

Capítulo 2.

# Grandezas da eletricidade

**SENAI**



**Motorcraft**

## 2. Grandezas da eletricidade

Tensão elétrica  
Corrente elétrica  
Resistência elétrica  
Potência

A eletricidade está presente diariamente em nossa vida, seja na forma de um relâmpago, seja no simples ato de ligar uma lâmpada. À nossa volta fluem cargas elétricas que produzem luz, som, calor. Para entender como são obtidos tais efeitos, é preciso, em primeiro lugar, compreender o movimento das cargas elétricas e suas particularidades.

As unidades de medida das grandezas são homenagens prestadas aos seus respectivos descobridores, conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1 – Unidades de medida das grandezas da eletricidade e origem dos nomes

Unidade	Grandeza	Origem do nome
Volt	Tensão	Alessandro Volta (físico italiano)
Watt	Potência	James Watt (matemático escocês)
Ampère	Corrente	André Marie Ampère (matemático francês)
Ohm	Resistência	Georg Simon Ohm (físico alemão)

### Tensão elétrica

É a diferença de força entre dois pontos de um condutor causada pelo excesso ou pela falta de elétrons, que por sua vez dá origem à corrente elétrica.

## Unidade de medida de tensão elétrica

A tensão (**ddp**) entre dois pontos pode ser medida por meio de instrumentos. A unidade de medida de tensão é o volt, representado pelo símbolo V. Como qualquer outra unidade de medida, o volt também tem múltiplos e submúltiplos adequados a cada situação, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Múltiplos e submúltiplos da tensão elétrica

Denominação	Símbolo	Denominação e valor
Múltiplos	Megavolt	MV 1 MV ou 1.000.000 V
	Quilovolt	KV 1 KV ou 1.000 V
Unidades	Volt	V –
Submúltiplos	Milivolt	mV 1 mv ou 0,001 V
	Microvolt	uV 1 μV ou 0,000001 V

Em eletricidade, empregam-se mais frequentemente o volt e o quilovolt como unidades de medida, ao passo que em eletrônica as unidades de medida mais usadas são o volt, o milivolt e o microvolt.

## Corrente elétrica

A corrente elétrica consiste em um movimento orientado de cargas, provocado pelo desequilíbrio elétrico (**ddp**) entre dois pontos.

Para que haja corrente elétrica, é necessário que haja **ddp** e o circuito esteja fechado. Logo, pode-se afirmar que existe tensão sem corrente, mas nunca existirá corrente sem tensão. Isso acontece porque a tensão orienta as cargas elétricas.

O símbolo para representar a intensidade da corrente elétrica é **I**.

## Unidade de medida de corrente

Corrente é uma grandeza elétrica e, como toda a grandeza, pode ter sua intensidade medida por meio de instrumentos. A unidade de medida da intensidade da corrente elétrica é o ampère, que é representado pelo símbolo **A**.

Como qualquer outra unidade de medida, a unidade da corrente elétrica tem múltiplos e submúltiplos adequados a cada situação, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Múltiplos e submúltiplos da corrente elétrica

Denominação		Símbolo	Denominação e valor
Múltiplos	Quiloampère	kA	1 KA ou 1.000 A
Unidades	Ampère	A	-
Submúltiplos	Miliampère	mA	1 mA ou 0,001 A
	Microampère	$\mu$ A	1 $\mu$ A ou 0,000001 A
	Nanoampère	nA	1 nA ou 0,000000001 A

No campo da eletrônica empregam-se mais os termos ampère (A), miliampère (mA) e microampère ( $\mu$ A).

## Tensão e corrente contínua

Se a tensão permanecer constante, haverá uma corrente que terá sempre o mesmo sentido, chamada de corrente contínua. Essa tensão que dá origem a uma corrente contínua é chamada de tensão contínua. Como a corrente contínua é chamada CC ou DC, a abreviação usada para indicar a tensão contínua é CC ou DC.

As pilhas e as baterias de acumuladores fornecem corrente contínua. Alguns tipos de geradores elétricos são utilizados para fornecer tensão contínua. Os terminais de uma fonte de tensão contínua são marcados com os sinais “+” (positivo) e “-” (negativo), que indicam o sentido em que a corrente circula no circuito.

No sentido convencional, a corrente circula do terminal “+” para o terminal “-”; no sentido real ou eletrônico, ela circula do terminal “-” para o terminal “+” (Figura 1).

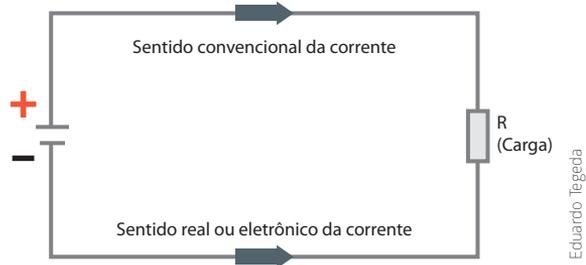


Figura 1 – Sentido convencional da corrente elétrica.

As características da corrente contínua (CC ou DC) são:

- é mais utilizada em circuitos elétricos de equipamentos;
- são mais baratos os equipamentos com este tipo de corrente;
- não é possível transmitir este tipo de corrente para longas distâncias;
- não aceita transformadores;
- possui polaridade.

O Gráfico 1 mostra o comportamento da tensão contínua aplicada ao circuito ao longo do tempo.

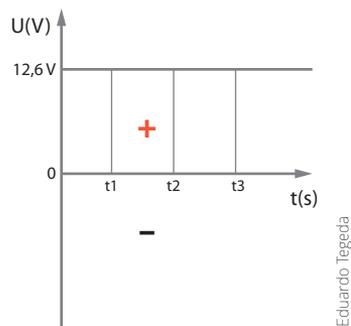


Gráfico 1 – Comportamento da tensão contínua aplicada ao circuito ao longo do tempo.

## Sentido da corrente elétrica

Antes que se compreendesse de modo mais científico a natureza do fluxo de elétrons, já se utilizava a eletricidade para iluminação, motores e outras aplica-

ções. Foi nessa época que se estabeleceu, por convenção, que a corrente elétrica constituía um movimento de cargas elétricas que fluía do polo positivo para o polo negativo da fonte geradora. Esse sentido de circulação (do “+” para o “-”) foi denominado **sentido convencional da corrente**.

Com o progresso dos recursos científicos usados para explicar os fenômenos elétricos, foi possível verificar que nos condutores sólidos a corrente elétrica constitui elétrons em movimento do polo negativo para o polo positivo. Esse sentido de circulação foi denominado **sentido eletrônico da corrente**.

O sentido de corrente que se adota como referência para o estudo dos fenômenos elétricos (eletrônico ou convencional) não interfere nos resultados obtidos. Por isso, ainda hoje, encontram-se defensores de cada um dos sentidos.

## Tensão e corrente alternada

Uma fonte de tensão que muda a polaridade em intervalos regulares (ciclo) produz uma corrente que muda de sentido constantemente e é chamada de corrente alternada (CA ou AC).

A CA apresenta certas características muito úteis. Pode ser facilmente transformada em valores mais altos ou mais baixos. Essa característica torna possível transmitir economicamente a CA a longas distâncias. Em consequência, pode-se construir usinas geradoras de CA em fontes remotas de potência hidráulica e fornecer essa eletricidade a consumidores distantes.

As características da corrente alternada (AC ou CA) são:

- é pouco utilizada em equipamentos elétricos (entra AC, transforma em CC);
- os equipamentos e circuitos elétricos com esse tipo de corrente são muito caros;
- é possível transmitir esse tipo de corrente por longas distâncias;
- aceita transformador em razão da alternância;
- possui fase.

### Ciclo

É a variação da corrente alternada, ou seja, primeiro aumenta de zero até o pico máximo positivo, depois diminui até zero, e em sequência aumenta até o máximo negativo e volta a zero.

O Gráfico 2 mostra o comportamento da tensão alternada aplicada a um circuito ao longo do tempo.

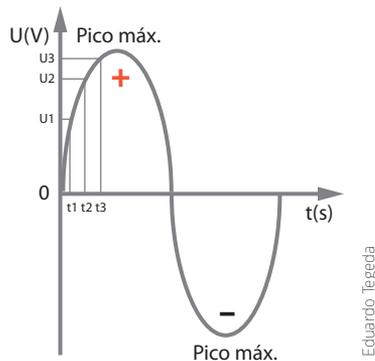


Gráfico 2 – Comportamento da tensão alternada aplicada ao circuito ao longo do tempo.

O número de ciclos que ocorre por segundo é chamado de frequência. A unidade de medida de frequência é o hertz (Hz). A frequência usual da rede elétrica residencial (50 a 60 Hz) significa que 50 a 60 ciclos se repetem em 1 segundo.

O Quadro 2 apresenta os ciclos das grandezas elétricas fundamentais.

Quadro 2 – Grandezas elétricas fundamentais e seus ciclos

Corrente contínua	
Corrente alternada	
Corrente contínua e alternada	

Eduardo Tegeida

(continua)

Exemplo de corrente alternada e monofásica de 60 Hz	1 ~ 60 Hz
Exemplo de corrente contínua, 2 condutores, tensão de 220 V	2 – 220 V

## Resistência elétrica

Resistência elétrica é a oposição que um material apresenta ao fluxo de corrente elétrica. Todos os dispositivos elétricos e eletrônicos apresentam certa oposição à passagem da corrente elétrica.

Quando os átomos de um material liberam elétrons livres entre si com facilidade, a corrente elétrica flui facilmente através dele. Nesse caso, a resistência elétrica desses materiais é pequena (Figura 2).

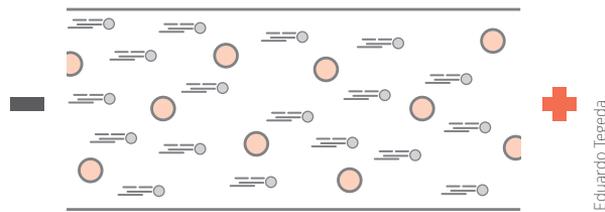


Figura 2 – Resistência elétrica pequena.

Por outro lado, nos materiais cujos átomos não liberam elétrons livres entre si com facilidade, a corrente elétrica flui com dificuldade, porque a resistência elétrica desses materiais é grande (Figura 3).

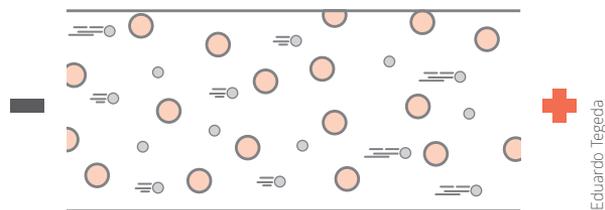


Figura 3 – Resistência elétrica grande.

Portanto, a resistência elétrica de um material depende da facilidade ou da dificuldade com que esse material libera cargas para a circulação.

São exemplos da utilização da resistência elétrica: aquecimento do chuveiro, do ferro de passar, do ferro de soldar, do secador de cabelo e da iluminação com lâmpadas incandescentes.

## Unidade de medida de resistência elétrica

A unidade de medida da resistência elétrica é o ohm, representado pela letra grega  $\Omega$  (lê-se ômega). A Tabela 3 mostra os múltiplos do ohm utilizados na prática profissional.

Tabela 3 – Múltiplos do ohm

	Denominação	Símbolo	Denominação e valor
Múltiplo	Megaohm	$M\Omega$	1 $M\Omega$ ou 1.000.000 $\Omega$
	Quilo-ohm	$k\Omega$	1 $k\Omega$ ou 1.000 $\Omega$
Unidade	Ohm	$\Omega$	–

O símbolo que representa a intensidade da corrente elétrica é a letra R.

Para fazer a conversão dos valores, emprega-se o mesmo procedimento usado para outras unidades de medida.

## Segunda Lei de Ohm

George Simon Ohm foi um cientista que estudou a resistência elétrica do ponto de vista dos elementos que têm influência sobre ela. Com esse estudo, ele concluiu que a resistência elétrica de um condutor depende fundamentalmente de quatro fatores, a saber:

1. material do qual o condutor é feito;

2. comprimento ( $l$ ) do condutor;
3. área de sua seção transversal ( $s$ );
4. temperatura no condutor.

Para que se pudesse analisar a influência de cada um desses fatores sobre a resistência elétrica, foram realizadas várias experiências variando-se apenas um dos fatores e mantendo constantes os três restantes.

Assim, por exemplo, para analisar a influência do **comprimento** do condutor, manteve-se constante o tipo de material, a temperatura e a área da seção transversal e variou-se o comprimento (Figura 4).

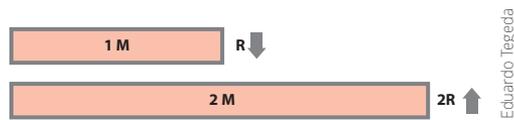


Figura 4 – Influência do comprimento do condutor.

Com isso, verificou-se que a resistência elétrica aumentava ou diminuía na mesma proporção em que aumentava ou diminuía o comprimento do condutor. Isso significa que: *A resistência elétrica é **diretamente** proporcional ao comprimento do condutor.*

Para verificar a influência da **seção transversal**, foram mantidos constantes o comprimento do condutor, o tipo de material e a temperatura, variando-se apenas sua seção transversal (Figura 5).

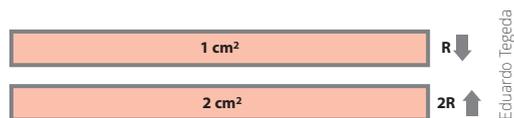


Figura 5 – Influência da seção transversal.

Desse modo, foi possível verificar que a resistência elétrica **diminuía** à medida que se **aumentava a seção transversal** do condutor. Inversamente, a resistência elétrica **aumentava** quando se diminuía a seção transversal do condutor. Isso levou à conclusão de que: *A resistência elétrica de um condutor é inversamente proporcional à sua área de seção transversal.*

Mantidas as constantes de comprimento, seção transversal e temperatura, variou-se o tipo de material (Figura 6).

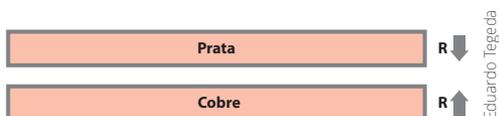


Figura 6 – Influência do material.

Com o uso de materiais diferentes, verificou-se que não havia relação entre eles. Com o mesmo material, todavia, a resistência elétrica mantinha sempre o mesmo valor.

Assim, por exemplo, para analisar a influência da **temperatura** no condutor, manteve-se constante o tipo de material, o comprimento e a área da seção transversal e variou-se a temperatura (Figura 7).

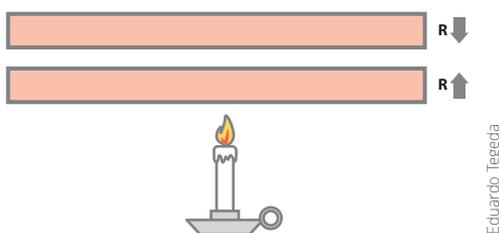


Figura 7 – Influência da temperatura.

Com isso, verificou-se que a resistência elétrica **aumentava** com o aumento da temperatura ou **diminuía** com a diminuição da temperatura do condutor.

A partir dessas experiências, estabeleceu-se uma constante de proporcionalidade que foi denominada **resistividade elétrica**.

## Primeira Lei de Ohm e determinação experimental

George Simon Ohm estudou a resistência elétrica. Ao estudar corrente elétrica, o pesquisador definiu a relação existente entre corrente, tensão e resistência elétricas em um circuito e formulou a sua Lei de Ohm.

A Lei de Ohm estabelece uma relação entre as grandezas elétricas: tensão (U), corrente (I) e resistência (R) em um circuito. Verifica-se a Lei de Ohm a partir de medições realizadas em circuitos elétricos simples, compostos por uma fonte geradora e um resistor.

Tem-se, então, a seguinte fórmula:

$$U = R \times I$$

Ou seja, tensão é igual a resistência multiplicada pela corrente.

Nessa fórmula, **R** é a resistência (oposição) que se apresenta ao fluxo de corrente elétrica expressa em **ohms ( $\Omega$ )**; **I** é a corrente circulante no consumidor, expressa em **ampères (A)** e **U** é a tensão entre os terminais do consumidor expressa em **volts (V)**.

Montando-se um circuito elétrico com uma fonte geradora de 9 V e um resistor de 100  $\Omega$ , o multímetro, ajustado na escala de miliampère, deverá apresentar uma corrente circulante de 90 Ma (Figura 8).

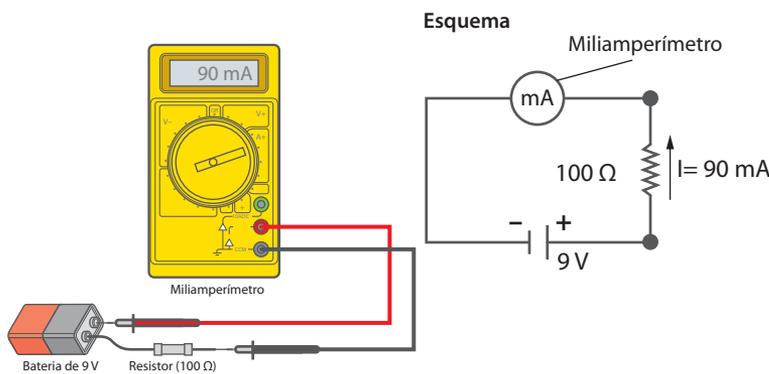


Figura 8 – Exemplo de experimento a partir da primeira Lei de Ohm.

Se o resistor de  $100 \Omega$  for substituído por outro de  $200 \Omega$ , a resistência do circuito torna-se maior. Com isso, o circuito impõe uma oposição mais intensa à passagem da corrente e faz com que a corrente circulante seja menor. À medida que aumenta o valor do resistor, também aumenta a oposição à passagem da corrente que decresce na mesma proporção.

A Tabela 4 apresenta os valores obtidos nessa situação.

Tabela 4 – Valores obtidos a partir do experimento da Figura 8

Situação	Tensão (U)	Resistência (R)	Corrente (I)
1	9 V	$100 \Omega$	90 mA
2	9 V	$200 \Omega$	45 mA
3	9 V	$400 \Omega$	22,5 mA

Analisando-se a tabela de valores, verifica-se que:

- O valor da tensão aplicada ao circuito é sempre o mesmo; portanto, as variações da corrente são provocadas pela mudança de resistência do circuito. Ou seja, quando a resistência do circuito aumenta, a corrente no circuito diminui.
- Dividindo-se o valor de tensão aplicada pelo valor da resistência do circuito, obtém-se o valor da intensidade de corrente.

A partir dessas observações, pode-se concluir também que o valor de corrente que circula em um circuito é encontrado dividindo-se o valor de tensão aplicada pela sua resistência. Ao transformar essa afirmação em equação matemática, tem-se a Lei de Ohm:

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

Com base nessa equação, tem-se o enunciado da Lei de Ohm:

*A intensidade da corrente elétrica em um circuito é **diretamente proporcional** à tensão aplicada e **inversamente proporcional** à sua resistência.*

## Aplicação da Lei de Ohm

A Lei de Ohm é utilizada para determinar os valores de tensão (U), corrente (I) ou resistência (R) em um circuito. Para se obter um valor desconhecido em um circuito, basta conhecer dois dos valores da equação da Lei de Ohm: U e I, I e R ou U e R.

Para tornar mais simples o uso da equação da Lei de Ohm, costuma-se usar um “triângulo”.

Quando se deseja determinar uma incógnita, coloca-se o dedo sobre a letra da incógnita do triângulo. Desse modo, as letras restantes descobertas representam o tipo de operação matemática entre elas (Figura 9).

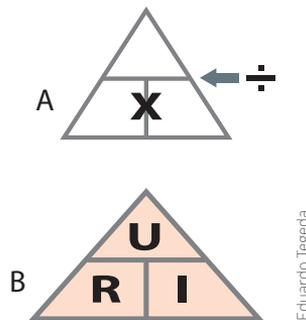


Figura 9 – A e B. Triângulo para simplificação da equação da Lei de Ohm.

$$U = R \times I$$

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

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

### Exemplo 1

Uma lâmpada utiliza uma alimentação de 6 V e tem 120  $\Omega$  de resistência. Qual o valor da corrente que circula pela lâmpada quando ligada?

Como os valores de  $U$  e  $R$  já estão nas unidades fundamentais volt e ohm, basta aplicar os valores na equação:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6}{120} = 0,05 \text{ A}$$

O resultado é obtido também na unidade fundamental de intensidade de corrente. Portanto, circulam 0,05 A ou 50 mA quando se liga a lâmpada.

### Exemplo 2

O motor de um carrinho de autorama atinge a rotação máxima ao receber 9 V da fonte de alimentação. Nessa situação, a corrente do motor é de 230 mA. Qual é a resistência do motor?

$$R = \frac{U}{I} = \frac{9}{0,23} = 39,1$$

### Exemplo 3

Um resistor de 22 k $\Omega$  foi conectado a uma fonte cuja tensão de saída é desconhecida. Um miliamperímetro colocado em série no circuito indicou uma corrente de 0,75 mA. Qual a tensão na saída da fonte?

Formulando a questão, tem-se:

$$I = 0,75 \text{ mA (ou } 0,00075 \text{ A)}$$

$$R = 22 \text{ k}\Omega \text{ (ou } 22.000 \Omega)$$

$$U = R \times I$$

$$U = 22.000 \times 0,00075 = 16,5 \text{ V}$$

Portanto,  $U = 16,5 \text{ V}$ .

## Potência

Ao passar por uma carga instalada em um circuito, a corrente elétrica produz, entre outros efeitos, calor, luz e movimento. Esses efeitos são denominados **trabalho**.

O trabalho de transformação de energia elétrica em outra forma de energia é realizado pelo **consumidor** ou pela **carga**. Ao transformar a energia elétrica, o consumidor realiza um **trabalho elétrico**.

O tipo de trabalho depende da natureza do consumidor de energia. Um aquecedor, por exemplo, produz calor; uma lâmpada, luz; um ventilador, movimento. A capacidade de cada consumidor produzir trabalho, em determinado tempo, a partir da energia elétrica é chamada de potência elétrica, representada pela seguinte fórmula:

$$P = \frac{\tau}{t}$$

Onde:

**P** = potência;

$\tau$  (lê-se “tal”) = trabalho;

**t** = tempo.

Para dimensionar corretamente cada componente em um circuito elétrico é preciso conhecer a sua potência.

### Potência elétrica

Ao se analisar um tipo de carga como a das lâmpadas, por exemplo, observa-se que nem todas produzem a mesma quantidade de luz. Da mesma maneira, existem aquecedores que ferverem um litro de água em 10 minutos e outros em apenas 5 minutos. Os dois aquecedores realizam o mesmo trabalho elétrico: aquecer um litro de água à temperatura de 100°C.

A única diferença é que um deles é mais rápido, realizando o trabalho em menor tempo.

A partir da potência, é possível relacionar trabalho elétrico realizado e tempo necessário para sua realização.

**Potência elétrica** é, desse modo, *a capacidade de realizar um trabalho em uma unidade de tempo, a partir da energia elétrica.*

## Unidade de medida da potência elétrica

A potência elétrica é uma grandeza e, como tal, pode ser medida. A unidade de medida da potência elétrica é o **watt**, simbolizado pela letra **W**. Um watt (**1 W**) corresponde à potência desenvolvida no tempo de **1 segundo** em uma carga, alimentada por uma tensão de **1 V**, na qual circula uma corrente de **1 A** (Figura 10).

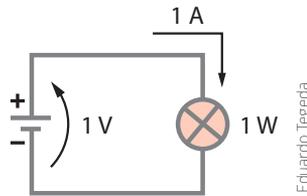


Figura 10 – Um watt.

Para medir a potência de um equipamento, utiliza-se o instrumento chamado wattímetro.

## Determinação da potência de um consumidor em CC

A potência elétrica ( $P$ ) de um consumidor depende da tensão aplicada e da corrente que circula nos seus terminais. Matematicamente, essa relação é representada pela seguinte fórmula:

$$P = U \times I$$

Nessa fórmula,  $U$  é a tensão entre os terminais do consumidor expressa em **volts (V)**;  $I$  é a corrente circulante no consumidor, expressa em **ampères (A)**; e  $P$  é a potência dissipada expressa em **watts (W)**. Utiliza-se a Lei de Ohm para determinar os valores de potência ( $P$ ), tensão ( $U$ ) ou corrente ( $I$ ) em um circuito. Para obter o valor desconhecido em um circuito, basta conhecer dois dos valores da equação da Lei de Ohm:  $U$  e  $I$ ,  $I$  e  $P$  ou  $U$  e  $P$  (Figura 11).

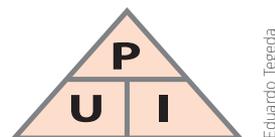


Figura 11 – Triângulo para determinação dos valores de potência, tensão ou corrente em um circuito.

$$P = U \times I$$

$$U = \frac{P}{I}$$

$$I = \frac{P}{U}$$

Sabendo a potência que o equipamento consome, pode-se calcular a corrente que está sendo consumida ou em outros casos a tensão de alimentação sobre esta carga.

### Exemplo 1

Uma lâmpada de lanterna de 6 V solicita uma corrente de 0,5 A das pilhas. Qual a potência da lâmpada?

$$P = U \times I \Rightarrow P = 6 \times 0,5 = 3 \text{ W}$$

Portanto, **P = 3 W**.

### Exemplo 2

Um aquecedor elétrico tem uma resistência de 8  $\Omega$  e solicita uma corrente de 10 A. Qual é a sua potência?

$$P = U \times I$$

Portanto, falta o valor da tensão. Para conhecer esse valor, utiliza-se a primeira Lei de Ohm.

$$U = R \times I \Rightarrow U = 8 \times 10 = 80 \text{ V}$$

$$P = U \times I \Rightarrow P = 80 \times 10 = 800 \text{ W}$$

A potência pode ser medida em vários aspectos conforme o que se deseja analisar. Observar o exemplo dos equipamentos de som:

- **Potência RMS (*root mean square*):** potência média ou real que o equipamento consegue reproduzir constantemente.
- **Potência PMPO (*peak music power output*):** potência que o equipamento produz em determinados momentos com o pico musical.

Elas refletem apenas valores instantâneos. Entretanto, não se pode compará-las, pois são duas medições de situações diferentes. Devem ser comparados valores de mesmo tipo de medida.

A unidade de medida da potência elétrica **watt** tem múltiplos e submúltiplos como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Múltiplos e submúltiplos da potência elétrica

	Denominação	Símbolo	Denominação e valor
Múltiplo	Megawatt	MW	10 MW ou 1.000.000 W
	Quilowatt	kW	10 kW ou 1.000 W
	Hectowatt	hW	10 hW ou 100 W
	Decawatt	daW	10 daW ou 10 W
Unidade	Watt	W	-

### Observação

O efeito térmico produzido pela passagem de corrente elétrica através de uma resistência é chamado *efeito joule*.