

# **Materiais utilizados na Indústria Elétrica e Electrónica**

---

# Classificação geral dos materiais

---

A grande variedade de utilizações determina um total conhecimento das características dos materiais, e do seu comportamento em função do tempo.

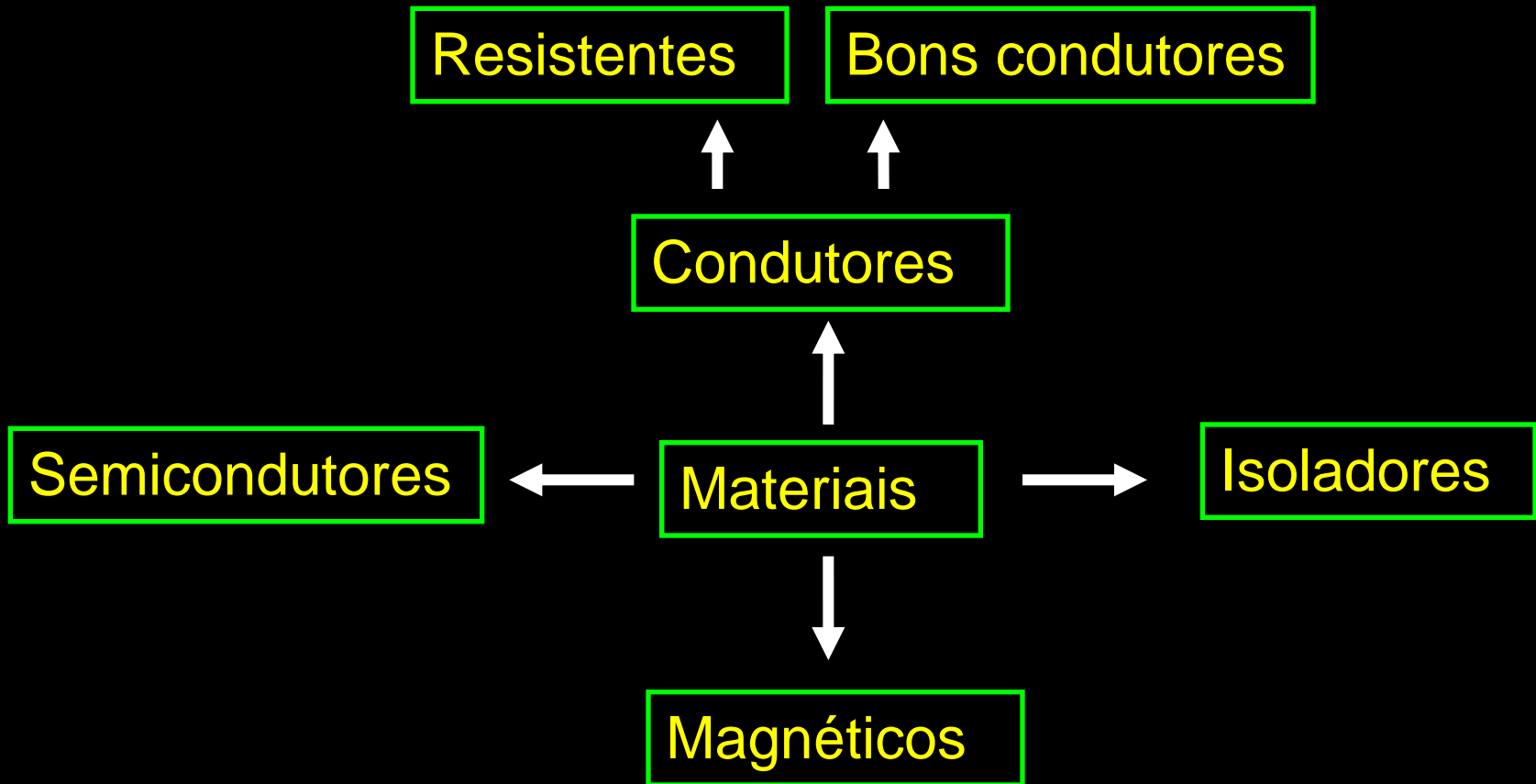
# Classificação geral dos materiais

---

Os materiais eléctricos dividem-se em:

- Materiais condutores ( incluindo nestes os resistentes e bons condutores )
- Materiais isoladores
- Materiais semicondutores
- Materiais magnéticos

# Diagrama dos tipos de materiais eléctricos



# Classificação geral dos materiais

---

Os materiais utilizados em electrotecnia encontram-se no estado sólido, líquido ou gasosos. Em qualquer dos estados encontramos materiais condutores e materiais isolantes.

No **estado sólido** temos, por exemplo, o cobre – material condutor; o vidro - material isolante.

No **estado líquido** podemos encontrar, por exemplo: o mercúrio - material condutor; óleo mineral - material isolante.

No **estado gasoso** encontramos, por exemplo: o ar húmido - material condutor; ar seco - material isolante.

# Classificação geral dos materiais

---

Os **materiais condutores** são os que melhor conduzem a corrente eléctrica, ou seja, menor resistência oferecem à sua passagem. Os valores usuais para a resistividade estão entre :

$$\rho = 10^{-4} \text{ e } 10^2 \quad [\Omega \bullet \text{mm}^2 / \text{m}]$$

# Classificação geral dos materiais

---

Os **materiais isoladores** são aqueles que praticamente não conduzem a corrente eléctrica. Os valores usuais para a resistividade destes materiais estão entre:

$$\rho = 10^{14} \text{ e } 10^{26} \left[ \Omega \cdot \text{mm}^2 / m \right]$$

# Classificação geral dos materiais

---

Os **materiais semicondutores** apresentam uma condutividade intermédia entre a dos condutores e a dos isolantes. Os valores usuais da resistividade encontram-se entre:

$$\rho = 10^4 \text{ e } 10^{10} \left[ \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \right]$$



# Classificação geral dos materiais

---

Os **materiais isoladores** são aqueles que praticamente não conduzem a corrente eléctrica. Os valores usuais para a resistividade destes materiais estão entre:

$$\rho = 10^{14} \text{ e } 10^{26} \left[ \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \right]$$

# Classificação geral dos materiais

---

Os **materiais magnéticos**, embora também sejam algo condutores da corrente eléctrica, geralmente são estudados com outra finalidade, devido as suas propriedades magnéticas. Estes materiais, conforme veremos adiante, têm a propriedade de facilitarem o percurso das linhas de força do campo magnético.

# Propriedades e grandezas gerais dos materiais

---

As propriedades e grandezas dos materiais dividem-se em: eléctricas, mecânicas e químicas. Veremos de seguida, algumas, das mais importantes, propriedades e grandezas gerais dos materiais

## **Maleabilidade**

É a propriedade que os materiais têm de se deixar reduzir a chapas. Exemplo: ouro, prata.

## **Ductilidade**

Propriedade dos materiais se deixarem reduzir a fios. Exemplo: ouro, prata, cobre, ferro.

# Propriedades e grandezas gerais dos materiais

---

## **Elasticidade**

É a propriedade do material retornar á forma inicial, depois de cessar a acção que lhe provoca deformação. Exemplo: Mola.

## **Fusibilidade**

Propriedade dos materiais passarem do estado sólido ao estado líquido por acção 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.

# Propriedades e grandezas gerais dos materiais

---

## **Tenacidade**

Propriedade dos materiais resistirem à tensão de ruptura, por torção ou compressão. A tensão de ruptura é expressa em  $\text{Kg} / \text{mm}^2$ . Exemplos de materiais tenazes: bronze silicioso, cobre duro.

## **Dureza**

Propriedades dos materiais riscarem ou se deixarem riscar por outros. Exemplo de materiais duros: diamante, quartzo.

# Propriedades e grandezas gerais dos materiais

---

## **Dilatabilidade**

Propriedade que certos corpos têm de aumentarem as suas dimensões sob a acção do calor.

## **Condutividade térmica**

Propriedade que os materiais têm de conduzir com maior ou menor facilidade o calor. Normalmente, os bons condutores eléctricos também são bons condutores térmicos, o que pode ser uma vantagem ou uma desvantagem.

Exemplo de bons condutores térmicos: prata, cobre.

# Propriedades e grandezas gerais dos materiais

---

## Densidade

A densidade é a relação entre a massa de um corpo e a massa do mesmo volume de água. O resultado é adimensional.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Massa de um volume de um corpo}}{\text{Massa do mesmo volume de água}}$$

Exemplo de materiais condutores mais densos ( pesados ): mercúrio, prata

# Propriedades e grandezas gerais dos materiais

---

## **Permeabilidade magnética**

Propriedade dos materiais conduzirem com maior ou menor facilidade as linhas de força do campo magnético.  
Exemplos: ferro-silício, aço, ferro-fundido.

## **Resistência á fadiga**

Valor limite de esforço sobre um material, resultante de repetição de manobras. Cada manobra vai, progressivamente, provocando o “envelhecimento” das propriedades do material.



# Propriedades e grandezas gerais dos materiais

---

## Resistência á corrosão

Propriedades dos materiais manterem as suas propriedades químicas, por acção de agentes exteriores ( atmosféricos, químicos, etc.). Esta propriedade tem particular importância nos materiais expostos e enterrados ( linhas, cabos ao ar livre ou enterrados, contactos eléctricos) Os materiais combinam-se ( uns mais, outros menos ) com o oxigénio do ar, originando óxidos. Estes óxidos, em grande parte dos casos, acabam por destruir os materiais. A este fenómeno dá-se o nome de **corrosão**.

# Propriedades e grandezas gerais dos materiais

---

Quanto à oxidação, podemos dividir os materiais em dois grupos:

- **Cobre, prata, alumínio e zinco** – que se oxidam ligeiramente. Esta oxidação é responsável pela deficiência dos contactos eléctricos.
- **Ferro e aços** – onde é importante o fenómeno da corrosão. Esta oxidação dá origem á destruição completa da estrutura respectiva.

# Grandezas características dos materiais eléctricos

---

## **Resistência**

É a maior ou menor dificuldade que um corpo apresenta á passagem da corrente eléctrica.  
Representa-se por  $R$  e a sua unidade no S.I. é o Ohm ( $\Omega$ ).

## **Condutância**

É a maior ou menor facilidade que o material oferece á passagem da corrente eléctrica.  
Representa-se por  $G$  e a sua unidade no Sistema Internacional ( S.I.) é o Siemens ( $S$ ).

# Grandezas características dos materiais eléctricos

---

## **Resistividade**

Grandeza relacionada com a constituição do material. Define-se como sendo a resistência eléctrica de um material com 1 metro de comprimento e 1 milímetro quadrado de secção. Exprime-se em  $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$  ou em  $\Omega \cdot \text{m}$ . Ao inverso da resistividade chama-se condutividade.

## **Coefficiente de temperatura**

Grandeza que permite determinar a variação da resistência em função da temperatura. Representa-se por  $\alpha$  e expressa a variação dum resistência de 1 Ohm quando a temperatura varia de  $1^\circ\text{C}$ .

# Grandezas características dos materiais eléctricos

---

## **Rigidez dieléctrica**

É a tensão máxima, por unidade de comprimento, que se pode aplicar aos isolantes sem danificar as suas características isolantes. Expressa em KV / mm. O material com melhor rigidez dieléctrica é a mica.

# Principais materiais condutores

---

Os principais materiais eléctricos utilizados para o fabrico de condutores são o cobre, o alumínio e a prata.

Além destes materiais existem ainda ligas condutoras e resistentes com variadíssimas aplicações, como por exemplo:

bronze, latão e o almelec - ligas condutoras; constantan, mailhehort, manganina, ferro - níquel e o cromo - níquel - ligas resistentes.

# Materiais condutores e ligas condutoras características eléctricas

Condutores e ligas condutoras	Composição	Resistividade $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ (t= 20°C)	Coef. Temperatura $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ( t = 20	Aplicações
Cobre macio	cobre	0,017	0,003	Condutores, contactos
Cobre duro	cobre + (estanho ou silício)	0,0179	0,0039	Linhas aéreas
Alumínio	alumínio	0,0282	0,0040	Cabos e linhas aéreas
Prata	prata	0,016	0,0036	Contactos, fusíveis
Bronze silicioso	cobre + estanho + zinco + silício	0,025	0,002	Linhas aéreas

# Materiais condutores e ligas condutoras características eléctricas

Condutores e ligas condutoras	Composição	Resistividade $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ (t= 20°C)	Coef. Temperatura $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ( t = 20	Aplicações
Latão	cobre+zinco	0,085	0,001	Contactos, terminais
Almelec	alumínio+ silício + magnésio	0,0323	0,0036	Cabos, linhas aéreas
Mercúrio	mercúrio	0,962	0,0009	Contactos, interruptores



# Materiais condutores e ligas condutoras características mecânicas

Condutores e ligas condutoras	DENSIDADE( t = 20°C )	TEMP. FUSÃO( ° C )
Cobre macio	8,89	1080
Cobre duro	8,89	1080
Alumínio	2,70	657
Prata	10,50	960
Bronze silicioso	8,90	900
Condutores e ligas condutoras	8,40	640
Almelec	2,70	660
Mercúrio	13,60	- 39

# Materiais

---

Por análise dos materiais existentes nas tabelas, anteriores podemos tirar, entre outras, as seguintes conclusões:

- O condutor mais leve é o alumínio.
- A prata é o melhor condutor.
- O material condutor com ponto de fusão mais elevado é o cobre.
- O condutor com menor coeficiente de temperatura é o mercúrio, seguido do latão.

# Materiais resistentes e ligas resistentes características eléctricas

Materiais condutores e ligas resistentes	Composição	Resistividade $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ ( $t = 20^\circ\text{C}$ )	Coef. Temperatura $^\circ\text{C}^{-1}$ ( $t = 20$ )	Aplicações
Mailhehort	cobre + zinco + níquel	0,30	0,0003	Reóstatos
Constantan	cobre + níquel	0,49	0,0002	Resistência padrão
Manganina	cobre + níquel + manganês	0,42	0,00002	Resistências de precisão
Ferro - níquel	ferro + níquel + crómio	1,02	0,0009	Resistências de aquecimento
Níquel - crómio	níquel + crómio	1,04	0,00004	Resistências de aquecimento
Grafite	carvão	0,5 a 4	- 0,0004	Resistências para electrónica

# Materiais resistentes e ligas resistentes características mecânicas

---

Materiais condutores e ligas resistentes	DENSIDADE( t = 20°C )	TEMP. FUSÃO( ° C )
Mailhehort	8,5	1290
Constantan	8,4	1240
Manganina	0,00002	910
Ferro - níquel	8,05	960 1500
Níquel - crómio	8	1475
Grafite	- 0,0004	2,25

# Materiais resistentes e ligas resistentes

---

Após análise das tabelas, podemos concluir o seguinte:

- As ligas resistentes têm todas resistividade elevada.
- A liga resistente com maior ponto de fusão é o ferro - níquel ( daí a sua utilização em aquecimento ).
- A manganina tem um coeficiente de temperatura praticamente nulo.
- O carvão tem coeficiente de temperatura negativo.

Embora nas tabelas não estejam indicadas todas as propriedades de cada material, no entanto podemos compreender, as razões por que cada um deles tem as aplicações indicadas.

# Outras propriedades dos materiais

---

Algumas das propriedades em falta foram referidas anteriormente, como sejam: a corrosão, factor importante na escolha do material para a função e local a instalar; a maleabilidade e a ductilidade, que determinam quais os materiais que se podem transformar em chapas ou reduzir a fios.

Outras propriedades dos condutores são de salientar:

- O ouro e a prata são os metais mais dúcteis e maleáveis, o que lhes permite facilmente serem reduzidos a fios e chapas, são no entanto caros.

# Outras propriedades dos materiais

---

- O alumínio em contacto com o ar cobre-se de uma camada de óxido, chamado alumina, que o protege contra a corrosão.
- O cobre também fica revestido por um óxido, chamado azébre, que o protege contra a acção dos agentes atmosféricos.

# Outras propriedades dos materiais

---

Relativamente aos materiais resistentes são de salientar as seguintes características:

- Grande resistividade
- Temperatura de funcionamento elevada
- Baixo coeficiente de temperatura



# Principais materiais isolantes

---

Os materiais isolantes existem nos circuitos eléctricos sob diversas formas e têm finalidades variadas, desde proteger pessoas, evitar curtos - circuitos nas instalações, evitar fugas de corrente, entre outros.

Podem ser subdivididos em sólidos ( exemplo: vidro, mica ), líquidos ( exemplo: óleo mineral, verniz ) e gasosos ( exemplo: ar, azoto ).

Os materiais sólidos e líquidos utilizados para o fabrico de isolantes provém de 3 origens: isolantes **minerais**, isolantes **orgânicos** e isolantes **plásticos**.

# Principais materiais isolantes

---

Com a utilização estes tipos de materiais, como quaisquer materiais, envelhecem. Os factores principais que contribuem para este envelhecimento são:

- Temperatura
- Campo eléctrico
- Esforços mecânicos
- Humidade
- Agentes atmosféricos
- Agentes químicos

# Principais materiais isolantes

---

As principais propriedades dos materiais isolantes são indicadas a seguir:

- Resistividade eléctrica
- Rigidez dieléctrica
- Estabilidade térmica
- Temperatura máxima de utilização
- Factor de perdas
- Versatilidade

Para cada aplicação será escolhido o material que melhores condições reúna, de acordo com as exigências da função.

# Principais materiais isolantes

MATERIAL	RESISTIVIDADE MΩ.cm (t= 20°C)	RIGIDEZ DIELÉCTRICA KV / mm	TEMP.MÁX. UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Mica	$10^7$	100-200	500-600	Suporta temperaturas e tensões muito elevadas	Suporte para resistências de aquecimento, isolante da lâminas do colector das máquinas eléctricas.
Porcelana	$> 10^8$	35	-	Estável ao longo do tempo, porosa, recoberta de esmalte torna-se impermeável.	Base para terminais, isoladores para linhas.
Vidro	$> 10^8$	10-40	200-250	Grande resistência mecânica.	Tubos para lâmpadas fluorescentes e incandescentes.
Quartzo	$> 10^{10}$	20-30	-	Suporta temperaturas elevadas.	Lâmpadas de vapor de mercúrio.
Óleos	$10^7 - 10^8$	10-25	60-200	Devem ser isentos de impurezas. Incombustíveis.	Refrigeração dos transformadores de alta potência
Amianto	$10^9$	3	200-250	Resiste a temperaturas elevadas.	Isolante de condutores, apoios para resistências.
<b>Outros</b>	Fibrocimento, mármore.				

MINERAIS

# Principais materiais isolantes

ORGÂNICOS		Fibras sintéticas, fibras naturais.		Fibras sintéticas, fibras naturais.	
Borracha natural	$10^8$	20-30	-	Elástica, resistente, muito sensível a agentes exteriores.	Isolador de condutores, luvas, tapetes isoladores.
Algodão	$10^3$	5-10	-	Muito flexível.	Fios e fitas para cobrir condutores e bobinas de máquinas eléctricas.
Papel impregnado	$10^8$	7-8	100	Barato, higroscópico.	Isolante dos cabos subterrâneos.
<b>Outros</b>	Ebonite, verniz, cartão, madeira.				

# Principais materiais isolantes

PLÁSTICOS	Poliétileno	$10^{18}$	40	60-80	Resistente à acção solar e dos ácidos. Grande resistividade.	Suporte de enrolamentos, caixas para TV e rádio, isolamento de condutores.
	Policloreto de vinilo	$10^2-10^5$	30-50	170-105	Não é inflamável. Resistente às acções químicas.	Isolamento de condutores, fabrico de tubos.
	Poliestireno	$10^{10}$	55	80-90	Resina sintética, facilmente moldável.	Fabrico de placas e caixas com alto poder isolante.
	Resina epóxi ( araldite )	$10^9-10^{10}$	20-45	80-120	Pode ser facilmente moldada, produzindo diversos aparelhos e peças.	Pára - raios , caixa para cabos.
	Resina fenólica ( baquelite )	$> 10^{12}$	10-20	120	Inalterável aos agentes exteriores. Grande resistividade.	Fabricação de peças para aparelhagem eléctrica.
GASOSOS	Ar	$10^8$	3	Sem limite	Barato. Humidifica com facilidade.	Como isolante natural na extinção do arco eléctrico em aparelhagem de protecção.
	Outros	Azoto e hexafluoreto de enxofre.				

# Principais materiais isolantes

---

Pela análise das tabelas, podemos salientar as seguintes conclusões:

- A mica é considerada o material com maior tensão de ruptura.
- O quartzo é o material com maior resistividade eléctrica.
- A mica é o material que apresenta melhor estabilidade térmica.
- O vidro tem uma grande resistência mecânica.
- O papel seco é bom isolante, barato, mas higroscópico ( é atacado pela humidade ).

# Principais materiais isolantes

---

- O policloreto de vinilo não é inflamável.
- A porcelana tem a desvantagem de ser porosa ( deixa-se infiltrar pela humidade ).
- Os materiais orgânicos e os plásticos têm, em relação aos minerais, a grande vantagem de serem mais flexíveis no seu tratamento e na sua utilização.
- Os isolantes gasosos, como o ar, são baratos.