

João Miguel Clemente de Sena Esteves

# *Análise de Circuitos*

Guimarães, Julho de 2020



# Grandezas, Unidades e Prefixos do Sistema Internacional de Unidades (SI)

## Grandezas e Unidades SI

Grandeza		Unidade	
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo
potencial eléctrico	U	volt	V
tensão, diferença de potencial ou queda de potencial	U, E	volt	V
corrente eléctrica	I	ampere	A
energia	W	joule	J
potência	P	watt	W
frequência	f	hertz	Hz
resistência eléctrica	R	ohm	$\Omega$
resistividade	$\rho$	ohm metro	$\Omega \cdot \text{m}$
capacidade eléctrica	C	farad	F
permitividade	$\epsilon$	farad por metro	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$
coeficiente de auto-indução	L	henry	H
permeabilidade	$\mu$	henry por metro	$\text{H} \cdot \text{m}^{-1}$
momento do binário	T	newton metro	$\text{N} \cdot \text{m}$

## Prefixos SI

### Múltiplos

Nome	Símbolo	Factor multiplicador
yotta	Y	$10^{24} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$
zetta	Z	$10^{21} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$
exa	E	$10^{18} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$
peta	P	$10^{15} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000$
<b>tera</b>	<b>T</b>	<b><math>10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000\,000</math></b>
<b>giga</b>	<b>G</b>	<b><math>10^9 = 1\,000\,000\,000</math></b>
<b>mega</b>	<b>M</b>	<b><math>10^6 = 1\,000\,000</math></b>
<b>quilo</b>	<b>k</b>	<b><math>10^3 = 1000</math></b>
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	$10^1 = 10$

## Submúltiplos

Nome	Símbolo	Factor multiplicador
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
<b>mili</b>	<b>m</b>	<b><math>10^{-3} = 0,001</math></b>
<b>micro</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>10^{-6} = 0,000\ 001</math></b>
<b>nano</b>	<b>n</b>	<b><math>10^{-9} = 0,000\ 000\ 001</math></b>
<b>pico</b>	<b>p</b>	<b><math>10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001</math></b>
fento	f	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001$
ato	a	$10^{-18} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
zepto	z	$10^{-21} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
yocto	y	$10^{-24} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

## Unidades a Converter ao SI

Nome	Símbolo	Valor correspondente no SI
quilowatt-hora	kWh	3600000J
cavalo-vapor	cv	$735,49875\text{W} \cong \mathbf{735\text{W}}$
<i>horse power (metric)</i>		$735,49875\text{W} \cong \mathbf{735\text{W}}$
<i>cheval vapeur (França)</i>	CV	$735,49875\text{W} \cong \mathbf{735\text{W}}$
<i>pferdestarke (Alemanha)</i>	PS	$735,49875\text{W} \cong \mathbf{735\text{W}}$
<i>horse power(550ft·lbf/s)</i>	hp ( <i><math>1\text{hp} = 550\text{ft} \cdot \text{lbf/s}</math></i> )	$745.69987\text{W} \cong \mathbf{746\text{W}}$
<i>horse power (electric)</i>		746W
<i>horse power (Reino Unido)</i>		745,7W
onça-força ( <i>ounce-force</i> )	ozf	0,27801385N
libra-força ( <i>pound-force</i> )	lbf	4,4482216N
polegada ( <i>inch</i> )	in, ''	0,0254m
pé ( <i>foot</i> )	ft	0,3048m
onça-força polegada ( <i>ounce-force inch</i> )	oz·in	0,00706155Nm
rotação por minuto	$\text{rot} \cdot \text{min}^{-1}$ , r.p.m.	$0,104720\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$

# 1. Corrente Eléctrica, Potencial Eléctrico e Tensão

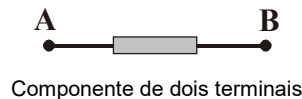
A **corrente eléctrica** (**I**) tem como unidade o **ampere** (**A**).

O **potencial eléctrico** que existe num ponto A ( **$U_A$** ) tem como unidade o **volt** (**V**).

A **tensão**, **diferença de potencial** ou **queda de potencial** que existe entre um ponto A e um ponto B ( **$U_{AB}$** ) tem como unidade o **volt** (**V**) e é dada por

$$U_{AB} = U_A - U_B$$

Um **componente de um circuito eléctrico** tem sempre **dois ou mais terminais**. Num componente de dois terminais, a corrente que entra por um terminal é a mesma que sai pelo outro.



Diz-se (porque é verdade) que...

- uma **corrente eléctrica** passa num componente de um circuito.
- um **potencial eléctrico** existe num ponto.
- uma **tensão** existe entre dois pontos.

Notações:

- Usam-se **setas rectas** para indicar os sentidos de **correntes eléctricas**.
- Usam-se **setas curvas** para indicar os sentidos de **tensões** (quedas de potencial).

O **sentido verdadeiro da corrente eléctrica** que passa num componente de um circuito eléctrico é o oposto ao do movimento dos electrões que constituem essa corrente.

- Em Física, o **sentido real da corrente eléctrica** que passa num componente de um circuito eléctrico é o do movimento dos electrões que constituem essa corrente; o **sentido convencional da corrente eléctrica** é o oposto ao desse movimento. Assim, o **sentido verdadeiro da corrente eléctrica**, usado em Electrotecnia e em Electrónica, coincide com o **sentido convencional da corrente eléctrica** usado em Física.

O **sentido positivo da corrente eléctrica** que passa num componente é convencional, podendo coincidir ou não com o sentido verdadeiro da corrente.

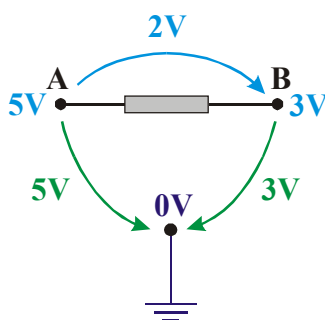
O **potencial eléctrico que existe num ponto** só fica determinado se estiver definida uma referência para os potenciais eléctricos. Por definição, o valor do potencial eléctrico de referência é zero.

Pode escolher-se, arbitrariamente, o potencial de qualquer ponto de um circuito eléctrico como referência para os potenciais eléctricos. Em geral, a escolha da referência faz-se por forma a simplificar a análise do circuito.

É frequente usar o potencial da **terra** ou o potencial da **massa** (*chassis*) dos aparelhos eléctricos como referência para os potenciais eléctricos.

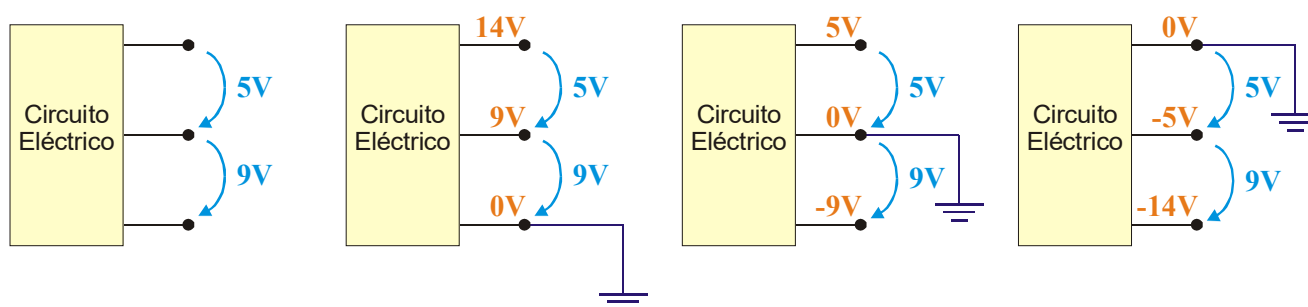


O **potencial eléctrico que existe num ponto** tem o valor da tensão existente entre esse ponto e o ponto cujo potencial é usado como referência para os potenciais eléctricos.



O **potencial eléctrico que existe num ponto** depende da referência escolhida para os potenciais eléctricos e pode assumir qualquer valor.

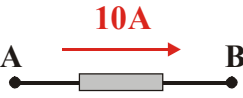
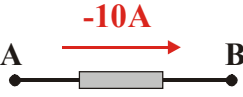
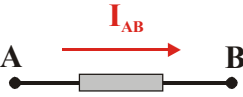
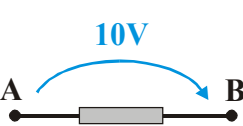
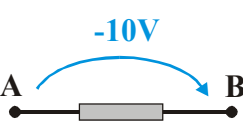
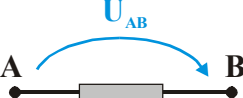
A **tensão** existente entre dois pontos tem um valor que não depende da referência escolhida para os potenciais eléctricos.



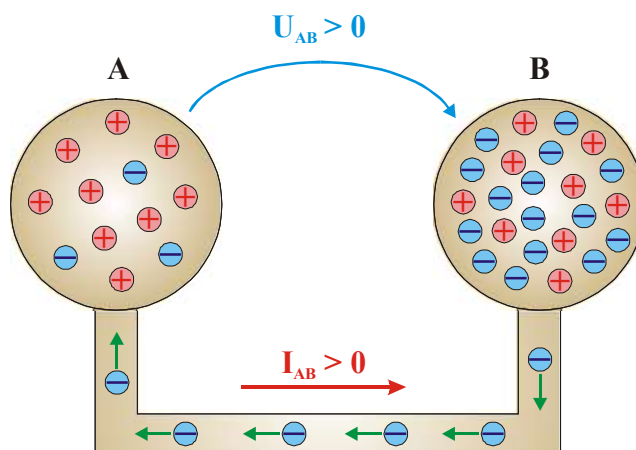
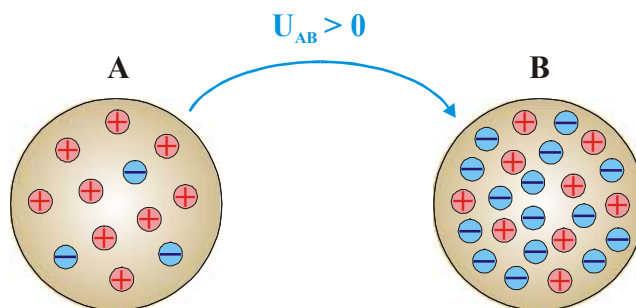
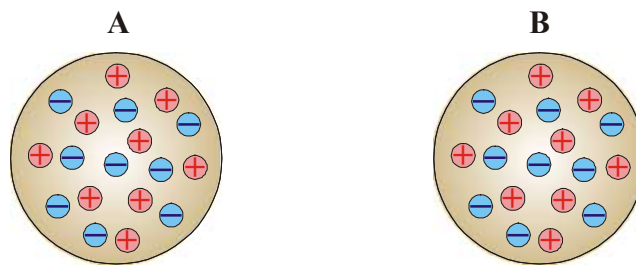
O **sentido verdadeiro da tensão** existente entre dois pontos é do ponto de potencial superior para o ponto de potencial inferior.

O **sentido positivo da tensão** existente entre dois pontos é convencionado, podendo coincidir ou não com o sentido verdadeiro da queda de potencial.

Para correntes e tensões **constantes**...

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A seta indica o <b>sentido verdadeiro da corrente</b> que atravessa o componente.</li> <li>- Dentro do componente, a corrente vai do terminal A para o terminal B.</li> <li>- A corrente que atravessa o componente tem um valor de 10A.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A seta indica o <b>sentido positivo da corrente</b> que atravessa o componente.</li> <li>- Dentro do componente, a corrente vai do terminal B para o terminal A.</li> <li>- A corrente que atravessa o componente tem um valor de 10A.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A seta indica o <b>sentido positivo da corrente</b> que atravessa o componente.</li> <li>- Se, dentro do componente, a corrente for do terminal A para o terminal B, então o sentido positivo da corrente coincide com o sentido verdadeiro da corrente e <math>I_{AB} &gt; 0</math>.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A seta indica o <b>sentido verdadeiro da tensão</b> existente entre os terminais A e B do componente.</li> <li>- O potencial no terminal A é superior ao potencial no terminal B.</li> <li>- Entre os terminais existe uma diferença de potencial de 10V.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A seta indica o <b>sentido positivo da tensão</b> existente entre os terminais A e B do componente.</li> <li>- O potencial no terminal B é superior ao potencial no terminal A.</li> <li>- Entre os terminais existe uma diferença de potencial de 10V.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A seta indica o <b>sentido positivo da tensão</b> existente entre os terminais A e B do componente.</li> <li>- Se o potencial no terminal A for superior ao potencial no terminal B, então o sentido positivo da tensão coincide com o sentido verdadeiro da tensão e <math>U_{AB} &gt; 0</math>.</li> </ul>

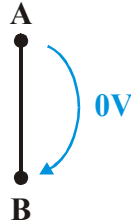
**Nota:** Para manter os desenhos simples, **não se representa o resto do circuito, que está ligado aos terminais A e B.** Sem esse circuito não poderiam existir as correntes representadas.





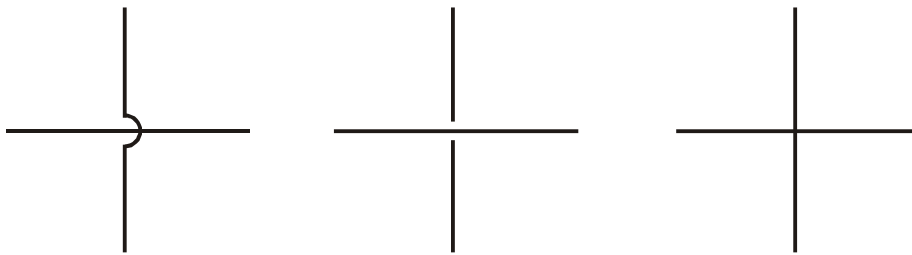
## 2. Condutor Ideal

Um **condutor ideal** mantém uma **tensão de 0V entre os seus terminais**, independentemente do valor e do sentido da corrente que o atravessa. Todos os seus pontos estão **sempre ao mesmo potencial**.

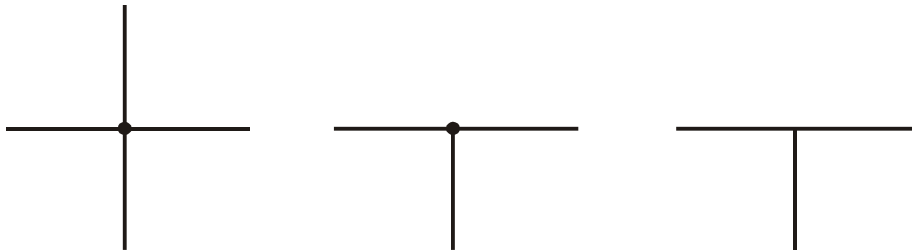


Ao ligar um condutor ideal entre dois pontos provoca-se um **curto-circuito** entre esses pontos. Mas **condutor ideal** e **curto-circuito** não são sinónimos, uma vez que é possível provocar um curto-circuito entre dois pontos com um condutor não ideal.

Representação de dois **condutores ideais isolados** um do outro:

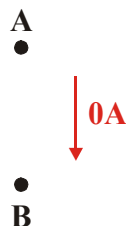


Representação de dois **condutores ideais ligados** um ao outro:



## 3. Circuito Aberto

Um **circuito aberto entre dois pontos** é atravessado por uma **corrente de 0A**, independentemente do valor e do sentido da tensão que existe entre esses pontos.

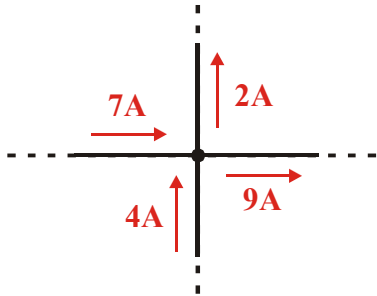
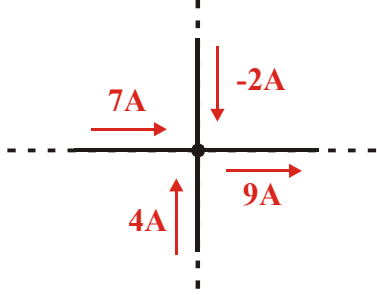
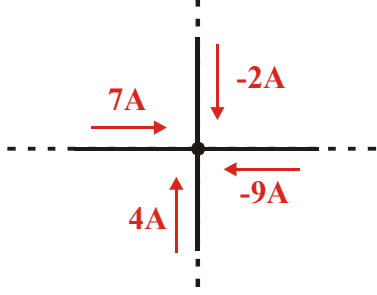
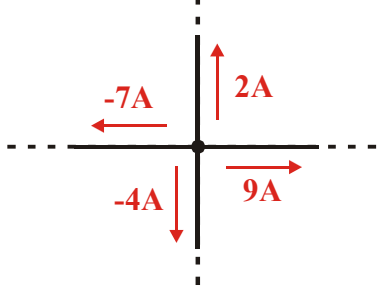


## 4. Leis de Kirchhoff

### 4.1 Lei das Correntes

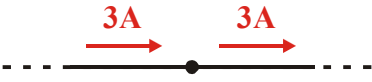

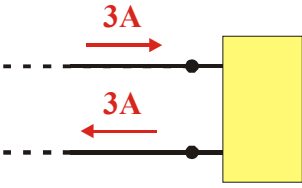

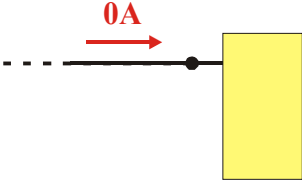
A soma algébrica das correntes que convergem para um ponto é igual à soma algébrica das correntes que divergem desse ponto.

Exemplo:

	$7 + 4 = 2 + 9$
	$7 + 4 + (-2) = 9$
	$7 + 4 + (-2) + (-9) = 0$
	$0 = (-7) + (-4) + 2 + 9$

Nota: nas várias situações representadas as correntes são fisicamente as mesmas.

## Algumas consequências da Lei das Correntes:

<p>Se houver apenas dois condutores ligados a um ponto, então a corrente num condutor é a mesma que a corrente no outro condutor.</p>	
<p>Se um componente tiver apenas dois terminais, então a corrente que entra por um terminal é a mesma que sai pelo outro.</p>	
<p>Se houver apenas dois condutores ligados a um circuito, então a corrente num condutor é a mesma que a corrente no outro condutor.</p>	
<p>Se houver apenas um condutor ligado a um ponto, então a corrente nesse condutor é nula.</p>	
<p>Se houver apenas um condutor ligado a um circuito, então a corrente nesse condutor é nula.</p>	

## 4.2 Lei das Tensões

Estes dois enunciados da Lei das Tensões são equivalentes:

- Ao se percorrer num dado sentido um percurso fechado, a soma das tensões (quedas de potencial) encontradas é igual à soma das subidas de potencial.
- A soma algébrica de todas as **tensões** (quedas de potencial) consideradas num mesmo sentido ao longo de um percurso fechado é nula.

Exemplo:

	$3 + 5 + 4 = 2 + 10$
	$3 + (-2) + 5 + (-10) + 4 = 0$
	$(-3) + (-4) + 10 + (-5) + 2 = 0$

Notas:

1. Um circuito aberto pode fazer parte de um percurso fechado, como acontece neste exemplo.
2. Nas várias situações representadas as diferenças de potencial são fisicamente as mesmas.