



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# NR-10

## Tópicos de ELETRICIDADE

**Prof. Pedro Armando da Silva Jr.**  
Engenheiro Eletricista, Dr.  
[pedroarmando@ifsc.edu.br](mailto:pedroarmando@ifsc.edu.br)



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Matéria

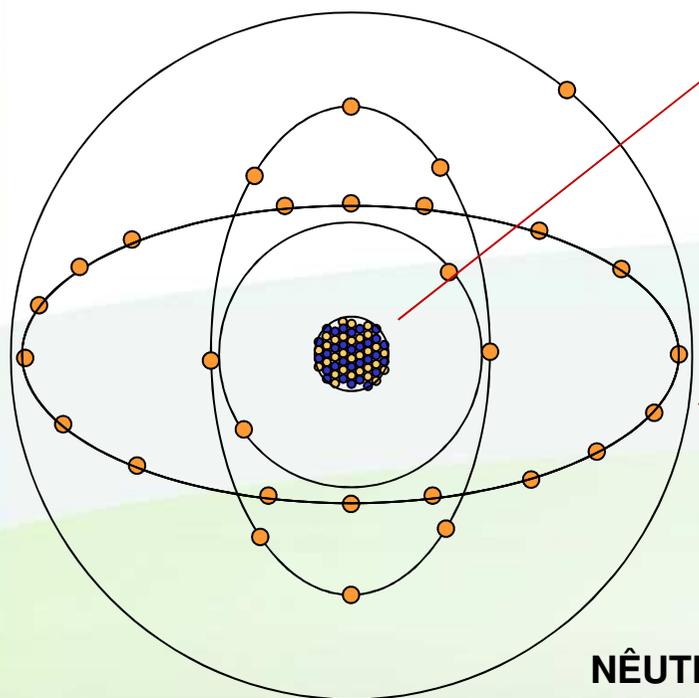
É tudo aquilo que possui massa e ocupa lugar no espaço.





INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Os átomos são formados de:



NÚCLEO

CONTENDO PRÓTONS E NÊUTRONS.

ELETROSFERA

COM SEUS ELÉTRONS.

**NÊUTRONS:** NÃO POSSUEM CARGAS ELÉTRICAS

**PRÓTONS:** POSSUEM CARGAS POSITIVAS

**ELÉTRONS:** POSSUEM CARGAS NEGATIVAS

**Curiosidade:** Se um único átomo fosse do tamanho do estádio do Maracanã seu núcleo seria do tamanho de uma formiga.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

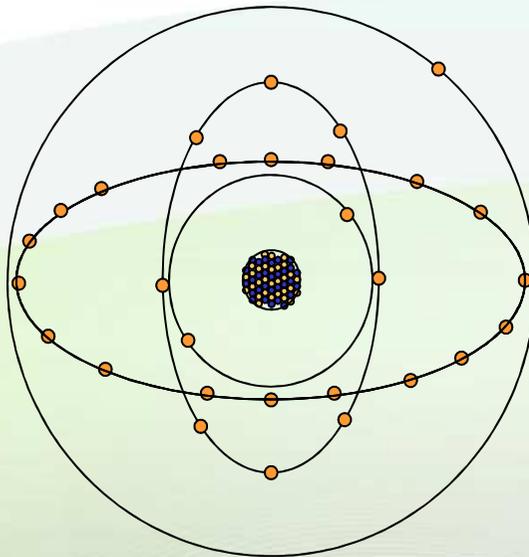




INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

Um átomo possui várias órbitas, cada órbita contém uma quantidade de elétrons.

## Átomos com :

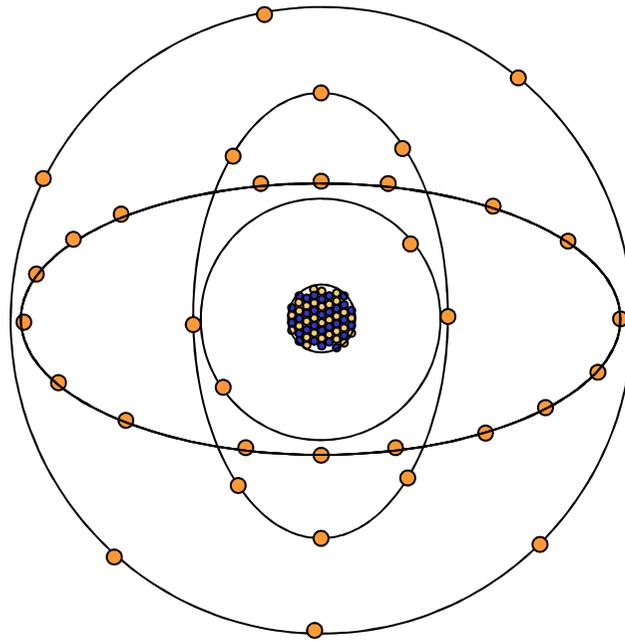


Poucos elétrons na última camada são condutores. Têm facilidade de perder elétrons.

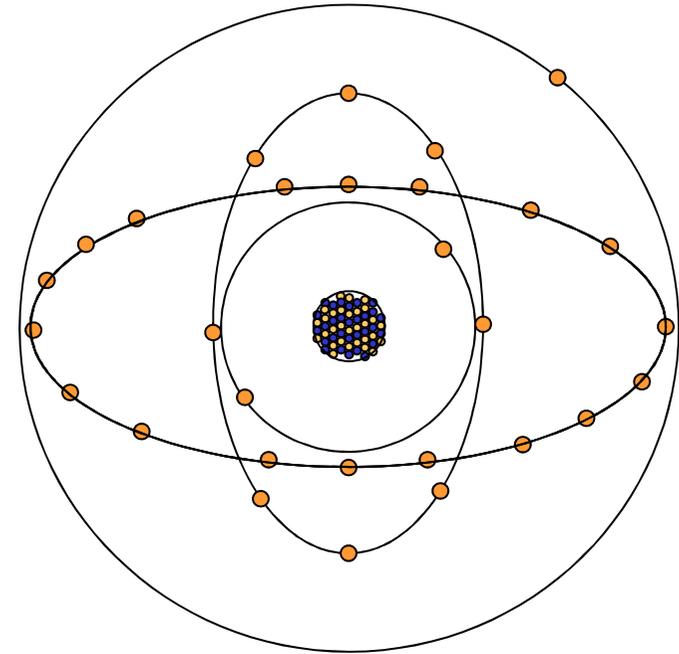
Muitos elétrons na última camada são isolantes. Têm facilidade de receber elétrons.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA



ÁTOMO DE SELÊNIO  
( Mica )



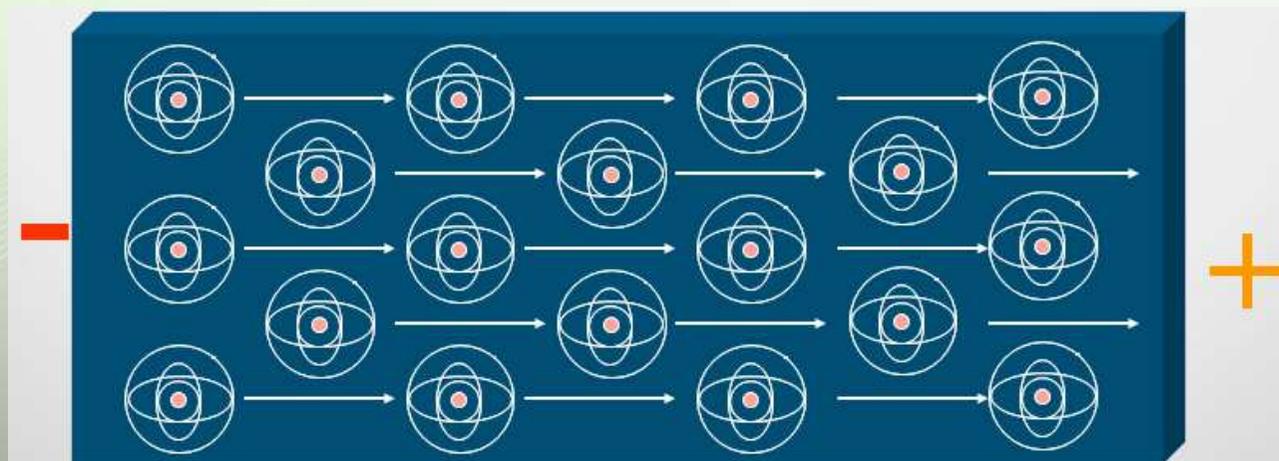
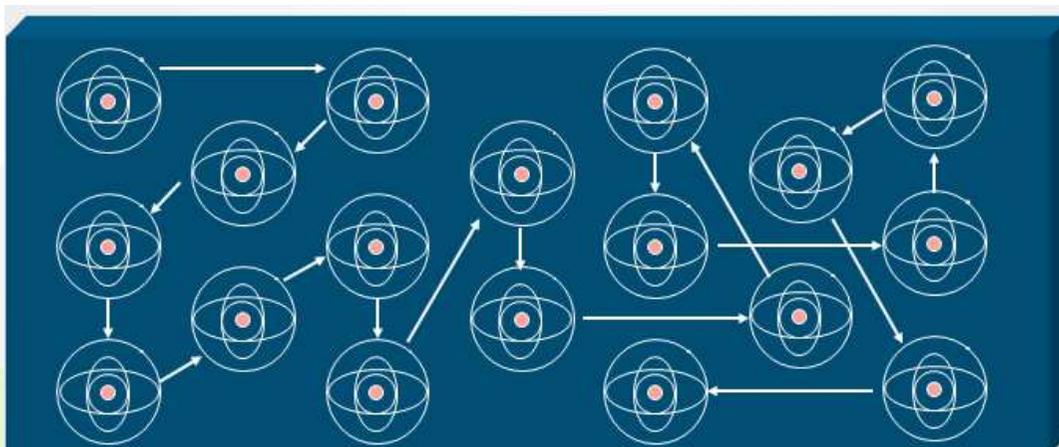
ÁTOMO DE COBRE

No átomo de um material (considerado condutor), os elétrons da última camada (elétrons livres), ficam trocando constantemente de átomo.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

Se aproximarmos um polo positivo de um lado e um negativo de outro em um fio de cobre os elétrons passam a ter um movimento ordenado, dando origem à corrente elétrica.





INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

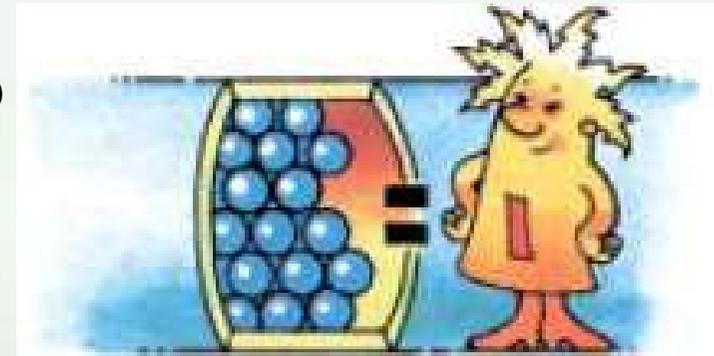
## CORRENTE ELÉTRICA:

Unidade de medida : **ampere [ A ]**

$$i = q / t \quad [A]$$

Onde  $q = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , sendo “n” o número de partículas.

$$1 \text{ A} \Rightarrow 1 \text{ C/s}$$



Símbolo: **I**



# Múltiplos e submúltiplos

Para valores elevados utilizamos os múltiplos e para valores muito baixos os submúltiplos.

prefixo	valor associado	prefixo	valor associado
quilo (k)	$10^3$	mili (m)	$10^{-3}$
mega (M)	$10^6$	micro ( $\mu$ )	$10^{-6}$
giga (G)	$10^9$	nano (n)	$10^{-9}$
tera (T)	$10^{12}$	pico (p)	$10^{-12}$



# Múltiplos e submúltiplos

Para descer um degrau, caminhe com a vírgula 3 casas à direita



Para subir um degrau, caminhe com a vírgula 3 casas à esquerda

$$23 \text{ mA} = \underline{\underline{0,023 \text{ A}}}$$

$$62,5 \text{ mA} = \underline{\underline{0,0625 \text{ A}}}$$

$$0,2 \text{ kA} = \underline{\underline{200 \text{ A}}}$$

$$6,6 \text{ kA} = \underline{\underline{6600 \text{ A}}}$$



## Como obter uma corrente elétrica?

Para obtermos uma corrente elétrica precisamos de um circuito elétrico, o qual é composto por três elementos:

**GERADOR**

**Orienta o movimento dos elétrons**

**CONDUTOR**

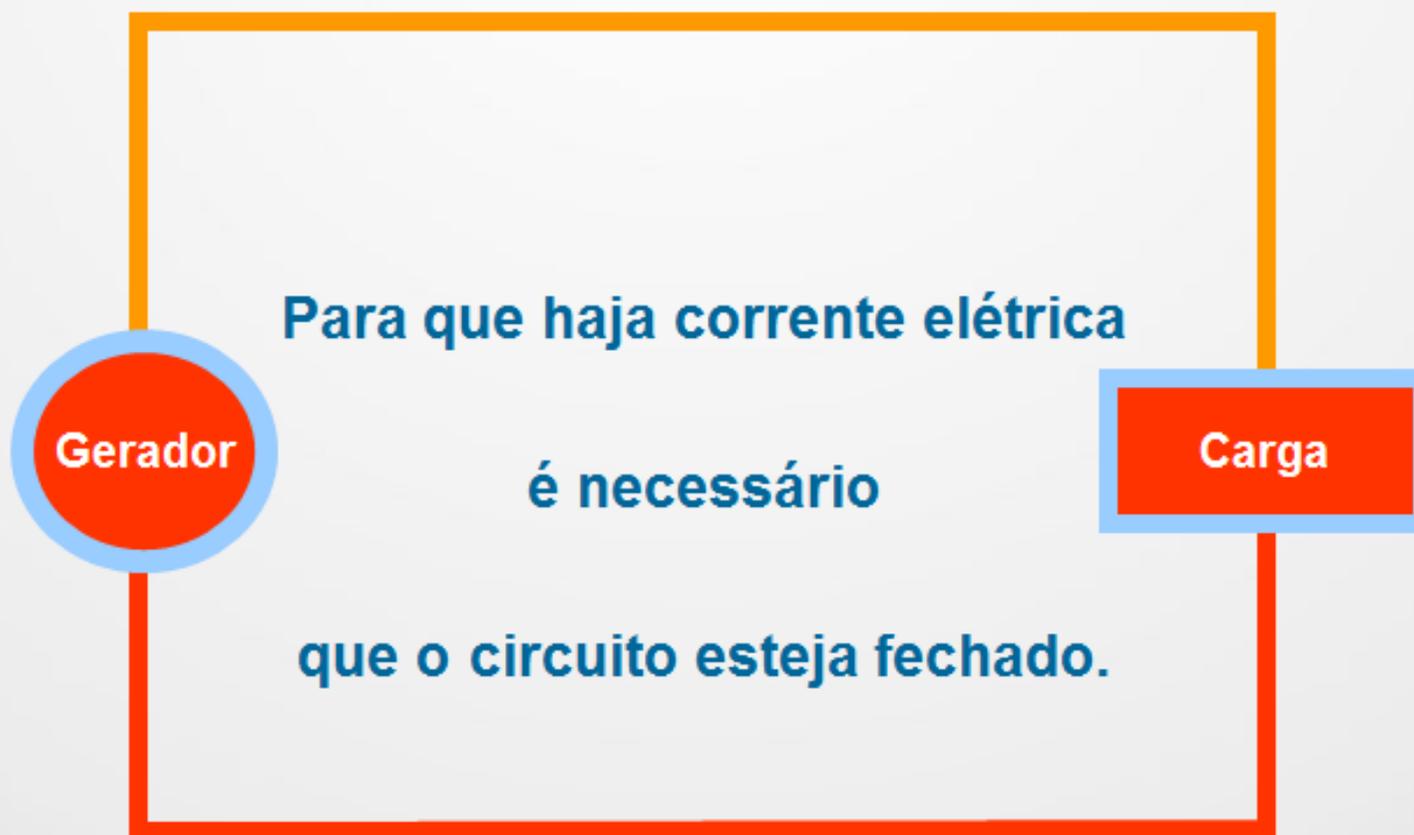
**Assegura a transmissão da corrente elétrica.**

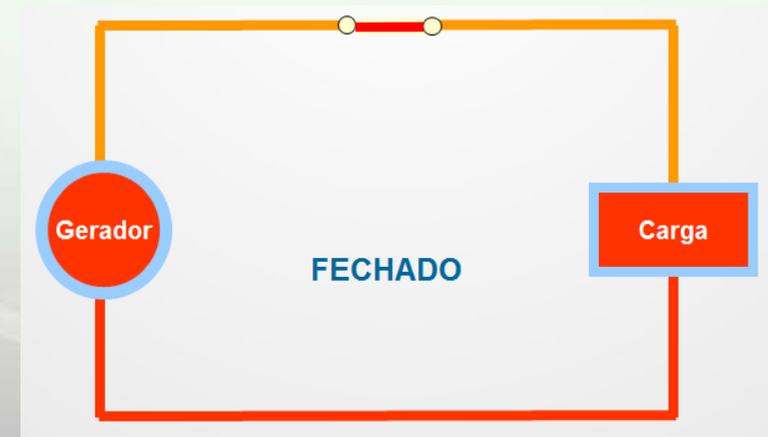
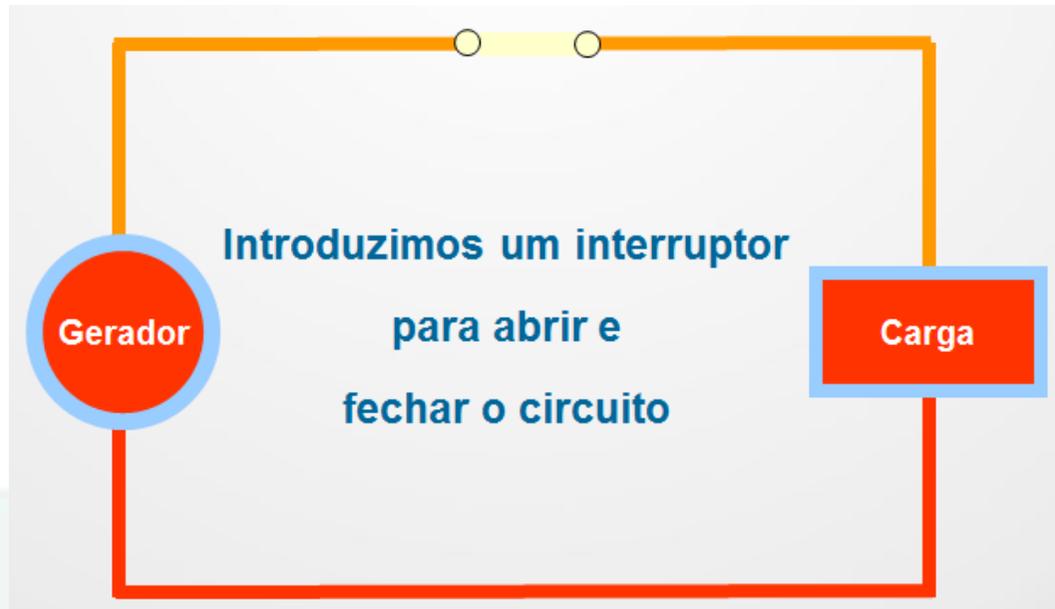
**CARGA**

**Utiliza a corrente elétrica (transforma em trabalho)**



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA



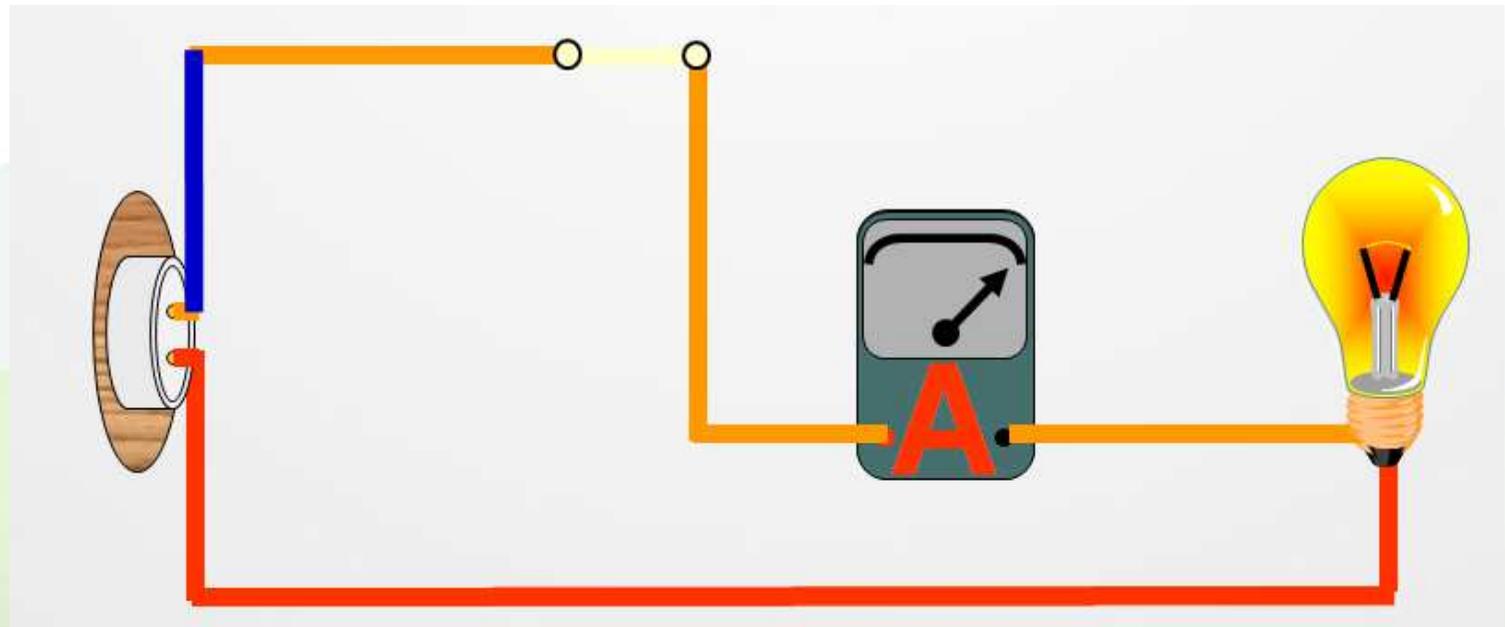




INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# AMPERÍMETRO

Aparelho de medida da corrente elétrica



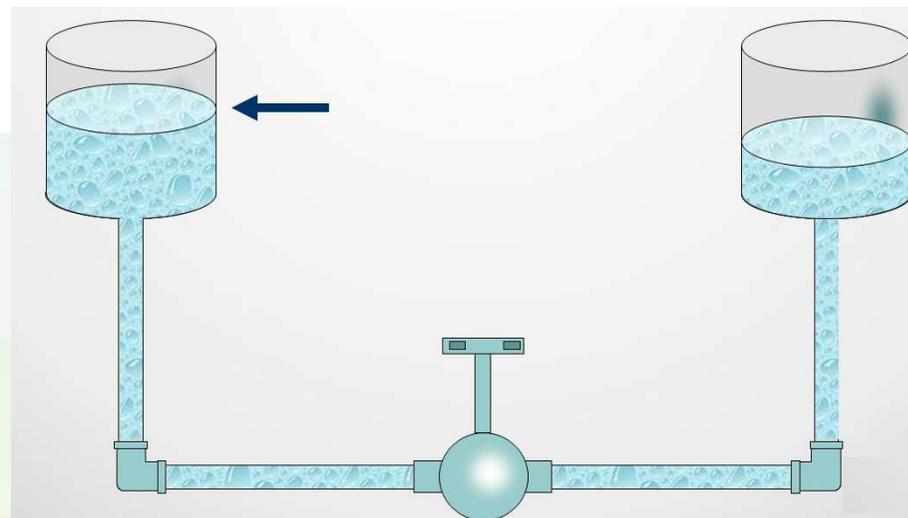
O amperímetro deve ser ligado em série com a carga.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# TENSÃO ELÉTRICA:

Analogia com um circuito hidráulico:



Para termos um movimento de água é necessário um desnível de água (pressão).

O mesmo acontece com os elétrons, para que eles se movimentem, é necessário termos uma pressão elétrica.

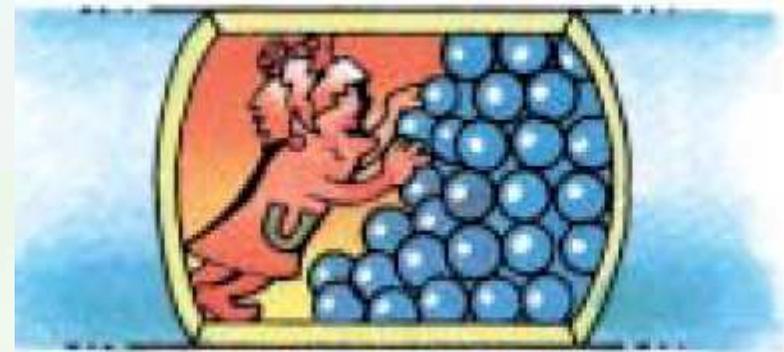


INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# TENSÃO ELÉTRICA:

Unidade de medida : **volt [ V ]**

Símbolo: **V**



Tensão elétrica é a pressão exercida sobre os elétrons para que estes se movimentem. Pode ser definida também como a capacidade de se produzir corrente elétrica.

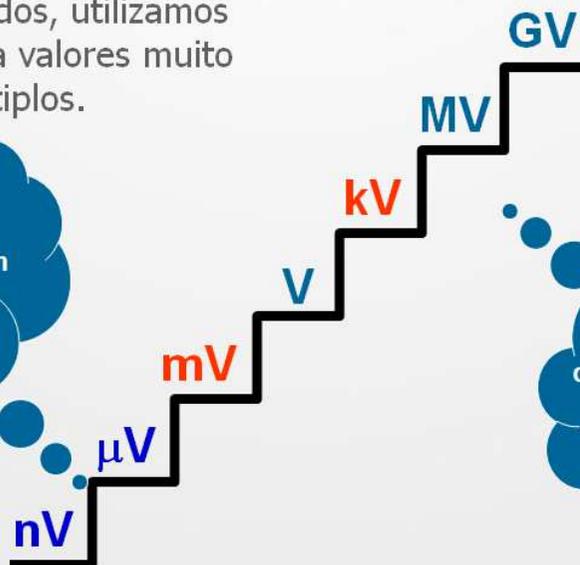


# Múltiplos e submúltiplos

## Múltiplos e Submúltiplos

Para valores elevados, utilizamos os múltiplos e para valores muito baixos, os submúltiplos.

Para descer um degrau, caminhe com a vírgula 3 casas à direita



Para subir um degrau, caminhe com a vírgula 3 casas à esquerda

$$13,8 \text{ kV} = 13.800 \text{ V}$$

$$34,5 \text{ kV} = 34.500 \text{ V}$$

$$220 \text{ V} = 0,22 \text{ kV}$$

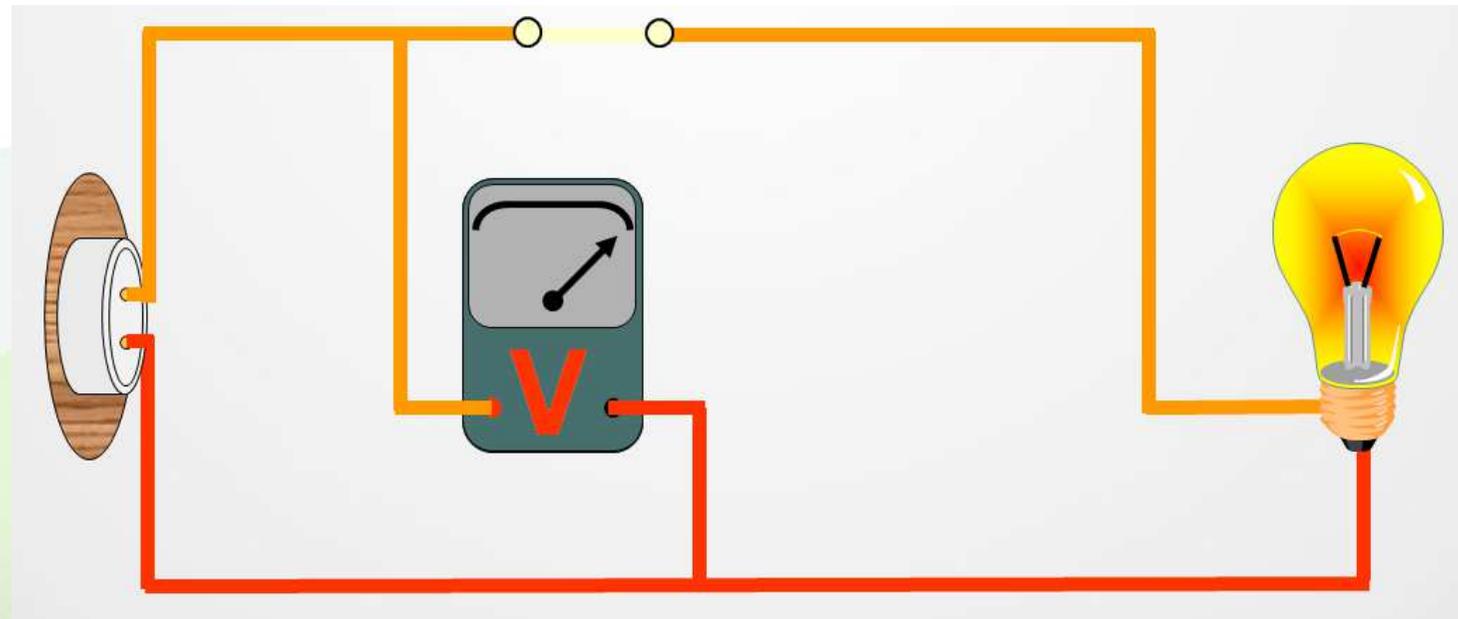
$$127 \text{ V} = 0,127 \text{ kV}$$



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# VOLTÍMETRO

Aparelho de medida da tensão elétrica



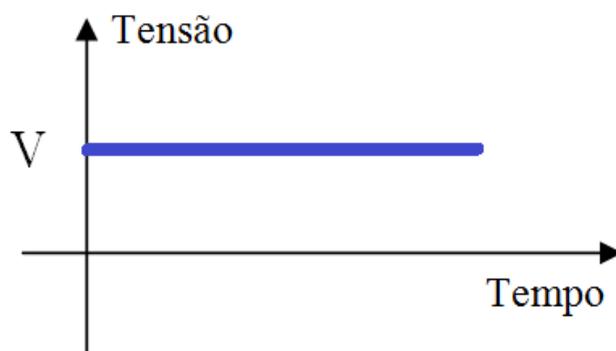
O voltmetro deve ser ligado em paralelo com a carga.



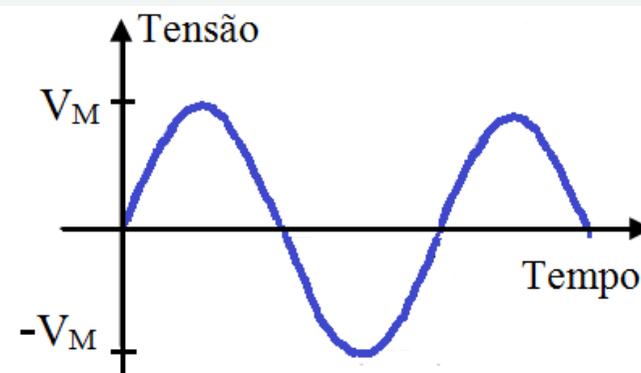
INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# TIPOS DE TENSÃO ELÉTRICA

Contínua:



Alternada:





INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

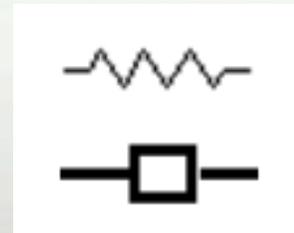
# RESISTÊNCIA ELÉTRICA:

No fenômeno da corrente elétrica, os elétrons livres em movimento ordenado realizam sucessivos choques entre si e contra os átomos do material, resultando numa certa dificuldade ou atrito para a passagem da corrente.

**A Resistência Elétrica é a capacidade de um corpo qualquer de se opor à passagem de corrente elétrica.**

Unidade de medida : **ohm [  $\Omega$  ]**

Símbolo: **R**



O aparelho utilizado para medição de resistência elétrica é denominado ohmímetro.



# RESISTÊNCIA ELÉTRICA:

1 ohm é a resistência que permite a passagem de 1 ampere quando submetida a tensão de 1 volt.

Resistência Elétrica é a razão entre a tensão aplicada e a corrente resultante.

Lei de Ohm

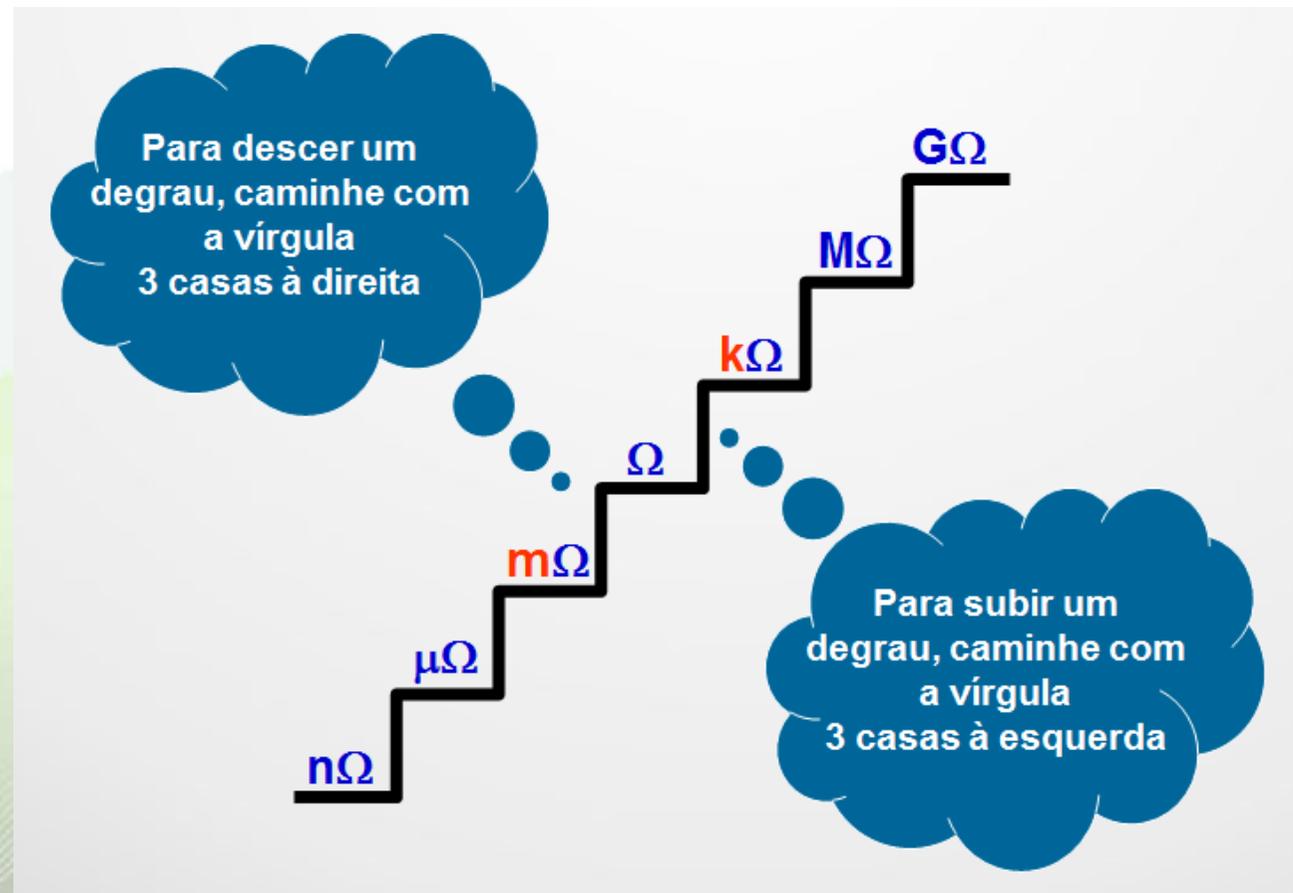
$$V = R \cdot I$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$I = \frac{V}{R}$$



# Múltiplos e submúltiplos





# POTÊNCIA ELÉTRICA

Em física **potência** é a grandeza que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada unidade de tempo. Em outros termos, potência é a rapidez com a qual uma certa quantidade de energia é transformada ou é a rapidez com que o trabalho é realizado.

**Potência Elétrica** é a **taxa de fornecimento** (ou de consumo) de energia na unidade de tempo. Ou simplesmente “**capacidade de consumo ou de fornecimento de energia**”.

Unidade de medida : **watt [ W ]**

Símbolo: **P**

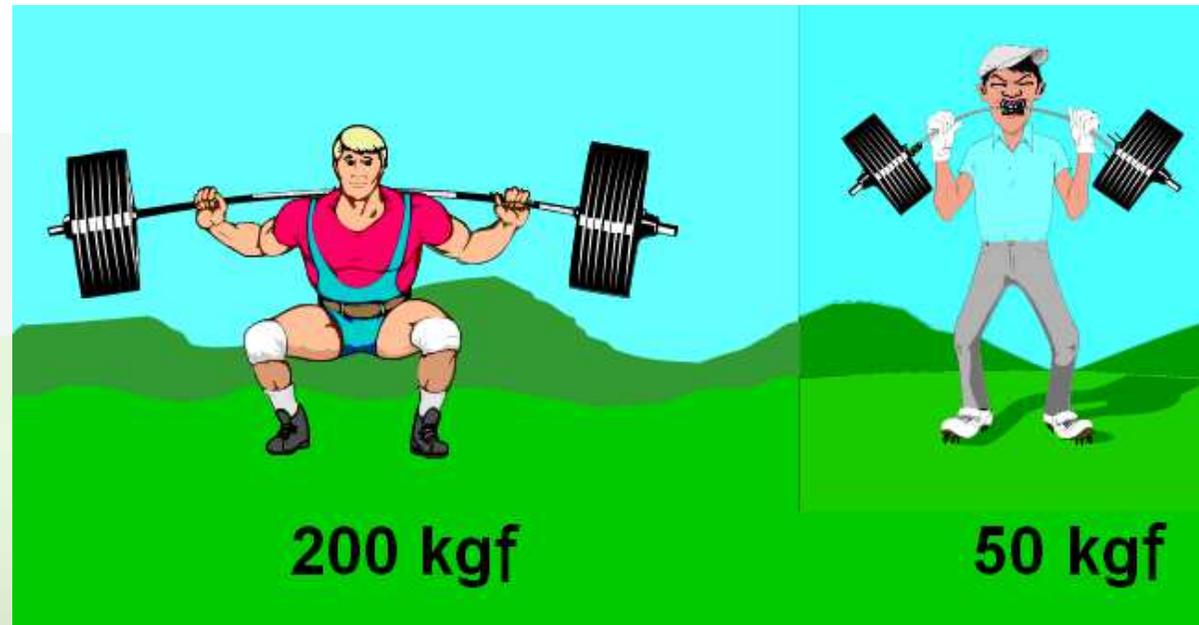
O aparelho utilizado para medição de potência elétrica é denominado wattímetro.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# POTÊNCIA ELÉTRICA:

Analogia com duas pessoas que podem realizar trabalho:



## Curiosidade:

A potência dissipada por um ser humano é em torno de 100 watts, variando de 85 W durante o sono a 800 W ou mais enquanto pratica algum esporte.

Ciclistas profissionais tiveram medições de 2 kW de potência realizada por curtos períodos de tempo.



## POTÊNCIA ELÉTRICA:

A potência elétrica depende de outras grandezas:

**R** - Resistência

**V** - Tensão

**I** - Corrente

$$P = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = R \cdot I^2$$

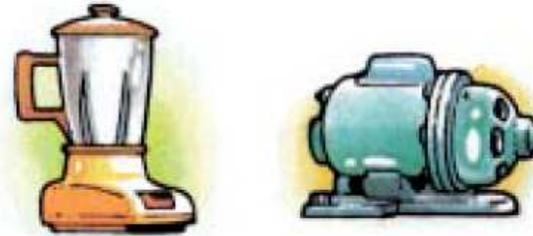


INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# POTÊNCIA ELÉTRICA

Transformações:

POTÊNCIA  
MECÂNICA



POTÊNCIA  
TÉRMICA



POTÊNCIA  
LUMINOSA





# ENERGIA ELÉTRICA

Energia Elétrica é igual ao produto da potência pelo tempo considerado.

$$E = P \cdot t$$

Unidades de medida :

No SI: **joule [J]**, sendo o tempo dado em segundos.

Usual: **watt-hora [Wh]**, sendo o tempo dado em horas.

Símbolo: **E**



# MATERIAIS CONDUTORES E ISOLANTES

## Classificação elétrica dos materiais:

O grau de facilidade de liberação de elétrons de seus átomos permite se classificar eletricamente os materiais em:

### **Materiais condutores**

São materiais que apresentam grande facilidade de liberação de elétrons. Exemplos: cobre, prata, ouro, alumínio.

### **Materiais isolantes**

São materiais que apresentam extrema dificuldade de liberação de elétrons. Exemplos: vidro, borracha, plástico.

### **Materiais semicondutores**

São materiais intermediários, no seu estado natural se localizam entre condutores e isolantes, mas podem se tornar melhores condutores através da mistura (dopagem) com outros elementos (fósforo, alumínio....), ou pelo aquecimento. Exemplos: silício, germânio etc.



# MATERIAIS CONDUTORES E ISOLANTES

Na prática são utilizadas as propriedades “condutividade” e “resistividade” para se fazer a distinção dos materiais quanto a sua facilidade ou sua dificuldade de condução de corrente elétrica.

Material	Classificação	Resistividade a 20° C [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]
Prata	Condutor	0,0164
Cobre		0,0172
Ouro		0,0230
Alumínio		0,0289
Silício	Semicondutor	0,10
Mica	Isolante	90.000.000.000

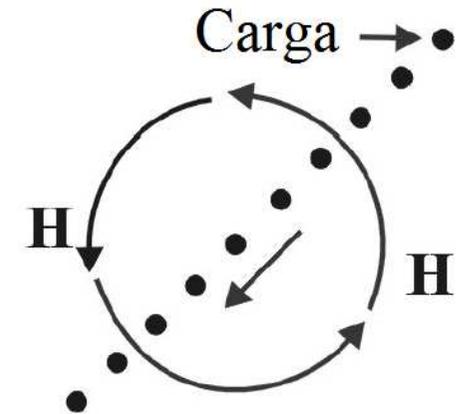
A **resistividade de um material** é a resistência ou dificuldade que esse mesmo material apresenta à passagem de corrente elétrica num fio com **1 metro de comprimento** ( $1\text{m}$ ) e **1 milímetro quadrado de seção** ( $1\text{mm}^2$ ), a uma **determinada temperatura** (normalmente a  $20^\circ\text{C}$ ).



# MAGNETISMO

Um conjunto de cargas em deslocamento dá a noção de corrente elétrica, a qual cria um campo de vetores de campo magnético  $H$ .

Ímãs permanentes e variações de campos elétricos podem também gerar campos magnéticos.



Unidade de medida :

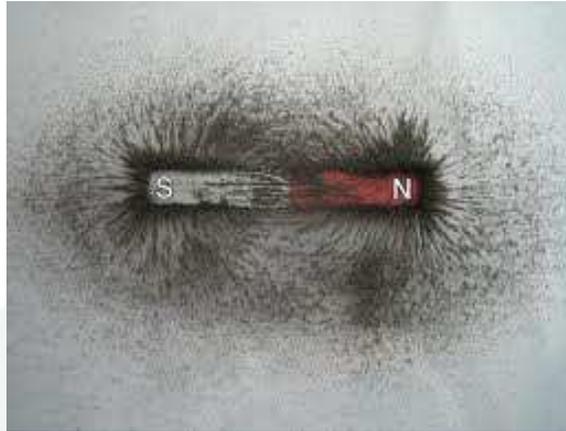
**ampere/metro [ A/m ]**

Símbolo: **H**



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# MAGNETISMO



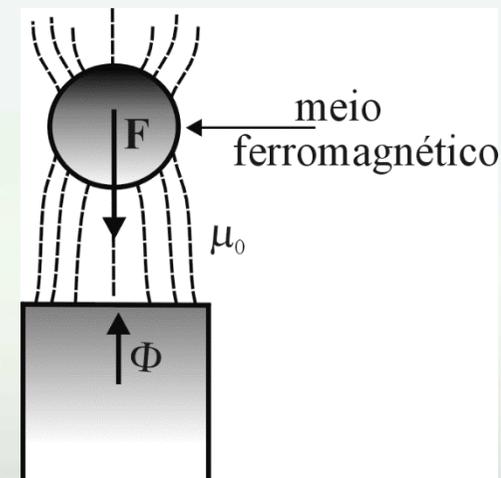
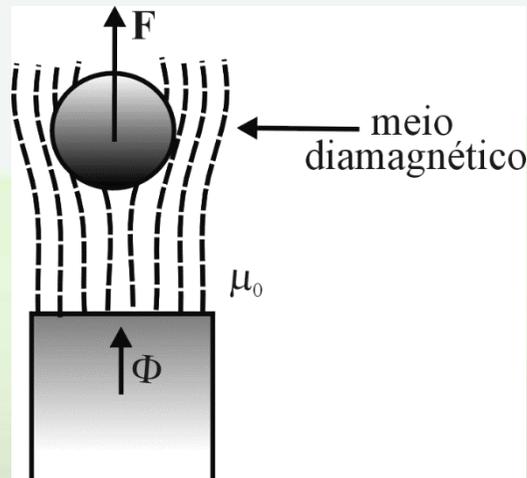


# MAGNETISMO

## Materiais magnéticos:

Existem basicamente dois grupos de materiais magnéticos:

- meios moles: materiais diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos;
- meios duros: ímãs permanentes.



A permeabilidade dos materiais paramagnéticos é praticamente igual ao do ar.



# MAGNETISMO - Permeabilidade de materiais

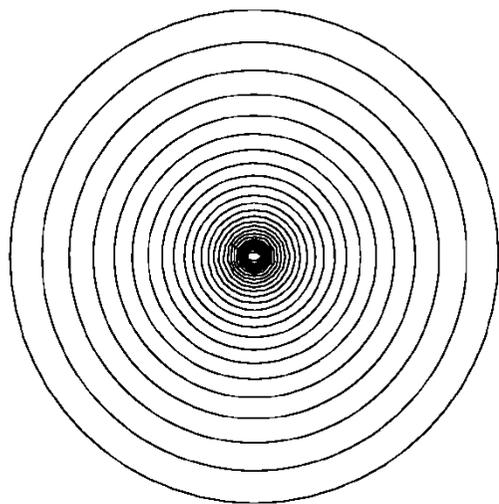
Grupo	Material	Permeabilidade Relativa ( $\mu_r$ )
Diamagnético	Água	0,9999912
	Bismuto	0,999833
	Cobre	0,9999906
	Chumbo	0,9999831
	Hidrogênio	1,0
	Mercúrio	0,999968
	Prata	0,9999736
Paramagnético	Alumínio	1,000021
	Ar	1,0
	Manganês	1,001
	Platina	1,003
	Tungstênio	1,00008
Ferromagnético	Cobalto	250
	Ferro Doce	5000
	Ferro Silício	7000
	Níquel	600
	Permandur (49% Fe, 49% Co, 2% V)	5000
	Permalloy (52% Fe, 48% Ni)	$10^6$
	Supermalloy (79% Ni, 5% Mo, Fe)	$10^7$



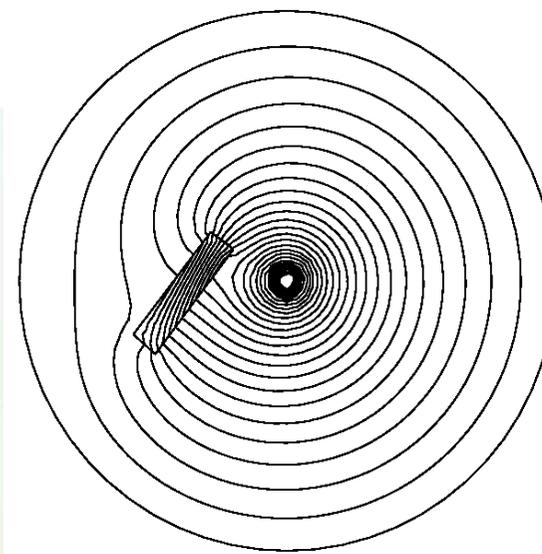
INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# MAGNETISMO

**Materiais magnéticos:**



Campo no ar.



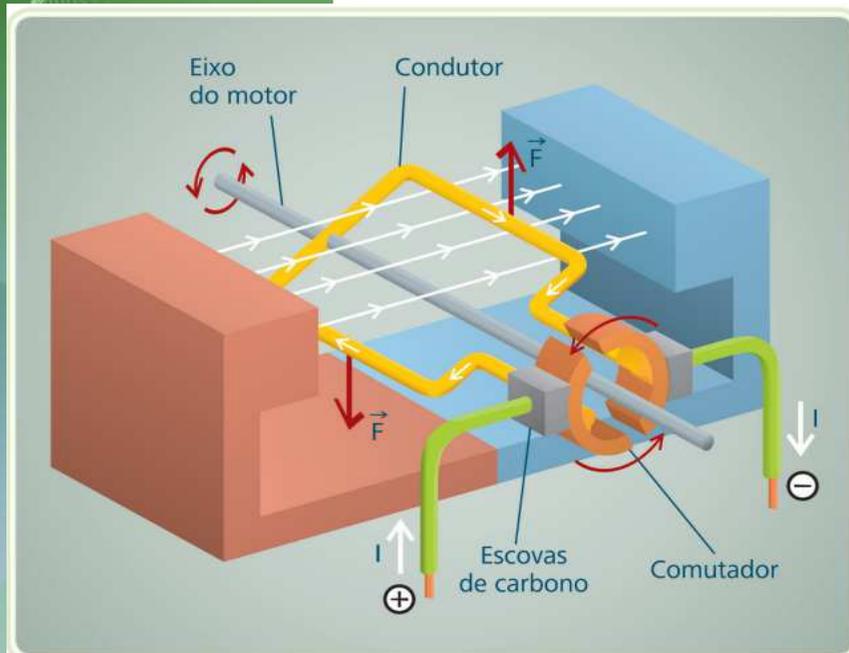
Campo no ar e na peça.



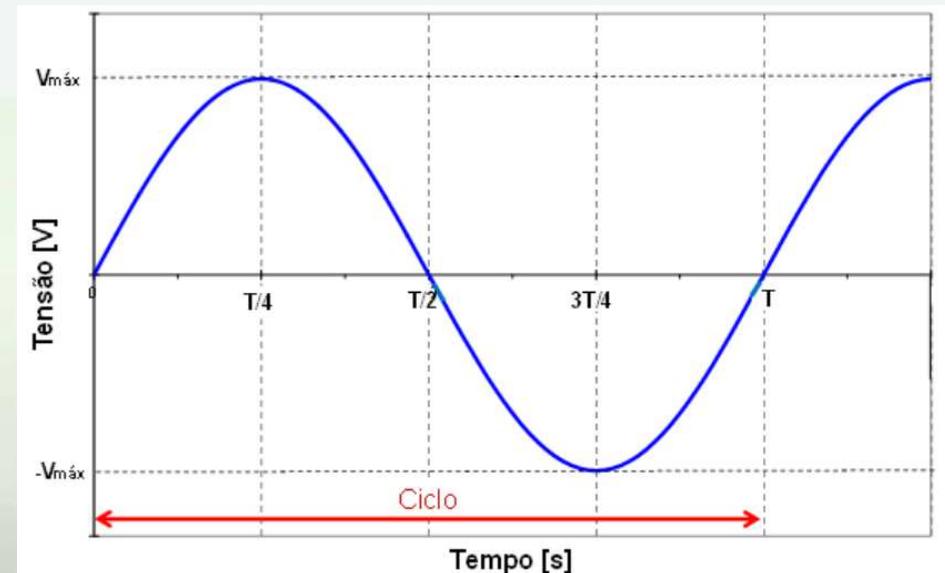
INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

$$v(\omega t) = V_{m\acute{a}x} \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_v)$$



Gerador monofásico CA elementar [2]



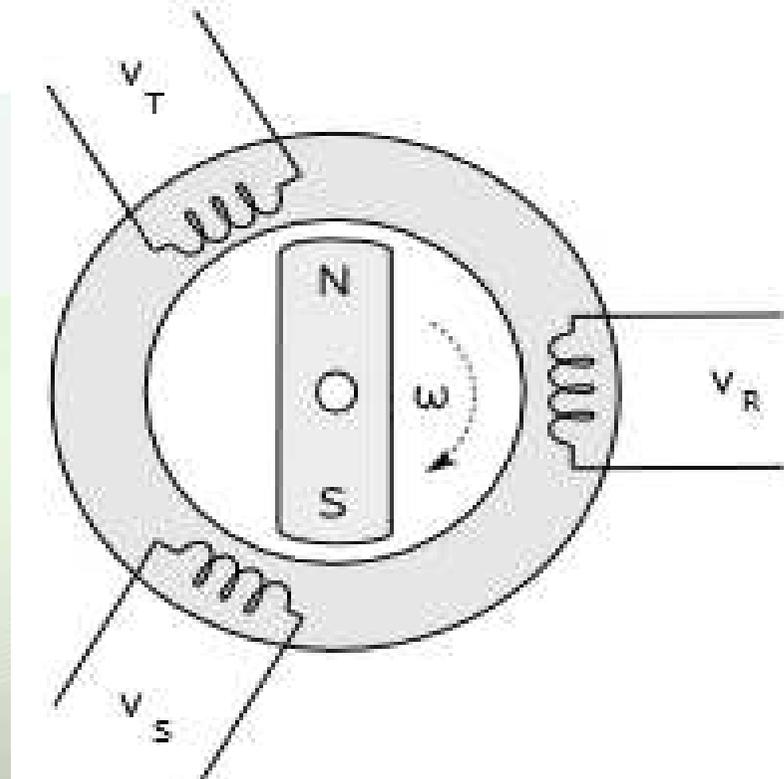
Sinal senoidal



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

## GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

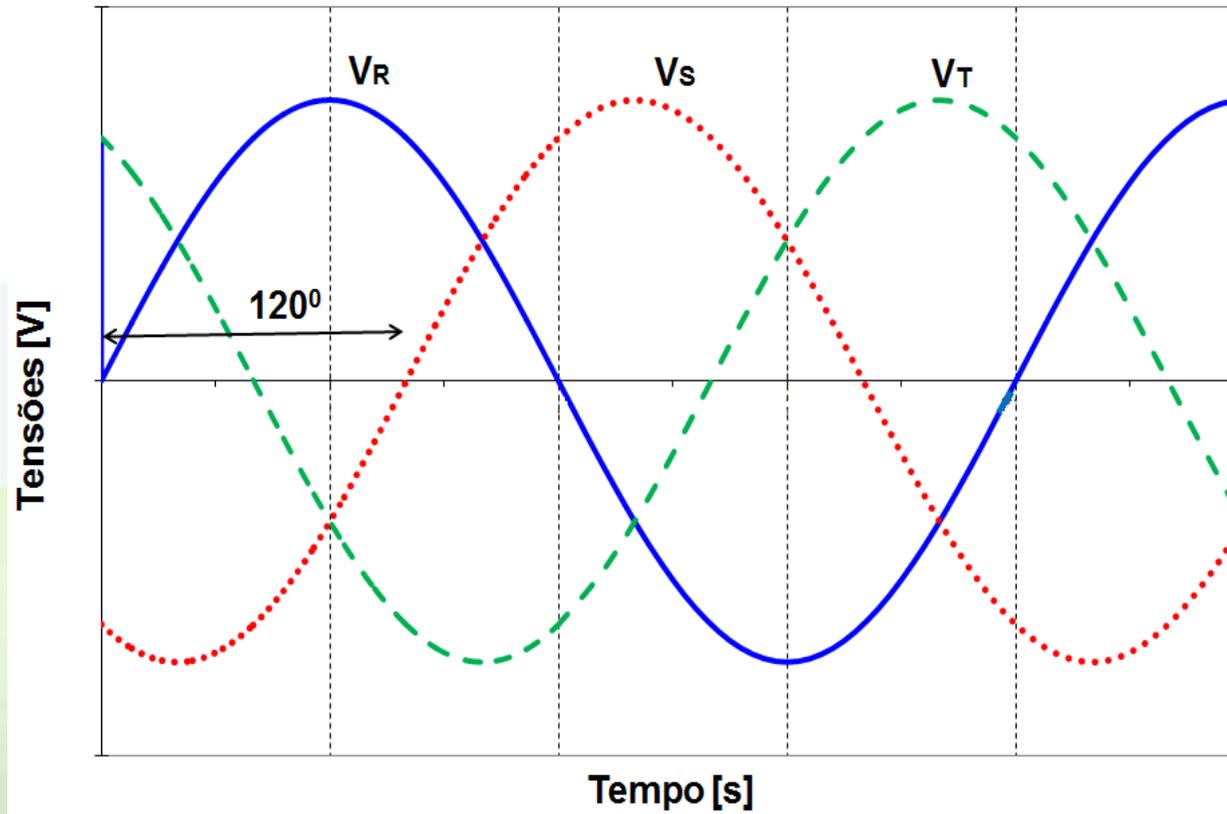
Os três enrolamentos do gerador são estáticos e têm o mesmo número de espiras, enquanto o rotor se movimenta.



*Gerador trifásico.*



# GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



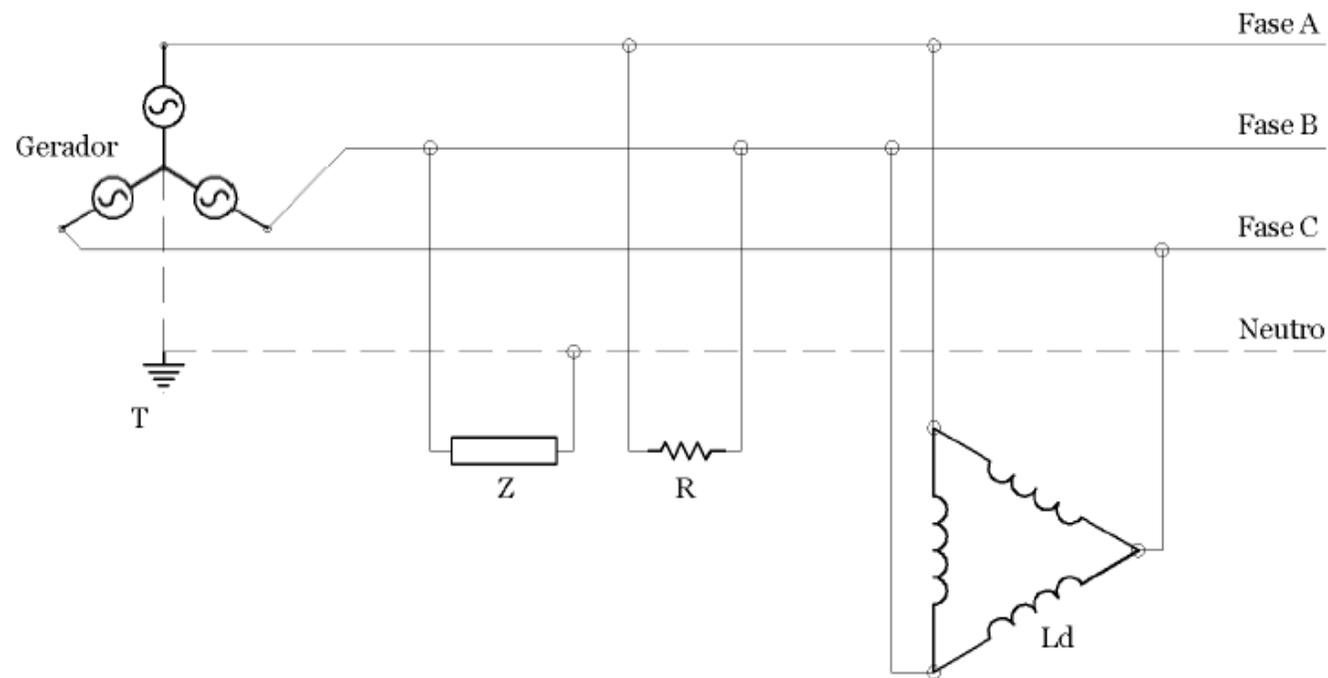
*Ondas trifásicas*



# GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Um dos terminais das bobinas do gerador são conectados, de forma que a diferença de potencial entre eles se neutraliza, formando neutro do circuito.

O sistema trifásico possui a flexibilidade de poder atender cargas monofásicas, bifásicas e trifásicas.

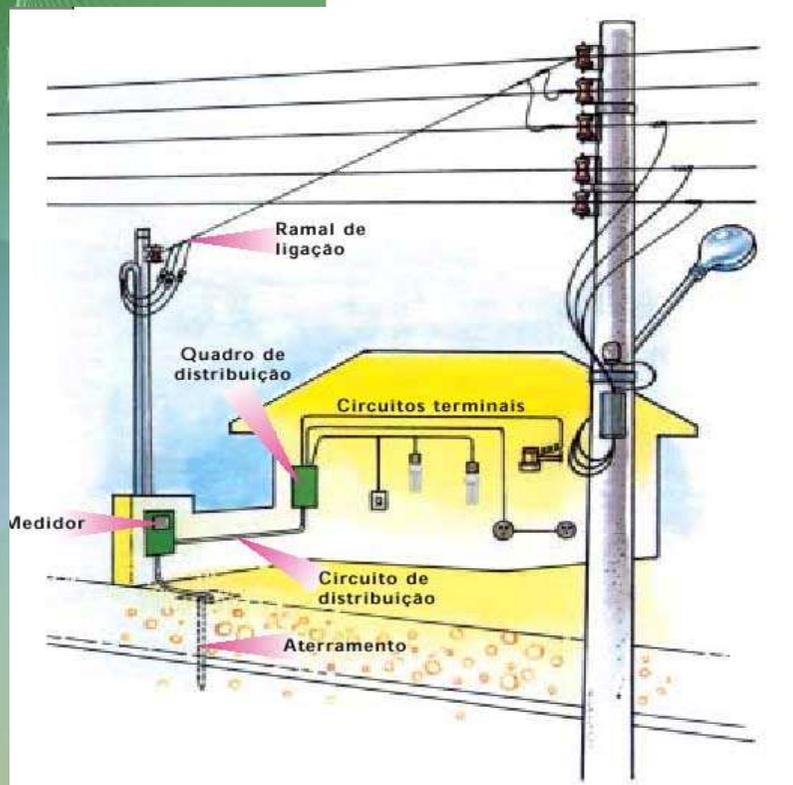


*Exemplo de ligações de cargas no sistema trifásico.*



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA





INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# TRANSMISSÃO DE ENERGIA

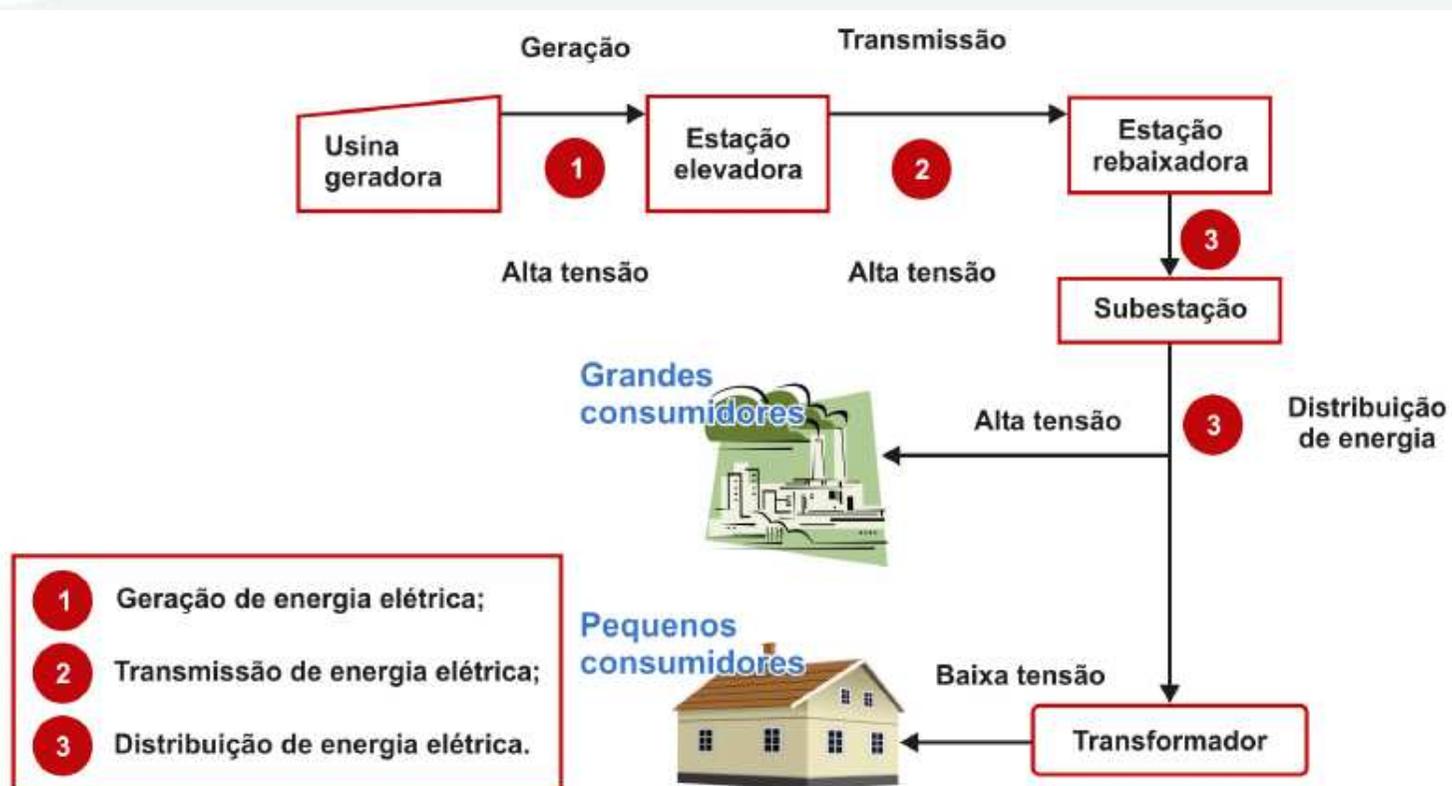




# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

A partir da usina a energia é transformada, em subestações elétricas, **e elevada a níveis de tensão** e transportada em corrente alternada (60 hertz) através de cabos elétricos até as subestações abaixadoras, **delimitando a etapa de Transmissão**.





# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

QUAL FOI A PARTICIPAÇÃO DAS FONTES NA GERAÇÃO ELÉTRICA EM 2022?

**36,9%** REPRESENTADO  
PELAS FONTES...



**GÁS NATURAL (6,2%)**  
42.035 GWh



**EÓLICA (12,1%)**  
81.632 GWh



**BIOMASSA (7,6%)**  
51.783 GWh



**NUCLEAR (2,2%)**  
14.559 GWh



**CARVÃO (1,2%)**  
7.988 GWh



**OUTRAS (2,1%)**  
14.121 GWh



**DERIVADOS DE PETRÓLEO (1,2%)**  
7.816 GWh



**SOLAR (4,4%)**  
30.126 GWh

Fonte: BEN (2023)

A fonte hidráulica (composta por UHE, PCH e CGH) gerou 63,1 % da energia elétrica em 2022, enquanto as demais fontes energéticas geraram 36,9%. Dentre essas fontes, os destaques foram a energia eólica e a geração termelétrica a gás natural e à biomassa.



**HIDRÁULICA**  
427.114 GWh



**63,1%**

No entanto, os movimentos de grande destaque verificados entre os anos de 2021 e 2022 foram o aumento de 79,8 % da geração solar e a redução de 52,9% na geração proveniente de combustíveis fósseis (carvão, gás natural e derivados de petróleo)



**+ 79,8%**

A geração solar saltou de 16.752 GWh em 2021 para 30.126 GWh em 2022



**- 52,9%**

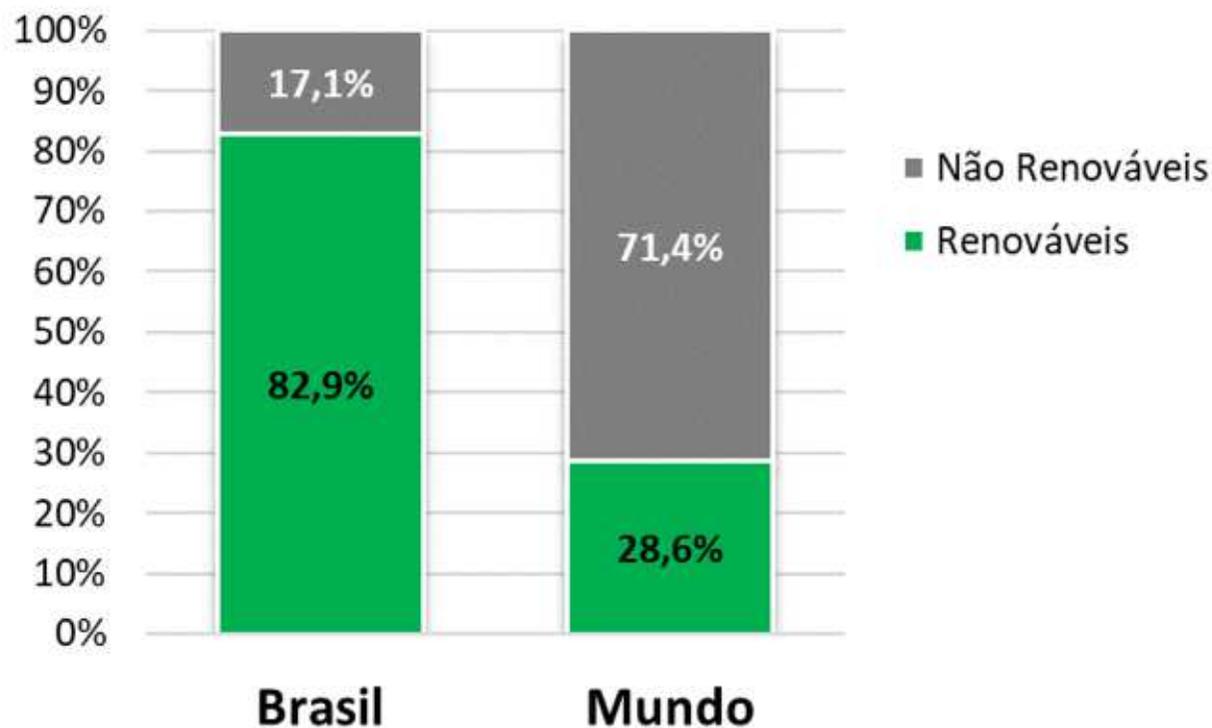
Redução da geração termelétrica a partir de combustíveis fósseis



# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

Utilização de fontes renováveis e não renováveis para a geração de energia elétrica no Brasil e no mundo para o ano de 2020





INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

**Definição da ABNT através das NBR:**

Chamamos de “**baixa tensão**”, a tensão superior a 50 V em corrente alternada ou 120 V em corrente contínua e igual ou inferior a 1.000 V em corrente alternada ou 1.500 V em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

Chamamos de “**alta tensão**”, a tensão superior a 1.000 V em corrente alternada ou 1.500 V em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

**Características da geração** se encerram nos sistemas de medição da energia usualmente em tensões de 138 a 750 kV, interface com a transmissão de energia elétrica.

**Os riscos na etapa de geração** (turbinas/geradores) de energia elétrica **são similares e comuns** a todos os sistemas de produção de energia e estão presentes em diversas atividades, destacando os seguintes:

- Instalação e manutenção de equipamentos e maquinários (turbinas, geradores, transformadores, disjuntores, capacitores, chaves, sistemas de medição etc.);
- Manutenção das instalações industriais após a geração;
- Operação de painéis de controle elétrico;
- Acompanhamento e supervisão de processos;
- Transformação e elevação da energia elétrica.



# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

A **TRANSMISSÃO** basicamente **está constituída por linhas de condutores destinados a transportar a energia elétrica desde a etapa de geração até a etapa de distribuição**, abrangendo processos de elevação e rebaixamento de tensão elétrica, realizados em subestações próximas aos centros de consumo.

Atividades características:

- Manutenção de Linhas de Transmissão;
- Substituição e manutenção de isoladores;
- Substituição de elementos para-raios;
- Substituição e manutenção de elementos das torres e estruturas;
- Manutenção dos elementos sinalizadores dos cabos;
- Desmatamento e limpeza de faixa de servidão;
- Desmatamentos e desflorestamentos.



# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

A **DISTRIBUIÇÃO** é o segmento do setor elétrico que compreende os potenciais após a transmissão, indo das subestações de distribuição até os clientes.

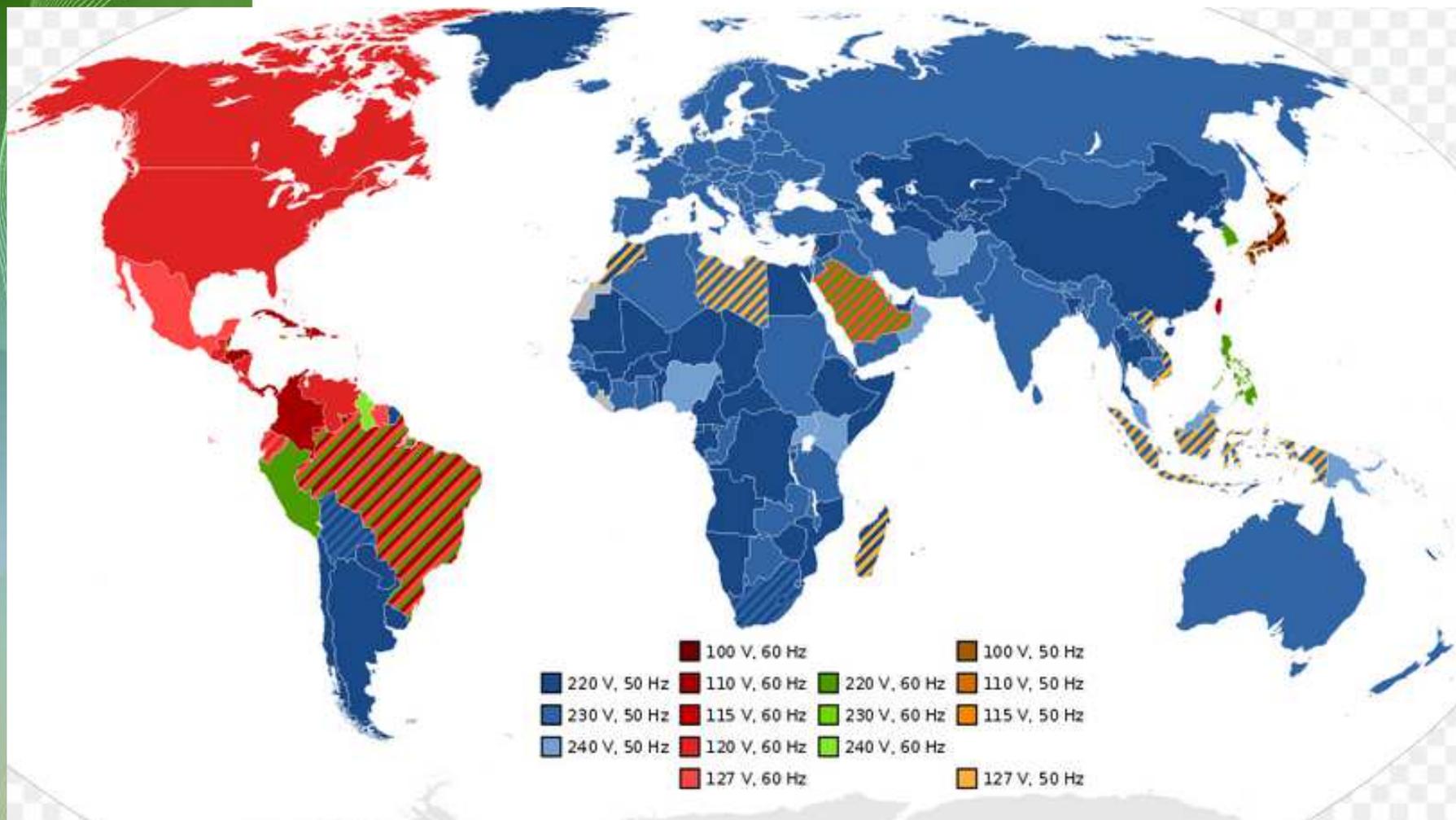
A distribuição de energia elétrica no Brasil é realizada nos potenciais de 110 até 23 kV.

Tensão nominal da rede	Área geográfica	(%) de domicílios brasileiros
110V	Manaus e algumas cidades do interior mineiro e carioca	1
115V	Aproximadamente 84% da região metropolitana da grande São Paulo e algumas áreas da cidade do Rio de Janeiro	10
120V	6,5% da região metropolitana da grande São Paulo e algumas cidades dos estados de Minas Gerais, Tocantins e Pará	1
127V	Maioria das cidades nas regiões Sudeste, Centro Oeste e Norte do Brasil. Alguns municípios na Bahia, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul	50
220V	região Nordeste (maior parte do estado da Bahia), Distrito Federal (Brasília) e os estados de Tocantins, Goiás, Rio Grande do Sul e Santa Catarina	38

Fonte: JANNUZZI & PAGAN, 2000.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA



*Níveis de tensão por países*



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

A **distribuição** possui diversas etapas de trabalho. Tais como:

- Recebimento e medição de energia elétrica nas subestações;
- Rebaixamento ao potencial de distribuição da energia elétrica;
- Construção de redes de distribuição, estruturas e obras civis;
- Montagens de subestações de distribuição, transformadores e acessórios em estruturas nas redes ;
- Manutenção das redes de distribuição aérea e subterrânea;
- Poda de árvores, limpeza e desmatamento das faixas de servidão
- Montagem de cabinas primárias de transformação;
- Medição do consumo de energia elétrica;
- Operação dos centros de controle e supervisão da distribuição.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# ENERGIA ELÉTRICA

## Geração, Transmissão e Distribuição

As atividades de transmissão e distribuição de energia elétrica podem ser realizadas em sistemas desenergizados “linha morta” ou energizados “linha viva”.



**Método à distância**



**Método ao potencial**



**Método ao contato**



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

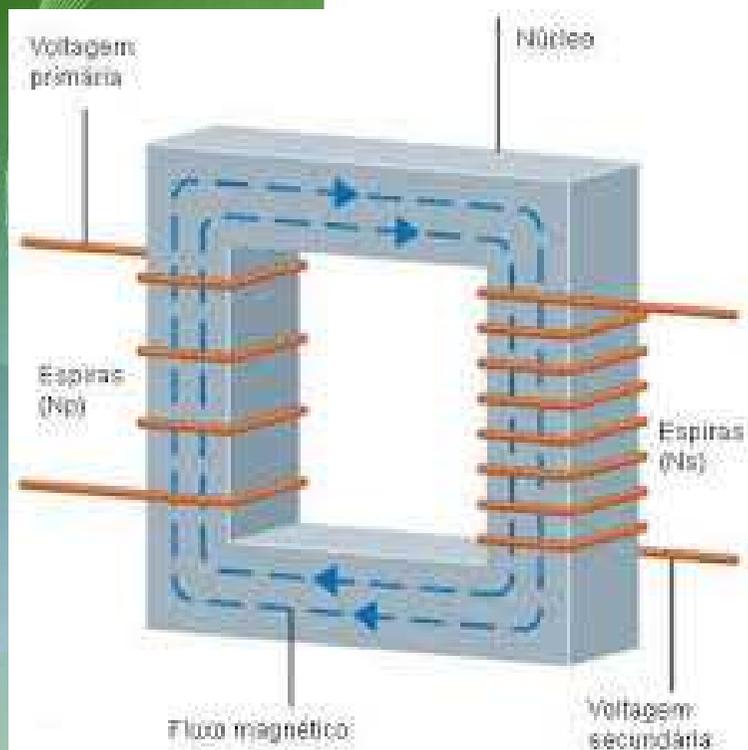


**Motor elétrico**



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

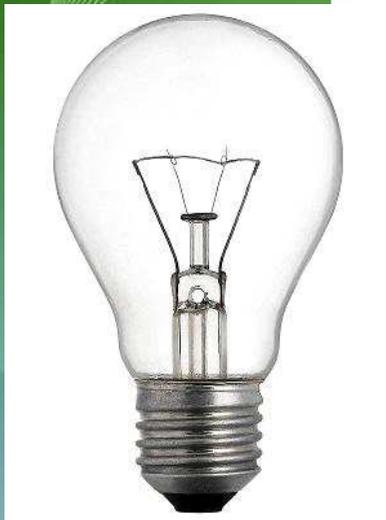


Transformador



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS



Lâmpadas



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS



TOMADAS  
ANTIGAS

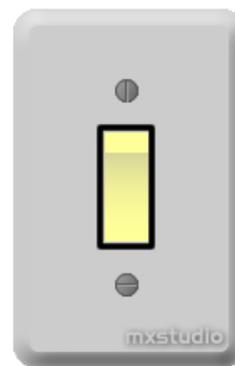
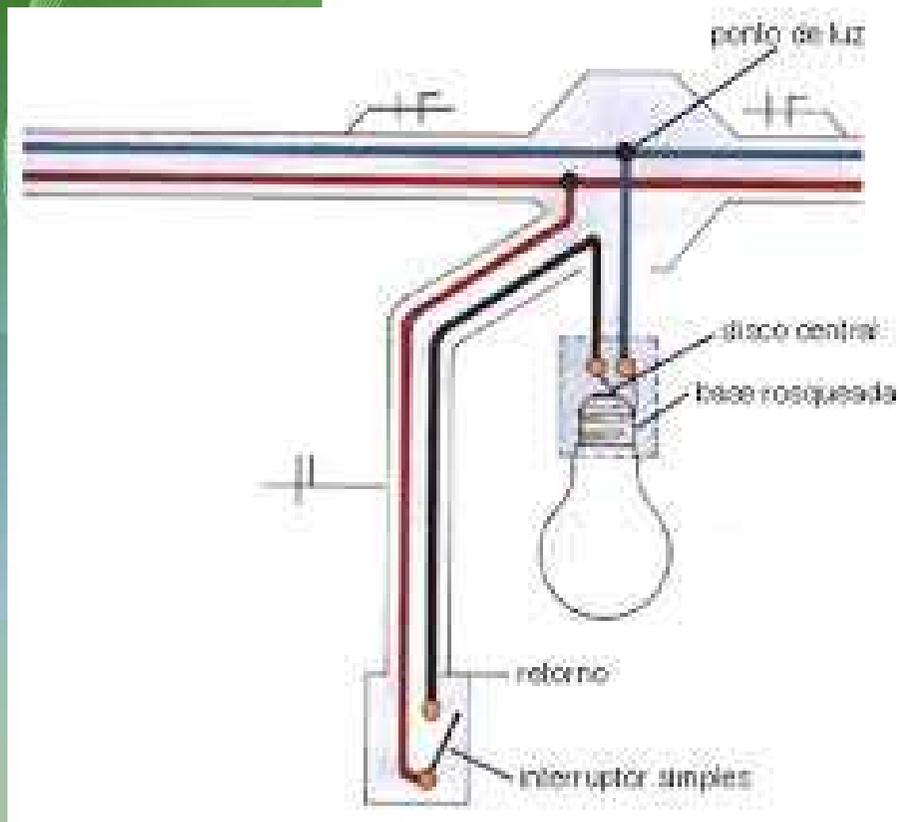


## Tomadas



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

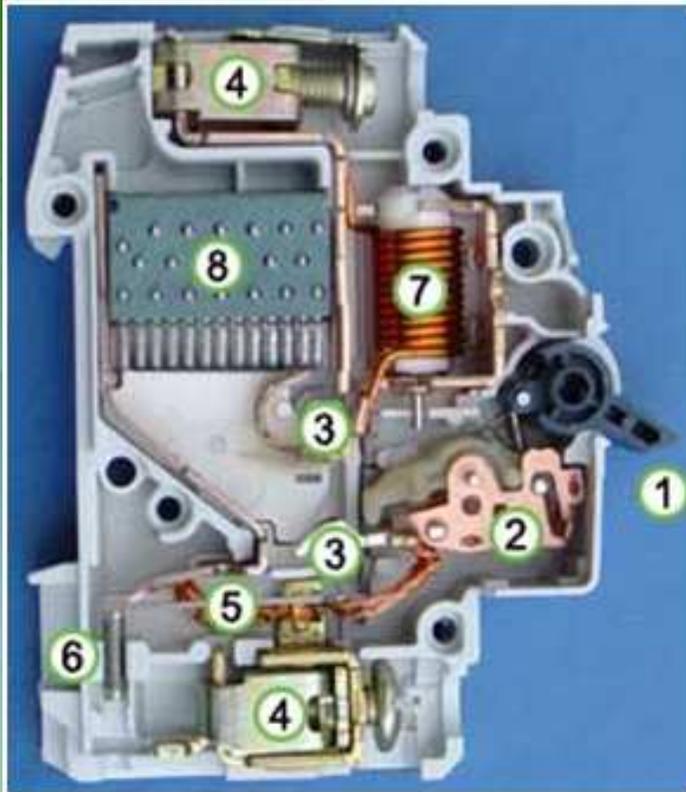


Interruptor



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS



1. Alavanca do atuador.
2. Mecanismo do atuador, força os contatos
3. Contatos.
4. Os terminais.
5. Lâmina bimetálica, atua contra sobrecorrente.
6. Parafuso de ajuste.
7. Solenoide, atua em caso de curto-circuito.
8. Extintor de arcos voltaicos.

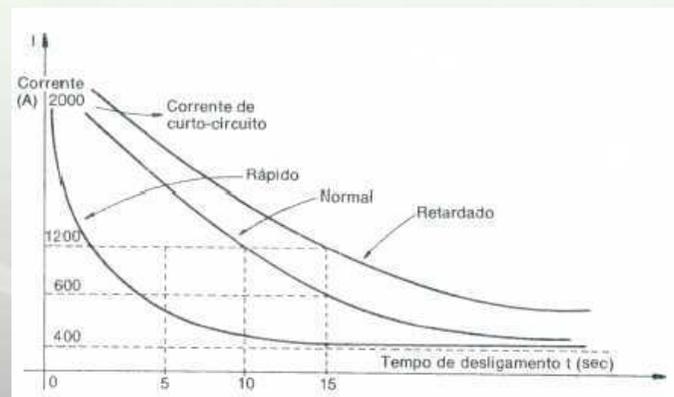
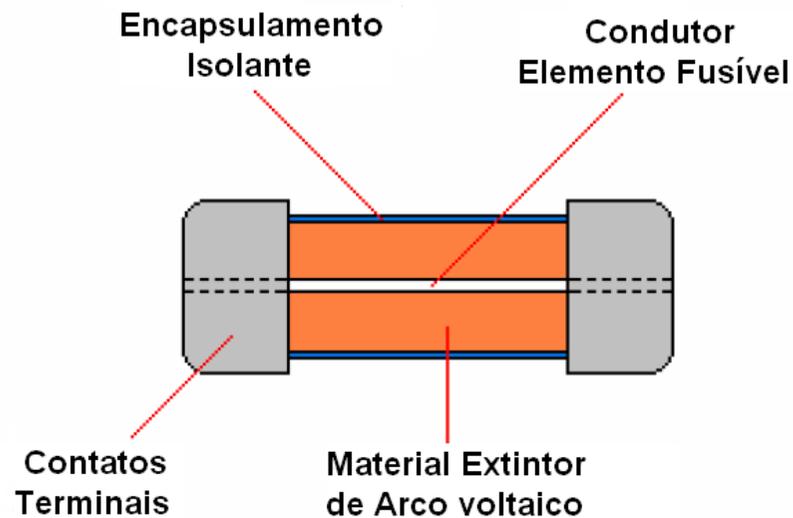


## Disjuntor



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS



Fusível