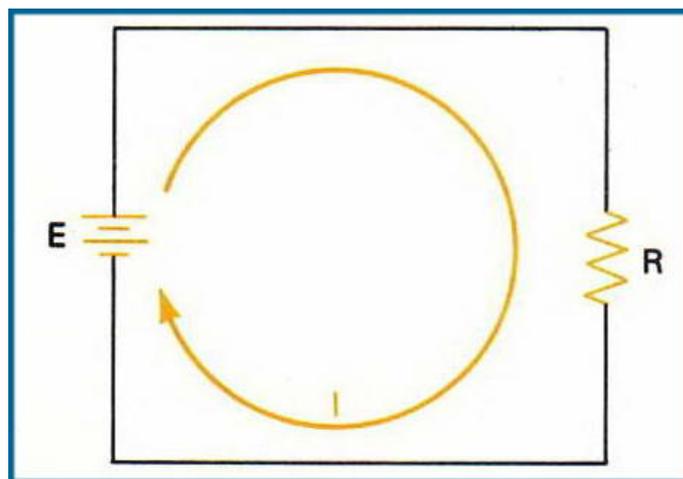


LEI DE OHM – POTÊNCIA ELÉTRICA

Em um circuito fechado padrão com fonte de tensão e resistência, a tensão provoca um fluxo de corrente e a resistência se opõe a esse fluxo.

A figura abaixo mostra um circuito fechado típico com uma fonte de tensão "E" e uma resistência "R".



Georg Simon Ohm demonstrou em 1828 que, num circuito DC, a corrente "I" é diretamente proporcional à tensão "E" e inversamente proporcional à resistência "R".

Georg Simon Ohm foi um físico e matemático alemão. Irmão do matemático Martin Ohm. Em 1817 foi professor de matemática no colégio jesuíta de Colônia e na "Escola Politécnica Municipal" de Nuremberg de 1833 a 1849.

De acordo com o demonstrado por Georg Simon Ohm, isto significa que:

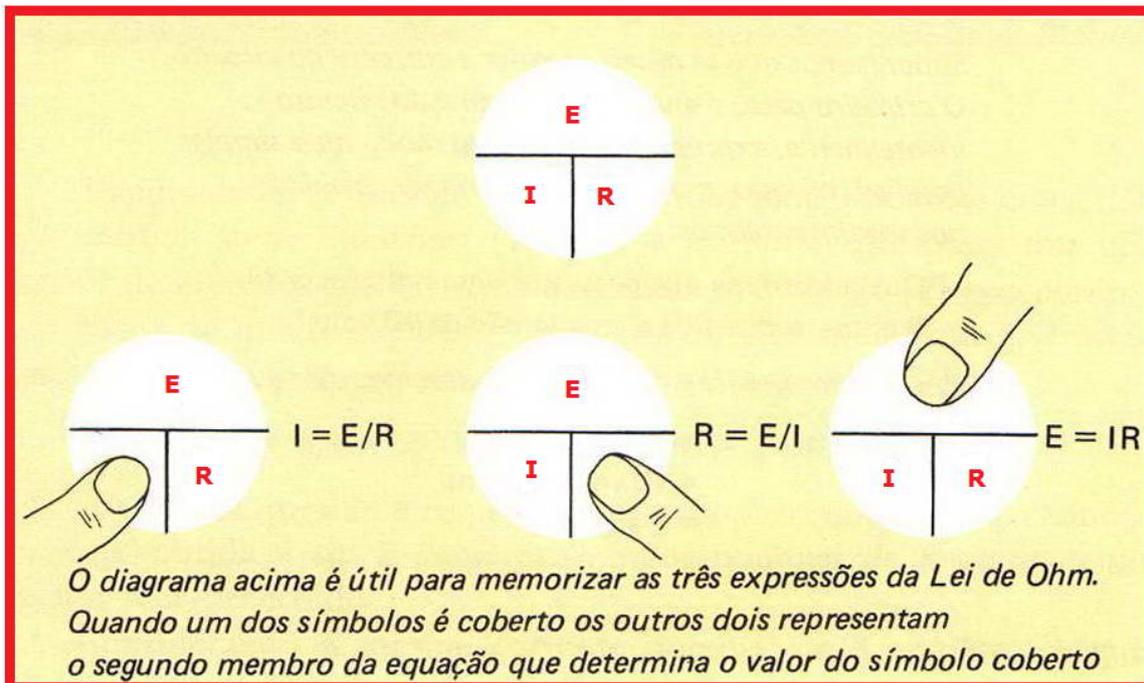
1. Se aumentarmos E, I aumentará
2. Se diminuirmos E, I diminuirá
3. Se aumentarmos R, I diminuirá
4. Se diminuirmos R, I aumentará

Portanto as 3 equações fundamentais que relacionam essas grandezas são:

$$E = R \cdot I$$
$$I = \frac{V}{R} \quad R = \frac{V}{I}$$

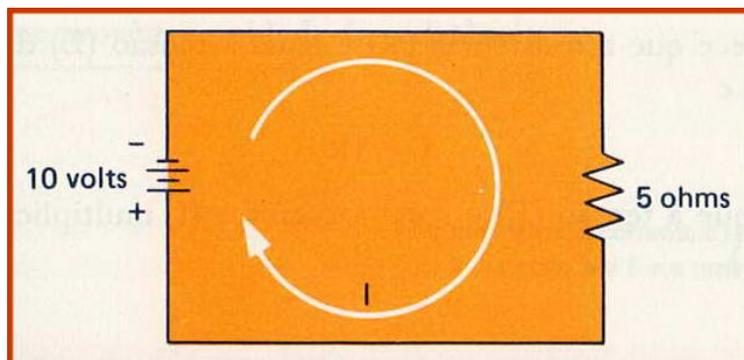
E = tensão em volts
I = corrente em ampères
R = resistência em ohms

A figura abaixo mostra uma maneira interessante para memorizar as equações da Lei de Ohm.



Determinando a corrente em um circuito:

O circuito abaixo mostra que conhecemos apenas a tensão e a resistência, aplicando a equação da Lei de Ohm podemos determinar a corrente que circula pelo circuito.



Calculando a corrente:

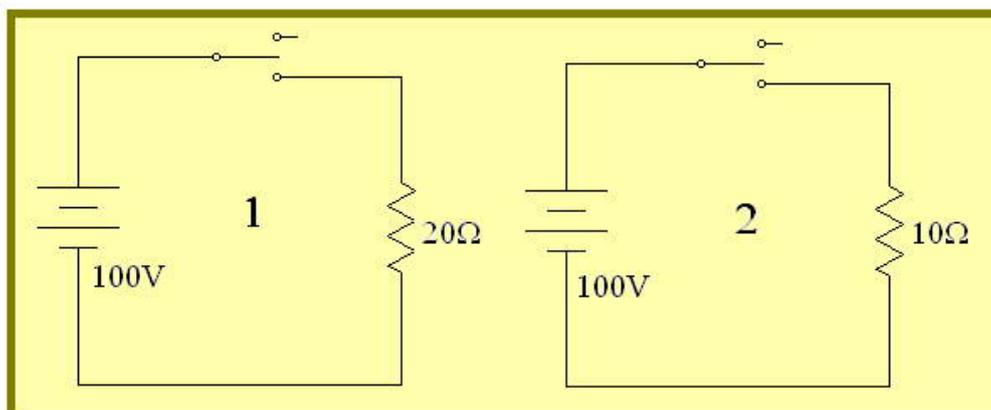
$$\begin{aligned} I &= E/R \\ I &= 10/5 \\ I &= 2A \end{aligned}$$

A corrente de 2 ampères circulará pela resistência e obviamente a fonte de tensão deverá ter a energia suficiente para fornecer essa corrente.

Observe no circuito acima que, conhecendo os dois valores dessas grandezas, podemos determinar o terceiro.

Vejamos outra condição, onde é extremamente útil aplicar as fórmulas ou equações que relacionam essas grandezas.

No circuito abaixo temos uma tensão de 100 volts que alimenta ora um resistor de 20Ω , ora outro de 10Ω . A corrente máxima que a fonte de tensão pode fornecer é de 8 ampères. Qual dos dois circuitos atenderá as exigências quando a chave for fechada?



Solução:

No circuito 1 temos uma resistência de 20 ohms, logo:

$$I = E/R = 100/20 = 5A$$

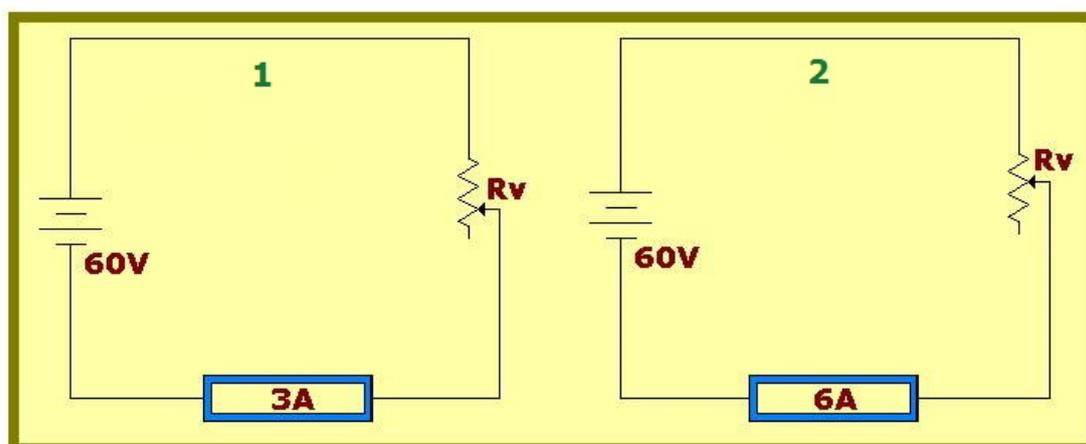
No circuito 2 temos uma resistência de 10 ohms, logo:

$$I = E/R = 100/10 = 10A$$

Portanto, o circuito 1 funcionará com segurança, uma vez que, no circuito 2 a corrente de 10A ultrapassa o valor máximo de corrente permitido pela fonte.

Determinando a resistência em um circuito:

A figura a seguir mostra um circuito no qual temos dois valores de resistência no circuito, dependendo do posicionamento do cursor do reostato.



No circuito 1, a corrente que circula pelo mesmo é de 3A enquanto que no circuito 2 a corrente é de 6A. Para os dois circuitos a tensão de alimentação é de 60V.

Podemos então calcular o valor da resistência oferecida pelo reostato nos dois casos, pois nos dois circuitos a corrente circulará pelo resistor.

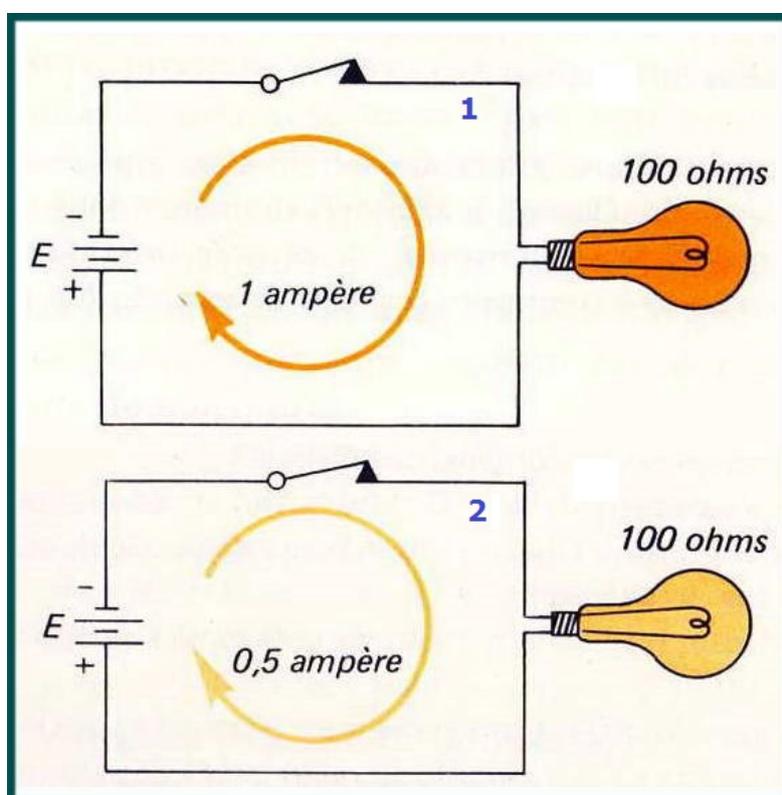
Circuito 1:

$$R = E/I = 60/3 = 20\Omega$$

Circuito 2:

$$R = E/I = 60/6 = 10\Omega$$

Determinando a tensão no circuito:



Uma lâmpada com uma determinada tensão nominal apresenta uma resistência de 100Ω. Nos circuitos 1 e 2 a mesma apresenta uma intensidade de brilho diferente, visto que conforme podemos verificar, as correntes são diferentes.

O circuito 2 opera com a metade da corrente em relação ao circuito 1, para a mesma lâmpada. Deduz-se então que as tensões são diferentes. Através da Lei de Ohm podemos então calcular a tensão que está sendo aplicada na lâmpada nos dois circuitos.

Circuito 1:

$$E = R.I = 100.1 = 100 \text{ volts}$$

Circuito 2:

$$E = R.I = 100.0,5 = 50 \text{ volts.}$$

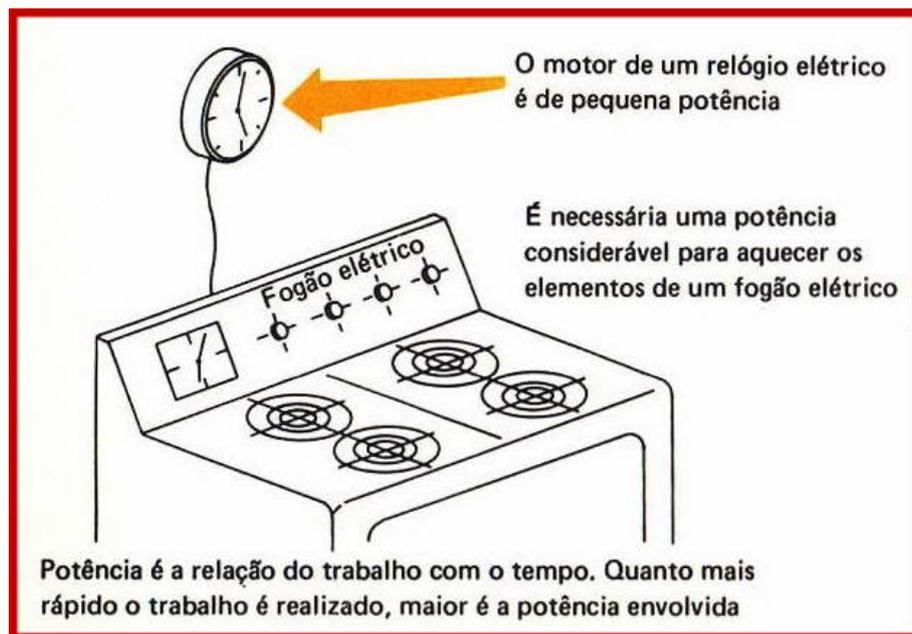
Considerando que a tensão nominal da lâmpada para atingir o seu brilho máximo seja de 100 volts, torna-se óbvio que no circuito 2, com uma tensão de 50 volts, a mesma acenderá com seu brilho médio.

POTÊNCIA ELÉTRICA

A função da fonte de energia em um circuito elétrico é fornecer energia para uma carga, de forma que essa energia possa ser convertida em um trabalho útil.

Nesse processo, uma carga qualquer ligada a um circuito consome energia e é por essa razão que pilhas e baterias se descarregam e precisam ser substituídas periodicamente, quando essas cargas não são alimentadas pela energia elétrica domiciliar.

A figura a seguir mostra o exemplo de duas cargas que para realizarem um trabalho, consomem energias diferenciadas.



Se considerarmos que tanto o relógio elétrico quanto o fogão elétrico forem alimentados pela mesma fonte de energia, o consumo do relógio para realizar o seu trabalho que nada mais é do que acionar um pequeno motor, é infinitamente menor do que o consumo de energia do fogão elétrico.

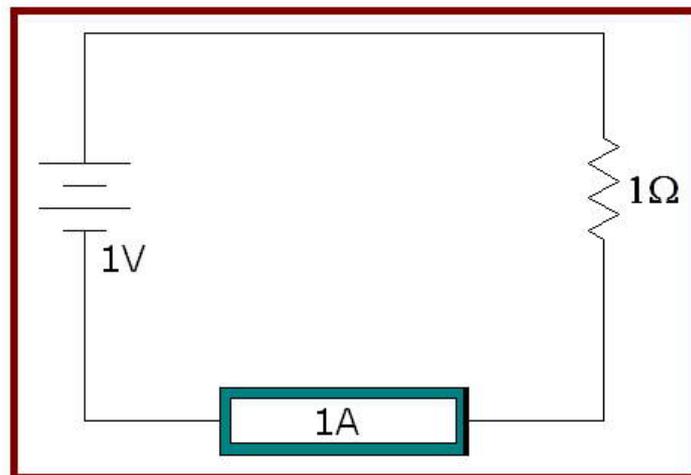
Unidade de medida da potência elétrica:

A unidade de medida da potência elétrica é o watt (W) em homenagem a James Watt (1736-1819)

James Watt foi um matemático e engenheiro escocês. Construtor de instrumentos científicos, destacou-se pelos melhoramentos que introduziu no motor a vapor, que se constituíram num passo fundamental para a Revolução Industrial.

Um watt de potência é o trabalho realizado por um volt para movimentar 1 carga de 1 coulomb em 1 segundo (SI).

Sabemos que 1 coulomb por segundo equivale a 1 ampère.



Portanto, 1 watt de potência equivale a uma corrente de 1 ampère que circula em um circuito sob uma tensão de 1 volt, conforme ilustra a figura acima.

Entendendo melhor o conceito de potência elétrica:

1. A potência é a taxa de realização de um trabalho, e portanto, deve ser expressa nas unidades de *trabalho e tempo*.
2. A unidade de trabalho é o *joule*. Um *joule* é o trabalho realizado por uma carga de 1 *coulomb* que se move sob uma diferença de potencial de 1 volt.
3. Se uma carga de 10 *coulombs* for submetida a uma diferença de potencial de 1 volt, o trabalho realizado será de 10 *joules*.
4. A quantidade de trabalho não depende do tempo que a carga leva quando submetida a uma diferença de potencial. Se no exemplo citado no item 3 o trabalho fosse realizado em 1 segundo ou em 1 dia, o seu valor continuaria sendo de 10 *joules*.

Para fixar melhor esse conceito, se uma lâmpada de 10 watts for ligada a uma fonte de energia ou diferença de potencial, em 1 minuto, 20 minutos ou 1 dia, ela sempre propiciará 10 watts de trabalho (energia luminosa).

5. Quando estudamos e analisamos circuitos elétricos, é sempre conveniente raciocinar em termos de ampères de corrente do que em coulombs ou em joules por segundo.

Usando os múltiplos e submúltiplos do watt:

Os múltiplos e submúltiplos mais usados para expressar a potência elétrica são:

Unidade de medida = W
1.000 watts = 1 quilowatt (kW)
1.000.000 watts = 1 megawatt (MW)
0,001 watt = 1 miliwatt (mW)
0,000001 watt = 1 microwatt (μ W)

Formulário:

$$P = E.I$$

Onde:

P = potência em watts

E = tensão em volts

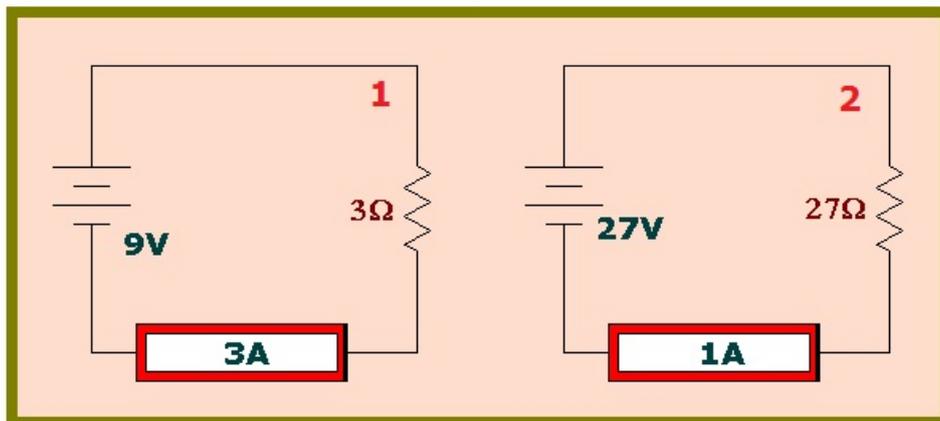
I = corrente em ampères

A partir da equação básica podemos desenvolver:

$$P = R.I^2$$

$$P = E^2/R$$

Na figura mostrada a seguir, os dois circuitos tem a mesma potência.



Circuito 1:

$$P = E.I = 9.3 = 27 \text{ watts}$$

Circuito 2:

$$P = E.I = 27.1 = 27 \text{ watts}$$

Calculando a potência nos resistores dos dois circuitos: $P = R.I^2$

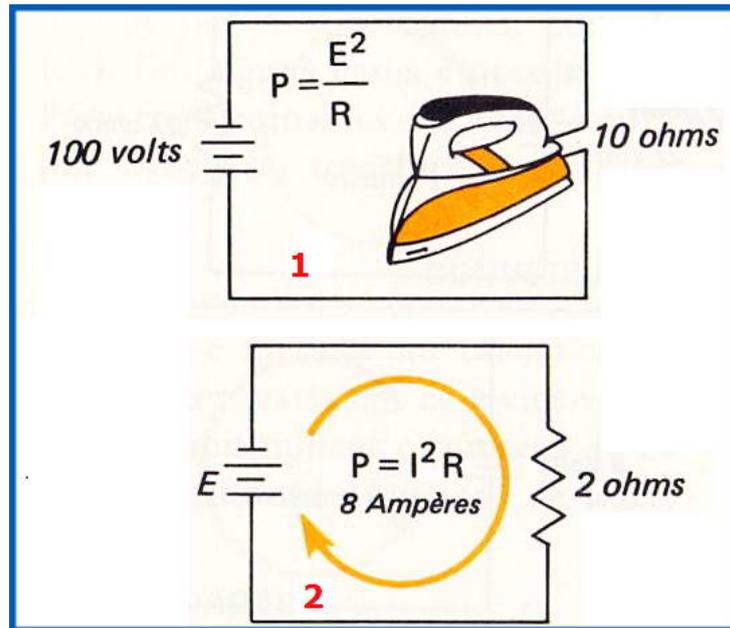
Circuito 1:

$$P = R.I^2 = 3.3^2 = 3.9 = 27 \text{ watts}$$

Circuito 2:

$$P = R.I^2 = 27.1^2 = 27.1 = 27 \text{ watts}$$

A figura a seguir mostra como calcular a potência elétrica com uma única operação:



No circuito 1 temos apenas o valor da resistência do ferro elétrico, portanto, devemos aplicar a fórmula:

$$P = E^2/R$$

$$P = 100^2/10$$

$$P = 10000/10 = 1.000 \text{ watts}$$

No circuito 2 não precisamos do valor da tensão para calcular a potência, pois podemos aplicar a fórmula, já que temos a corrente e o valor da resistência:

$$P = R \cdot I^2 \text{ ou } P = I^2 \cdot R$$

$$P = 2 \cdot 8^2 = 2 \cdot 64 = 128 \text{ watts}$$

Potência dissipada e trabalho realizado:

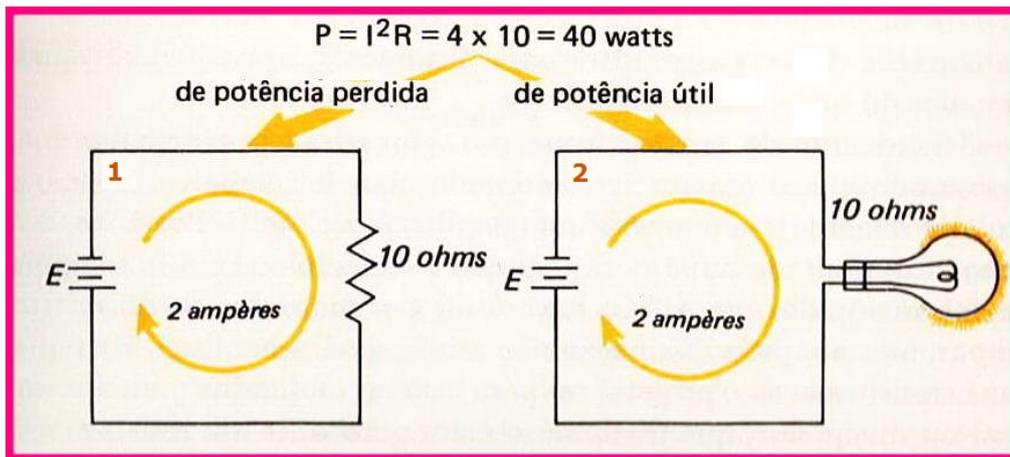
A potência consumida por um circuito indica a quantidade de trabalho que este realiza.

Porém, em alguns casos nem todo o trabalho realizado é útil.

Uma boa parte desse trabalho pode ser desperdiçada e a potência que não é útil é chamada de potência dissipada ou potência perdida.

Portanto, em termos de fonte de energia ocorre que a potência dissipada ou perdida não está realizando um trabalho útil. Evidentemente tudo isto reverte em fatores antieconômicos.

Para que isto fique mais claro, vamos considerar os circuitos mostrados a seguir sendo um circuito com um resistor e outro com uma lâmpada.



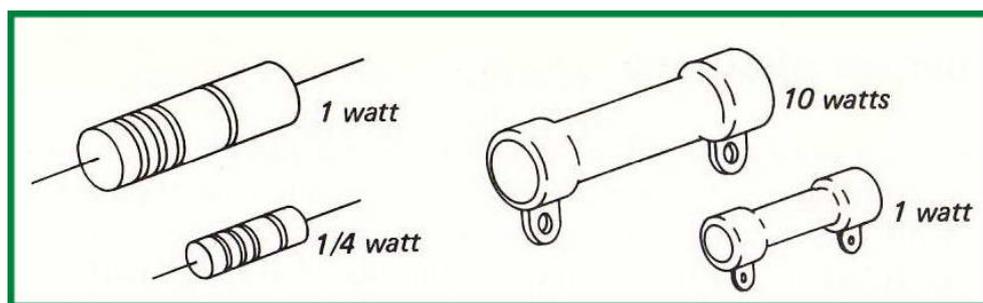
Nos dois circuitos a potência gerada é de 40 watts, porém no circuito 2 essa potência é convertida em energia luminosa.

No circuito 2 a resistência do filamento da lâmpada é de 10 ohms, enquanto que no circuito 1 está ligada apenas uma resistência de mesmo valor.

Considerando que a lâmpada tenha uma eficiência de 100% (condição ideal, mas, não real na prática) então, no circuito 2 a fonte de energia está realizando algum trabalho útil enquanto que no circuito 1 ocorre apenas a dissipação de calor.

Quando se fala em potência dissipada ou dissipação de calor, deve ser considerada a área em que essa potência se concentra. Quanto menor a área, mais elevada será a temperatura.

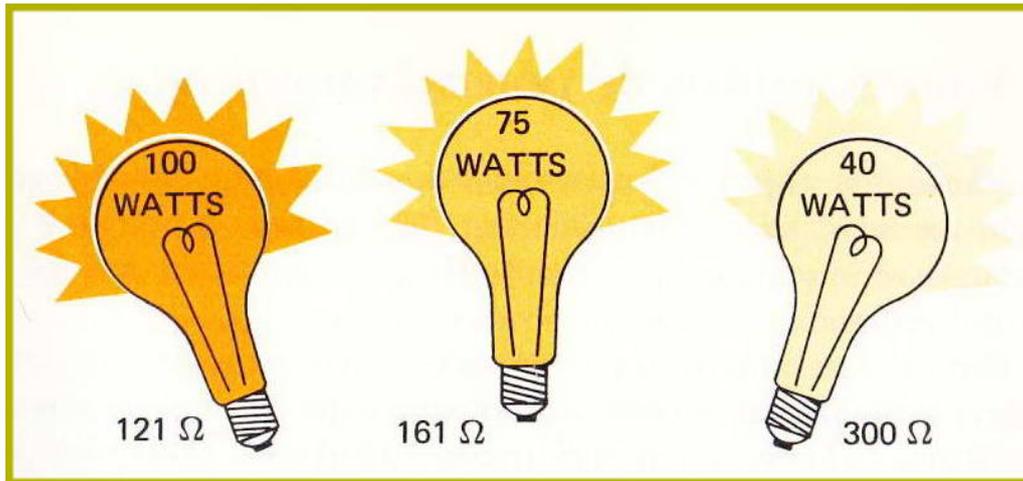
É o caso de se utilizar, por exemplo, um resistor de 1 watt onde deveria ser utilizado um de 10 watts. A área de um resistor de 10 watts é maior do que um de 1 watt. Veja a figura a seguir:



Portanto, o tamanho físico do resistor está diretamente relacionado à sua capacidade de dissipação de calor.

Como tivemos a oportunidade de ver anteriormente, uma corrente excessiva em um resistor, que ultrapasse a sua potência nominal poderá danificá-lo.

Se tomarmos como exemplo 3 lâmpadas com potências diferentes e as ligarmos em uma mesma fonte de energia, por exemplo, em uma tomada residencial, a lâmpada com menor resistência de filamento apresentará maior potência de dissipação e, portanto, maior luminosidade.



Supondo que a tensão aplicada seja de 110V (padrão residencial), podemos calcular a corrente que circula em cada uma delas.

Para a lâmpada com 121Ω de resistência de filamento:

$$\begin{aligned}
 P &= R \cdot I^2 \\
 I^2 &= P/R \\
 I &= \sqrt{P/R} \\
 I &= \sqrt{110/121} \\
 I &= \sqrt{0,90909} \\
 I &= 0,953A
 \end{aligned}$$

Para a lâmpada com 161Ω de resistência de filamento:

$$\begin{aligned}
 P &= R \cdot I^2 \\
 I^2 &= P/R \\
 I &= \sqrt{P/R} \\
 I &= \sqrt{110/161} \\
 I &= \sqrt{0,683} \\
 I &= 0,826A
 \end{aligned}$$

Para a lâmpada com 300Ω de resistência de filamento:

$$\begin{aligned}
 P &= R \cdot I^2 \\
 I^2 &= P/R \\
 I &= \sqrt{P/R} \\
 I &= \sqrt{110/300} \\
 I &= \sqrt{0,367} \\
 I &= 0,605A
 \end{aligned}$$

Como podemos concluir, a lâmpada de 100 watts consumirá maior corrente e produzirá mais energia luminosa em relação às demais.

Embora as potências nominais sejam de 100, 75 e 40 watts respectivamente, parte dessa energia é perdida em forma de calor, levando-se em consideração que o rendimento das lâmpadas incandescentes não é 100%.

Isto significa que parte dessa energia é desperdiçada em forma de calor.

Veja na figura a seguir uma tabela de valores nominais de potência típicos para alguns aparelhos e eletrodomésticos.

Tabela de Consumo de Aparelhos

Aparelho	Potência Aproximada (WATTS)	Aparelho	Potência Aproximada (WATTS)
Aquecedor de Água por Acumulação	2000	Forno de Micro Ondas	2000
Aquecedor de Água de Passagem	6000	Freezer Horizontal	500
Aquecedor de Ambiente	1000	Freezer Vertical	300
Aspirador de Pó	600	Geladeira Simples	250
Batedeira	100	Geladeira Duplex	500
Bomba de Água	400	Grill	1200
Cafeteira Elétrica (Residencial)	600	Impressora	45
Churrasqueira Elétrica	3000	Liquidificador	200
Chuveiro Elétrico	5500	Máquina de Costura	100
Computador	300	Máquina de Lavar Louça	1500
Condicionador de Ar	1400	Máquina de Lavar Roupas	1000
Conjunto de Som - Mini System	150	Projeto de Slides	200
Cortador de Grama	1300	DVD Player	30
Ebulidor	1000	Rádio Relógio	10
Enceradeira	300	Secador de Cabelo	1000
Espremedor de Frutas	200	Secadora de Roupas	3500
Exaustor	150	Televisor 21"	90
Ferro Elétrico	1000	Torneira Elétrica	2500
Fogão Elétrico 2 Bocas	3000	Torradeira	800
Fogão Elétrico de 4 Bocas	6000	Ventilador	100
Forno Elétrico Pequeno	1500	Vídeo Cassete	20
Forno Elétrico Grande	4500	Vídeo Game	20

O quilowatt-hora:

A distribuição de energia para as residências em um país é produzida por grandes companhias de eletricidade, cujo objetivo é vender *eletricidade* para os seus usuários.

Para isso é preciso saber a quantidade de eletricidade que cada usuário consome, para que esse fornecimento seja cobrado.

Sabemos que a *energia* é a capacidade de produzir um trabalho, sendo o joule a unidade de medida da *energia*.

Portanto, a energia consumida, em joules, está relacionada com o tempo, isto é, quanto mais tempo um aparelho permanecer ligado, mais energia consumirá.

Porém a conta de luz que recebemos no fim do mês, não vem especificada em joules consumidos em um determinado intervalo de tempo e sim em quilowatt-hora (kWh) após as devidas conversões.



Como o watt-hora é uma unidade muito pequena, então normalmente utiliza-se para fins residenciais o múltiplo kWh (quilowatt-hora), que pode ser observado nas contas de luz.

Para entender melhor, se mantivermos uma lâmpada de 100 watts ligada durante 1 hora, o trabalho total será equivalente a 100 watts multiplicado por 1 hora, resultando em 100 watts-hora.

Se mantivermos 10 lâmpadas de 100 watts ligadas durante 1 hora, então o trabalho total será: $100 \times 10 \times 1 = 1.000$ watts-hora, ou seja, 1kWh.

Supondo que 1kWh custe R\$0,62 (incluindo impostos), então, 10 lâmpadas de 100 watts ligadas durante 1 hora custarão R\$0,62. Podemos então deduzir que se essas lâmpadas forem mantidas ligadas durante 5 horas, o custo será então:

$$10 \times 100 \times 5 = 5\text{kWh (5.000 watts-hora)}$$
$$5\text{kWh} \times 0,50 = \text{R}\$3,10$$

Resumindo: a taxa de realização de trabalho é medida em watts.

Assim para se determinar o trabalho total realizado, basta multiplicar a taxa de realização do trabalho pelo tempo total em que esse trabalho foi executado.

Uma das grandes preocupações atualmente é utilizar a energia elétrica como fonte de realização de trabalho de maneira racional, evitando desperdícios.

Fabricantes estão se empenhando a cada dia em produzir equipamentos de alta eficiência visando a redução do consumo de energia.

É possível estimar o consumo de energia através de tabelas que são distribuídas pelas companhias de eletricidade e pelas indústrias.

Veja um guia (cartilha) de *consumo de energia*, distribuído pela CEMIG.

Aparelhos Elétricos	Potência Média (watts)	Dias Estimados Uso/Mês	Média Utilização / Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
Aparelho de BLU-RAY	15	8	2 h	0,24
Aparelho de DVD	12	8	2 h	0,192
Afiador de facas	20	5	30 min	0,05
Aparelho de som 3 em 1	80	20	3 h	4,80
Ar-condicionado tipo janela de 9.001 a 14.000 BTU	760	30	8 h	182,40
Ar-condicionado tipo split de 10.001 a 15.000 BTU	800	30	8 h	192,00
Aspirador de pó	100	30	20 min	10,00
Cafeteira elétrica	600	30	1 h	18,00
Churrasqueira	3800	5	4 h	76,00
Chuveiro elétrico 3500 W	3500	30	40 min	70,00
Chuveiro elétrico 4500 W	4500	30	40 min	90,00
Chuveiro elétrico 5000 W	5000	30	40 min	100,00
Circulador de ar grande	200	30	8 h	48,00
Circulador de ar pequeno/médio	90	30	8 h	21,60
Computador	100	30	8 h	24,00
Decodificador TV a cabo stand-by	20	30	24 h	14,40
Enceradeira	500	2	2 h	2,00
Espremedor de frutas	65	20	10 min	0,22
Exaustor fogão	170	30	4 h	20,40
Faca elétrica	220	5	10 min	0,18
Ferro elétrico automático	1000	12	1 h	12,00
Fogão comum	60	30	5 min	0,15
Forno elétrico grande	1500	30	1 h	45,00
Forno elétrico pequeno	800	20	1 h	16,00
Forno micro-ondas	1200	30	20 min	12,00
Freezer vertical/horizontal	130	-	-	50,00
Frigobar	70	-	-	25,00
Fritadeira elétrica	1000	15	30 min	7,50
Geladeira 1 porta	75	-	-	25,20
Geladeira 1 porta - Frost free	80	-	-	30,00
Geladeira 2 portas	110	-	-	50,00
Geladeira 2 portas - Frost free	120	-	-	55,00
Grill	900	10	30 min	4,50

Home Theater 350 W	350	8	2 h	5,60
Impressora	15	30	1 h	0,45
Lâmpada incandescente 40 W	40	30	5 h	6,00
Lâmpada incandescente 60 W	60	30	5 h	9,00
Lâmpada incandescente 100 W	100	30	5 h	15,00
Lâmpada fluorescente compacta 11 W	11	30	5 h	1,65
Lâmpada fluorescente compacta 15 W	15	30	5 h	2,20
Lâmpada fluorescente compacta 23 W	23	30	5 h	3,50
Lâmpada LED 8 W	8	30	5 h	1,20
Lâmpada LED 12 W	12	30	5 h	1,80
Lâmpada fluorescente tubular 16 W	16	30	5 h	2,40
Lâmpada fluorescente tubular 32 W	32	30	5 h	4,80
Lâmpada LED tubular 11 W	11	30	5 h	1,65
Lâmpada LED tubular 22 W	22	30	5 h	3,30
Lavadora de louças	1500	30	40 min	30,00
Lavadora de roupas	500	12	1 h	6,00
Liquidificador	300	15	15 min	1,10
Modem de Internet - stand-by	5	30	24 h	3,60
Modem de Internet	12	30	8 h	2,88
Monitor LCD	30	30	8 h	7,20
Notebook	30	30	8 h	7,20
Roteador	10	30	24 h	7,20
Scanner	9	30	1 h	0,27
Secador de cabelos grande	1400	30	10 min	7,00
Telefone sem fio	3	30	24	2,16
TV CRT em cores 29"	110	30	5 h	16,50
TV Plasma 42"	320	30	5 h	48,00
TV Plasma 50"	500	30	5 h	75,00
TV LCD 32"	170	30	5 h	25,50
TV LCD 42"	220	30	5 h	33,00
TV LED 32"	95	30	5 h	14,30
TV LED 42"	120	30	5 h	18,00
Ventilador de teto	120	30	8 h	28,80
Ventilador pequeno	65	30	8 h	15,60
Videocassete	10	8	2 h	0,16
Videogame	15	15	4 h	0,90

Esta cartilha está disponível no link:

https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Eficiencia_Energetica/Documentos/GUIA%20MELHOR%20CONSUMO_CARTILHA.pdf

Para finalizar, segue um exemplo de como *calcular* o consumo de energia em um mês, disponível na cartilha de CEMIG.

Equipamentos	Potência (watts)	Potência (kW)	Horas/mês	Consumo kWh/mês
3 lâmpadas incandescentes (100 W)	300	0,3	150	45,00
3 lâmpadas fluorescentes compactas (23 W)	69	0,069	150	10,35
Televisão LCD 32"	150	0,15	150	22,50
Computador	100	0,1	120	12,00
Impressora	15	0,015	30	0,45
Geladeira 2 portas	110	0,11	450	49,50
Máquina de lavar roupa	500	0,5	12	6,00
Chuveiro	4500	4,5	20	90,00
Total	5.744	5,744	-	236,00

Fórmula: $C_t = (C_1 + C_2 + C_3...)$

C_t = Consumo em kWh no mês

C_1, C_2, C_3 = consumo de cada equipamento em kWh por mês.

O exemplo acima mostrado é bem resumido, onde poderão estar incluídos outros aparelhos que não constam da presente cartilha, porém, o procedimento de cálculo não muda.

Por exemplo, se um chuveiro com 5.000 watts, que corresponde a 5kWh ficar ligado 25 horas por mês, o consumo será de 125,00 kWh por mês (125kWh/mês).

Considerando o valor do kWh R\$0,62 o custo da energia gasta pelo chuveiro será de 125kWh x 0,62 = R\$77,50.

Considerações: 1 watt-hora (Wh) no SI equivale a 3.600 joules (J), portanto, 1kWh equivalerá a 3.600.000 joules.

No exemplo acima, 125kWh correspondem a 450.000.000 de joules, que convenhamos, é um número muito extenso para ser apresentado em uma conta de luz.

Daí então, a conveniência de se converter *joules* em *watts-hora*, lembrando que o *joule* representa o trabalho realizado.

O joule é uma unidade de medida de trabalho e energia no SI, em homenagem a James Prescott Joule, físico britânico, 1818-1889.