

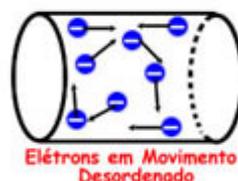
## **CORRENTE ELÉTRICA:**

### **- O movimento ordenado de elétrons em condutores**

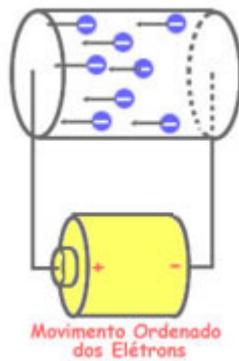
Os aparelhos eletro-eletrônicos que se encontram nas residências precisam de energia elétrica para o seu funcionamento. Tal energia é obtida quando eles são ligados em alguma fonte de energia, como uma pilha ou uma tomada. Quando isso é feito, algo invisível acontece. Elétrons livres, que se encontram nos meios condutores desses aparelhos, passam a se movimentar de maneira ordenada, transportando a energia elétrica necessária para o seu funcionamento. Esse movimento ordenado dos elétrons é conhecido como **corrente elétrica** e ela pode ocorrer nos condutores sólidos, como os metais, e em gases e líquidos ionizados. Vamos aprender um pouco mais sobre a corrente elétrica, discutindo a sua intensidade, sentido convencional e propriedades em geral.

#### **Criando uma corrente elétrica**

Para começar, um tipo de corrente mais comum, que é aquela produzida em fios condutores, que são aqueles feitos de metais, como por exemplo, o cobre. Os metais são bons condutores de eletricidade, pois possuem elétrons livres e quando esses materiais estão em equilíbrio, os elétrons se encontram em movimento desordenado, como mostra a figura abaixo:



Para se obter uma corrente elétrica, é necessário criar um campo elétrico nesse condutor. Com esse campo elétrico, teremos diferentes níveis de energia potencial. Esses diferentes níveis de energia potencial provocarão algo que é conhecido como diferença de potencial (d.d.p.), ou simplesmente tensão elétrica. Essa diferença de potencial pode ser obtida ligando-se o condutor acima a uma pilha.

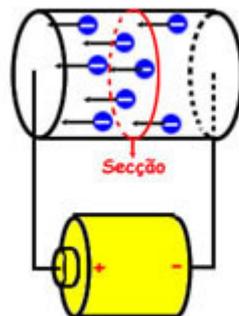


Observe que a pilha possui um pólo positivo e um negativo. O pólo positivo possui um potencial maior, enquanto que o negativo possui um menor. O movimento dos elétrons será no sentido sempre do maior potencial, ou seja, do pólo positivo. A pilha tem a função de fonte de energia elétrica e também de manter a diferença de potencial, mantendo assim o movimento dos elétrons.

### **Intensidade de corrente elétrica**

Considere uma secção no nosso fio condutor, onde podemos contar a quantidade de elétrons que passam por ela. Cada elétron possui uma quantidade de carga elétrica conhecida como *carga elétrica elementar*.

Essa carga elétrica tem valor conhecido, e se multiplicarmos o valor da carga elétrica elementar pelo número de elétrons que passa pela secção teremos a quantidade total de carga elétrica.



Carga Elétrica Elementar

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Quantidade de Carga Elétrica

$$Q = n \cdot e$$

$n$  = número de elétrons

A carga elétrica no sistema internacional é medida em Coulomb..

A intensidade da corrente elétrica será maior quanto mais elétrons passarem pela secção, ou seja, quanto mais cargas passarem no menor intervalo de tempo. Por isso, define-se corrente elétrica como sendo a quantidade de carga elétrica dividida pelo tempo.

Corrente Elétrica

$$i = \frac{Q}{\Delta t}$$

A unidade de corrente elétrica no sistema internacional é o coulomb por segundo, que é conhecido por ampère.

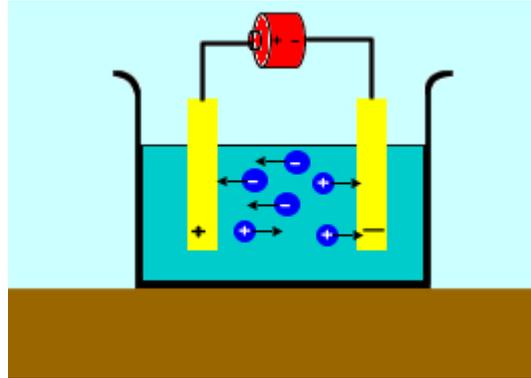
### Corrente iônica

Até agora, falamos da corrente elétrica em meios sólidos para o entendimento desse conceito. Mas a corrente elétrica não é uma exclusividade dos meios sólidos, elas podem ocorrer nos gases e nos líquidos.

Nesses casos, não são só os portadores de carga negativa que entram em movimento, mas os portadores de carga positiva: os íons também entram em movimento.

Considere uma solução iônica onde são colocados dois eletrodos que estão ligados a uma bateria. Tal procedimento fará que um eletrodo adquira carga positiva e outro, carga negativa.

Com isso, teremos o movimento dos íons negativos e dos elétrons no sentido do eletrodo positivo, e os íons positivos no sentido do eletrodo negativo.

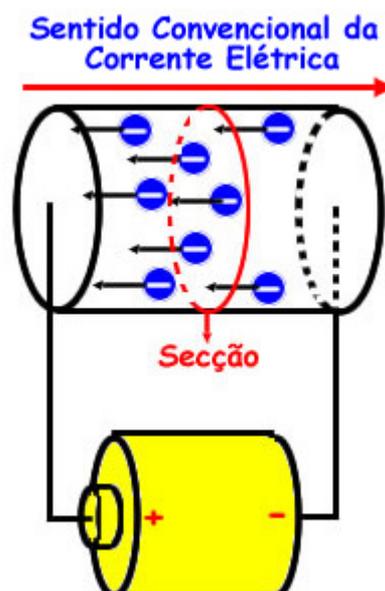


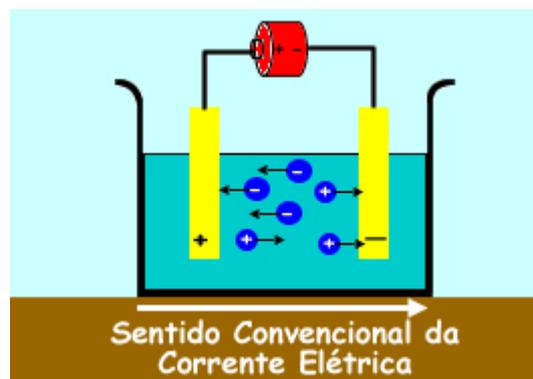
No caso dos gases ionizados, o raciocínio é o mesmo, só que o meio em questão, como diz o próprio nome, é o meio gasoso. A intensidade da corrente elétrica também é determinada pela mesma equação apresentada acima, só que nesse caso a quantidade de carga elétrica será dada pela soma de cargas positivas e negativas.

### Sentido convencional da corrente elétrica

O sentido da corrente elétrica é dado por uma convenção, que para muitos é um tanto estranha. Essa convenção diz que o sentido da corrente elétrica será o mesmo sentido de movimento das cargas positivas.

Ela se torna estranha, pois sabemos que a corrente elétrica que mais aparece no nosso dia a dia é aquela em que os elétrons estão em movimento, e esses elétrons são de carga negativa. Por isso, em uma corrente de elétrons, o sentido convencional da corrente será de oposição ao movimento dos elétrons.





**O sentido real da corrente é ao contrário do sentido convencional – do negativo para o positivo.**

DDP – Diferença de potencial

**Tensão elétrica é a diferença de potencial elétrico** entre dois pontos. Sua unidade de medida é o volt, o nome é homenagem ao físico italiano Alessandro Volta. No Brasil a palavra "voltagem" é usada coloquialmente, o modo correto de se referir a quantidade de Volts, é "tensão". Em Portugal, apesar de, em linguagem técnica, se preferirem os termos "diferença de potencial" ou "tensão", é igualmente reconhecido o uso de "voltagem".

Para facilitar o entendimento do que seja a tensão elétrica pode-se fazer um paralelo desta com a pressão hidráulica. Quanto maior a diferença de pressão hidráulica entre dois pontos, maior será o fluxo, caso haja comunicação entre estes dois pontos. O fluxo (que em eletrodinâmica seria a corrente elétrica) será assim uma função da pressão hidráulica (tensão elétrica) e da oposição à passagem do fluido (resistência elétrica). Este é o fundamento da lei de Ohm, na sua forma para corrente contínua:

$$U = R \cdot I$$

onde:

- R = Resistência (ohms)
- I = Intensidade da corrente (ampères)
- U = Diferença de potencial ou tensão (volts)

Certamente já reparaste que é possível encontrar à venda vários tipos de pilhas ou baterias diferentes. Para além da diferença no tamanho, algumas delas apresentam diferença na "voltagem". Por exemplo:

Pilha AAA



1,5 V

Pilha de Lítio



3 V

Bateria de Automóvel



12 V

Aquilo a que chamamos habitualmente de "voltagem" é a diferença de potencial (d.d.p.) da pilha ou bateria. Essa d.d.p. está relacionada com a energia que a pilha ou bateria transfere para as cargas eléctricas que vão percorrer o circuito.

A unidade SI para a d.d.p. é o Volt, cuja abreviatura é o símbolo V.

Podemos dizer então que a bateria de 12 Volt fornece mais energia às cargas eléctrica de um circuito do que a pilha de 1,5 Volt. As Usinas hidroeléctrica geram energia alternada de tensão de até 480 kV.

### **Como determinar a Diferença de Potencial**

A d.d.p. de uma fonte de energia ou aos terminais de qualquer componente eléctrica em funcionamento pode ser determinada utilizando um Voltímetro.

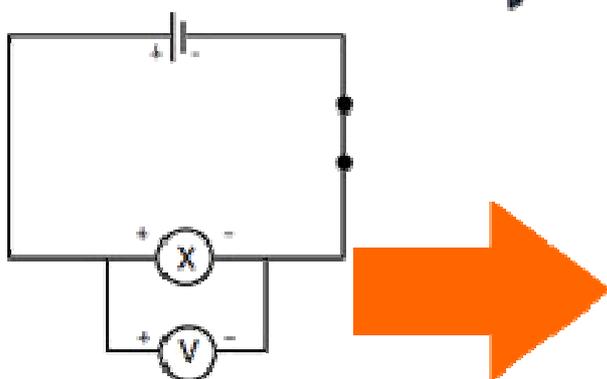
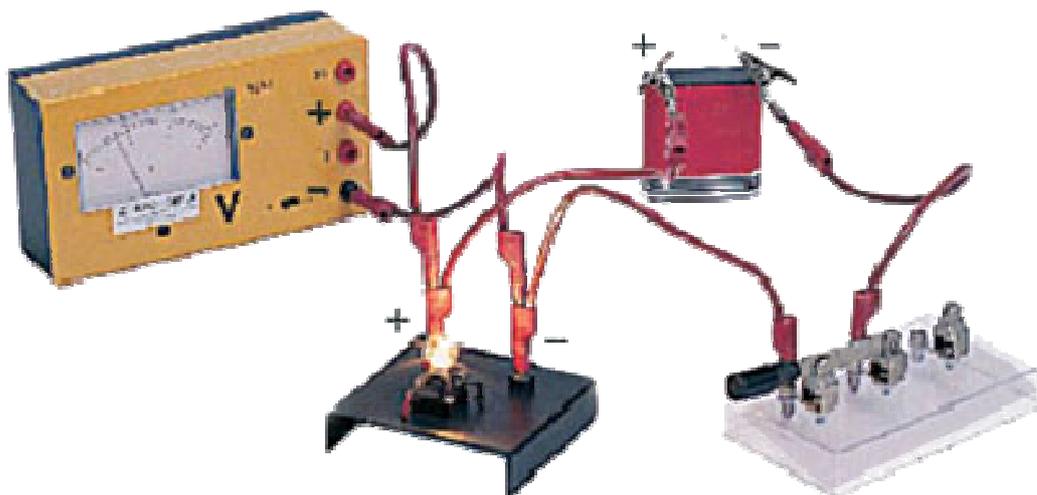


Voltímetro Analógico



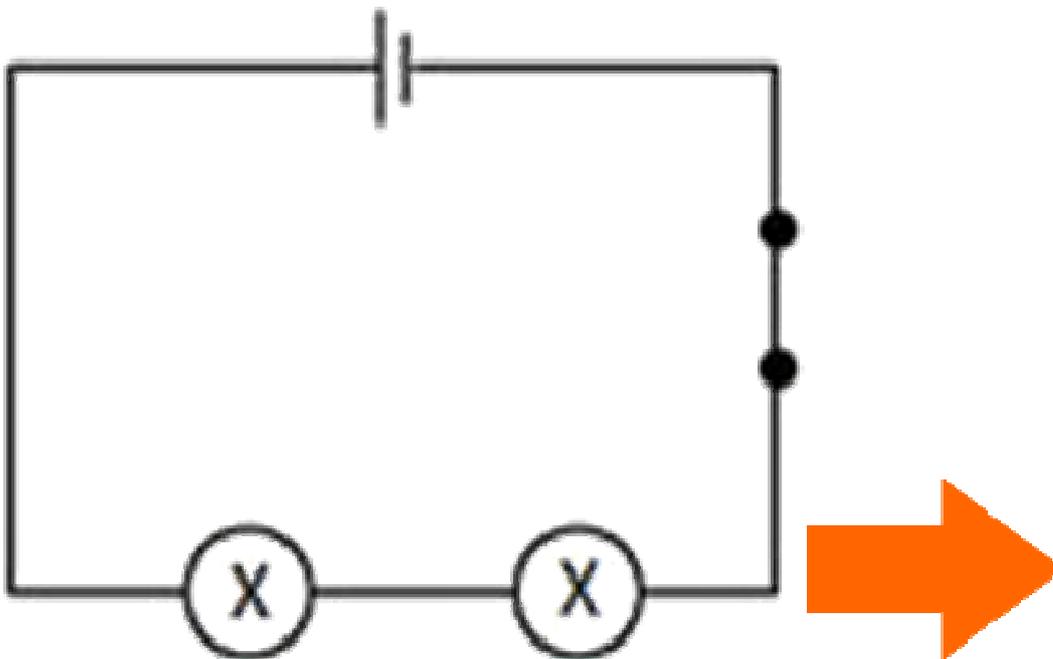
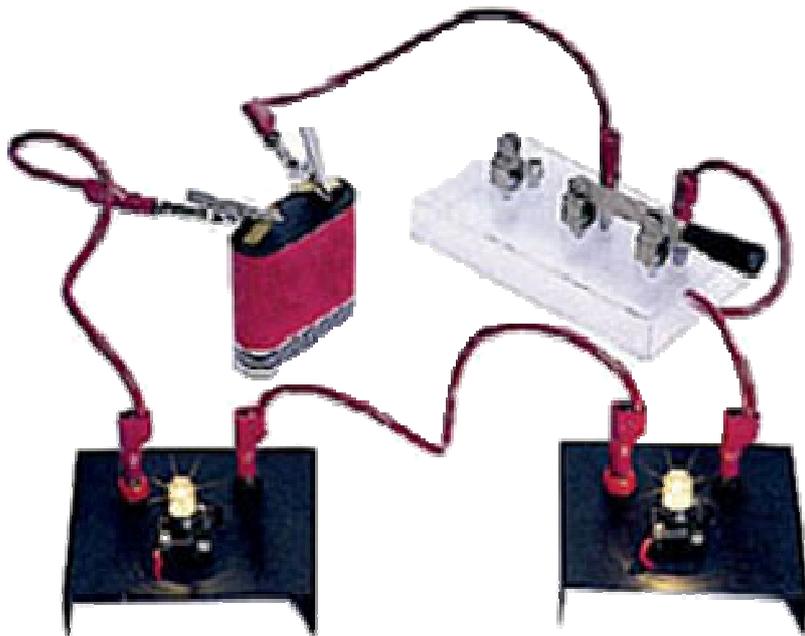
### Voltímetro Digital

Num circuito eléctrico o voltímetro é sempre ligado aos terminais do componente eléctrico para o qual queremos determinar a d.d.p., ou seja, o voltímetro é sempre ligado em paralelo com o componente:

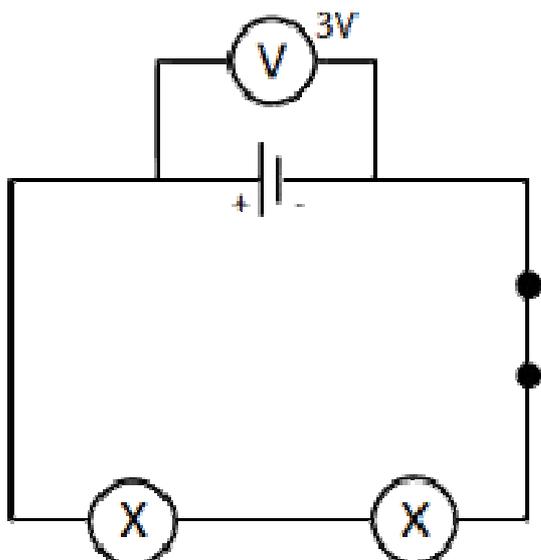


### Diferença de Potencial em Circuitos em Série

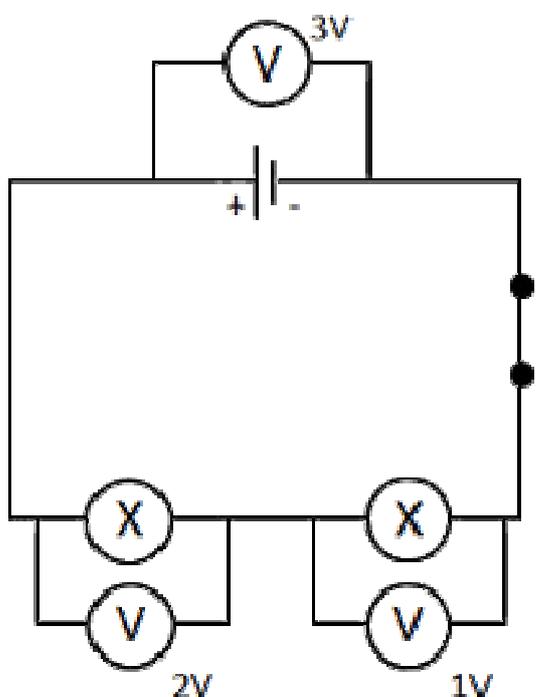
Considera um circuito eléctrico constituído por 1 pilha de 3 Volt, 1 interruptor e 2 lâmpadas ligadas em série com a pilha.



Ao medir a d.d.p. aos terminais da pilha, o voltímetro regista 3 Volt:



Ao medir a d.d.p. nas lâmpadas, os resultados obtidos foram os seguintes:

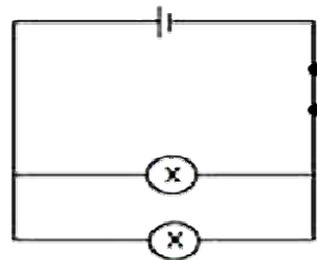
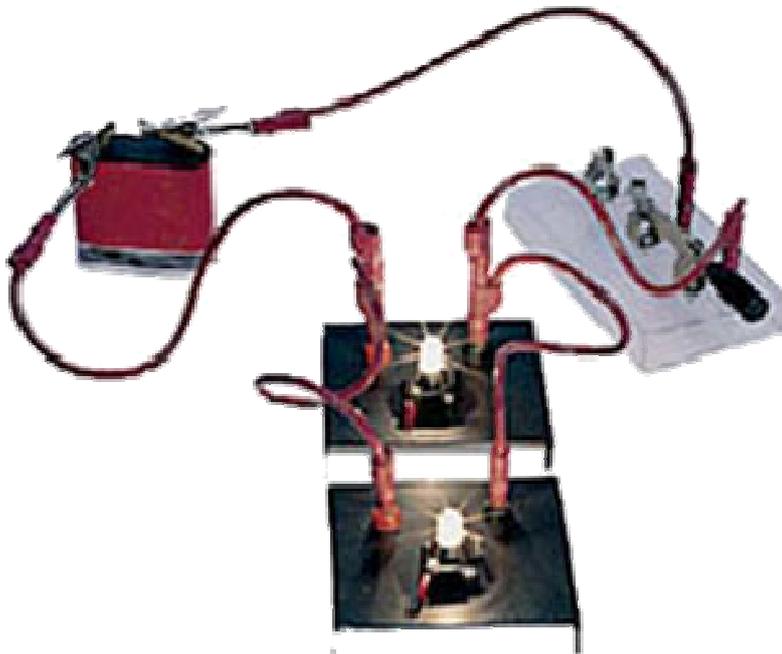


Pode-se então concluir que:

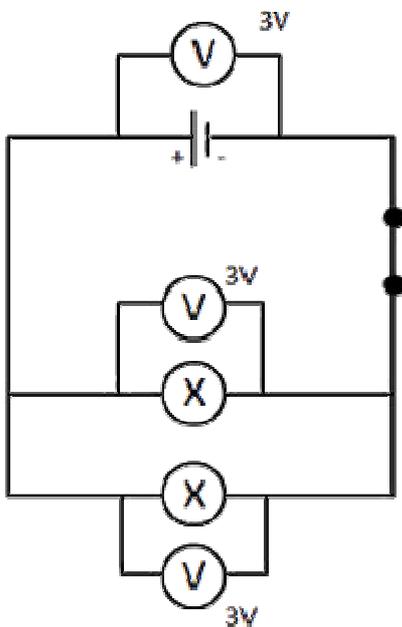
- Num circuito em série, a d.d.p. da fonte de energia (pilha) é igual à soma das d.d.p. dos receptores de energia (lâmpadas);
- d.d.p. pilha = 3 V
- d.d.p. 1.<sup>a</sup> lâmpada + d.d.p. 2.<sup>a</sup> lâmpada = 2 + 1 = 3 V

### Diferença de Potencial em Circuitos em Paralelo

Considera um circuito eléctrico constituído por 1 pilha de 3 Volt, 1 interruptor e 2 lâmpadas ligadas em paralelo com a pilha. O material utilizado é o mesmo da actividade anterior:



Ao medir a d.d.p. na pilha e nas lâmpadas, os resultados foram os seguintes:



Pode-se então concluir que:

- Num circuito em paralelo como o deste exemplo, a d.d.p. do ramo principal é igual à d.d.p. em cada um dos outros ramos.

## Símbolos em eletrônica e eletricidade

Abaixo estão alguns símbolos de componentes elétricos e eletrônicos:

	<b>Massa</b>		<b>Diodo</b>
	<b>Bateria</b>		<b>Diodo Zener</b>
	<b>Fonte de Corrente</b>		<b>LED</b>
	<b>Fonte de Tensão Alternada</b>		<b>Transistor NPN</b>
	<b>Indutor</b>		<b>Transistor PNP</b>
	<b>Resistor</b>		<b>Triac</b>
	<b>Capacitor</b>		<b>SCR</b>
	<b>Fusível</b>		<b>Diac</b>
	<b>Chave</b>		

## Potência

Quando falamos que a **potência** de um carro é 100 cv, que a **potência** de um chuveiro elétrico é 3000 W e que a **potência** de um parafuso é 500 W estamos falando, em todos estes casos, da mesma grandeza física. Na física, potência pode ser definida como a quantidade de energia liberada em certo intervalo de tempo, ou seja, quanto maior a energia liberada em um menor intervalo de tempo maior será a potência.

Sabemos que a energia é uma grandeza física que pode ser definida pela quantidade de trabalho que corpo pode realizar. Para entender a definição de potência, basta pensar no trabalho realizado em um intervalo de tempo.

Por exemplo, o resistor de um chuveiro elétrico libera 3000 Joules por segundo, logo a potência elétrica deste resistor será 3000 Joules divididos por 1 segundo, ou seja, 3000 Watts. A unidade de potência é o watt em homenagem ao engenheiro escocês James Watt (1736-1819) que inventou a primeira máquina a vapor.

Logo temos a seguinte equação para potência:

$$P = E / \Delta t \text{ ou } P = \tau / \Delta t$$

Sendo E a quantidade de energia e  $\tau$  o trabalho realizado

## Cálculo de Potência

Muitas vezes, na propaganda de certos produtos de eletrônicos, destaca-se a sua **potência**. Podemos citar como exemplos os aparelhos de som, os chuveiros e as fontes dos microcomputadores.

Sabemos que esses aparelhos necessitam de energia elétrica para funcionar. Ao receberem essa energia elétrica, eles a transformam em outra forma de energia. No caso do chuveiro, por exemplo, a energia elétrica é transformada em energia térmica.

Quanto mais energia for transformada em um menor intervalo de tempo, maior será a potência do aparelho. Portanto, podemos concluir que potência elétrica é uma grandeza que mede a rapidez com que a energia elétrica é transformada em outra forma de energia.

Define-se potência elétrica como a razão entre a energia elétrica transformada e o intervalo de tempo dessa transformação. Observe o quadro abaixo:

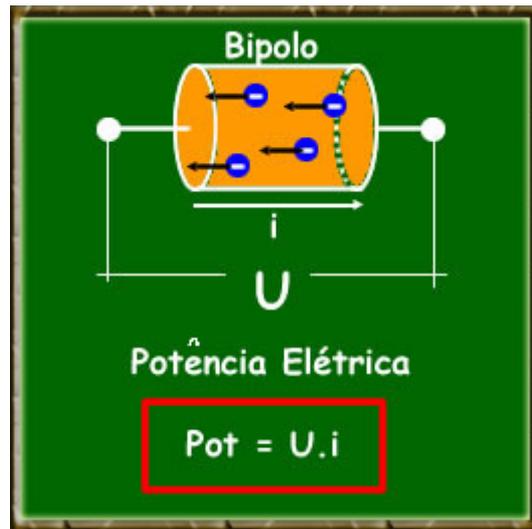


Quadro verde com o título "Potência Elétrica" e a fórmula  $Pot = \frac{E_{el}}{\Delta t}$ .

A definição de potência elétrica, como se vê no quadro acima, não é o único modo que nós temos para a sua determinação. Na eletrodinâmica, lidamos muito com os valores de tensão elétrica e corrente elétrica, e, portanto, nos seria muito útil termos uma maneira de determinar a potência elétrica sabendo os valores dessas grandezas.

Considere então um dispositivo que esteja participando de um circuito elétrico. Esse dispositivo é chamado de bipolo e possui dois terminais, um por onde a corrente entra e outro por onde a corrente sai. Pilhas e lâmpadas são exemplos de bipolos.

Para a corrente passar por esse bipolo, é necessário que seja estabelecida uma diferença de potencial ( $U$ ) nos seus terminais, ou seja, uma tensão. Sabendo-se o valor dessa tensão e o valor da corrente que flui pelo bipolo, podemos calcular o valor da potência elétrica através da fórmula mostrada no quadro abaixo.



### Potência elétrica dissipada

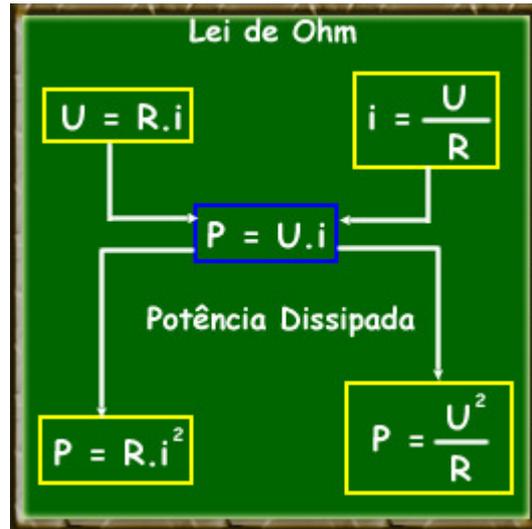
Quando utilizamos algum aparelho que funciona à base de transformação de energia, podemos observar que ele esquenta durante o seu funcionamento. Isso não é diferente quando estamos lidando com aparelhos que funcionam à base de energia elétrica.

Esse aquecimento é conhecido como efeito Joule, e ele é fruto das colisões que os elétrons sofrem contra os átomos e íons que pertencem ao condutor. A energia que é drenada nesse aquecimento é chamada de *energia dissipada*.

Existem aparelhos que têm como objetivo dissipar toda a energia elétrica e transformá-la em energia térmica. Temos muitos exemplos cotidianos de aparelhos que funcionam assim, o chuveiro, o ferro de passar, o forno elétrico, o secador de cabelo, etc.

Os aparelhos citados são providos de resistores. Esses resistores são dispositivos que transformam integralmente a energia elétrica em energia térmica, e por isso, quando a corrente elétrica flui por ele, ele esquenta.

Se tomarmos a lei de Ohm, junto com a fórmula que se encontra no segundo quadro deste artigo, é possível determinar o valor da potência elétrica dissipada. Observe o quadro abaixo:



Com as duas últimas fórmulas do quadro, é possível determinar a potência dissipada e, com a fórmula que se encontra no canto inferior direito do quadro, pode-se responder uma pergunta que várias vezes é levantada nas aulas de física sobre esse assunto: "Quando colocamos a chave do chuveiro na posição inverno, aumentamos ou diminuimos a resistência do chuveiro?"

O chuveiro é ligado a uma tensão praticamente constante. Na posição inverno, a água sai mais quente e por isso está havendo uma maior dissipação de energia. Se a tensão é constante, para ocorrer o aumento da potência é necessário diminuirmos o valor da resistência. Observe a fórmula mencionada, a resistência está no denominador, e por isso a sua redução acarreta no aumento da potência dissipada.

### Unidades de potência e energia elétrica

Nos livros didáticos em geral, são adotados dois sistemas de unidades, o Sistema Internacional e o sistema prático. Vamos ver as unidades de potência e energia elétrica nesses dois sistemas.

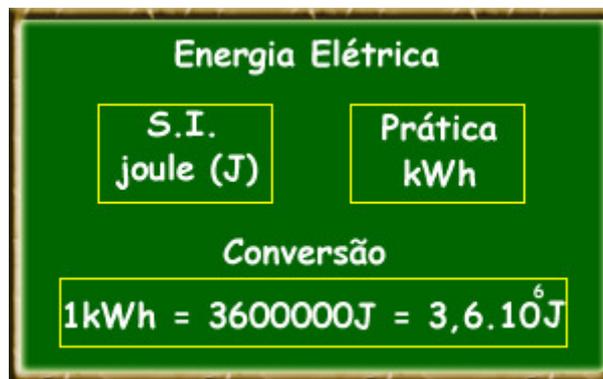
potência elétrica

As duas unidades de potência mais usadas são o watt (W) e o quilowatt (kW). Elas estão representadas no quadro abaixo, assim como a conversão entre elas:



□ energia elétrica

No Sistema Internacional, a unidade de energia elétrica é o joule (J), mas na prática usamos o quilowatt hora (kWh). A conta de consumo de eletricidade da sua residência vem nessa unidade. Observe a figura a seguir:



Note que o kWh é uma unidade de medida grande e por isso ela é compatível para o uso nas medidas de energia elétrica. Imagine que sem avisar a companhia de fornecimento de energia elétrica resolvesse enviar a conta de luz em joules. O valor da energia consumida seria o valor em kWh multiplicado por 3.600.000J. O resultado seria um valor muito grande que no mínimo resultaria em um susto no dono da conta.

**Cálculo do consumo de energia elétrica**

Vamos por meio de um exemplo bem simples ver como é feito o cálculo do consumo de energia elétrica. Considere um banho de 10 minutos em um chuveiro elétrico de potência de 5.200W. Primeiro, devemos passar a potência do chuveiro para kW e o tempo do banho para horas.

**Potência**

$$Pot = 5200W = 5,2kW$$

**Tempo**

$$\Delta t = 10min = \frac{10}{60} h = \frac{1}{6} h$$

Com a potência em kW e o tempo em horas, o resultado do consumo já sairá em kWh. Para obter esse consumo, usaremos a fórmula que foi apresentada na primeira figura deste artigo, pois nós temos o tempo e a potência do chuveiro.

**Cálculo do Consumo**

$$Pot = \frac{E_{el}}{\Delta t} \rightarrow E_{el} = Pot \cdot \Delta t$$
$$E_{el} = 5,2 \cdot \frac{1}{6}$$

$E_{el} = 0,87kWh$

Se soubermos o valor do kWh cobrado pela concessionária, poderemos determinar qual foi o custo desse banho. Vamos tomar o preço cobrado pela concessionária que fornece energia na minha casa, que vale R\$ 0,32, e vamos multiplicar esse valor pelo valor da energia consumida durante o banho, nesse caso, 0,87kWh.

**Custo do Banho**

$$C = 0,87 \cdot 0,32 = R\$ 0,27$$

Um valor relativamente pequeno, mas se considerarmos uma família com quatro membros, cada um tomando um banho de 10 minutos por dia, teremos um consumo diário de mais de um real. Se pensarmos no consumo mensal, teremos na conta mais de trinta reais devido somente aos banhos da família.

Então podemos concluir que o chuveiro realmente é responsável por uma fatia significativa na despesa mensal com a conta de luz.

# Gerador



Turbina Francis da Voith (azul) acoplada a gerador Westinghouse de 117,6 kW (vermelho).

**Gerador** é um dispositivo utilizado para a conversão da energia mecânica, química ou outra forma de energia em energia elétrica.

- Tipos de geradores que convertem energia mecânica em elétrica:
  - Gerador Síncrono
  - Gerador de indução ou Gerador Assíncrono
  - Gerador de Corrente contínua

Motores elétricos desempenham a função inversa, ou seja, convertem energia elétrica em energia mecânica e construtivamente são semelhantes aos geradores, pois se baseiam no mesmo princípio de conversão.

- Tipos de motores elétricos que convertem energia elétrica em energia mecânica:
  - Motor Síncrono
  - Motor de indução ou Motor Assíncrono
  - Motor de corrente contínua
- Tipo de gerador que converte energia química em elétrica
  - Geradores de célula à combustível ou célula de combustível
  - Pilhas
- Tipo de gerador que converte diretamente a energia luminosa do Sol em elétrica
  - Geradores fotovoltaicos

O tipo mais comum de gerador elétrico, o dínamo (gerador de corrente contínua) de uma bicicleta, depende da indução eletromagnética para converter energia mecânica em energia elétrica, a lei básica de indução eletromagnética é baseada na Lei de Faraday de indução combinada com a Lei de Ampère que são matematicamente expressas pela 3ª e 4ª equações de Maxwell respectivamente.

O dínamo funciona convertendo a energia mecânica contida na rotação do eixo do mesmo que faz com que a intensidade de um campo magnético produzido por um Ímã

permanente que atravessa um conjunto de enrolamentos varie no tempo, o que pela Lei da indução de Faraday leva a indução de tensões nos terminais dos mesmos

A energia mecânica (muitas vezes proveniente de uma turbina hidráulica, à gás ou a vapor é utilizada para fazer girar o rotor, o qual induz uma tensão nos terminais dos enrolamentos que ao serem conectados a cargas levam a circulação de correntes elétricas pelos enrolamentos e pela carga.

No caso de um gerador que fornece uma corrente contínua, um interruptor mecânico ou anel comutador alterna o sentido da corrente de forma que a mesma permaneça unidirecional independente do sentido da posição da força eletromotriz induzida pelo campo. Os grandes geradores das usinas geradoras de energia elétrica fornecem corrente alternada e utilizam turbinas hidráulicas e Geradores Síncronos.



A imagem mostra o topo de um Gerador Síncrono de usina hidrelétrica sob manutenção.

Há muitos outros tipos de geradores elétricos. Geradores eletrostáticos como a máquina de Wimshurst, e em uma escala maior, os geradores de van de Graaff, são principalmente utilizados em trabalhos especializados que exigem tensões muito altas, mas com uma baixa corrente e potências não muito elevadas.

Isso se deve pelo fato de nesses tipos de gerador, a densidade volumétrica de energia não é pequena, ou seja, para que se tenha uma grande quantidade de energia sendo convertida é necessário um grande volume por parte da estrutura do gerador.

O mesmo não ocorre nos geradores que operam baseados em princípios eletromagnéticos pois os mesmos permitem uma concentração volumétrica de energia bem maior.

Um dos exemplos de aplicação é no fornecimento de energia para os aceleradores de partículas.