

Aula 2

Conceitos Fundamentais I

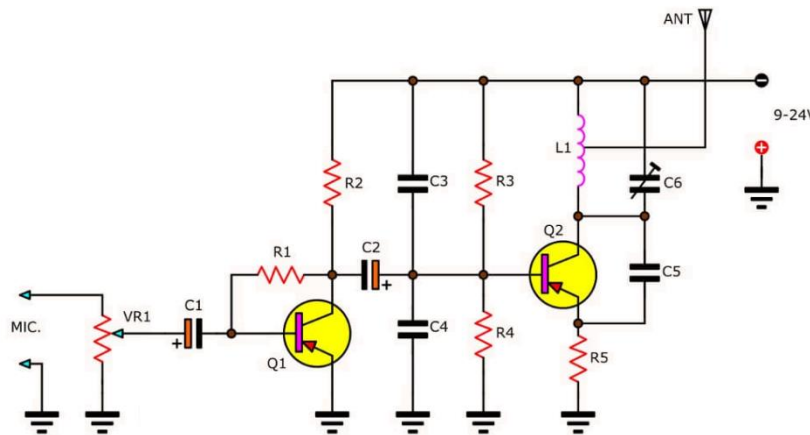
Circuitos Elétricos I

Prof. Henrique Amorim - UNIFESP - ICT

O que iremos abordar na disciplina de circuitos elétricos?

A disciplina de circuitos elétricos irá apresentar, discutir e explorar os **modelos matemáticos** que simulam o comportamento de sistemas elétricos reais.

Tais modelos matemáticos são a base para compreendermos a **física que rege os componentes elétricos**.



Circuito de um Transmissor FM

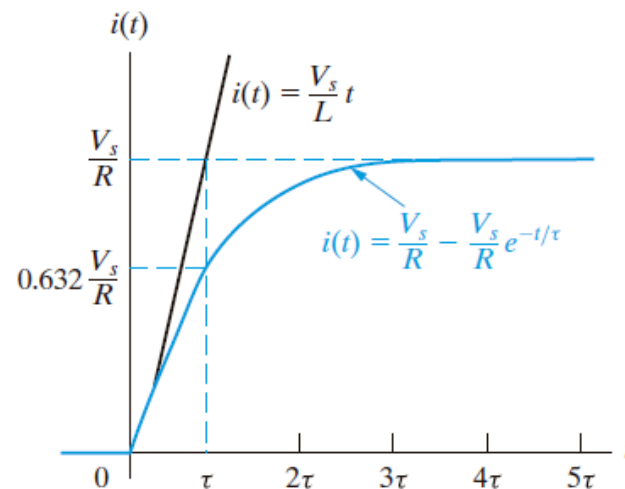


Conceitos e comportamentos serão traduzidos em **modelos matemáticos**

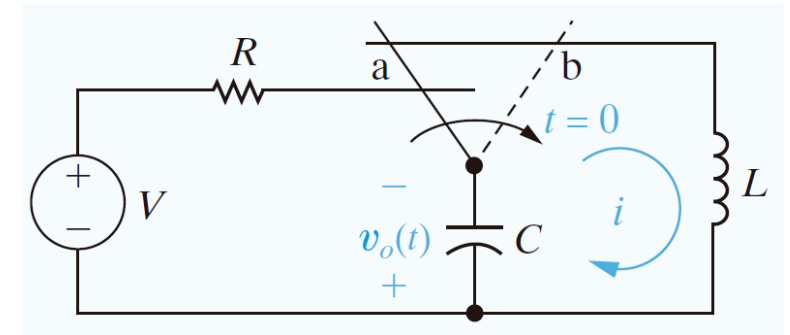
Conceitos

- Carga elétrica;
- Corrente;
- Tensão;
- Potência;
- Energia;
- Resistência;
- Capacitância;
- Indutância e etc

Comportamento



Modelo matemático (simbologia)



$$\frac{v}{R} + \frac{1}{L} \int_0^t v d\tau + I_0 + C \frac{dv}{dt} = 0.$$

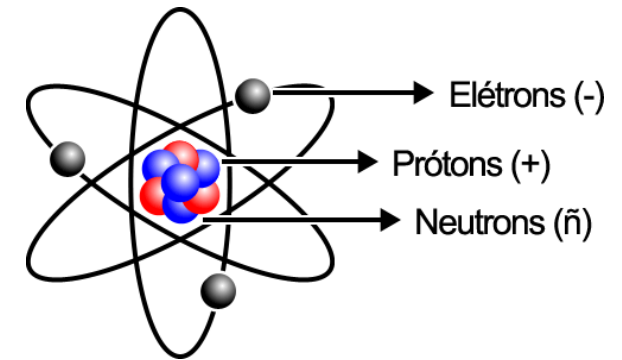
Carga elétrica

A carga elétrica é uma propriedade física fundamental que determina as interações eletromagnéticas.

Carga elementar (A menor carga que se pode isolar):

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

A carga é medida em Columbs (C)



- Os elétrons se movimentam de forma irregular nas orbitas
- Se um átomo **perde** um elétron sua carga torna-se **positiva**
- Se um átomo **recebe** um elétron sua carga torna-se **negativa**

Elétrons: carga negativa ($-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

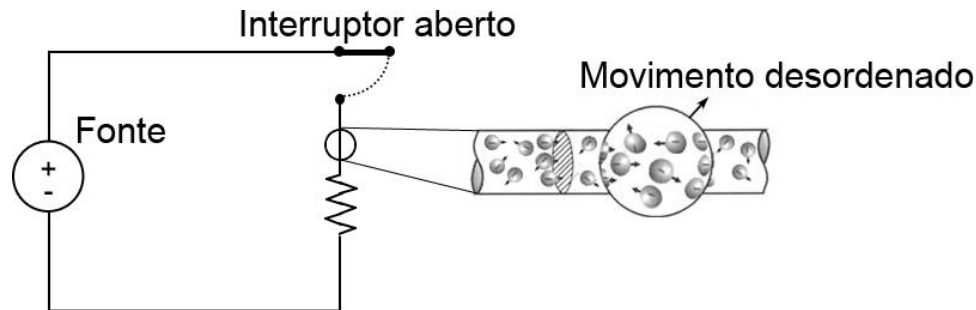
Prótons: carga positiva ($+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Nêutrons: Sem carga

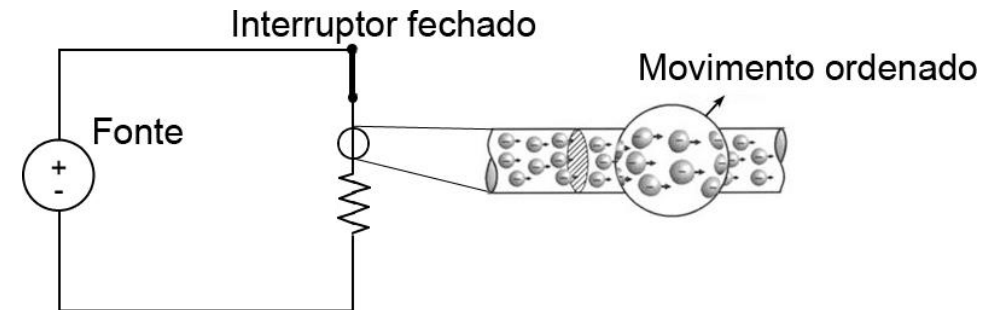
Comportamento dos elétrons e a corrente (A)

Corrente elétrica é a denominação dada ao fluxo de cargas, representado pela letra “*i*”, cuja unidade é o Ampère (A).

Não há fluxo de cargas



Existe o fluxo de cargas



$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad \text{onde}$$

$$\Delta q = e \cdot n$$

$n \rightarrow$ número de eletrons
 $\Delta t \rightarrow$ tempo

Considerando o limite

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} i = i(t) = \frac{dq}{dt}$$

A carga de 1 elétron é igual a carga elementar ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$), enquanto em 1 C possui $1/e$ elétrons, portanto **$1\text{ C} = 6,24 \cdot 10^{18}$ elétron.**

$$1\text{ A} = 1\text{ C/s}$$

Exemplo de uma DDP com pilha Zn-CU

Oxidar Peder elétrons

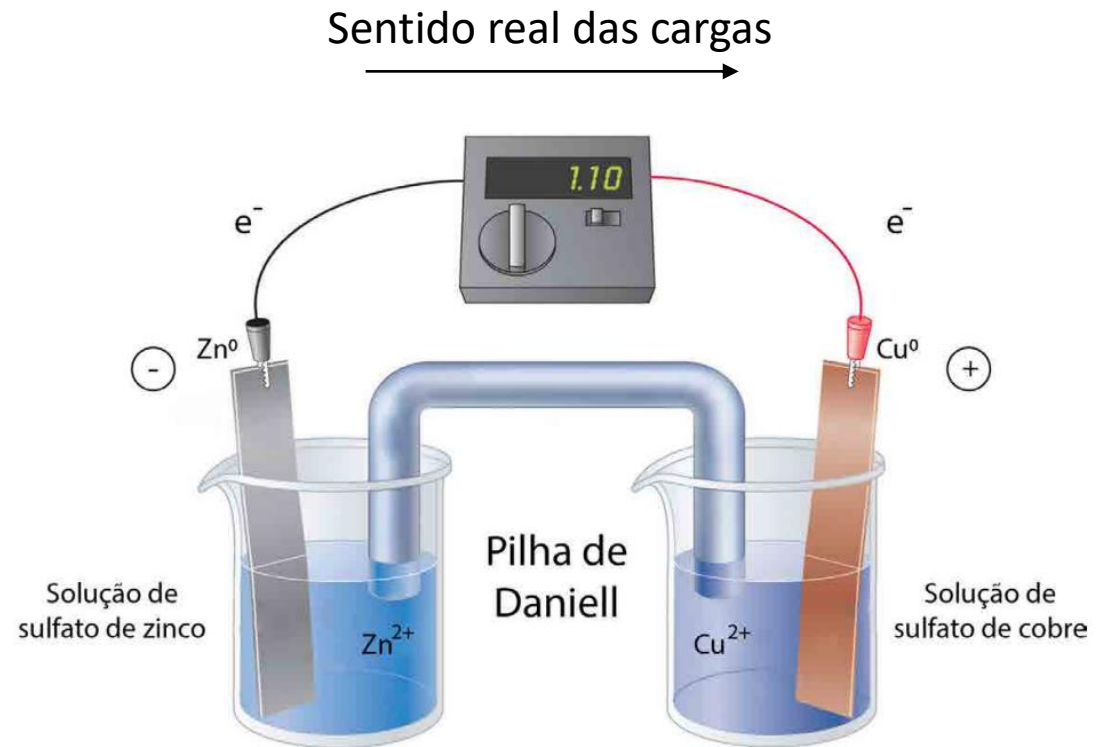
Semireação no ânodo: $\text{Zn}_{(s)} \leftrightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-}$

Reduzir ganhar elétrons

Semireação no cátodo: $\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-} \leftrightarrow \text{Cu}_{(s)}$

Reação química gera corrente elétrica

Entre os eletrodos pode ser medido uma diferença de potencial

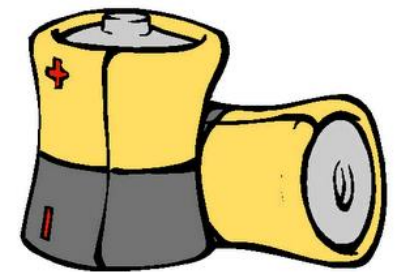
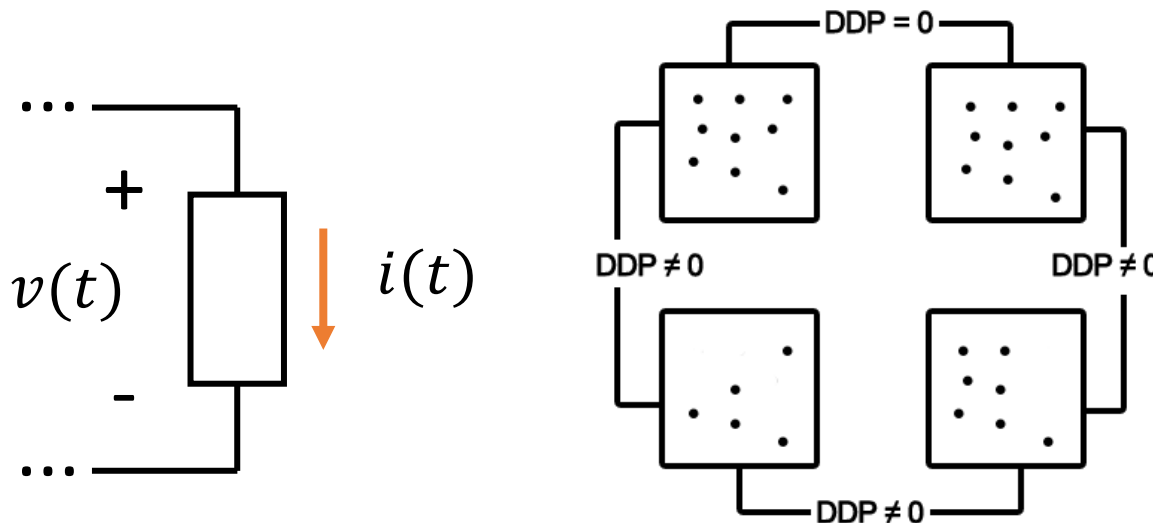


Tensão ou diferença de potencial (DDP)

Tensão ou diferença de potencial consiste na diferença de potencial elétrico entre dois pontos. **Unidade Volts (V)**.

*** Nunca pronuncie voltagem (erro comum)

- Para a **corrente** indicamos o **sentido do fluxo de elétrons** para a **tensão** indicamos a **polaridade de referência**.



Tensão ou diferença de potencial (DDP)

A tensão pode ser expressa pela taxa de variação do trabalho por unidade de carga.

$$v(t) = \frac{d\omega}{dq}$$

Unidade Volts (V) ou Joule por Columbs (J/C)

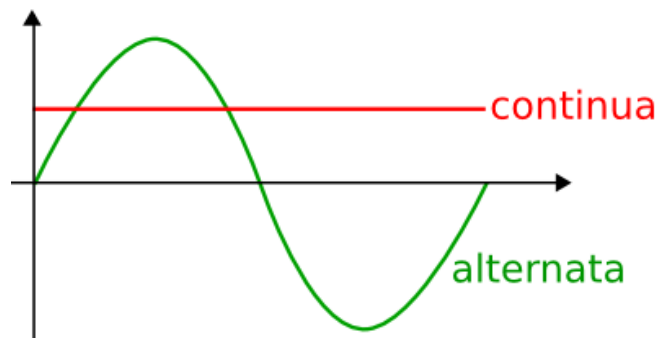
A tensão pode ser mensurada a partir de dois pontos quaisquer do circuito



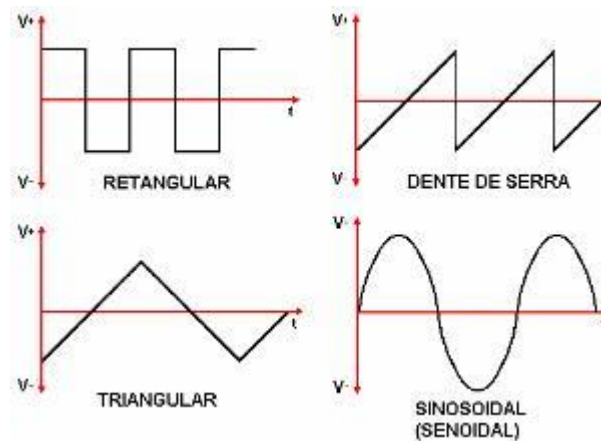
Comportamento dos elétrons e a corrente (A)

A **corrente** é uma **função do tempo**, portanto podem ser apresentados diversos comportamentos. **Inicialmente** iremos analisar o comportamento de **circuitos em corrente contínua**, na **última matéria** do curso iremos analisar a influência da **corrente alternada** (senoidal) em circuitos.

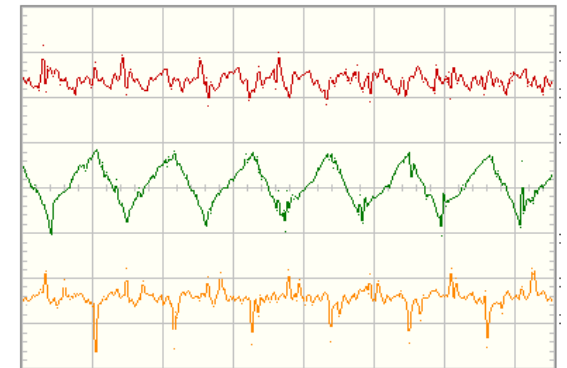
Tensão/corrente
Alternada x Contínua



Tensão/corrente
Formas comuns

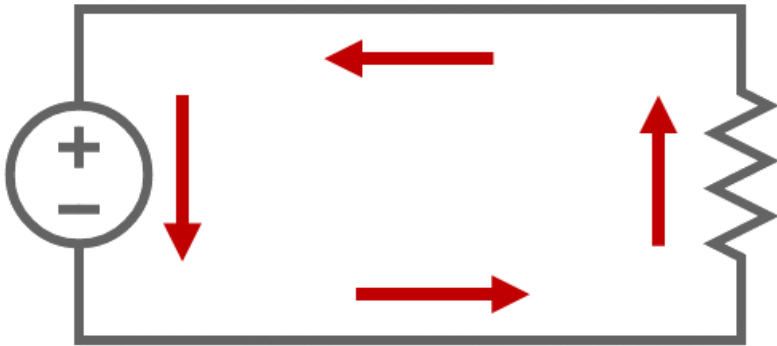


Tensão/corrente
Registro de sinais

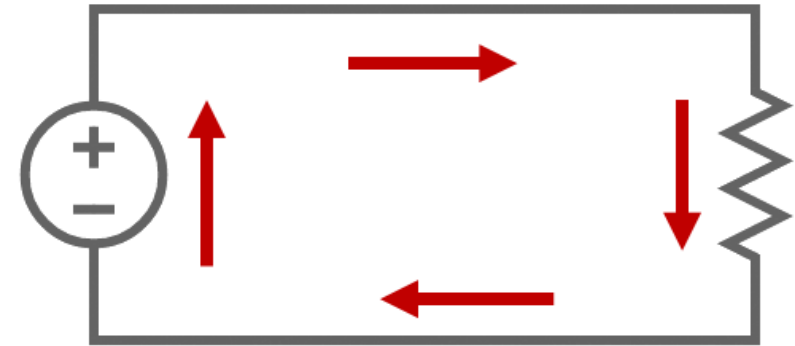


Sentido Real x Sentido Convencional

Sentido Real das cargas



Sentido Convencional das cargas



- **Sentido real:** as cargas seguem do polo negativo para o positivo
- **Sentido convencional:** as cargas seguem do polo positivo para o negativo

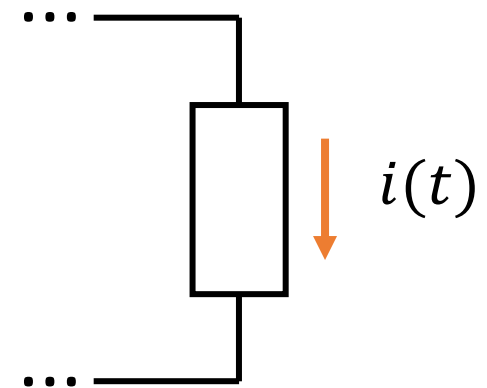
Em nossos cálculos iremos adotar o **sentido convencional** (padronização)

Caracterização dos bipolos

Consideramos os componentes elétricos com dois terminais como bipolos, tais componentes podem absorver ou fornecer energia

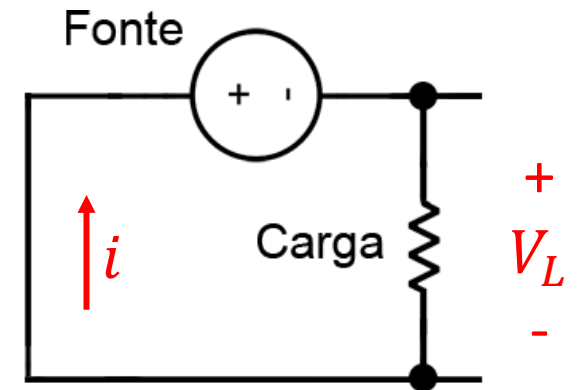
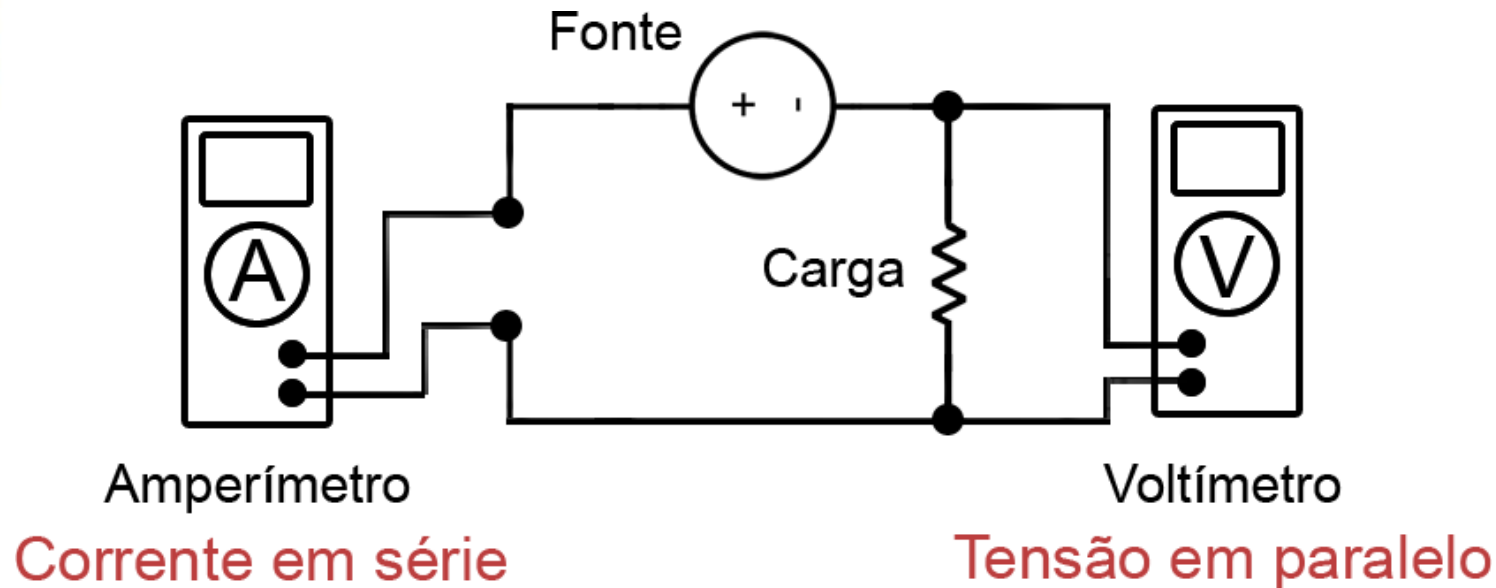


Considere um bipolo no qual atua uma corrente $i(t)$, durante um intervalo de tempo dt . Esta carga transfere ao bipolo uma energia dw , relacionada à carga.



Obtenção de tensão e corrente

- A **tensão** sempre será medida em **paralelo** (mensura a diferença de potencial)
- A **corrente** sempre será medida em **série** – utilizar um **bypass** (mensura o fluxo de cargas)



Convenção passiva: Sempre que a direção de referência para a corrente em um elemento estiver na queda de tensão, use um sinal positivo em qualquer expressão que relacione tensão com a corrente. Caso contrário (elevação de tensão) use um sinal negativo.

Potência é a **velocidade** com que se gera ou se consome energia
A unidade da potência é o watt (W) ou Joule por segundo (J/s)




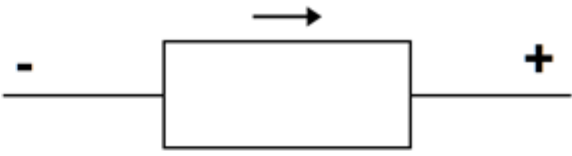


A potência é calculada pela
taxa de variação de energia
pelo tempo

A equação que define a
potência pode ser deduzida
pela diferencial:

$$p = \left(\frac{d\omega}{dq} \right) \cdot \left(\frac{dq}{dt} \right) = \frac{d\omega}{dt}$$

$$\mathbf{p = v \cdot i}$$

Obedecendo o enunciado da convenção passiva, obtemos a seguinte relação de sinais:

	
$p = +v \cdot i$	$p = -v \cdot i$
	
$p = -v \cdot i$	$p = +v \cdot i$

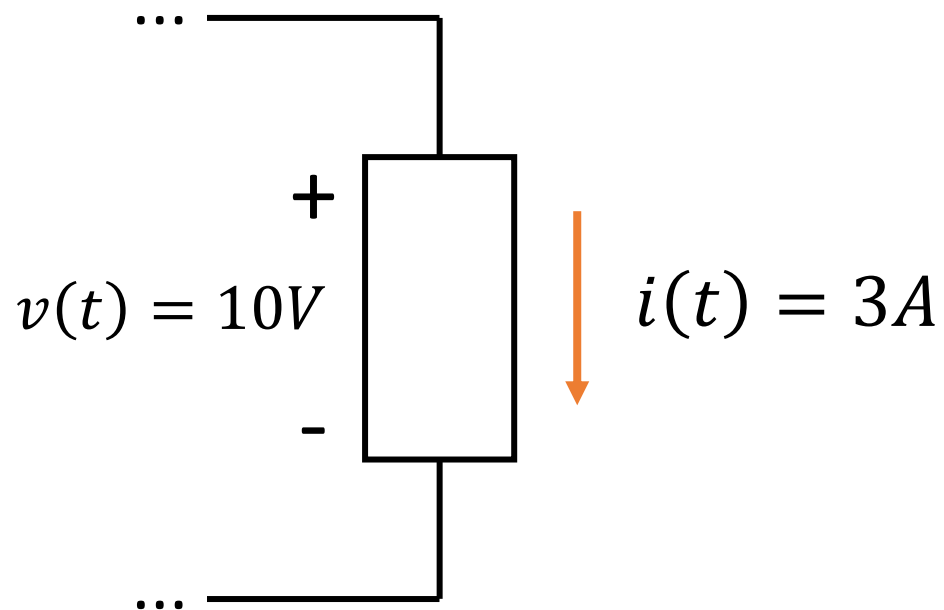
Caracterização dos bipolos pela potência

Interpretação do sinal algébrico da potência

Se o sinal for **positivo** o bipolo está absorvendo potência (i.e. comportamento de uma lâmpada)

Se o sinal for **negativo** o bipolo está fornecendo potência (i.e. comportamento de uma pilha ideal)

Exemplo: Se considerarmos que a corrente que atravessa o bipolo abaixo é de 3A e a queda de tensão é igual a 10V. Teremos uma potência de:

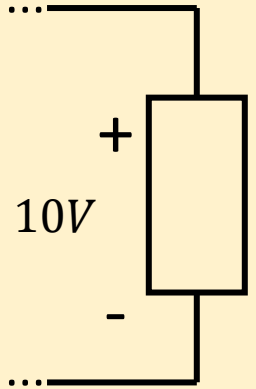


$$p = v \cdot i$$

$$p = 3 \cdot 10 = +30W$$

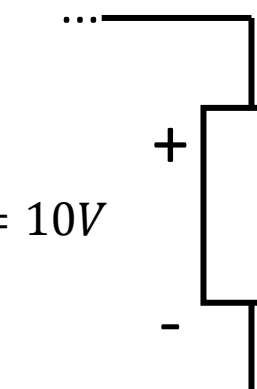
O sinal positivo representa que o bipolo está absorvendo energia

Parâmetros de Referência



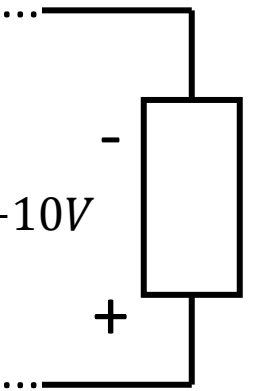
A circuit diagram showing a rectangular component with a '+' sign at the top and a '-' sign at the bottom. To the left of the component, the voltage is labeled $v(t) = 10V$. To the right, an orange arrow points downwards, labeled $i(t) = 3A$. Below the component, the power calculation is shown as $p = (+)3 \cdot 10 = +30W$.

$$p = (+)3 \cdot 10 = +30W$$



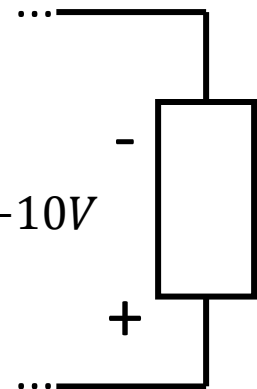
A circuit diagram showing a rectangular component with a '+' sign at the top and a '-' sign at the bottom. To the left of the component, the voltage is labeled $v(t) = 10V$. To the right, an orange arrow points upwards, labeled $i(t) = -3A$. Below the component, the power calculation is shown as $p = (-)(-3) \cdot 10 = +30W$.

$$p = (-)(-3) \cdot 10 = +30W$$



A circuit diagram showing a rectangular component with a '-' sign at the top and a '+' sign at the bottom. To the left of the component, the voltage is labeled $v(t) = -10V$. To the right, an orange arrow points downwards, labeled $i(t) = 3A$. Below the component, the power calculation is shown as $p = (-)3 \cdot (-10) = +30W$.

$$p = (-)3 \cdot (-10) = +30W$$



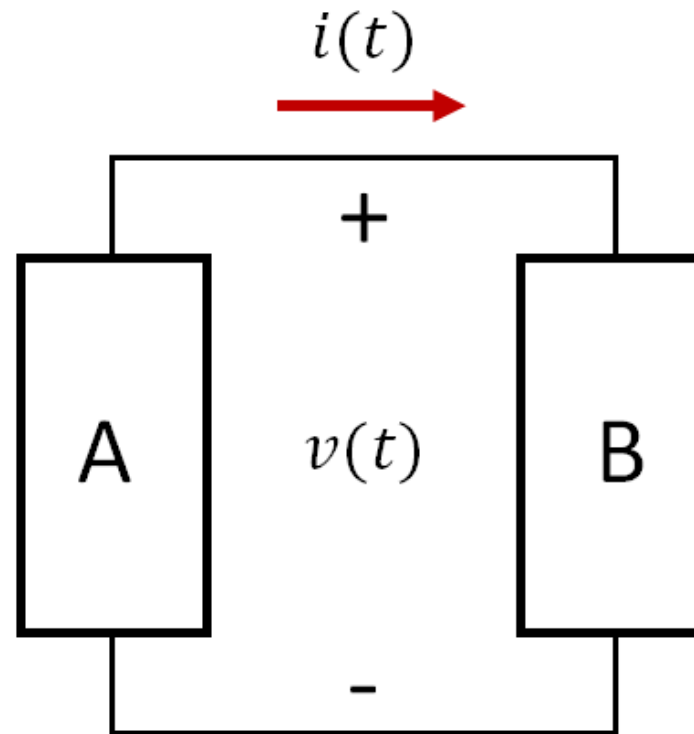
A circuit diagram showing a rectangular component with a '-' sign at the top and a '+' sign at the bottom. To the left of the component, the voltage is labeled $v(t) = -10V$. To the right, an orange arrow points upwards, labeled $i(t) = -3A$. Below the component, the power calculation is shown as $p = (+)(-3) \cdot (-10) = +30W$.

$$p = (+)(-3) \cdot (-10) = +30W$$

Exercício: Calcule a potência de cada bloco considerando que, informe se o bloco está absorvendo ou fornecendo energia:

a) $i = 5A$ e $v = 120V$

b) $i = 16A$ e $v = -150V$



Exercício: Calcule a potência de cada bloco considerando que, informe se o bloco está absorvendo ou fornecendo energia:

Item a)

Bloco A (elevação de tensão) a potência é negativa:

$$p = -v \cdot i \quad \therefore \quad p = -5 \cdot 120 = -600W$$

Bloco B (queda de tensão) a potência é positiva:

$$p = +v \cdot i \quad \therefore \quad p = +5 \cdot 120 = +600W$$

Portanto o **bloco A gera** energia e o **bloco B consome** energia.

Item b)

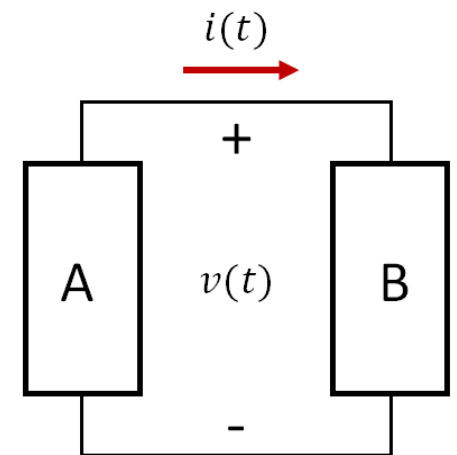
Bloco A (elevação de tensão) a potência é negativa:

$$p = -v \cdot i \quad \therefore \quad p = -16 \cdot (-150) = 2400W$$

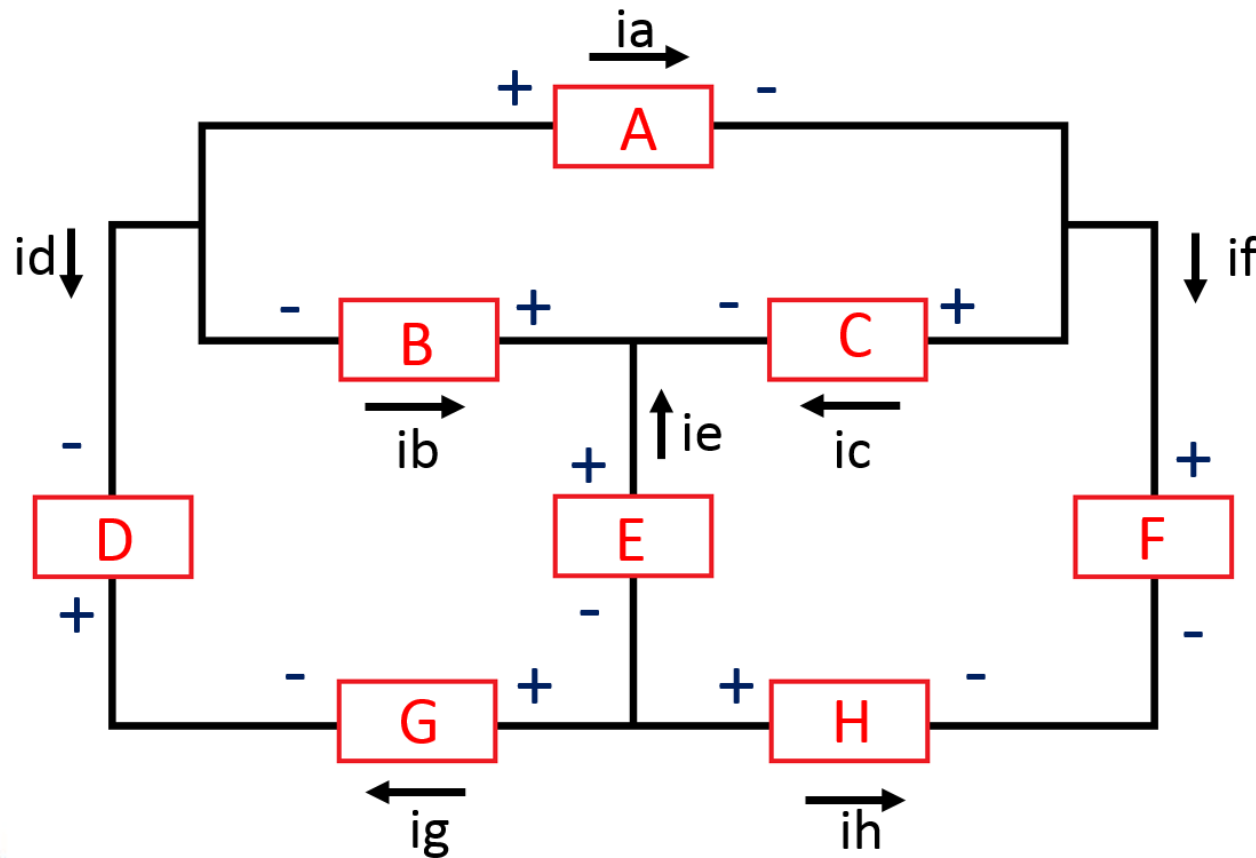
Bloco B (queda de tensão) a potência é positiva:

$$p = +v \cdot i \quad \therefore \quad p = +16 \cdot (-150) = -2400W$$

Portanto o **bloco B gera** energia e o **bloco A consome** energia.



Exercício: Calcule a potência de cada componente e indique se o componente está dissipando ou gerando energia. Prove que o enunciado da conservação da energia está correto.

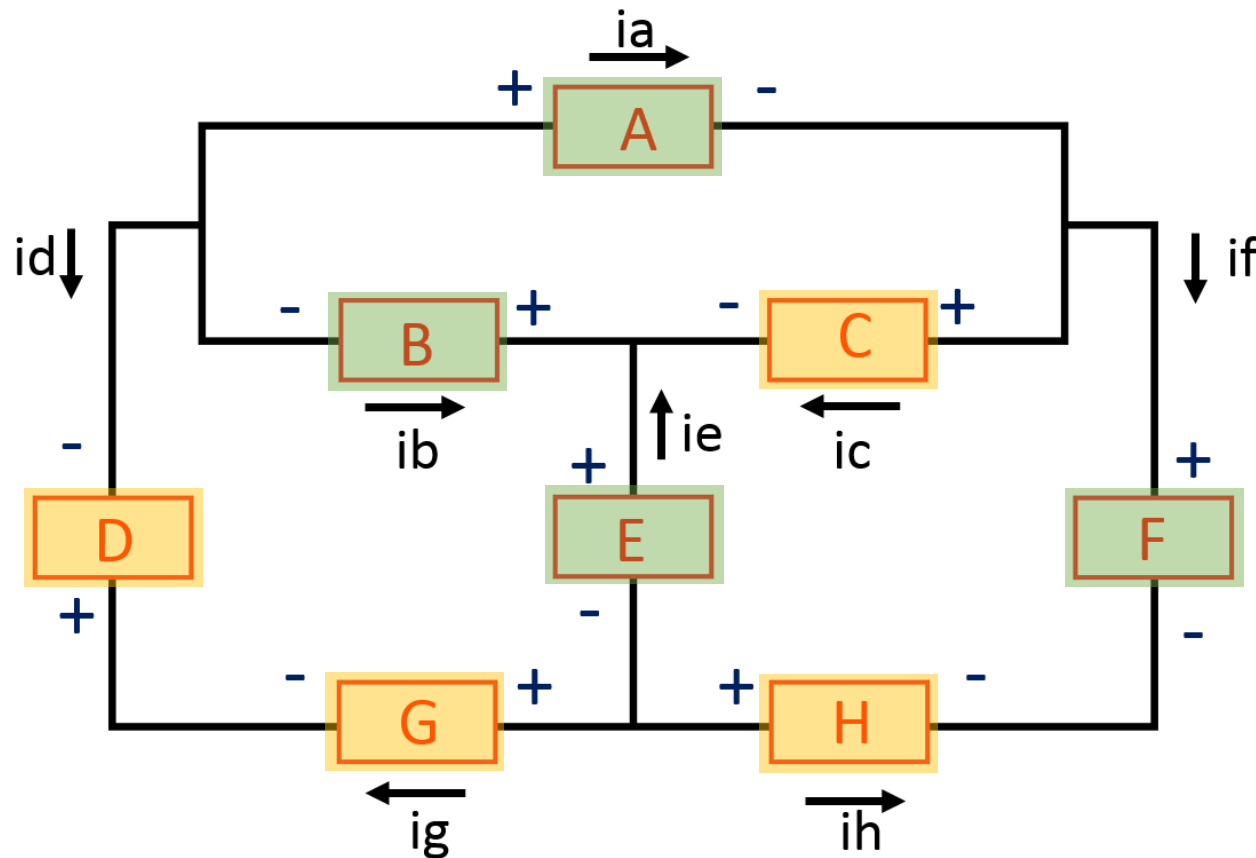


Bipolo	mV	μA
A	300	25
B	-100	10
C	-200	15
D	-200	-35
E	350	-25
F	200	10
G	-250	35
H	50	-10

Resposta:

$$\sum P = -19.25 \cdot 10^{-6} + 19.25 \cdot 10^{-6} = 0$$

Exercício: Calcule a potência de cada componente e indique se o componente está dissipando ou gerando energia. Prove que o enunciado da conservação da energia está correto.



Fornecendo

Dissipando

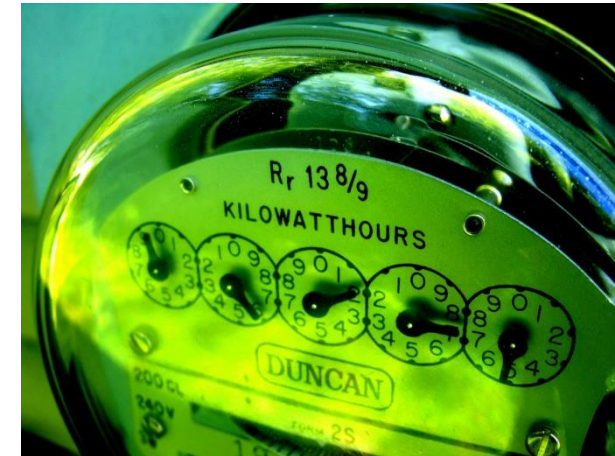
Bipolo	mV	μA
A	300	25
B	-100	10
C	-200	15
D	-200	-35
E	350	-25
F	200	10
G	-250	35
H	50	-10

Resposta:

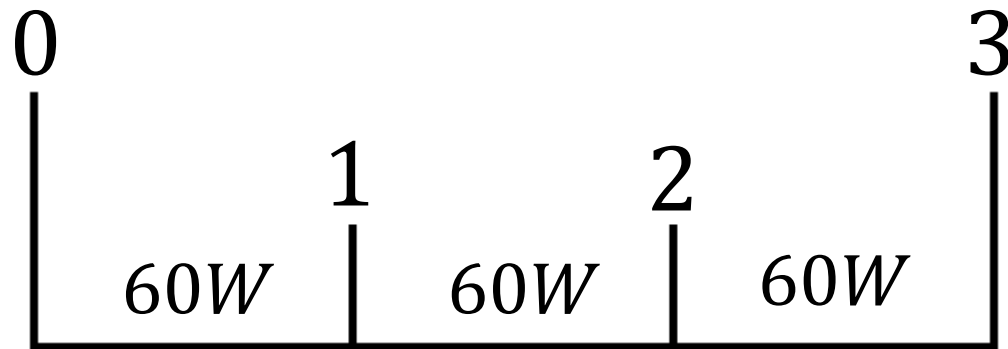
$$\sum P = -19.25 \cdot 10^{-6} + 19.25 \cdot 10^{-6} = 0$$

A unidade utilizada para mensurar a potência de um componente é o watt (W). Sabe-se que watt também pode ser expresso pela relação de trabalho por tempo, Joule por segundo (J/s).

Cuidado para não confundir a unidade de potência Watts (W), com a variável que representa a energia (ω)



Exemplo: Qual é o gasto energético de uma lâmpada de 60w em 3 segundos?
Considere corrente contínua.



$P \rightarrow W = J/s : \text{Potência}$

$\omega \rightarrow J : \text{Energia}$

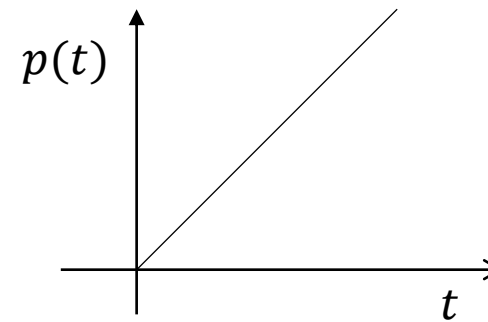
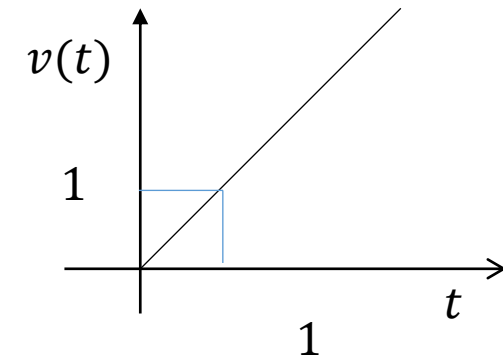
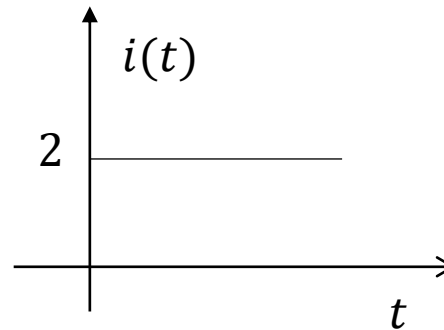
$$\omega = 60 \left(\frac{J}{s} \right) \cdot 3 \left(\frac{s}{1} \right) = 180J$$

Como tensão e corrente são funções do tempo, podemos generalizar o cálculo da energia como a integral da potência.

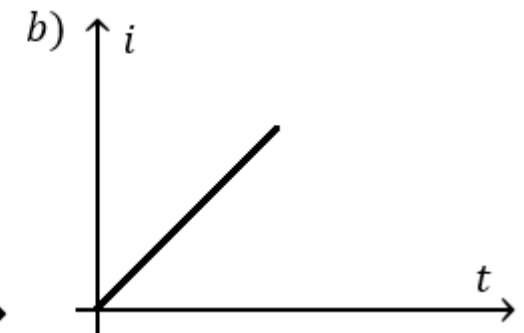
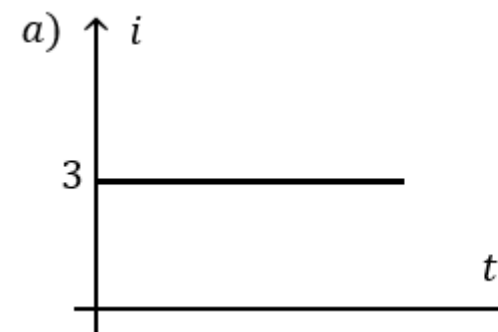
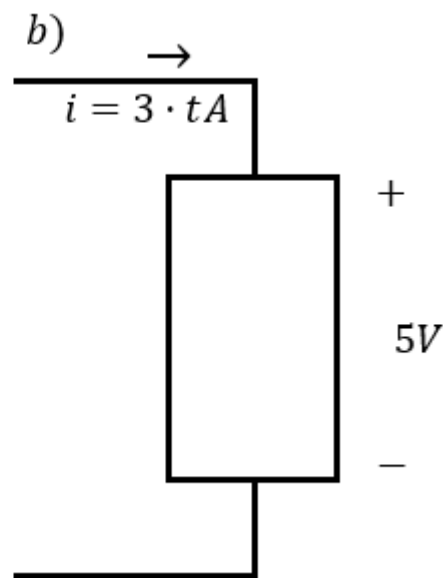
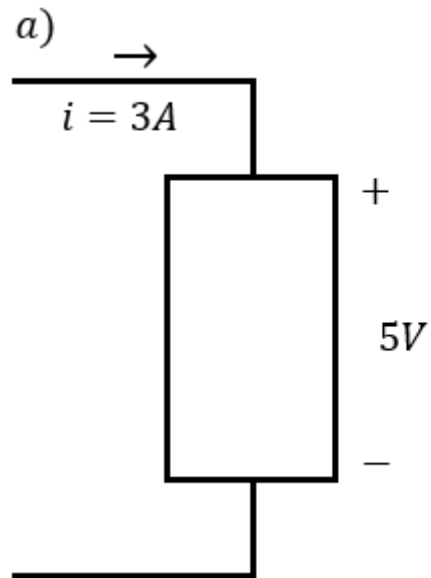
$$\int p \, dt = \int \frac{d\omega}{dt} \, dt$$

$$\omega = \int p \, dt$$

$$\omega = \int_{t_0}^{t_f} v \cdot i \, dt$$



Exercício: Calcule o gasto energético de 0 a 3 segundos dos bipolos abaixo:

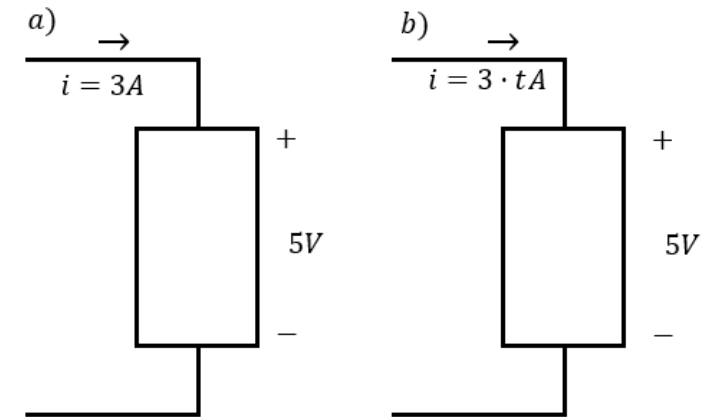


Exercício: Calcule o gasto energético de 0 a 3 segundos dos bipolos abaixo:

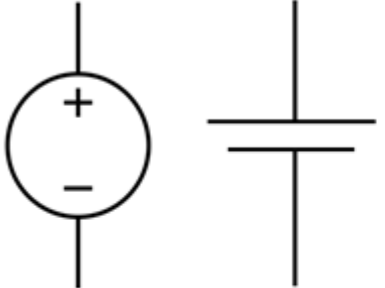
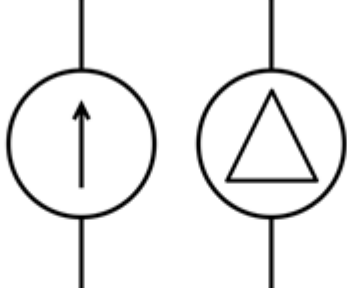
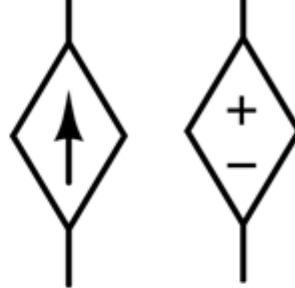
Equação da energia $\omega = \int_{t_0}^{t_f} v \cdot i \, dt$

$$a) \, \omega = \int_0^3 3 \cdot 5 \, dt = 15 \cdot t \Big|_0^3 = 15 \cdot 3 = \mathbf{45J}$$

$$b) \, \omega = \int_0^3 3t \cdot 5 \, dt = \frac{15 \cdot t^2}{2} \Big|_0^3 = \frac{15 \cdot 9}{2} = \mathbf{67,5J}$$



A lista de simbologias em circuitos é muito extensa, abaixo os símbolos básicos

Fontes de tensão Independente	Fontes de corrente Independente	Fontes de corrente e tensão – dependentes
		
Capacitores	Resistores	Indutores
