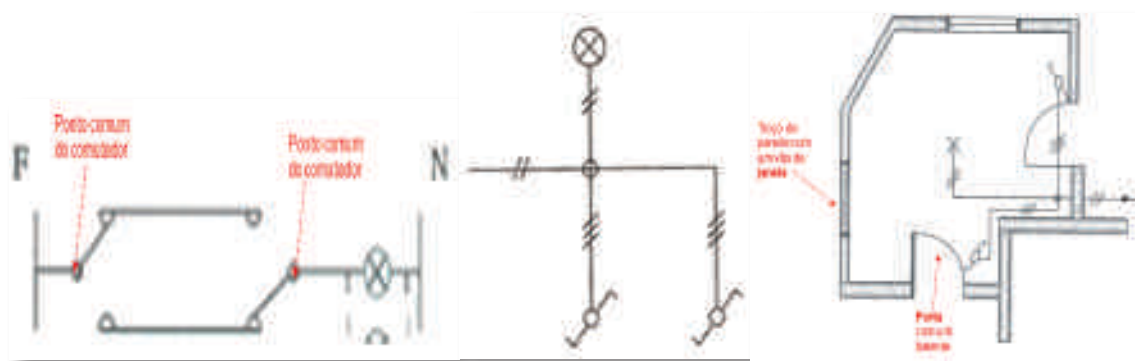
A simplicidade desta representação faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.

### **Esquema arquitetural**

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.







Esquema funcional

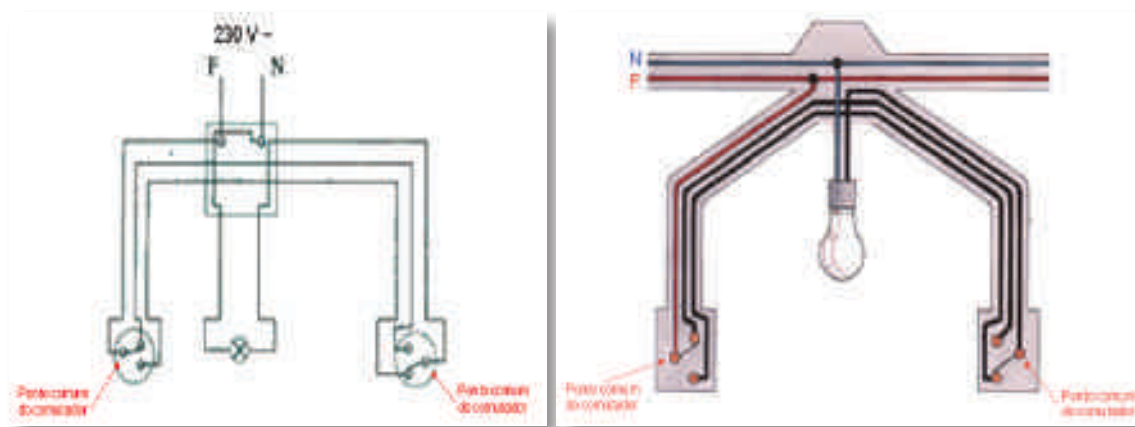
Esquema unifilar

Esquema arquitetural

Fig. 85 – Esquemas

### Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.



Esquema multifilar

Implementação da instalação

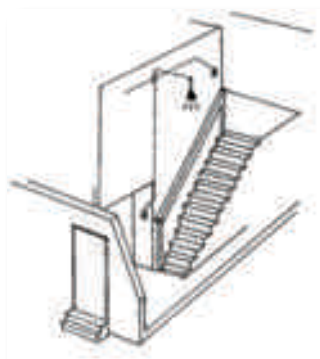


Fig. 86 – Esquemas

### Comutação de escada com inversor

Montagem que tem por objetivo o comando de um só circuito elétrico de mais de dois sítios diferentes.



É utilizada em corredores compridos, corredores em ângulo, caixas de escada, etc.

### Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

### Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.

### Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

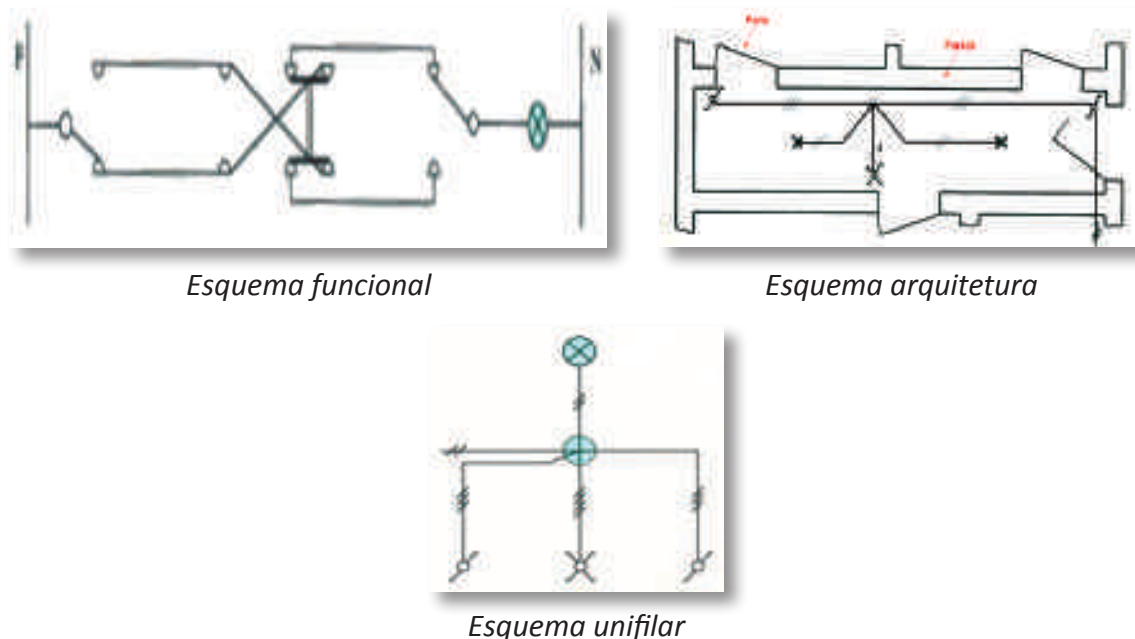


Fig. 87 – Esquemas



### Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

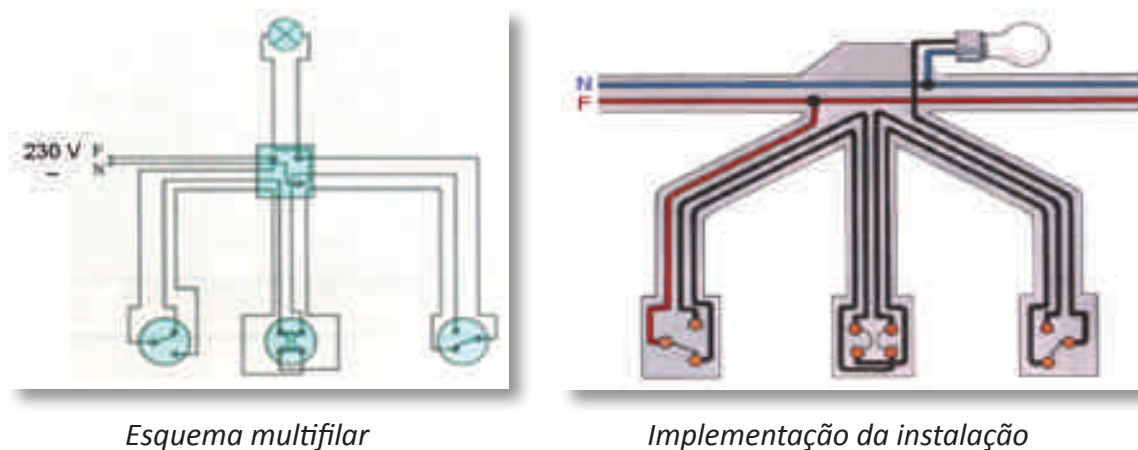


Fig. 88 – Esquemas

### Dupla comutação de escada

Utiliza-se quando se pretende comandar dois circuitos elétricos de dois sítios diferentes.

### Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

### Esquema unifilar

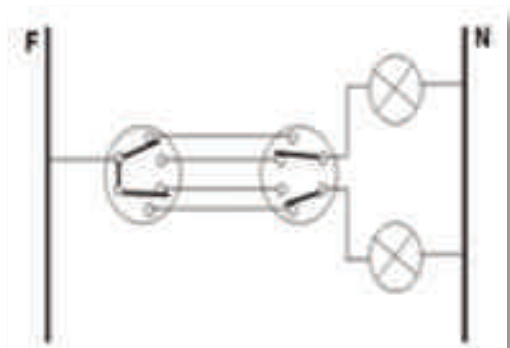
A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.

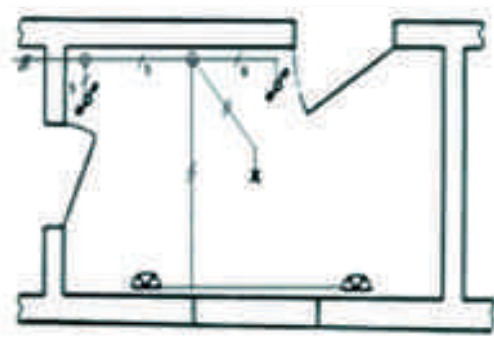


**Esquema arquitetural**

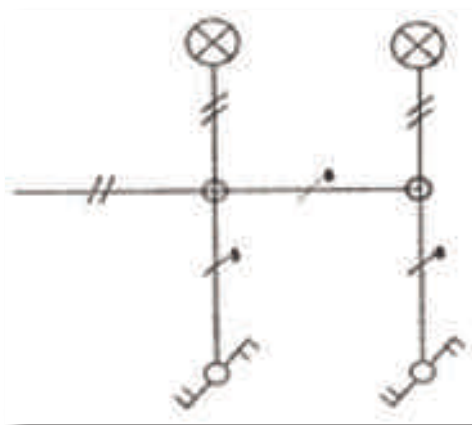
Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.



*Esquema funcional*



*Esquema arquitetural*



*Esquema unifilar*

*Fig. 89 – Esquemas*

**Esquema multifilar**

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.



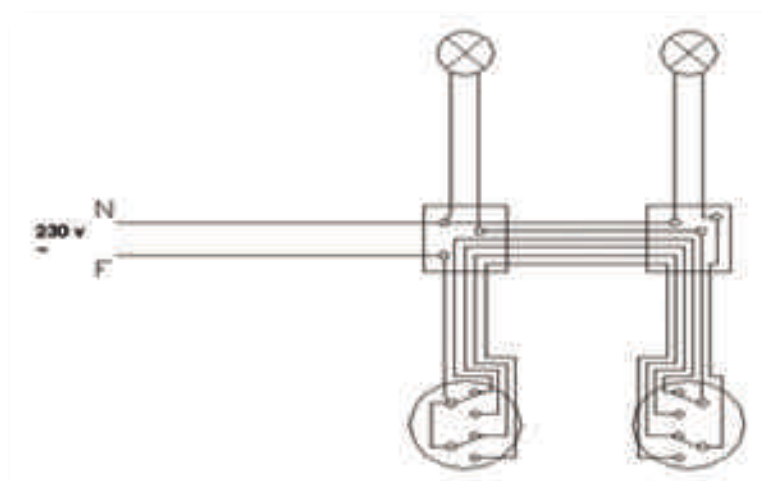


Fig. 90 – Esquema multifilar

### Automático de escada

O automático de escada é um aparelho controlado à distância, por botões de pressão, que comanda um circuito e o faz de seguida abrir automaticamente ao fim de um determinado tempo.

Tem como função evitar que as lâmpadas das escadas de imóveis com vários andares fiquem, por esquecimento, constantemente ligadas

### Esquema funcional

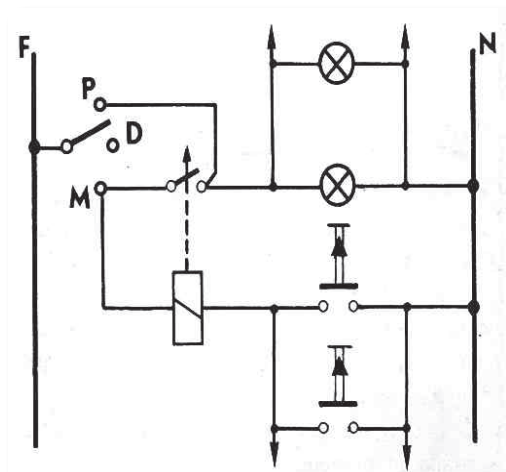
Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

### Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.





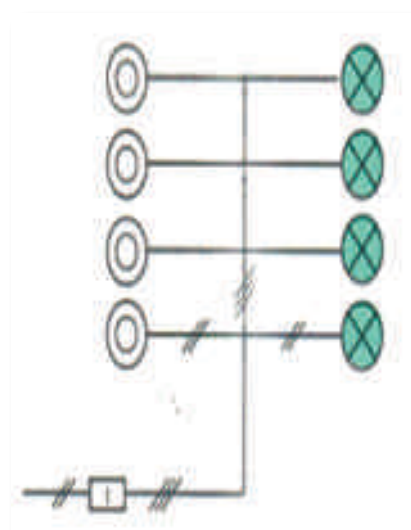
Posições seleccionáveis no automático de escada

P - Permanente

D - Desligado

M - Manual

Esquema funcional



Esquema unifilar

Fig. 91 – Esquemas

### Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

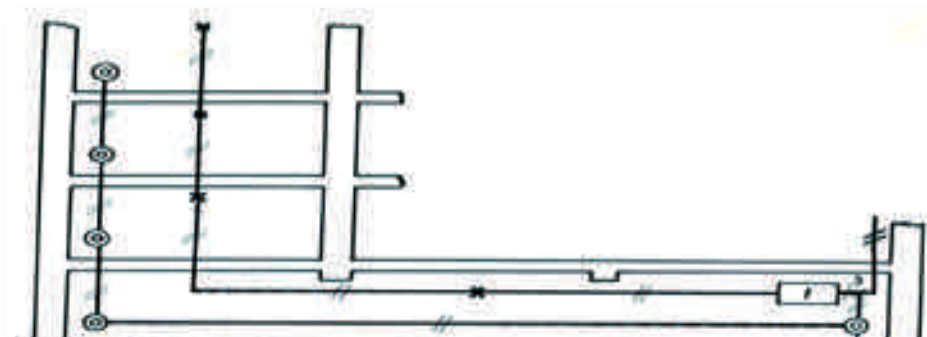


Fig. 92 – Esquema arquitetural



### Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

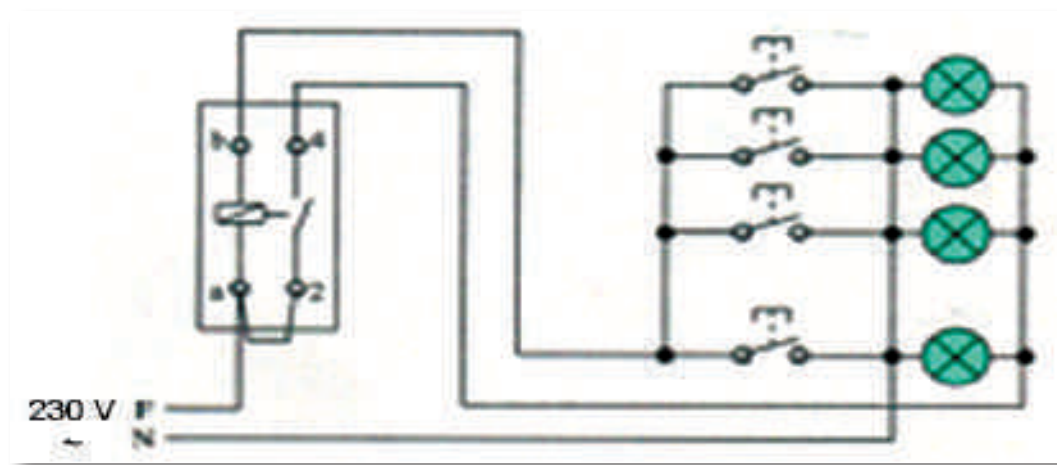


Fig. 93 – Esquema multifilar

### Telerruptor

Tem como função comandar um circuito elétrico de vários sítios, através de botões de pressão.

As instalações com comando por telerruptor substituem os comutadores/inversores por botões de pressão, originando uma redução do número de condutores e de custos.

### Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

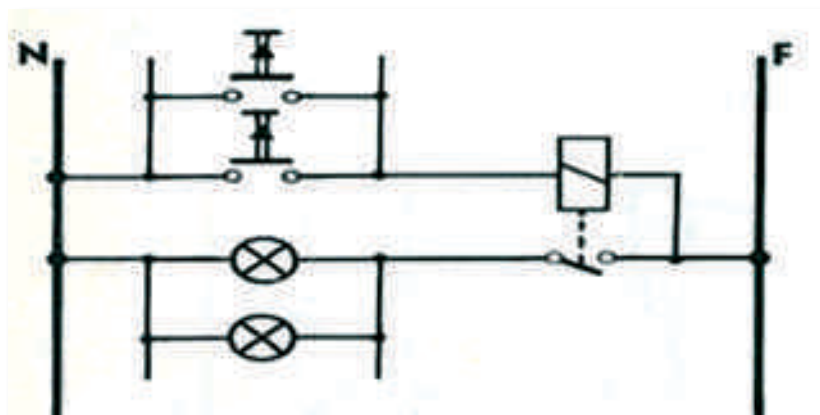
### Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

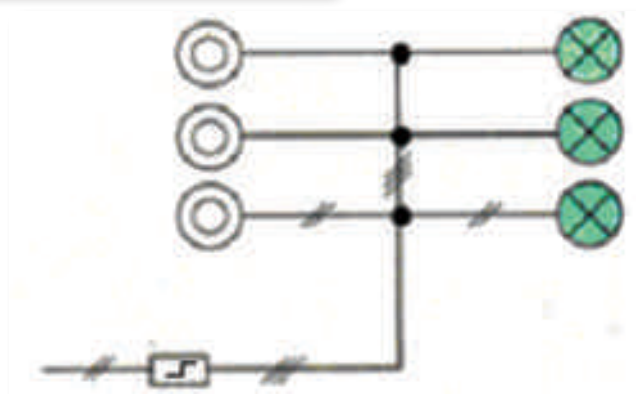




A simplicidade desta representação faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.



Esquema funcional



Esquema unifilar

Fig. 94 – Esquemas

### Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

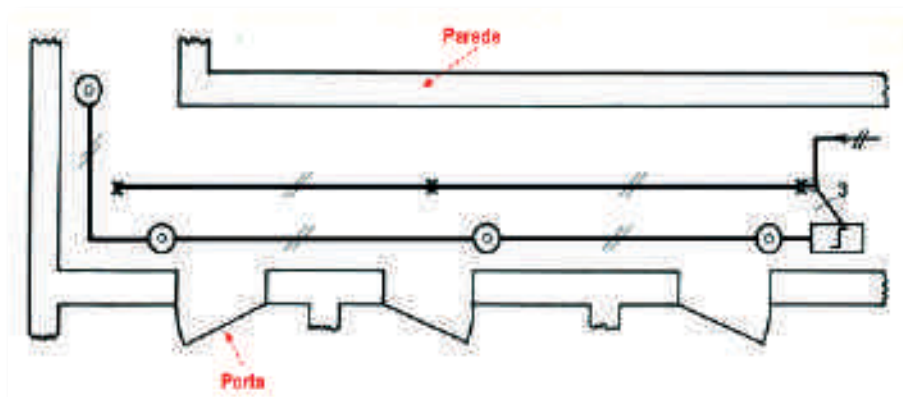


Fig. 95 – Esquema arquitetural





### Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

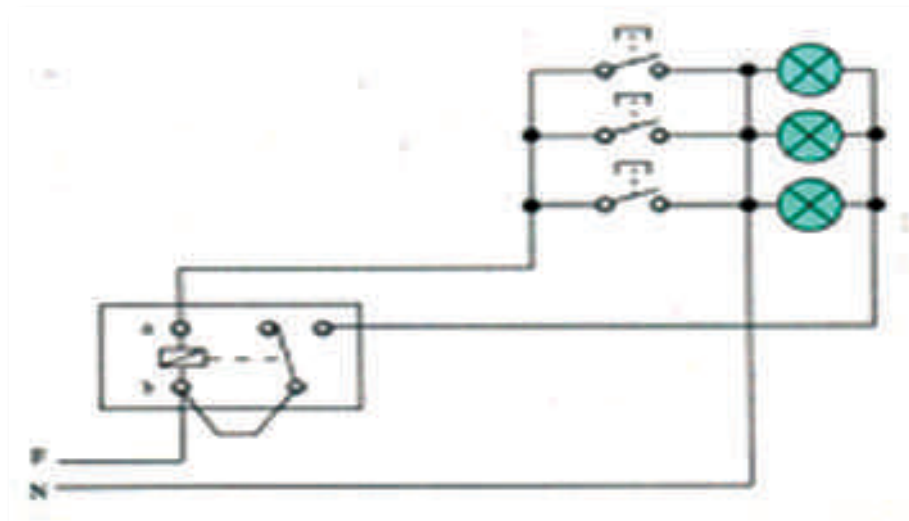
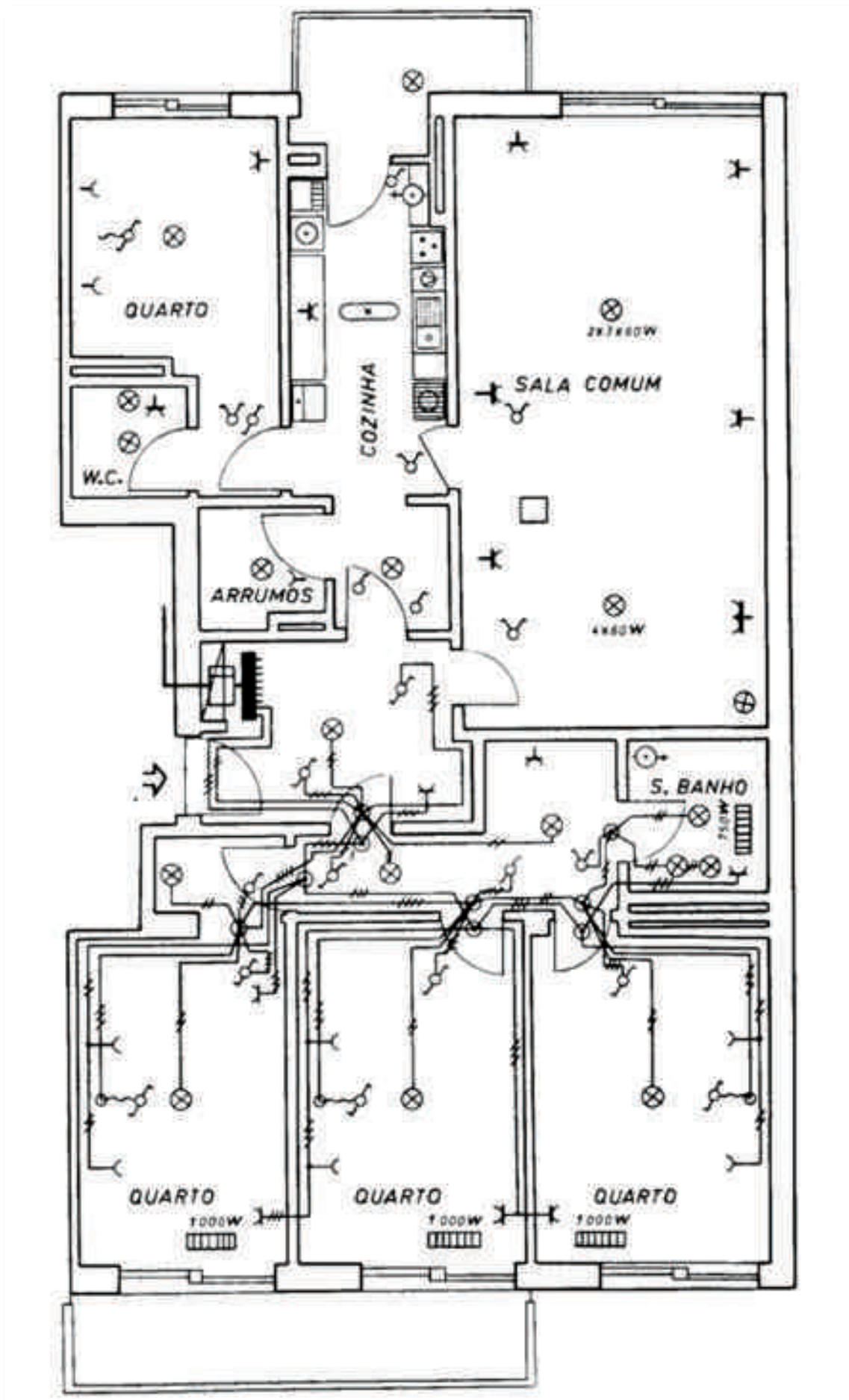


Fig. 96 – Esquema multifilar

### Material necessário





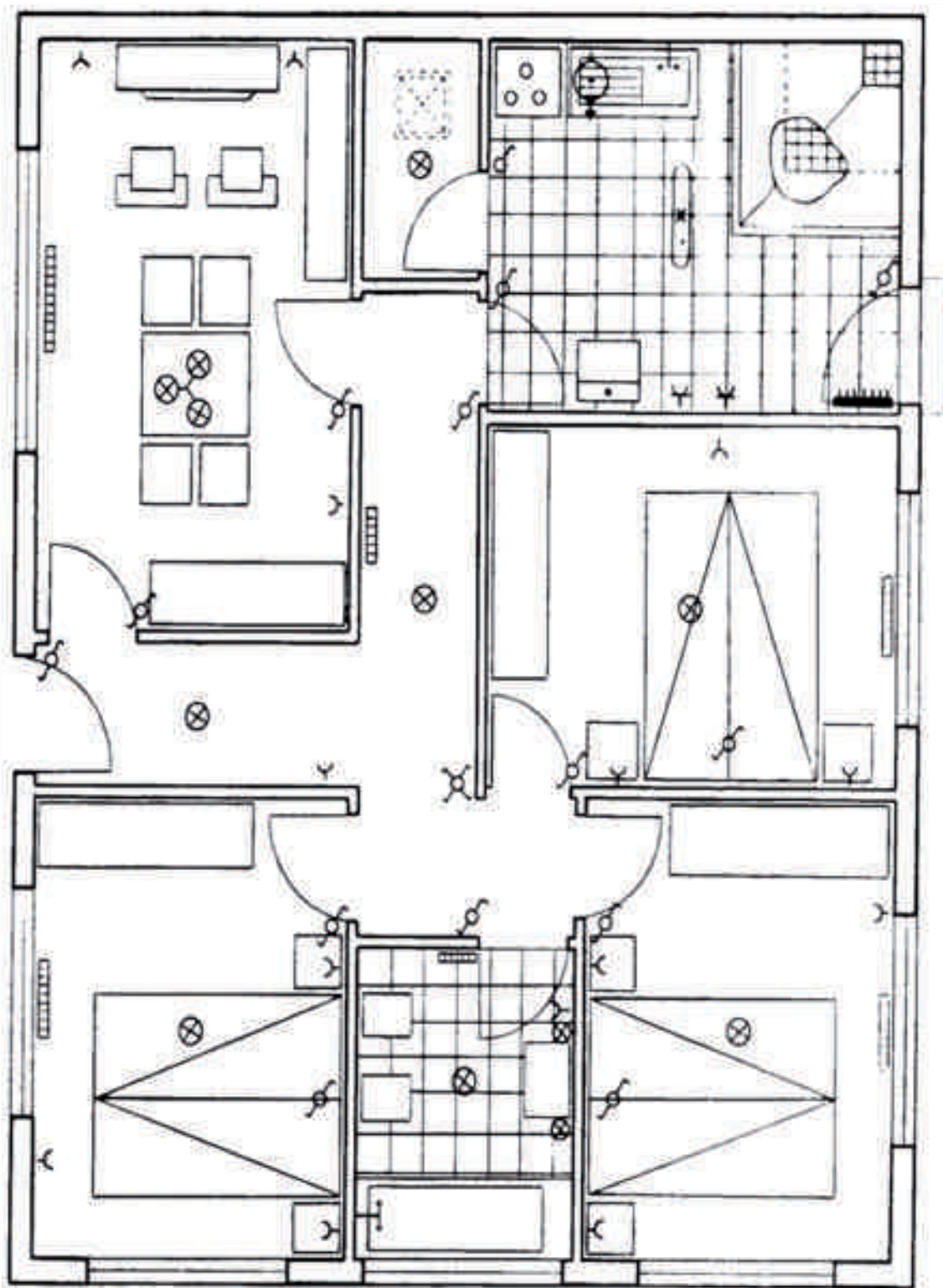


Fig. 97 – Plantas



## Bibliografia

FREITAS, Coelho; FREITAS, Castro, *Aplicações Tecnológicas de Electrotecnia e Electrónica*, 10.º Ano. Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica. Edições ASA. (s.d.).

MATIAS, José, *Aplicações Tecnológicas de Electrotecnia e Electrónica*, 10º Ano. Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica. Didáctica Editora. (s.d.).

MATIAS, José, *Tecnologia da Electricidade*, 10.º Ano. Didáctica Editora. (s.d.).

PINTO, António; ALVES, Vítor, *Tecnologias*, 10.º Ano. Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica. Porto Editora. (s.d.).

*Regulamento de Segurança de Instalações de Energia Eléctrica e Telefones*. Porto Editora. (s.d.).

