

Materiais de Alta Condutividade

Seminário para ELT110 (Engenharia e Ciência dos Materiais)

Alexandre Gomes Caldeira - 96701

Déric Augusto França de Sales - 96718

ELT 110

UFV
Universidade Federal de Viçosa

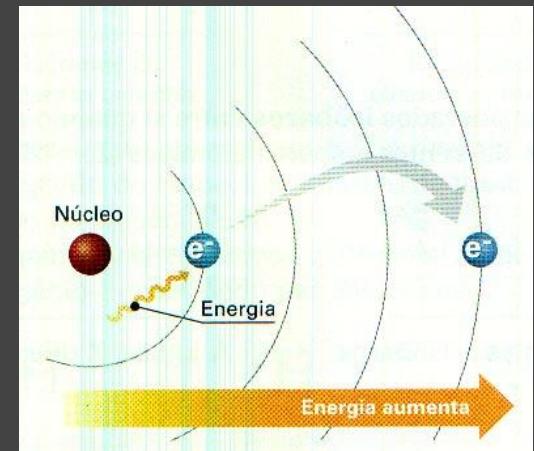
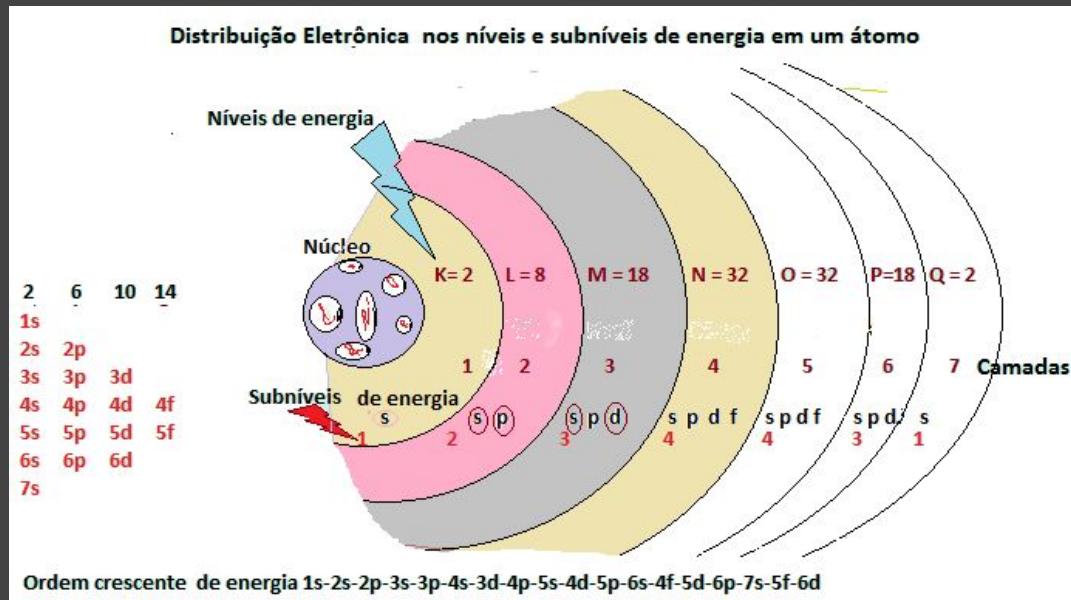
Tópicos importantes:

- > Ligações químicas, estruturas atômicas e estruturas cristalinas;
- > Conceitos em eletricidade básica;
- > Introdução aos condutores e materiais notáveis;
- > Condução em diferentes estados;
- > Supercondutores e tecnologias de ponta.



A química do negócio

>Camadas Eletrônicas



ELT 110



A química do negócio

>A tabela periódica

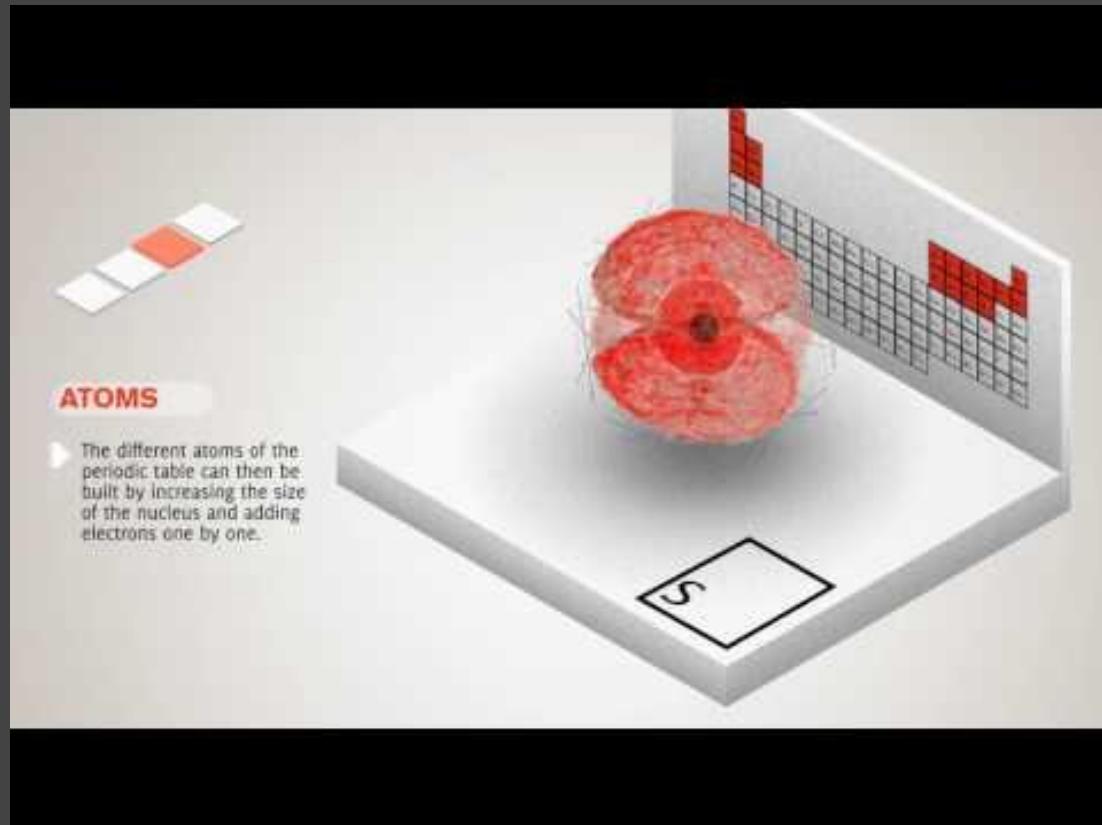
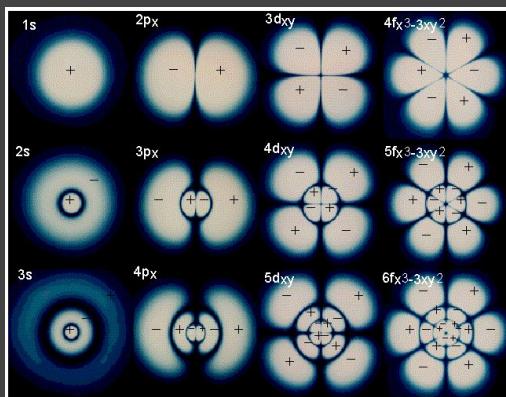
Grupo →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Período	H																He	
1	1 H																	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo

Lantanideos	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinideos	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr



A química do negócio

> Nuvem eletrônica:

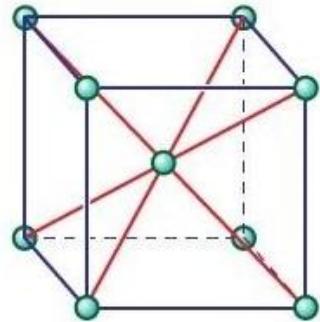




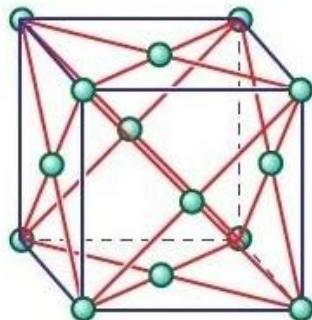
A química do negócio

>Ligações e estruturas atômicas

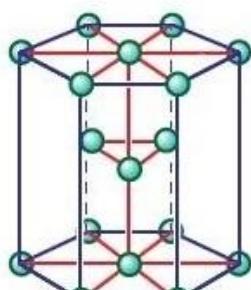
Estruturas Cristalinas Metálicas Comuns



Cúbica Corpo Centrada
(BCC)



Cúbica Face Centrada
(FCC)



Embalagem Hexagonal
Compacta (HPC)

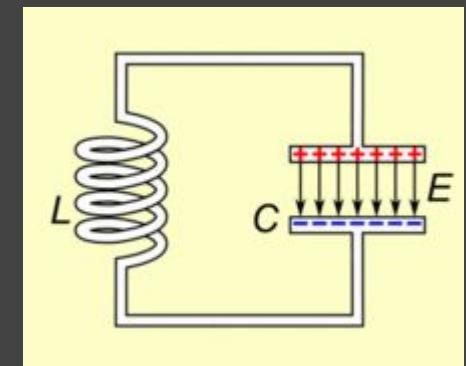
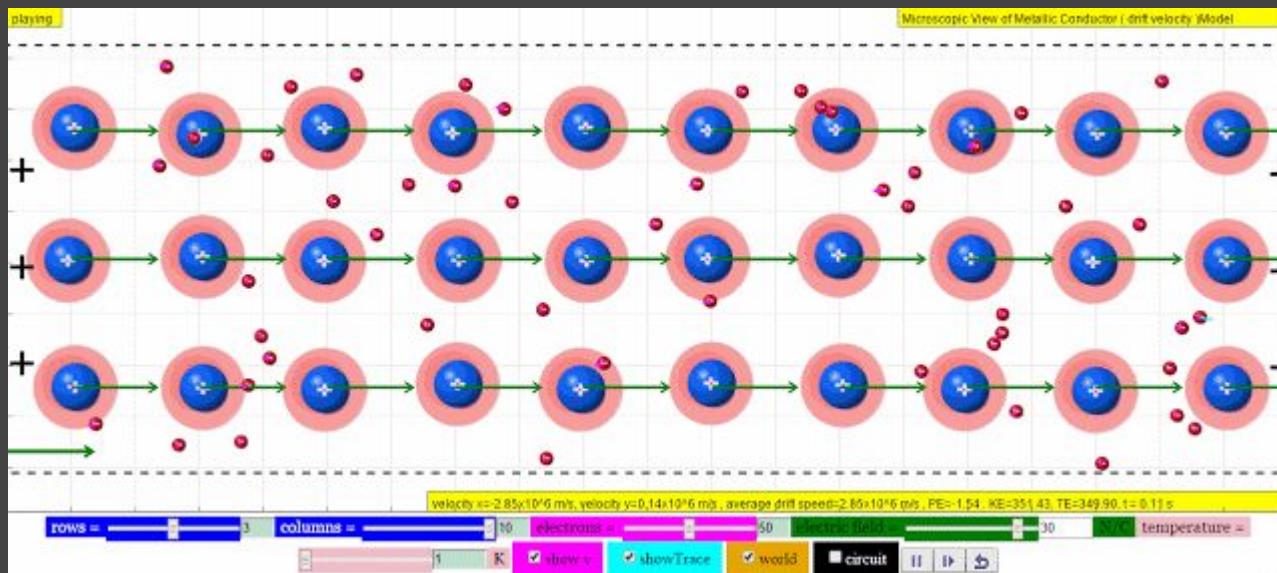
Ligações Químicas





Eletricidade, definições

> Fluxo de elétrons

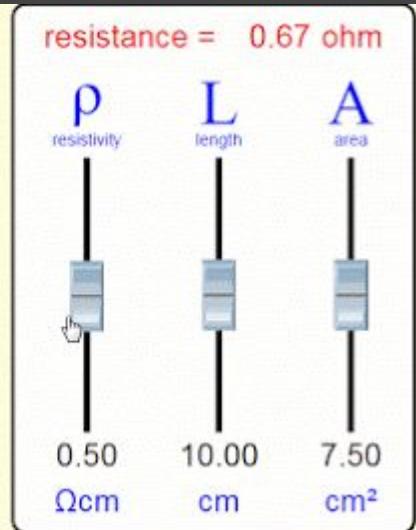




Eletricidade, definições

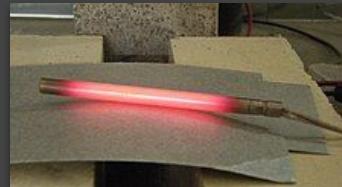
> Resistência, resistividade

$$R = \frac{\rho L}{A}$$



$$R = \frac{V}{I}, \quad G = \frac{I}{V} = \frac{1}{R}$$

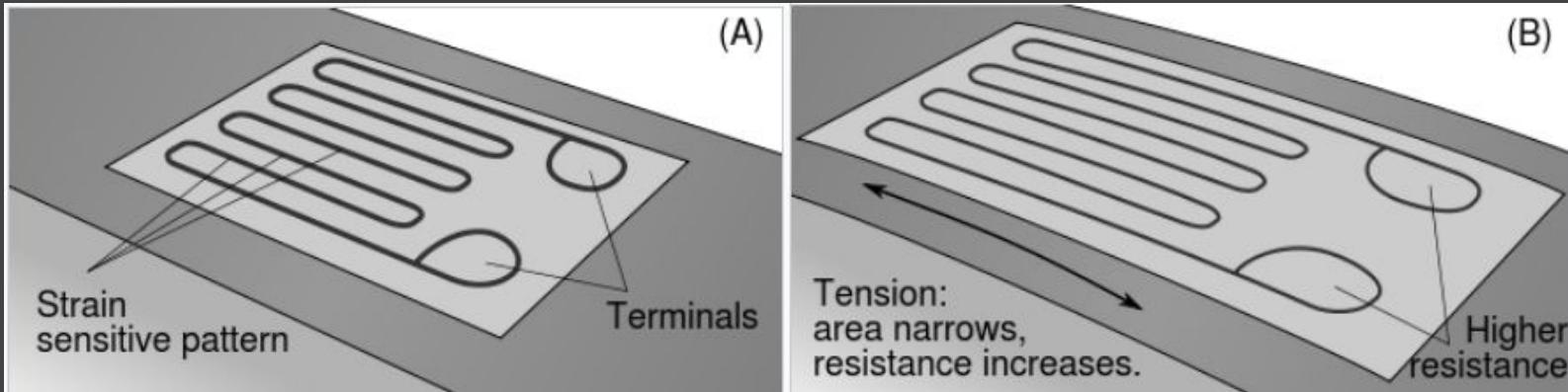
$$R_{\text{diff}} = \frac{dV}{dI}$$





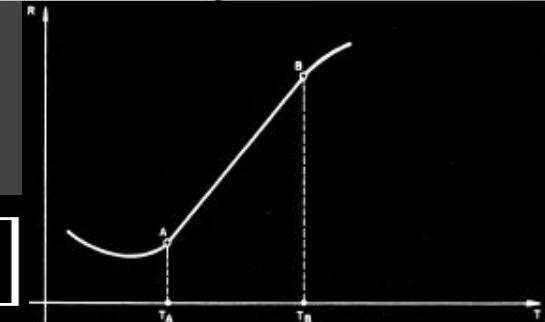
Eletricidade, definições

> Exemplo útil: strain gauge



> Variação com temperatura:

$$R_{T1} = R_{20} [1 + \alpha_{20} (T_2 - 20)]$$





Condutores, materiais notáveis

>Materiais de alta condutividade:



ELT 110

UFV
Universidade Federal de Viçosa

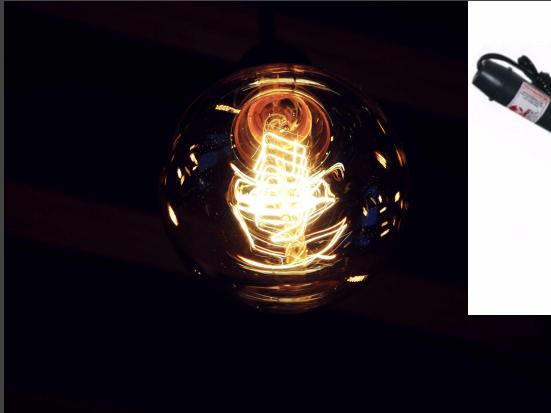


Condutores, materiais notáveis

>Em resumo:

> Características:

> Condutividade elétrica e térmica, coeficiente de temperatura, potencial de contato, comportamento mecânico



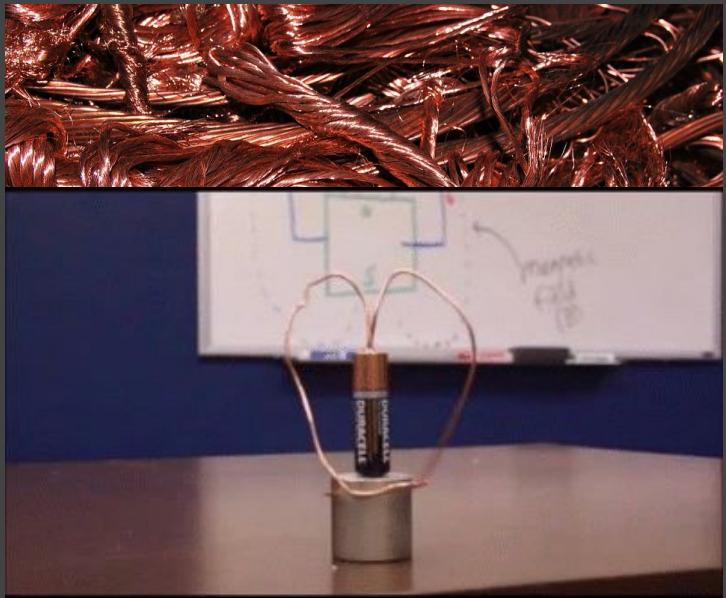
ELT 110

UFV
Universidade Federal de Viçosa

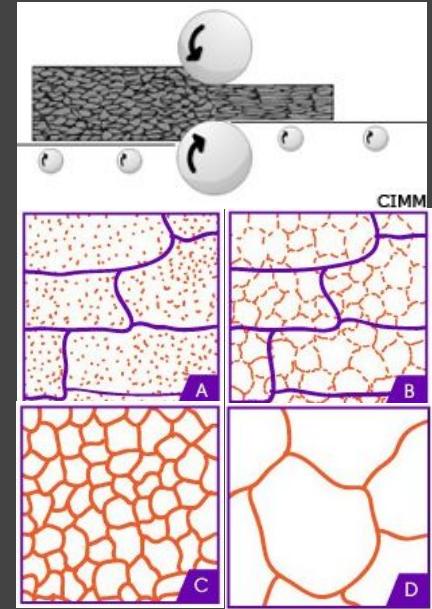


Condutores, materiais notáveis

>Cobre e suas ligas



Liga	Tratamentos	Conduividade, em relação ao cobre (%)	Resistência à tração, em kg/mm²	Alongamentos, (%)
Cu + Cd (0,9 Cd)	recozido encruado	95	até 31	50
		83–90	até 73	4
Bronze 0,8 Cd + + 0,6 Sn Cu > 60%	recozido encruado	55–60	29	55
		50–55	até 73	4
Bronze 2,5 Al + 2 Sn	recozido encruado	15–18	37	45
		15–18	até 97	4
Bronze fosforoso 7Sn + 1P	recozido encruado	10–15	40	60
		10–15	105	3
Latão 30 Zn	recozido encruado	25	32–35	60–70
		25	até 88	5
Bronze BI 0,1 % Mn, o resto Cu	—	82	50–52	—
BII 0,8 Mn ou 1 % Sn + + 1 Cd	—	60	56–58	—
BIII 2,4% Sn ou 1,2 Sn + + 1,2 Zn	—	31	66–74	—

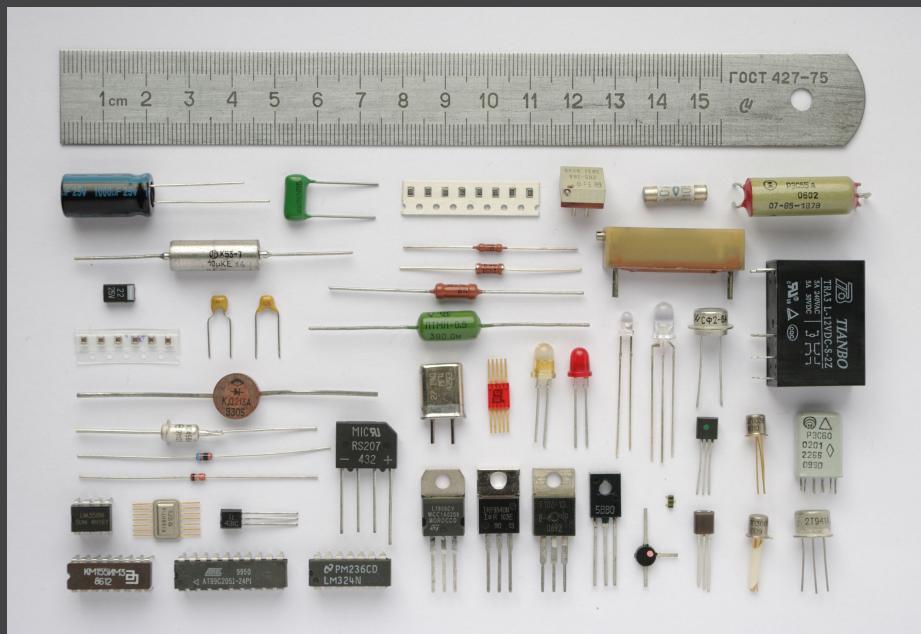


$$\sigma = 5.96 \times (10^7) \text{ (S/m)}$$



Condutores, materiais notáveis

> Alumínio vs. cobre



$$\sigma = 6.30 \times (10^7) \text{ (S/m)}$$

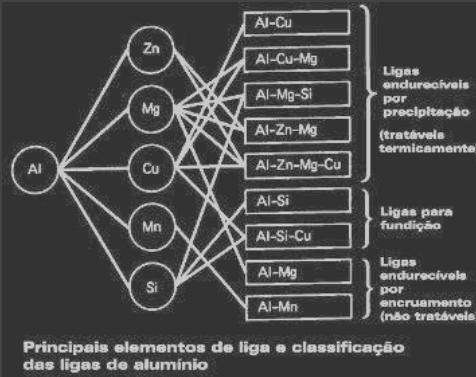
Característica física	Alumínio (duro)	Cobre (duro)	Padrão IACS*
Densidade a 20 °C (g/cm³)	2,70	8,89	8,89
Condutividade mínima porcentual a 20 °C	61	97	100
Resistividade máxima a 20 °C (Ωmm²/m)	0,0282	0,0177	0,0172
Relação entre os pesos de condutores de igual resistência em corrente contínua e igual comprimento	0,48	1,03	1,00
Coeficiente de variação da resistência por °C a 20 °C	0,0040	0,0038	0,0039
Calor específico (cal/g °C)	0,214	0,092	0,092
Condutividade térmica (cal/cm³.s. °C)	0,48	0,93	0,93
Módulo de elasticidade do fio sólido (kgf/mm²)	7.000	12.000	—
Coeficiente de dilatação linear/°C	23×10^{-6}	17×10^{-6}	17×10^{-6}

* Padrão IACS: Padrão Internacional do cobre recosido, tomado como referência de 100% de condutividade.

Condutores, materiais notáveis

> Ligas de alumínio

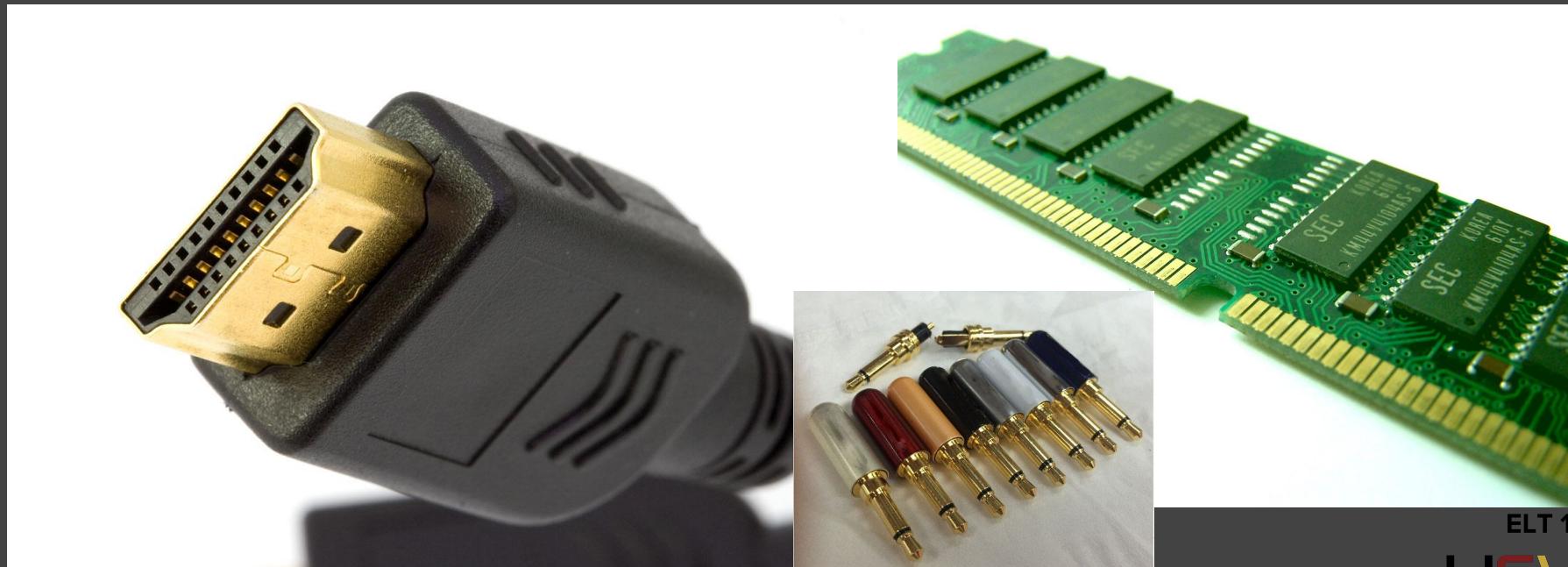
Composição	Tipo	Resist. tração (kg/mm²)	Dureza Brinell (kg/mm²)	Condut. elétrica (Ωmm²/m)	Coefficiente de temperatura α_T (1/°C)	Características
AlCuMg Duraluminio	ligas normais: mole encruado	< 25 40	< 60 100	28 20	$3,5 \times 10^{-3}$ $2,1 \times 10^{-3}$	para construção de peças; sofrem corrosão
	ligas com elevada resistência: encruado e laminado a frio	40	110	—	—	
Al Mg Si	mole . duro . laminado a frio . laminado a quente	30 ... 50	120	—	—	resistência mecânica média, boa deformabilidade, boa estabilidade química
	8	35	30	$3,5 \times 10^{-3}$		
	16	55	26	$3,5 \times 10^{-3}$		
	10	60	27	$2,8 \times 10^{-3}$		
	20	80	27	$2,8 \times 10^{-3}$		





Condutores, materiais notáveis

> Ouro



$$\sigma = 4.10 \times (10^7) \text{ (S/m)}$$

ELT 110



Condutores, materiais notáveis

> Ferro!



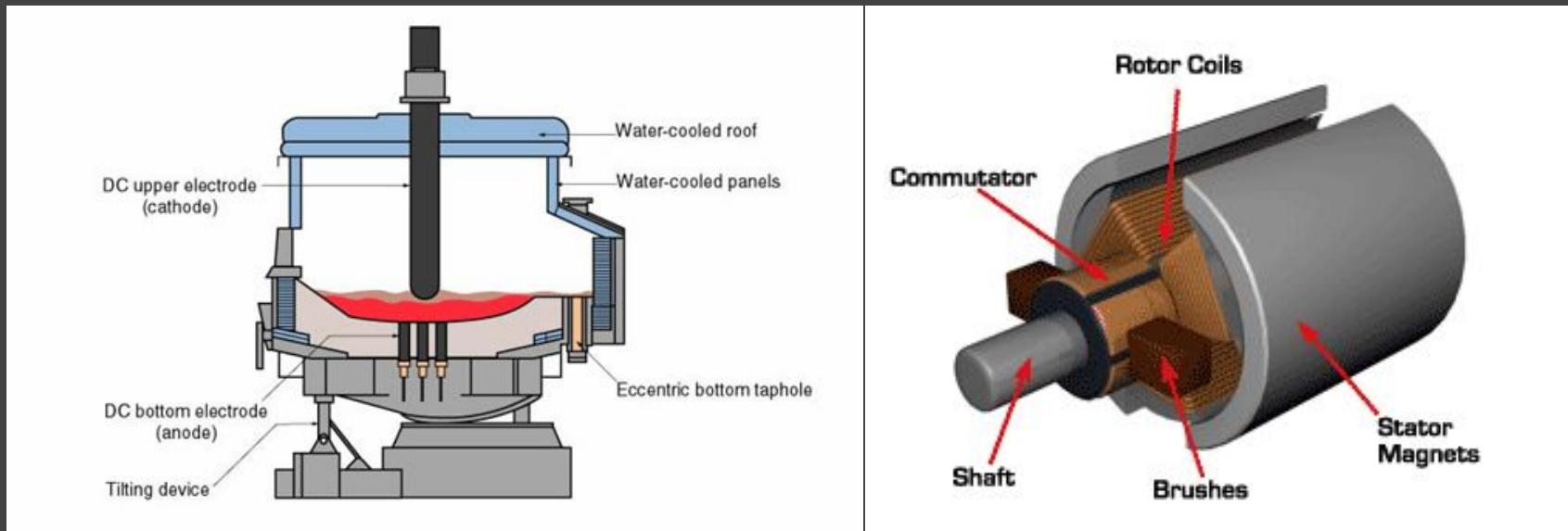
$$\sigma = 1.00 \times (10^7) \text{ (S/m)}$$

ELT 110



Condutores, materiais notáveis

> Carvão, carbono e grafite



ELT 110

$$*\sigma = 1.43 \times (10^7) \text{ (S/m)}$$



Condutores, outros materiais importantes

> Zinco, Platina, Níquel



ELT 110

UFV

Universidade Federal de Viçosa



Condutores, outros materiais importantes

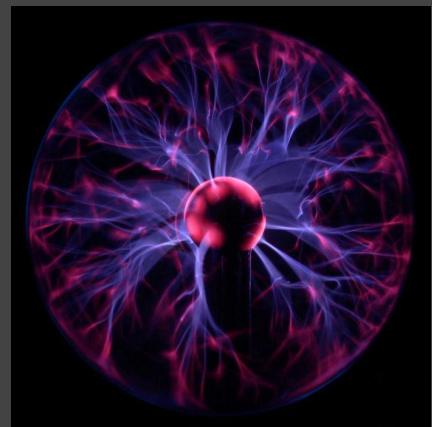
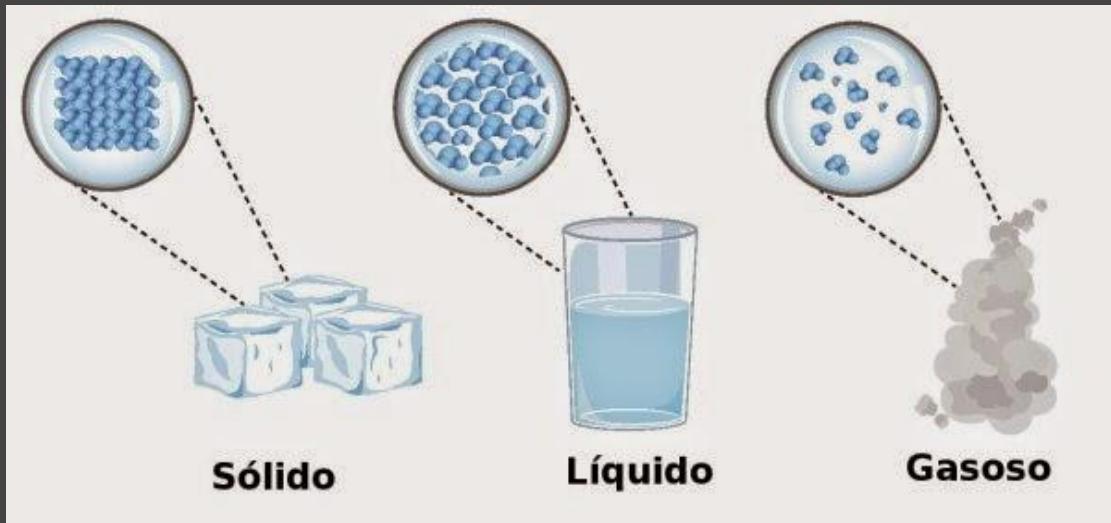
> Estanho, Chumbo, Prata, Mercúrio, Cádmio, Cromo, Tungstênio e resumão geral

Metal	Resistência à tração (kgf/mm ²)	Alongamentos %	Peso específico a 20 °C (g/cm ³)	Tempe- ratura de fusão (°C)	Tempe- de eva- poração (°C)	Coefficiente de tem- peratura da resis- tência α_T a 20 °C (1/°C) × 10 ⁻³	Resistividade a 20 °C (Ωmm ² /m)
Cobre	fundido – 15 a 20 laminado e recosido – 20 a 26 encruado – 35 a 45	35 – 40 35 – 40 2 – 6	8,3 a 8,9	1083	2360	3,82 – 4,30	0,0169 0,0179 0,0182
Alumínio	recozido – 3,5 – 6 encruado – 11 – 13	40 – 50 4 a 5	2,7	658	2270	4,20 a 4,30	0,0262 0,0295
Chumbo	1,6	55	11,4	327	1560	4,10	0,20 a 0,22
Estanho	1,5 – 4,0	–	7,3 a 7,8	232	2360	4,40	0,114
Prata	16 – 30	50	10,5	960	1918	3,60 a 4,00	0,0162
Ouro	27	–	19,3	1063	2700	3,70	0,021 – 0,024
Platina	20 – 40	3 – 45	21,4	1773	4300	30,7	0,10
Mercúrio	–	–	13,55	solidif. – 39	357	0,9	0,95 – 0,96
Zinco	3 – 36	0,5 a 50	7,14	419	900	3,5 a 4,7	0,06
Cádmio	6	–	8,6	321	767	–	–
Níquel	40 – 45	25 a 30	8,9	1450	3147	5 a 6	0,07 – 0,09
Cromo	–	100 – 10 ⁻⁷	7,2	1920	2660	–	0,7 – 0,8
Tungstênio	400	1 – 4	19 – 20	3400	5000 – 6000	5,2	0,05 – 0,06
Molibdênio	180 – 200	2 – 5	10,2	2630	3600	4,8	0,0477



Conduzindo em diferentes estados

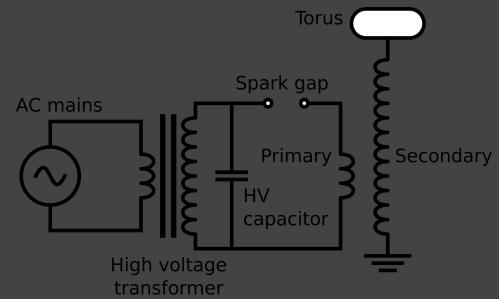
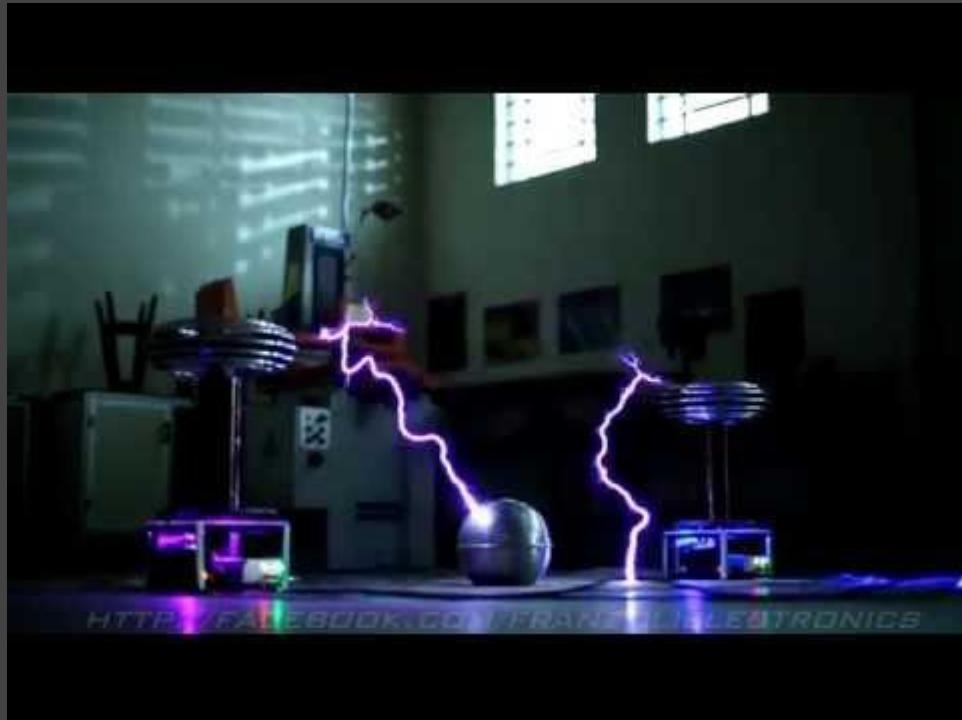
> Materiais sob diferentes condições





Conduzindo em diferentes estados

> Materiais sob diferentes condições



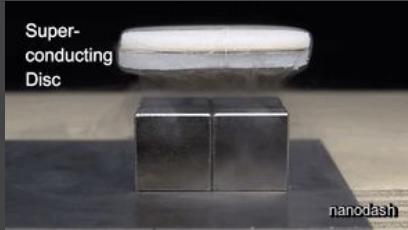
ELT 110

UFV
Universidade Federal de Viçosa



Supercondutores

> Hoverboard baseado em maglev



Q&A!

> Perguntas, preces, dúvidas, apelos, questionamentos,
lamentações, comentários, ideias (...) ?



> Obrigado pela atenção e participação.