



3

**CONDUTORES
ELÉCTRICOS**

3.1 CONDUTORES ELÉCTRICOS

METAIS MAIS USADOS EM CONDUTORES

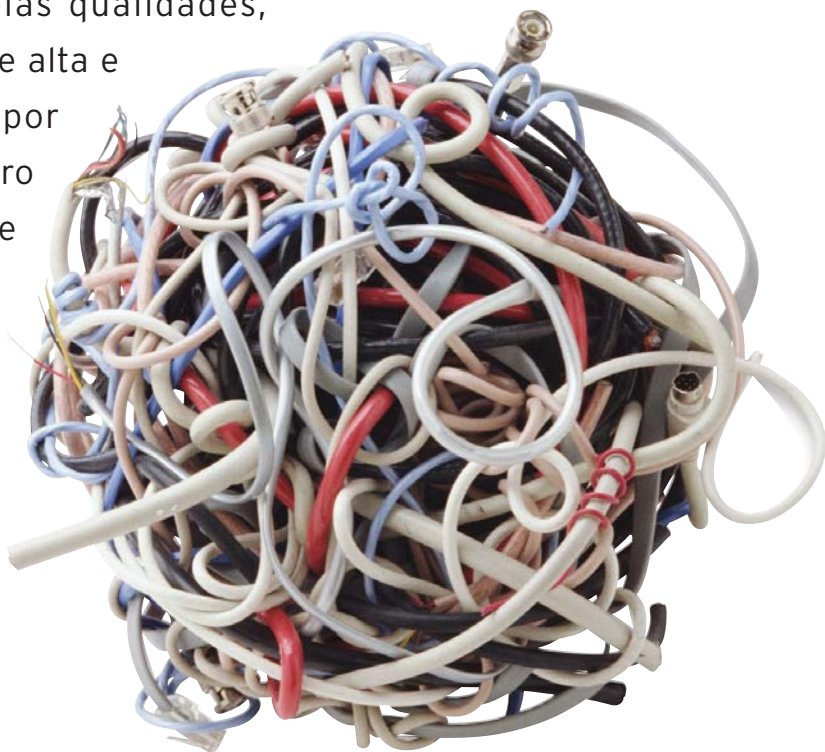
Os metais mais usados como condutores em cabos eléctricos são o Cobre e o Alumínio.

3.1.1 COBRE

O Cobre é obtido impuro por tratamento dos minerais sulfurosos que o contêm e posteriormente purificado por processos electrolíticos. A sua elevada ductilidade permite obter fios muito finos, embora o endurecimento causado neste processo limite a sua flexibilidade, obrigando ao recozimento dos fios.

A operação de estiramento é chamada trefilagem e a reunião de vários fios ou grupos de fios forma um condutor para isolamento, que será tanto mais flexível quanto mais finos forem os fios e cuja secção corresponde à soma das secções dos fios individuais.

O Cobre, apesar das suas múltiplas qualidades, tem inconvenientes como densidade alta e custo elevado, circunstância que por vezes leva à sua substituição por outro metal mais leve e económico que permita reduzir os custos.



3.1.2 ALUMÍNIO

O Alumínio, em contacto com o ar, cobre-se de uma película de óxido (Alumina) que o protege de futuras oxidações, embora tenha o inconveniente de ser isoladora e dificultar a execução de junções. O Alumínio em contacto com metais mais nobres (Ferro, Cobre, etc.) e em presença de humidade constitui um par galvânico que o corrói lentamente até à desagregação. Apesar destes inconvenientes, que são controláveis, tem campos de aplicação em que é usado preferencialmente - linhas aéreas, cabos de grande secção para Alta e Baixa Tensão, etc.. Devido à sua baixa densidade (cerca de 1/3 da do Cobre) e considerando a relação entre as resistividades, o Cobre pode ser substituído por metade do seu peso em Alumínio, para a mesma resistência eléctrica.

As propriedades mecânicas do Alumínio são bastante inferiores às do Cobre e, devido à baixa resistência à tracção, é usado na forma de ligas ou reforçado com fios de Aço no caso das linhas aéreas.

A resistividade padrão do Alumínio é

$$\frac{1}{35,38} = 0,028264 \text{ Ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m a } 20^\circ\text{C}$$

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES



Internacionalmente, a produção de condutores para cabos isolados respeita os requisitos das Normas IEC 60228 e EN 60228. A formação de um condutor define-se pelo número de fios que o compõem e pelo respectivo diâmetro nominal. O grau de rigidez ou flexibilidade é definido pelas diferentes classes incluídas nas Normas mencionadas, correspondendo a Classe 1 aos condutores monofilares e a Classe 2 aos

multifilares cableados, definindo-se o número mínimo de fios para cada secção. As classes 5 e 6 correspondem aos condutores flexíveis para os quais a Norma define o diâmetro máximo dos fios, deixando o seu número ao critério do fabricante. A diferença entre as classes 5 e 6 consiste no facto de esta última ter fios mais finos para conseguir maior flexibilidade. Independentemente de outros parâmetros a satisfazer, “o fundamental é respeitar os valores da resistência eléctrica máxima” indicados nas Normas.

O QUE É A SECÇÃO GEOMÉTRICA?

Entende-se por secção geométrica de um condutor a secção recta de um fio ou a soma das secções rectas de cada fio, se se tratar dum multifilar, expressa em mm².



O QUE É A SECÇÃO NOMINAL?

É o valor arredondado que se aproxima do geométrico e que se utiliza para designar o cabo, expresso em mm².

O QUE É A SECÇÃO ELÉCTRICA?

É o valor máximo fixado em Norma, em Ohm/km a 20 °C. É o parâmetro que garante um comportamento adequado do condutor no transporte de energia.

O QUE É A RESISTÊNCIA ELÉCTRICA?

Designa-se por resistência eléctrica a maior ou menor dificuldade oferecida por um condutor a ser percorrido pela corrente eléctrica. De acordo com a teoria a corrente eléctrica consiste na deslocação de electrões de um corpo para outro; estas partículas, no seu deslocamento, têm de evitar os núcleos dos átomos que constituem o material condutor porque ao interagirem com eles vão ser travados no seu movimento.

Este raciocínio explica por que razão os corpos têm resistências distintas, dadas as suas diferentes constituições atómicas.



3.2.1 PADRÃO DE RESISTIVIDADE

O fabrico de condutores eléctricos utiliza Cobre refinado electroliticamente, dado que as impurezas causam aumentos consideráveis da resistividade.



A resistividade do Cobre 100% puro a 20 °C é
 $1/58 = 0,017241 \text{ Ohm} \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$

Este valor é considerado como o padrão internacional da medida da resistividade. Para cabos eléctricos o valor mínimo admissível em termos de condutividade será da ordem de 98%.

3.2.2 TIPOS DE COBRE PARA CONDUTORES ELÉCTRICOS

Cobre duro: É empregado em linhas aéreas ou em casos que requeiram uma boa resistência mecânica. A carga de ruptura varia entre 35 e 50 kg/mm² e o alongamento na ruptura entre 0,5 e 3%. Exige-se uma condutividade eléctrica mínima correspondente a 97% do padrão internacional.

Cobre recozido: É usado sempre em condutores isolados. A carga de ruptura varia entre 20 e 30 kg/mm² e o alongamento na ruptura entre 25 e 30%. Exige-se uma condutividade no mínimo equivalente a 98% do padrão internacional.

3.2.3 EQUIVALÊNCIA ELÉCTRICA ENTRE COBRE E ALUMÍNIO

$$\frac{\text{Resistividade Cobre}}{\text{Resistividade Alumínio}} = \frac{0,017241 \text{ Ohm} \cdot \text{mm}^2 / \text{m a } 20^\circ\text{C}}{0,028264 \text{ Ohm} \cdot \text{mm}^2 / \text{m a } 20^\circ\text{C}} = 0,61$$

Exs.: Secção Al 95 mm² => 95 x 0,61 = 57,95 mm² Cu => Cabo de Cobre 70 mm²

Exs.: Secção Cu 95 mm² => 95 / 0,61 = 155,74 mm² Al => Cabo de Alumínio 185 mm²

3.2.4 COMO SE DETERMINA O VALOR DA RESISTÊNCIA ELÉCTRICA DE UM CONDUTOR?

Para determinar o valor da resistência eléctrica de um condutor é necessário que o condutor permaneça um mínimo de 12 horas a uma temperatura ambiente entre 10 e 30 °C. Utiliza-se uma ponte de Wheatstone ou uma ponte de Thompson.

O valor da leitura na ponte, em Ohms, dividido pelo comprimento do condutor, em km, permite calcular a resistência em Ohm/km. Se a medida tiver sido efectuada a uma temperatura diferente de 20 °C o valor terá de ser corrigido aplicando a fórmula

$$(*) R_T = R_{20} [1 + \alpha_{20} (T - 20)]$$

EXEMPLO: Cabo ENERGY RV-K (FXV) 0,6/1 kV 2x1,5 mm², comprimento L=2350 m

Medida no condutor Preto (ponte de Wheatstone) - 32,17 Ohm

Temperatura do cabo - 30 °C

$$R_{30} = \frac{32,17}{2,35} = 13,69 \text{ Ohm / km}$$

$$R_{20} = \frac{R_T}{[1 + \alpha_{20} (T-20)]} = \frac{13,69}{1,0393} = 13,17 \text{ Ohm / km a } 20^\circ \text{ C}$$



Valor máximo definido na Norma IEC 60228 = 13,3 Ohm/km a 20 °C

(*) R_T = Resistência a uma dada temperatura

R_{20} = Resistência a 20°C

α_{20} = Coeficiente de variação da resistividade a 20 °C

$$\alpha \begin{cases} \text{Cobre} = 0,00393 / \text{K} \\ \text{Alumínio} = 0,00403 / \text{K} \end{cases}$$