

ELETROMAGNETISMO



Guilherme de Lima Lopes

Leis de Ohm, potência e energia

Objetivos de aprendizagem

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Calcular a resistência elétrica de resistores e materiais condutores.
- Definir a potência elétrica e a energia elétrica dissipada por resistores elétricos.
- Identificar o consumo de energia elétrica em equipamentos elétricos.

Introdução

Em 1827, o físico alemão, Georg Ohm, desenvolveu trabalhos envolvendo materiais condutores e seu comportamento elétrico, encontrando a relação, válida para materiais ôhmicos, entre a corrente elétrica, tensão e resistência. Ela, por sua vez, diz que a corrente elétrica que percorre um condutor é inversamente proporcional à resistência deste material e diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada.

A taxa de transferência de energia em um determinado tempo, denominada potência elétrica, também pode ser calculada por meio das grandezas elétricas de tensão, corrente e resistência.

Quando conhecemos a potência de um equipamento e a tensão de alimentação, como é o caso dos eletroeletrônicos domésticos, podemos calcular a quantidade de energia consumida por eles.

A partir das relações de potência e de corrente elétrica, comumente chamadas de Primeira Lei de Ohm, é possível determinar a potência dissipada por um resistor em forma de energia térmica, processo que se denomina efeito Joule.

Neste capítulo, você vai compreender os conceitos de resistência e resistividade e será capaz de calcular esses valores para materiais condutores; entenderá, também, os conceitos de potência elétrica e energia elétrica, verá o efeito Joule presente nos condutores submetidos à passagem de corrente e, por fim, você aprenderá a calcular o consumo de energia elétrica em equipamentos elétricos.

Resistência elétrica e resistividade de um material

Materiais condutores e isolantes são classificados assim conforme a sua afinidade em conduzir ou não corrente elétrica. Os materiais isolantes necessitam de um campo elétrico muito intenso para que o material se torne condutor. Já o material condutor conduz corrente elétrica, mesmo que para campos elétricos menos intensos.

Se aplicarmos uma mesma diferença de potencial em um material condutor e em um isolante, supondo que os mesmos possuam as mesmas características geométricas, teremos resultados distintos. A propriedade dos objetos que determinam tais discrepâncias é a **resistência elétrica**. Esta pode ser definida como a característica de um corpo opor-se à passagem de corrente.

Podemos determinar a resistência entre dois pontos de um condutor, aplicando-se uma diferença de potencial V nesses pontos e medindo a corrente i que resulta. A resistência R é dada por:

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

Como pode ser observada pela equação, a unidade de resistência é Volt por Ampère no sistema internacional. Para homenagear o cientista que estudou e realizou diversas descobertas na área, criou-se uma unidade especial para a resistência elétrica, o Ohm (Ω). Dessa maneira, temos que:

$$1 \text{ ohm} = 1 \text{ volt por ampère} = 1 \Omega = 1 \frac{V}{A}$$

Condutores que possuem a única função de introduzir certa resistência a um circuito são chamados de **resistores**. A Figura 1 apresenta um resistor e a sua representação em circuitos elétricos.

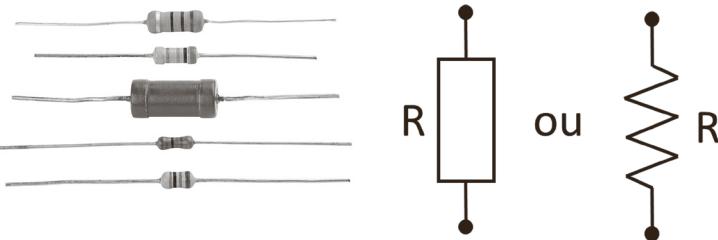


Figura 1. Resistor (a) e sua representação em circuitos (b).

Fonte: Sergiy Kuzmin/Shutterstock.com.

A resistência de um condutor depende do modo como a diferença de potencial é aplicada (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

A resistividade ρ é a relação entre o campo elétrico \vec{E} existente em um ponto do material e a densidade de corrente \vec{J} neste mesmo ponto. A resistividade nos dá uma visão melhor sobre o material e é dada pela equação a seguir:

$$\rho = \frac{E}{J}$$

Dessa maneira, teremos a unidade de ρ como:

$$\frac{\text{unidade } [E]}{\text{unidade } [J]} = \frac{V/m}{A/m^2} = \frac{V}{A} \text{ m} = \Omega \cdot m$$

A partir da resistividade, podemos reescrever sua equação em termos vetoriais, assim:

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$



Fique atento

A resistência é uma propriedade de um dispositivo; a resistividade é uma propriedade de um material (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

A densidade \vec{J} de corrente em um condutor depende do campo elétrico \vec{E} e das propriedades do material. Essa dependência, em geral, é muito complexa. Porém, para certos materiais, especialmente para os metais, em uma dada temperatura, \vec{J} é quase diretamente proporcional a \vec{E} , e a razão entre os módulos E e J permanece constante. Essa relação, chamada de **Lei de Ohm**, foi descoberta em 1826, pelo físico alemão, Georg Simon Ohm (1787-1854). A palavra “lei” deveria, na verdade, estar entre aspas, porque a Lei de Ohm, assim como a Lei dos Gases Ideais e a Lei de Hooke, fornece um modelo idealizado que descreve muito bem o comportamento de alguns materiais, porém não fornece uma descrição geral para todos eles (YOUNG; FREEDMAN, 2012).

A Lei de Ohm é a afirmação de que a corrente que atravessa um dispositivo é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo, porém isso ocorre em apenas alguns materiais e a certas condições controladas, como a temperatura.

Dessa maneira, um dispositivo obedece à Lei de Ohm se a resistência dele não depende do valor absoluto, nem da polaridade da diferença de potencial aplicada.

Para os componentes que obedecem à Lei de Ohm, damos o nome de dispositivos ôhmicos ou lineares. Por sua vez, os que não obedecem são denominados de dispositivos não lineares ou não ôhmicos.

Georg Ohm verificou que, em certos materiais condutores, a relação entre a diferença de potencial aplicado e a corrente que percorria o elemento eram sempre iguais (Tabela 1).

Tabela 1. Experimentos de Georg Ohm.

Tensão (V)	Corrente (mA)	Razão V/I
1	5	200
2	10	200
3	15	200
...	...	200
10	50	200
11	55	200
12	60	200
13	65	200

Com esse experimento, podemos verificar a equação que, por muitas vezes, é denominada Primeira Lei de Ohm, que é:

$$U = R \cdot i$$

Nesta equação, podemos concluir que a corrente de um determinado componente será diretamente proporcional à tensão aplicada sobre ele e inversamente proporcional à resistência. A equação é válida para qualquer componente, em determinadas condições, porém, para que as proporcionalidades sejam válidas, o material deve ser condutor e definido em uma gama limitada de temperaturas.

A Lei de Ohm refere-se mais à característica dos componentes, diferente do que muitos definem como a **Primeira Lei de Ohm**, sendo a relação entre a tensão, corrente e resistência.

Na Figura 2, podem ser observadas duas curvas comportamentais de dois componentes distintos.

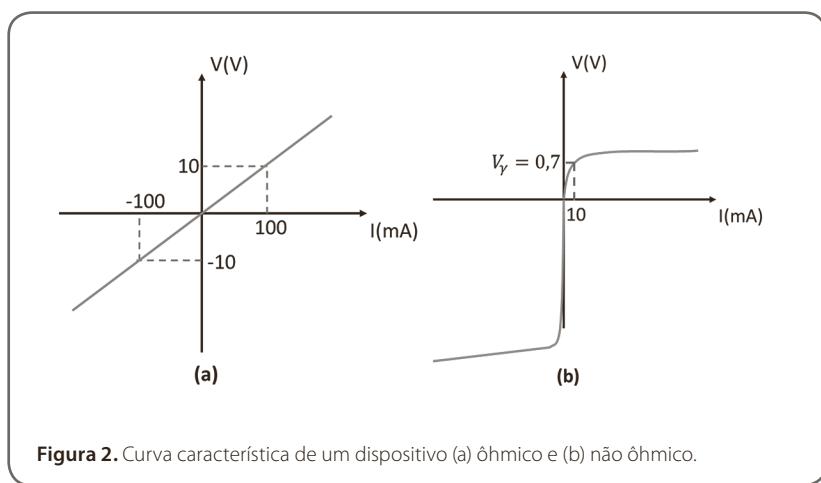


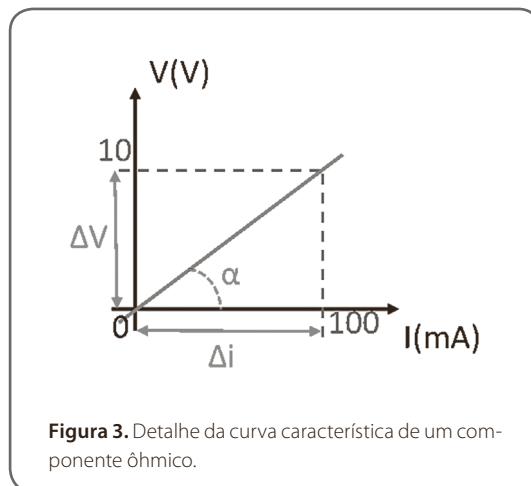
Figura 2. Curva característica de um dispositivo (a) ôhmico e (b) não ôhmico.

Na curva (a), é possível observar um comportamento linear, a tensão e a corrente crescem proporcionalmente, a relação entre o crescimento das duas nos dá a resistência do componente. Esse é um dispositivo ôhmico, que, no caso, é um resistor de $100\ \Omega$.

Na curva (b), é possível observar que, antes de uma tensão limite, a corrente praticamente não cresce; após esse valor limite, a corrente cresce em ritmo

muito acelerado para cada incremento de tensão. O comportamento observado é não linear, portanto podemos dizer que esse é um dispositivo não ôhmico. O dispositivo, no caso, é um diodo retificador.

Para os dispositivos ôhmicos, uma observação da curva característica, extremamente importante, pode ser feita: a inclinação da reta apresenta o valor da resistência do componente. Observe o detalhe da curva a seguir.



Temos, então, que:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta V}{\Delta i}$$

de onde é possível concluir que a inclinação da curva, $\operatorname{tg} \alpha$, é numericamente igual à resistência elétrica do componente.

$$\operatorname{tg} \alpha = R$$

A resistividade é uma propriedade do material. Se conhecermos o seu valor para o material aplicado e, também, as características geométricas do dispositivo, podemos calcular sua resistência de maneira simples.

Considere o corpo da Figura 4 para determinarmos sua resistência: seja A a área da seção transversal, L o comprimento do dispositivo e V a diferença de potencial entre as extremidades do corpo. Supondo que a densidade de corrente

seja uniforme ao longo de toda a seção reta, e o campo elétrico uniforme em todos os pontos, temos que:

$$E = \frac{V}{L} \quad e \quad J = \frac{i}{A}$$

Aplicando esses valores na equação de resistividade, teremos:

$$\rho = \frac{V/L}{i/A} = \frac{VA}{iL}$$

Desta equação, podemos destacar que o termo V/i é a resistência elétrica do corpo e, portanto, teremos que:

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

Note que esta equação se aplica apenas a condutores isotrópicos, materiais com as mesmas características em todas as direções, como é o caso dos metais e de seção reta uniforme. Para configurações geométricas diferentes, onde o campo elétrico e/ou a densidade de corrente são variáveis, faz-se necessário calcular a resistência para cada seção, assim como apresentado acima, e, então, somá-los na forma de uma integral no comprimento do dispositivo. Essa equação, por muitas vezes, é apresentada como a **Segunda Lei de Ohm**, ou seja, a lei que determinaria a resistência elétrica de um condutor isotrópico de seção reta.

Se analisarmos os conceitos de resistividade e resistência, entenderemos que todo condutor apresentará certa resistência, podendo ser ela mais elevada ou com valores praticamente desprezíveis.

Em circuitos eletrônicos, por exemplo, a resistência dos fios que conectam os elementos do circuito é considerada desprezível. Já em instalações elétricas, a queda de tensão que ocorre devido à resistência dos condutores deve ser considerada. Dessa maneira, os fios devem ser dimensionados para ter uma queda de tensão máxima, e, conforme observamos na equação de resistência e resistividade, as duas relacionam-se com o inverso da área da seção. Portanto, para maiores seções, teremos menores resistências e, consequentemente, menores quedas de tensão.

A resistividade, assim como a maioria das grandezas físicas, sofre variação com a temperatura. A relação entre temperatura e resistividade para os metais em geral é quase linear para uma larga faixa de temperaturas. Como a resistividade de um material varia com a temperatura, a resistência de um condutor específico também varia com a temperatura.

Na Tabela 2, é possível observar valores de resistividade para materiais condutores, isolantes e semicondutores.

Tabela 2. Resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente (20°C).

Material	Resistividade ρ ($\Omega \cdot m$)
Prata	$1,62 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$
Ouro	$2,35 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
Manganin	$4,82 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$
Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Silício puro	$2,5 \times 10^3$
Silício tipo n	$8,7 \times 10^{-4}$
Silício tipo p	$2,8 \times 10^{-3}$
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$
Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$

Dentro da família de materiais que se comportam como condutores, temos os semicondutores, que apresentam características de condutores e isolantes, dependendo da aplicação, e os supercondutores, que são condutores perfeitos, encontrados em situações específicas.

Os semicondutores são os principais responsáveis pela revolução da microeletrônica, que nos trouxe a era da informação. O silício possui um número muito menor de portadores de carga, uma resistividade muito maior e um coeficiente de temperatura da resistividade que é, ao mesmo tempo, elevado e negativo. Assim, enquanto a resistividade do cobre aumenta quando a temperatura aumenta, a resistividade do silício diminui (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

O silício puro tem uma resistividade tão alta que se comporta quase como um isolante e, portanto, não tem muita utilidade em circuitos eletrônicos. Todavia, ao receber impurezas, essa resistividade pode ser reduzida — o processo de adicionar impurezas ao material chama-se **dopagem**.

Em condutores, existem alguns elétrons fracamente presos aos átomos da rede cristalina. Com pouca energia, é possível libertá-los e criar corrente elétrica. Essa energia geralmente é proveniente de energia térmica ou de um campo elétrico aplicado ao corpo.

Nos isolantes, os elétrons estão fortemente ligados aos átomos da rede cristalina, sendo necessária muita energia para libertá-los e colocá-los em movimento. A energia térmica não é suficiente para que isso ocorra, e seria necessário um campo elétrico muito intenso para tornar esse material condutor.

Para os semicondutores, alguns dos elétrons conseguem desprender-se dos átomos da rede cristalina com menos energia que nos isolantes. Ainda para melhorar a condutibilidade desses materiais, são realizadas dopagens com impurezas que possam ceder elétrons ou criar buracos que funcionam como portadores de carga positiva. Dessa maneira, conseguimos características muito interessantes para esses componentes semicondutores.

Em 1911, o físico holandês Kamerlingh Onnes descobriu que a resistividade do mercúrio desaparece totalmente quando o metal é resfriado abaixo de 4 K. Esse fenômeno, conhecido como supercondutividade, é de grande interesse tecnológico, porque significa que as cargas podem circular em um supercondutor sem perder energia na forma de calor. Correntes criadas em anéis supercondutores, por exemplo, persistiram durante vários anos sem perdas; é preciso uma fonte de energia para produzir a corrente inicial, mas, depois disso, mesmo que a fonte seja removida, a corrente continua a circular indefinidamente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

As aplicações tecnológicas para materiais supercondutores eram muito restritas antes de 1986 devido ao alto custo para atingir baixas temperaturas. Em 1986, porém, foram descobertos materiais cerâmicos que atingiam a supercondutividade com temperaturas mais altas que as anteriores, mas ainda menores que a temperatura ambiente.

A supercondutividade pode ser explicada segundo a hipótese de que, em um supercondutor, os elétrons responsáveis pela corrente movem-se em pares. Um dos elétrons do par distorce a estrutura cristalina do material, criando, nas proximidades, uma concentração temporária de cargas positivas; o outro elétron do par é atraído por essas cargas. Por meio dessa teoria, a coordenação de movimentos dos pares de elétrons impede que se choquem com os átomos da rede cristalina, eliminando, assim, a resistência elétrica. Essa teoria é capaz

de explicar bem os supercondutores descobertos antes de 1986, porém será necessária uma nova teoria ou inserções na antiga, para explicar o comportamento dos novos supercondutores cerâmicos.

Potência elétrica e energia elétrica dissipada

Observe a Figura 4, onde temos o circuito de um bipolo, que é todo elemento de um circuito elétrico que possui dois terminais.

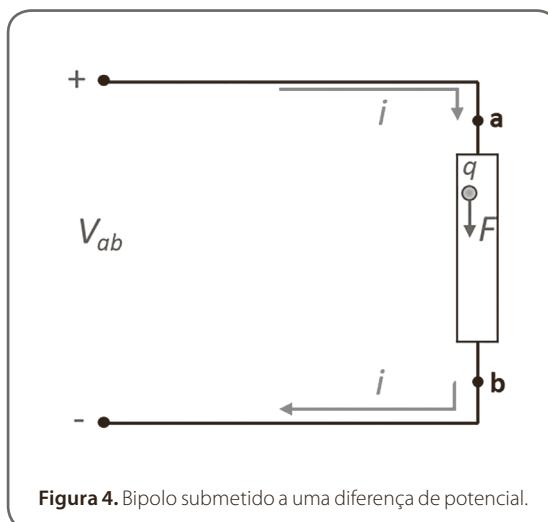


Figura 4. Bipolo submetido a uma diferença de potencial.

Os fios que ligam o circuito possuem resistência desprezível, e é aplicado um potencial V_a no ponto a e um potencial V_b no ponto b. Portanto, a diferença de potencial sobre o bipolo é dada por:

$$V_{ab} = (V_a - V_b)$$

O trabalho realizado por uma partícula que se desloca do ponto a para o ponto b é dado por:

$$\tau_{ab} = Q \cdot (V_a - V_b)$$

A variação de energia potencial elétrica dU entre os pontos a e b é igual ao trabalho realizado pela carga entre esses potenciais. A variação de energia potencial elétrica nos dá o valor de energia dissipada pelo componente. A equação que nos dá a energia dissipada pelo componente é:

$$dU = dQ \cdot V_{ab}$$

Então, a potência P associada a essa conversão de energia é a taxa de transferência de energia dU/dt , da seguinte maneira:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dQ}{dt} \cdot V_{ab}$$

Se verificarmos que o termo dU/dt é a nossa potência P e o termo dQ/dt nada mais é que a corrente elétrica i . Substituindo estes termos, temos que a potência elétrica dissipada por este elemento é:

$$P = i \cdot V_{ab}$$

A unidade de i é o Ampère, ou Coulomb por segundo, e a unidade de V_{ab} é o Volt, ou um Joule por Coulomb. Portanto, a unidade de P é o Watt (W), como era de esperar:

$$\left(1\frac{J}{C}\right) \cdot \left(1\frac{C}{s}\right) = 1\frac{J}{s} = 1W$$

Pelo princípio fundamental de conservação da energia, a energia elétrica dissipada pelo elemento deve ser convertida em outra forma de energia. No caso de condutores, esta energia é transformada em energia térmica, gerando calor e fazendo com que o condutor eleve sua temperatura.

A transformação específica de energia elétrica em energia térmica, motivada pela passagem de corrente elétrica em um dispositivo, é o que se chama **Efeito Joule**. Uma explicação para o fenômeno: os elétrons livres, impulsionados pelo campo elétrico, percorrem o condutor de uma extremidade à outra. Os átomos da rede cristalina, que compõem o metal, já possuem energia associada,

por exemplo, à sua própria agitação térmica. Com a passagem dos elétrons livres, ocorrem inúmeras colisões entre os elétrons e os átomos do material condutor. A cada colisão, há uma transferência de energia dos elétrons para a rede, aumentando ainda mais a oscilação da rede e da energia de vibração dos átomos. Esse aumento contínuo da energia de vibração dos átomos manifesta-se como um aumento da temperatura do condutor, ou seja, seu aquecimento (VÁLIO et al., 2016).

A partir da equação que define a resistência, podemos encontrar a potência dissipada por um resistor, ou condutor ôhmico, ou, ainda, a taxa de transferência de energia para o resistor, ou, por fim, a mensuração do Efeito Joule. Considere:

$$V = R \cdot i \quad e \quad i = \frac{V}{R}$$

Substituindo na equação de potência, temos que:

$$P = i \cdot (R \cdot i) \quad e \quad P = \left(\frac{V}{R}\right) \cdot V$$

Por fim:

$$P = i^2 \cdot R \quad e \quad P = \frac{V^2}{R}$$

O Efeito Joule e seu consequente aumento de temperatura são responsáveis por fundir o material condutor em níveis intensos de corrente elétrica. Por isso, os condutores de qualquer instalação, como os fios de alimentação de uma tomada, devem ser dimensionados pela mínima seção transversal que pode ser utilizada, visto que um condutor mais fino (menor seção), utilizado para levar grandes correntes, aquecerá tanto que levará o condutor à fusão.



Exemplo

Um aquecedor elétrico de água tem seu funcionamento baseado na dissipação da potência em forma de calor, o que causa o aumento de temperatura da água no compartimento. Quando o aquecedor é ligado, a corrente elétrica percorre a resistência e , devido ao Efeito Joule, ocorre o aumento da temperatura no condutor, que, por sua vez, está imerso em água, transferindo, então, o calor para a água. Sabe-se que certo aquecedor tem resistência de $12,1\ \Omega$ e é conectado a uma tensão de $110\ V$. O compartimento de água do aparelho tem $1L$ de volume e está cheio de água. Desprezando perdas, ou seja, considerando que toda a energia elétrica é convertida em calor cedido para a água, determine quanto tempo será necessário para elevar a temperatura da água em 50°C .

Resposta:

Para determinarmos o tempo necessário para aquecer essa quantidade de água, devemos, então, calcular a quantidade de calor absorvido pela água e , em seguida, a potência do equipamento e , só então, poderemos calcular o tempo.

Da termodinâmica, temos que a quantidade de calor absorvida é dada por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Onde m é a massa de água (para a água, $1\text{kg} = 1\text{L}$), c é o calor específico da água, e vale $4200\ \text{J/kg} \cdot {}^{\circ}\text{C}$, e ΔT é a variação de temperatura.

Então, para o exemplo, temos:

$$Q = 1\text{kg} \cdot 4200 \cdot 50 = 210.000\text{J}$$

A potência dissipada pela resistência é dada por:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{110^2}{12,1} = 1.000\text{W}$$

Assim, podemos, então, relacionar a potência dissipada pela resistência, que, por Efeito Joule, se dissipa na forma de calor, sendo que, por definição, a potência é dada pela variação de energia, pela variação do tempo. Assim temos:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

No caso, a potência é a potência dissipada pela resistência, e a variação de energia é o calor absorvido pela água, então:

$$1.000 = \frac{210.000}{t}$$

$$t = 210\ \text{segundos} \text{ ou } 3,5\ \text{minutos}$$

Sendo assim, a água desse aquecedor elétrico eleva a sua temperatura em 50°C em $3,5$ minutos.

Consumo de energia elétrica

Todo aparelho movido à eletricidade consome certa quantidade de energia elétrica. Veja que isso é a aplicação do princípio de conservação de energia, pois esta que é gerada para nosso uso em forma de calor, luz, movimento, entre outros, deve ser originária de alguma fonte.

Essa energia elétrica pode vir de diferentes fontes, como de uma usina hidrelétrica, que gera energia elétrica a partir da conversão da energia potencial da água represada; de sistemas fotovoltaicos, que produzem energia elétrica por meio da energia solar; de usinas eólicas, que são capazes de produzir energias elétricas a partir da energia mecânica dos ventos, entre outras fontes de energia.

A energia elétrica é um meio muito eficaz de transmitir energia de um lugar a outro, com menos perdas e com equipamentos relativamente menores e menos complexos. Imagine transmitir a energia mecânica de Itaipu até São Paulo, por meio de engrenagens e eixos.

Para calcular o consumo de energia, ou a energia potencial elétrica U fornecida ao sistema, podemos utilizar a definição da potência elétrica. Sendo conhecida a potência em W de cada equipamento, basta multiplicarmos ela pelo tempo de funcionamento do aparelho em segundos, da seguinte forma:

$$U = P \cdot \Delta t$$

Utilizando a potência em W, o tempo em s, a unidade da energia é o Joule.

Esse valor em Joule não é muito usual, pois, para pequenos valores de potência e consumos em tempo moderado, geram valores numericamente grandes. Para solucionar esse problema, foi criada uma unidade de medida, que não está no SI, a fim de atender aos níveis de consumo de energia elétrica. Essa unidade é o Quilowatt-Hora (kWh).

Para o cálculo do consumo em kWh , a potência deve estar em kW (quilowatt = 10^3 W), e o tempo de utilização deve estar em h (hora = 3600s). A equação deve ser a mesma utilizada para calcular a energia em J , apenas deve-se utilizar as unidades de forma correta.

Por esse consumo, em kWh , que pagamos à concessionária de luz de nossa região, para calcular o custo mensal de um aparelho, precisamos saber a energia que ele consome em kWh e o preço da tarifa de luz. Esse valor é dado em $reais/kWh$. Sendo assim:

$$\text{Custo}_{mensal} (\text{reais}) = \text{preço do } kWh \cdot \text{energia } kWh \cdot 30$$

A multiplicação por 30 é referente a um mês médio de 30 dias.

Portanto, resumidamente, para calcular o consumo de energia de um equipamento elétrico, devemos saber a sua potência, em W ou kWh, e multiplicar pelo tempo em que ele fica ligado, em s ou em h. Assim, teremos a energia consumida pelo aparelho em J ou kWh (conforme a unidade utilizada para o cálculo).



Exemplo

A Tabela 3 apresenta alguns aparelhos de uma residência com suas respectivas potências e o tempo de utilização diário deles.

Tabela 3. Dados para o exemplo.

Equipamento	Tempo médio de uso diário (h)	Potência do equipamento (W)
Ar-condicionado	8	1000
Chuveiro elétrico	0,5	5800
Geladeira	24	50
Secador de cabelo	0,2	1400

- a) Calcule a energia elétrica consumida em um mês (30 dias), em J, com todos os aparelhos funcionando conforme a tabela.

$$U = P \cdot \Delta t$$

$$U_{ar-condicionado} = 1.000 \cdot 8 \cdot 3.600 = 28.800.000 \text{ J [energia consumida em um dia]}$$

$$U_{chuveiro} = 5800 \cdot 0,5 \cdot 3.600 = 10.440.000 \text{ J [energia consumida em um dia]}$$

$$U_{geladeira} = 50 \cdot 24 \cdot 3.600 = 4.320.000 \text{ J [energia consumida em um dia]}$$

$$U_{secador} = 1.400 \cdot 0,2 \cdot 3.600 = 1.008.000 \text{ J [energia consumida em um dia]}$$

$$U_{total} = 28.800.000 + 10.440.000 + 4.320.000 + 1.008.000 = 44.568.000 \text{ J}$$

- b) Calcule a energia elétrica consumida em um mês (30 dias), em kWh, com todos os aparelhos funcionando conforme a tabela.

$$U = \frac{P(W)}{1.000} \cdot \Delta t \cdot 30$$

$$U_{ar-condicionado} = 1.000 \cdot 8 \cdot \frac{30}{1.000} = 240 \text{ kWh [energia em kWh no mês]}$$

$$U_{chuveiro} = 5800 \cdot 0,5 \cdot \frac{30}{1.000} = 87 \text{ kWh [energia em kWh no mês]}$$

$$U_{geladeira} = 50 \cdot 24 \cdot \frac{30}{1.000} = 36 \text{ kWh [energia em kWh no mês]}$$

$$U_{secador} = 1.400 \cdot 0,2 \cdot \frac{30}{1.000} = 8,4 \text{ kWh [energia em kWh no mês]}$$

$$U_{total} = 240 + 87 + 36 + 8,4 = 371,4 \text{ kWh [energia em kWh no mês]}$$

- c) Calcule o custo mensal em reais, com todos os aparelhos funcionando conforme a tabela; a tarifa kWh é R\$ 0,6613.

$$Custo_{mensal} (\text{reais}) = \text{preço do kWh} \cdot \text{energia kWh}$$

$$Custo_{ar-condicionado} = 0,6613 \cdot 240 = \text{R\$ } 158,72$$

$$Custo_{chuveiro} = 0,6613 \cdot 87 = \text{R\$ } 57,53$$

$$Custo_{geladeira} = 0,6613 \cdot 36 = \text{R\$ } 23,81$$

$$Custo_{secador} = 0,6613 \cdot 8,4 = \text{R\$ } 5,55$$

$$Custo_{total} = 0,6613 \cdot 240 = \text{R\$ } 245,61$$

O custo mensal dessa casa, utilizando esses aparelhos, será de R\$ 245,61.



Referências

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física: eletromagnetismo*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 3.

VÁLIO, A. B. M. et al. *Ser protagonista: física 3*. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física III: eletromagnetismo*. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2012.

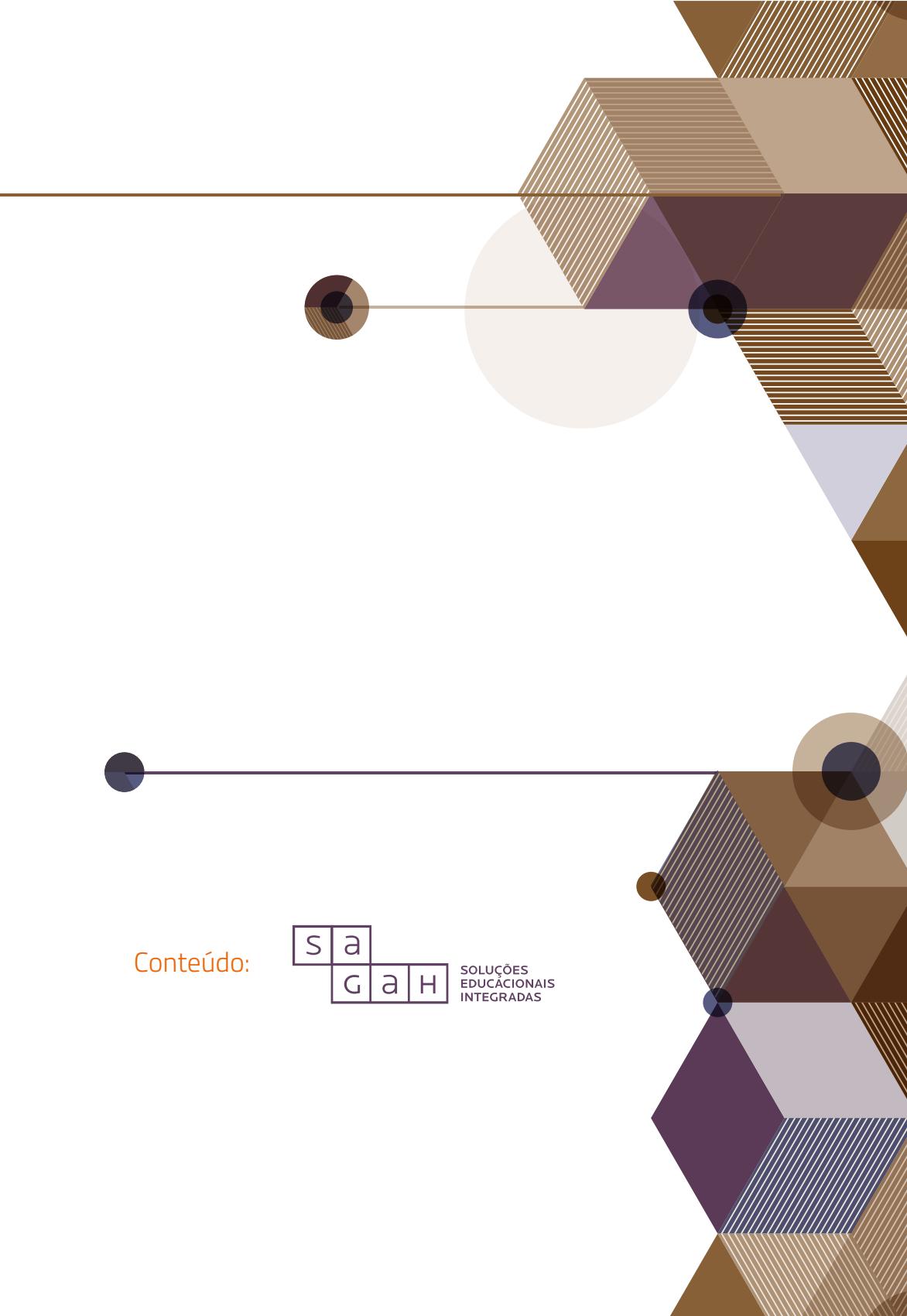
Leituras recomendadas

BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. *Física para universitários: eletricidade e magnetismo*. Porto Alegre: AMGH, 2012.

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; FOGO, R. *Física básica*. 3. ed. São Paulo: Atual, 2009.

YAMAMOTO, K.; FUKE, L. F. *Física para o ensino médio 3: eletricidade e física moderna*. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.



Conteúdo:



SOLUÇÕES
EDUCACIONAIS
INTEGRADAS