

# **Aplicações em circuitos elétricos. Determinantes**

**Prof. Dr. Jorge Lizardo Díaz Calle**

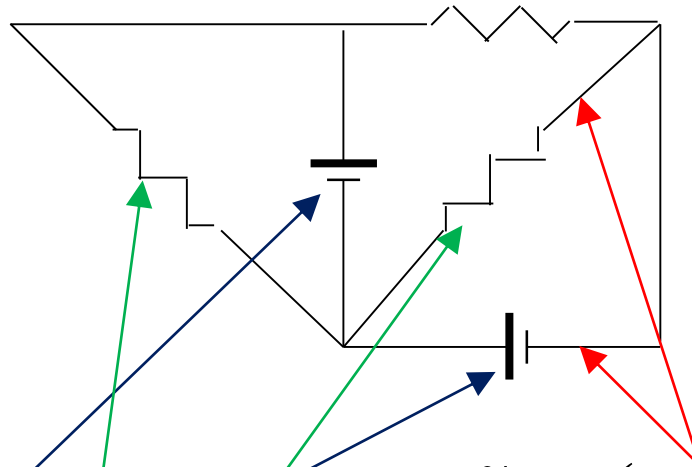
**Dpto. de Ciências Básicas – FZEA – USP**

**Abril de 2020**

# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

Circuitos elétricos:

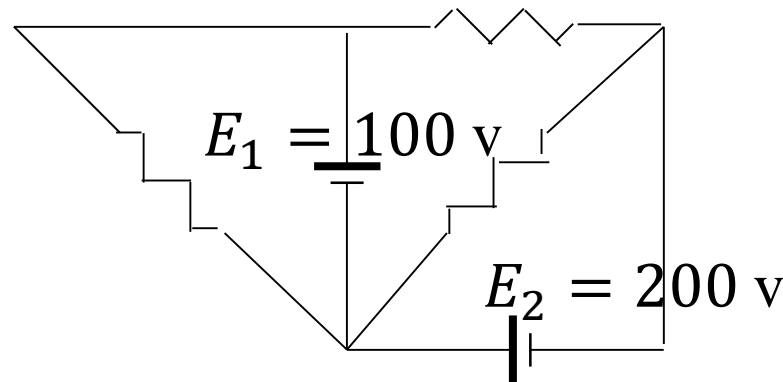


Entenderemos como conexões (**cabos** conectados) pelas quais passa uma carga eléctrica e pode considerar conectados outros elementos do tipo **fontes e resistências**.

# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

Não estamos interessados na fonte, mas na diferença de potencial que ela tem.



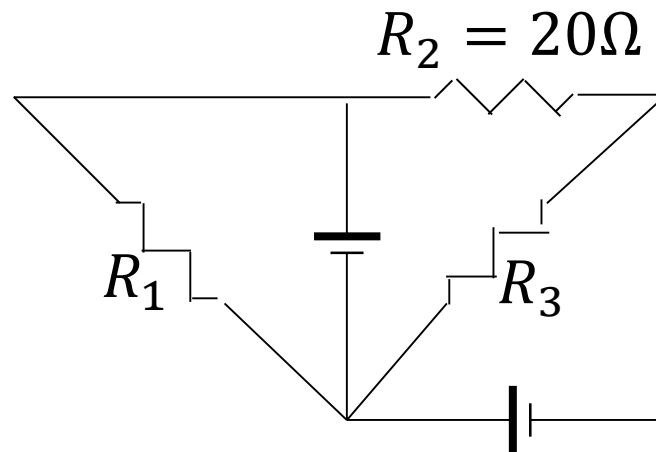
Elementos físicos: Baterias

- Tipo de elemento físico: Fonte.
- Medida elétrica: Diferença de potencial. ( $E$ )
- Unidade de medida: Volts (v)

# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

Não estamos interessados na resistância, mas na sua capacidade de transformar a energia.



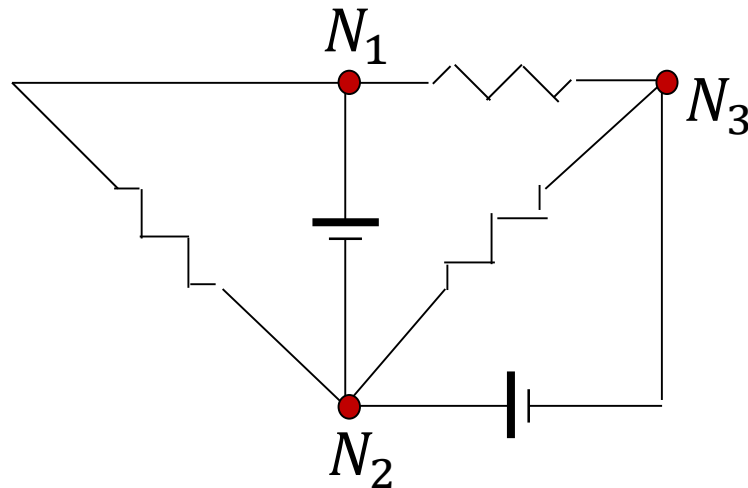
Elementos físicos:

- Tipo de elemento físico: Resistência.
- Medida elétrica: Resistência. ( $R$ )
- Unidade de medida: Ohms ( $\Omega$ )

# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

Não estamos interessados nos cabos, mas na sua capacidade de levar carga elétrica.



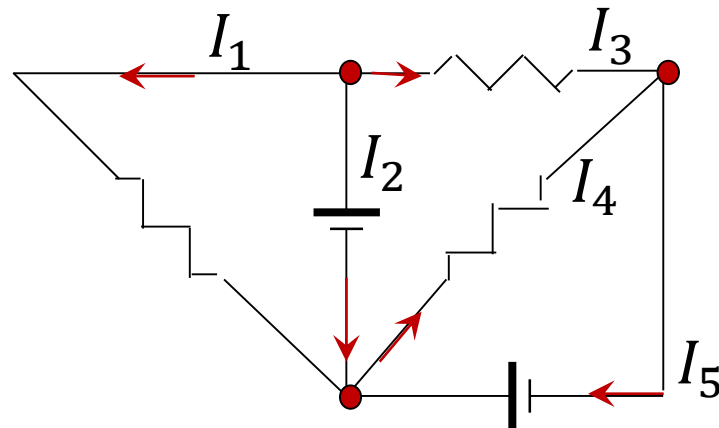
Observar que a carga elétrica transportada muda quando pelo menos três cabos se encontram.

Definição: **Nó de corrente:** Ponto onde três ou mais fios se encontram.

# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

Não estamos interessados nos cabos, mas na sua capacidade de levar carga elétrica. (Orientar)



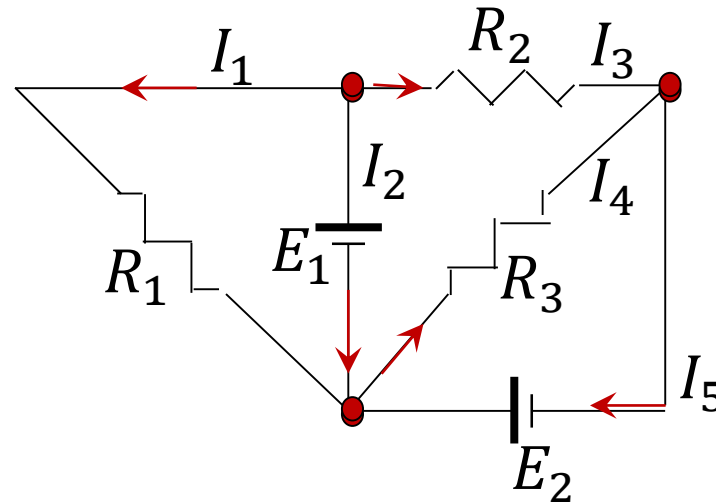
Elementos físicos:

- Tipo de elemento físico: Conector.
- Medida elétrica: Intensidade de corrente. ( $I$ )
- Unidade de medida: Ampere ( $A$ )

# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

Em resumo:



Elementos físicos: Baterias, resistências e cabos.

- Fontes (baterias). Diferença de potencial.  $E$
- Resistências. Transformam a energia.  $R$
- Corrente (intensidade de corrente).  $I$

# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

Relacionamento entre os elementos físicos:

Elementos físicos: Baterias, resistências e fios.

- Fontes (baterias). Diferença de potencial.  $E$
- Resistências. Transformam a energia.  $R$
- Corrente (intensidade de corrente).  $I$

Lei de Ohm: A diferença de potencial que atravessa um **resistor** é dado pelo produto da corrente que passa e a sua resistência.

$$E = I R$$

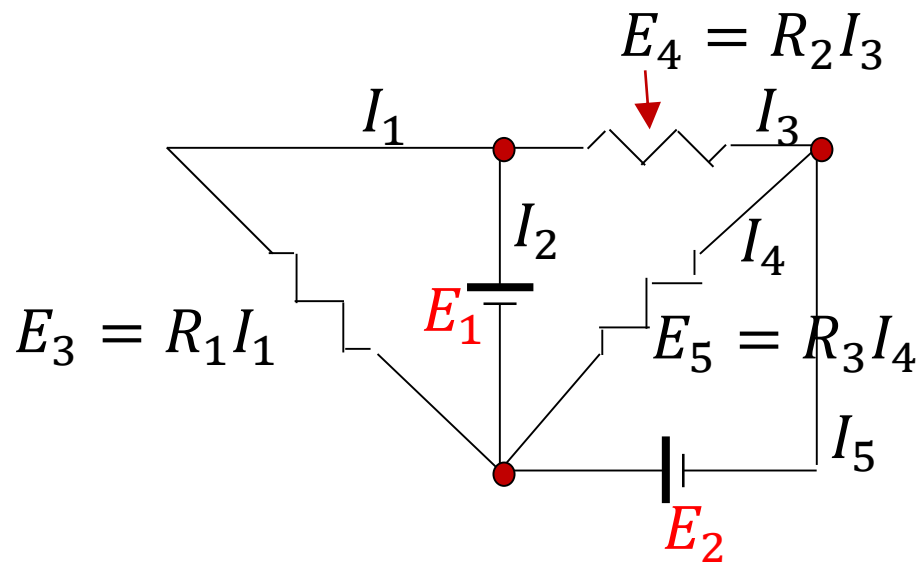
Unidades: *Volts = (Ampere) (Ohms)*



# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

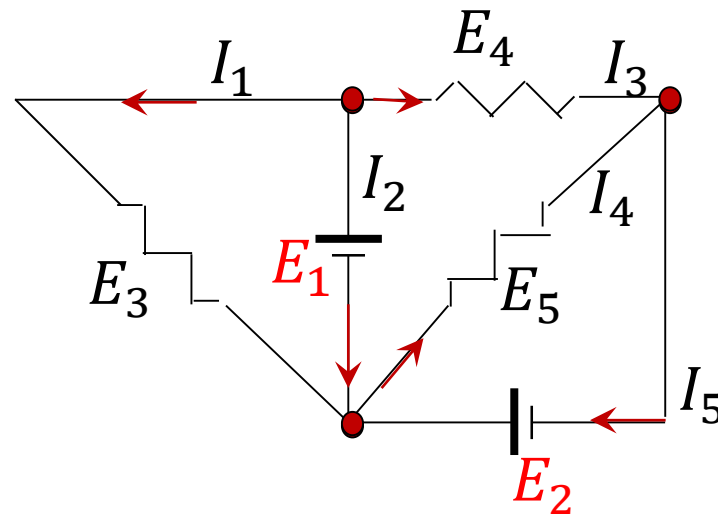
Com a lei de Ohm, podemos escrever os dados da **resistância** como **diferença de potencial** (ou diferencial de potencial)



# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

Com a lei de Ohm, podemos escrever os dados da **resistância** como **diferença de potencial**

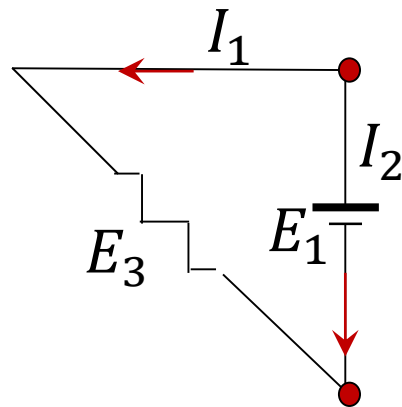


Podemos escrever as medidas em um circuito elétrico apenas com **intensidades de corrente** e **diferenças de potencial**.

# Aplicações (continuação)

---

Observar: Se ficarmos apenas com os seguintes elementos, continua sendo um circuito:



Definição: Chama-se de **ciclo de tensão** a uma conexão fechada dentro de um circuito.

Por ser conexão, damos uma orientação para percorrer o ciclo e escolhemos os menores.

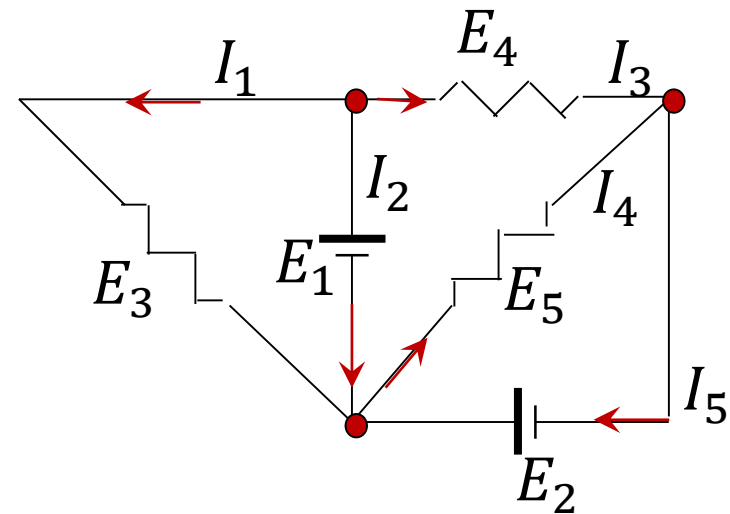
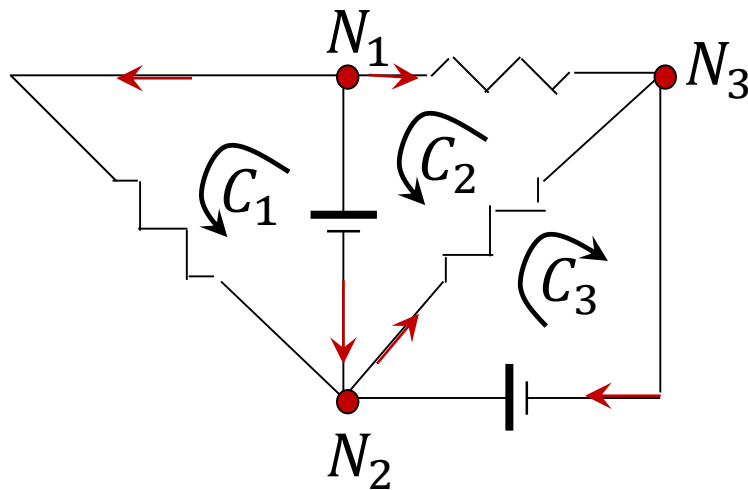
# Aplicações: Circuitos Elétricos

---

No circuito temos então:

**3 nós de corrente**

**3 ciclos de tensão menores possível**



E neles: 5 intensidades de corrente e 5 diferenças de potencial.

# Aplicações (continuação)

---

Ciclo de tensão: É uma conexão fechada dentro de um circuito.

Nó de corrente: Ponto onde três (dois) ou mais fios se encontram.

## **Leis de Kirchhoff:**

- Conservação de energia: (ciclo) A diferença de potencial total medida em qualquer ciclo é nula.
- Conservação de carga: (nó) Em qualquer nó a corrente total que chega é igual a corrente total que sai dele.

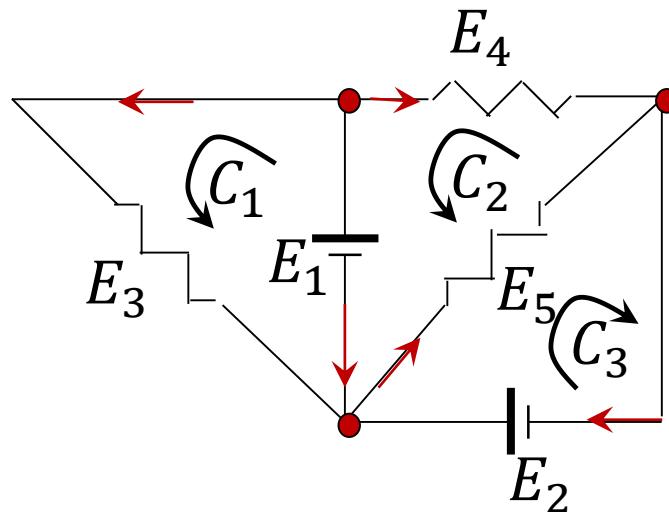
# Aplicações (continuação)

---

Ciclo de tensão: É uma conexão fechada dentro de um circuito.

## Leis de Kirchhoff:

- Conservação de energia: (ciclo) A diferença de potencial total medida em qualquer ciclo é nula.



# Aplicações (continuação)

---

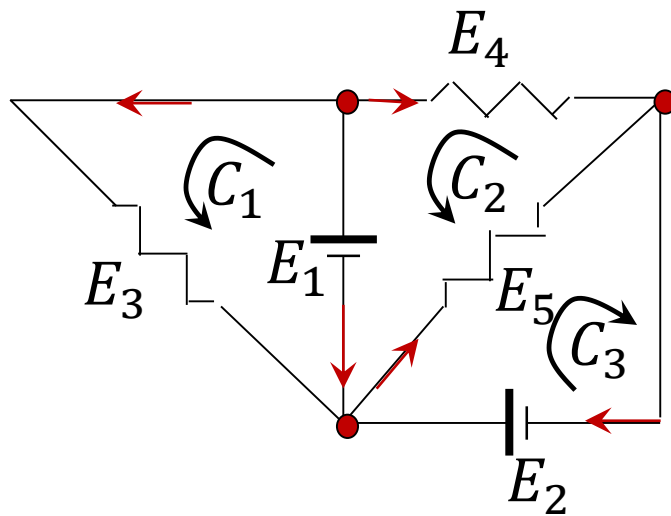
Notas:

- Quando atravessamos uma bateria de (-) para (+) a diferença de potencial é considerada positiva.
- Quando atravessamos uma resistência no sentido da corrente a diferença de potencial é considerada negativa.

# Aplicações (continuação)

## Leis de Kirchhoff:

- Conservação de energia: (ciclo) A diferença de potencial total medida em qualquer ciclo é nula.



$$C_1: E_1 - E_3 = 0$$

Observe que  $E_3$  está sendo considerada no ciclo com o mesmo sentido da intensidade de corrente (-).

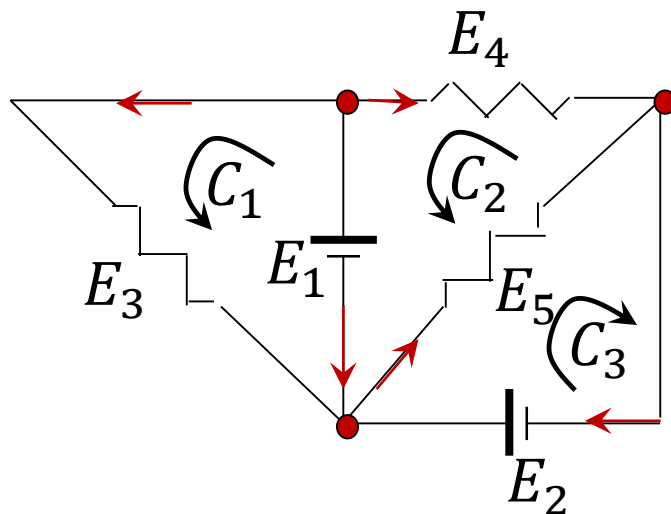


# Aplicações (continuação)

## Leis de Kirchhoff:

- Conservação de energia: (ciclo) A diferença de potencial total medida em qualquer ciclo é nula.

De três ciclos (menores) obtemos uma equação:



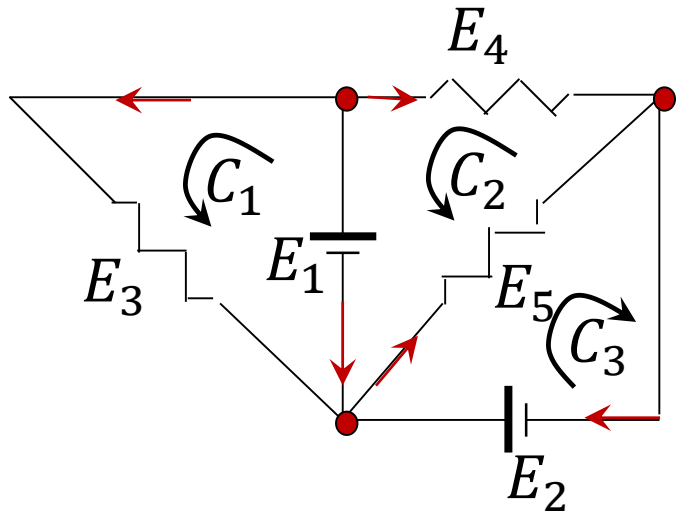
$$C_1: E_1 - E_3 = 0$$

$$C_2: E_4 - E_1 - E_5 = 0$$

$$C_3: E_2 - E_5 = 0$$

# Aplicações (continuação)

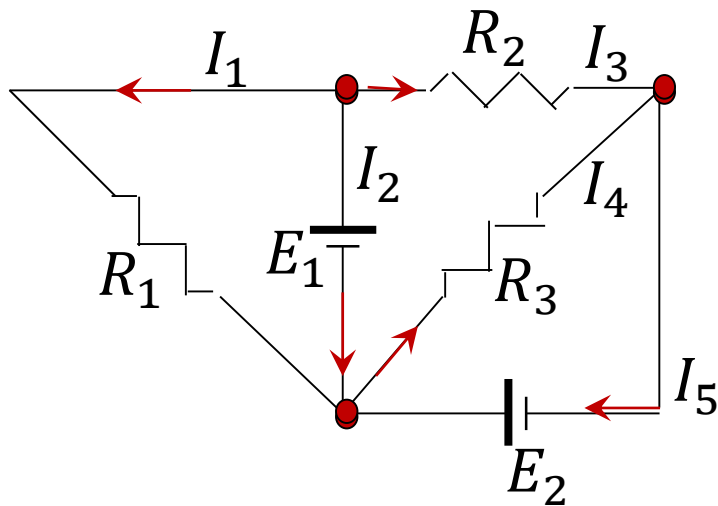
**Leis de Kirchhoff:** Conservação de energia: (ciclo)



$$C_1: E_1 - E_3 = 0$$

$$C_2: E_4 - E_1 - E_5 = 0$$

$$C_3: E_2 - E_5 = 0$$



$$C_1: E_1 - R_1 I_1 = 0$$

$$C_2: R_2 I_3 - E_1 - R_3 I_4 = 0$$

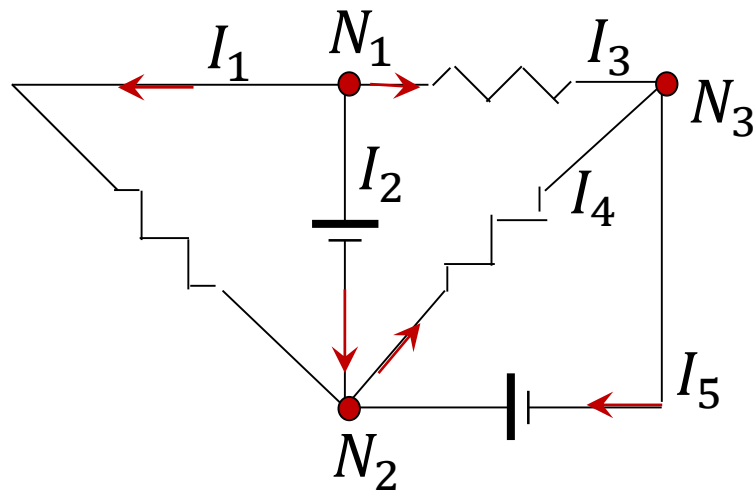
$$C_3: E_2 - R_3 I_4 = 0$$

# Aplicações (continuação)

Nó de corrente: Ponto onde três (dois) ou mais fios se encontram.

## Leis de Kirchhoff:

- Conservação de carga: (nó) Em qualquer nó a corrente total que chega é igual a corrente total que sai dele.



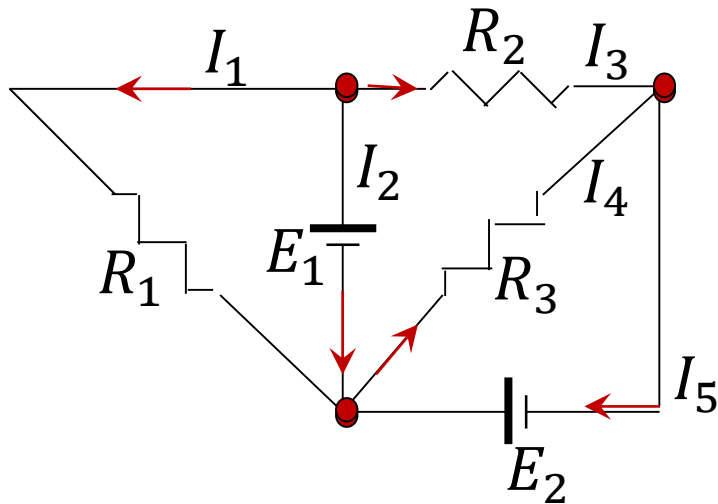
$$N_1: I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$N_2: I_1 + I_2 + I_5 = I_4$$

$$N_3: I_3 + I_4 = I_5$$

# Circuitos elétricos

Em resumo: Do circuito dado obtemos equações



$$C_1: E_1 - R_1 I_1 = 0$$

$$C_2: R_2 I_3 - E_1 - R_3 I_4 = 0$$

$$C_3: E_2 - R_3 I_4 = 0$$

$$N_1: I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$N_2: I_1 + I_2 + I_5 = I_4$$

$$N_3: I_3 + I_4 = I_5$$

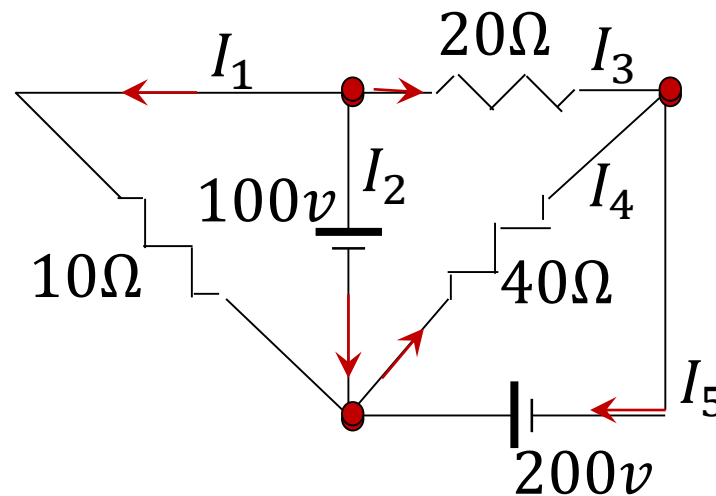
Geralmente das equações dos nós, sempre temos uma dependente. Pode desconsiderar um nó,

# Circuitos elétricos

---

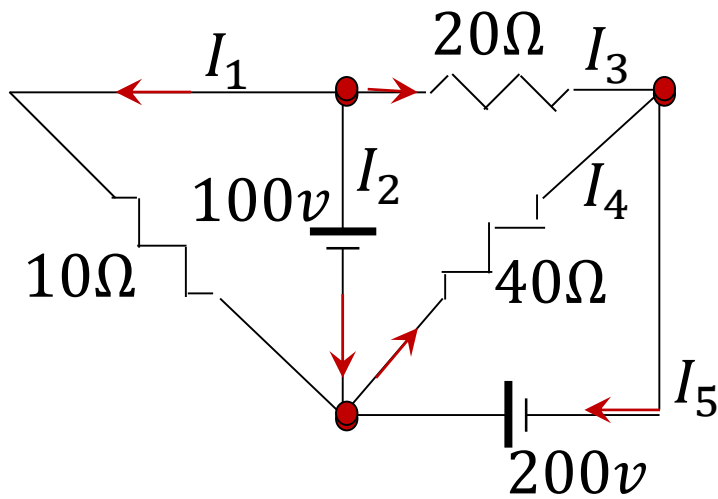
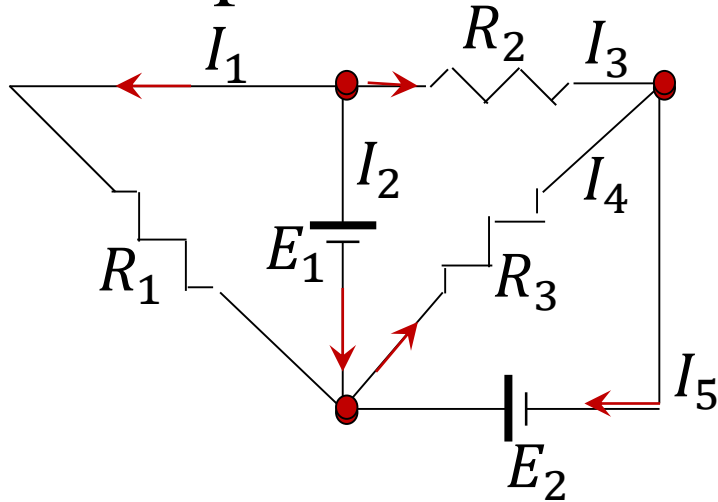
Exemplo:

Considere o circuito elétrico na figura. Determine os valores das intensidades de corrente em todo o circuito.



# Circuitos elétricos

Exemplo: Observar que são cinco incôgnitas



$$C_1: 100 - 10I_1 = 0$$

$$C_2: 20I_3 - 100 - 40I_4 = 0$$

$$C_3: 200 - 40I_4 = 0$$

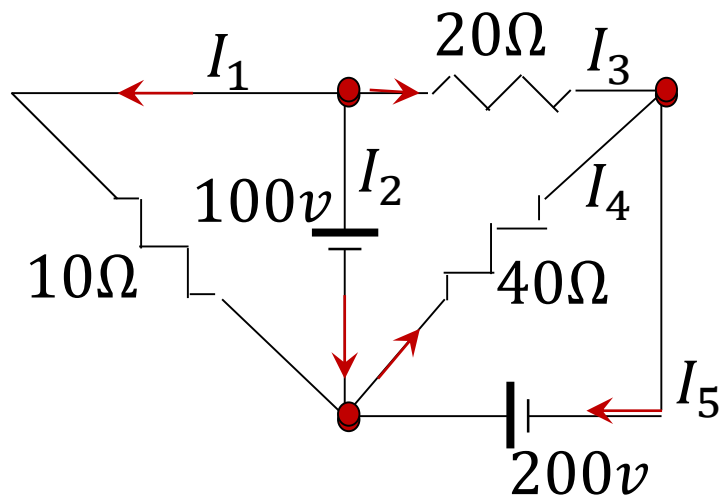
$$N_1: I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$N_2: I_1 + I_2 + I_5 = I_4$$

Um sistema de equações cujas incôgnitas são intensidades.

# Circuitos elétricos

Exemplo: Aqui as cinco equações para as cinco incôgnitas:



$$C_1: 10I_1 = 100$$

$$C_2: 20I_3 - 40I_4 = 100$$

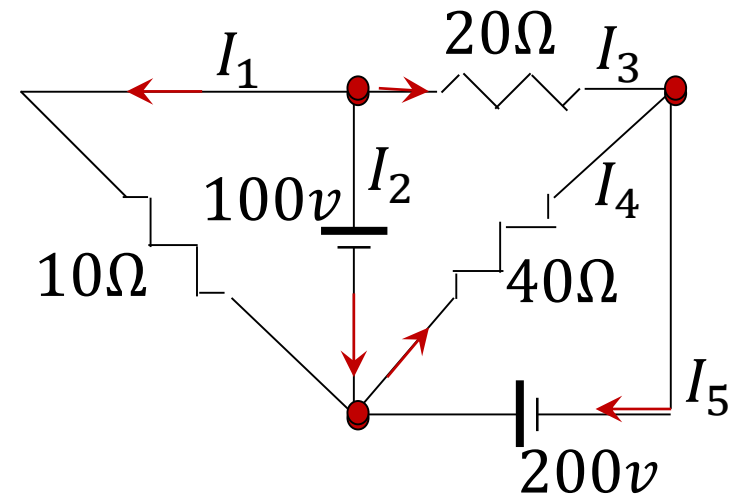
$$C_3: 40I_4 = 200$$

$$N_1: I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$N_2: I_1 + I_2 + I_5 - I_4 = 0$$

# Circuitos elétricos

Exemplo: A solução é:

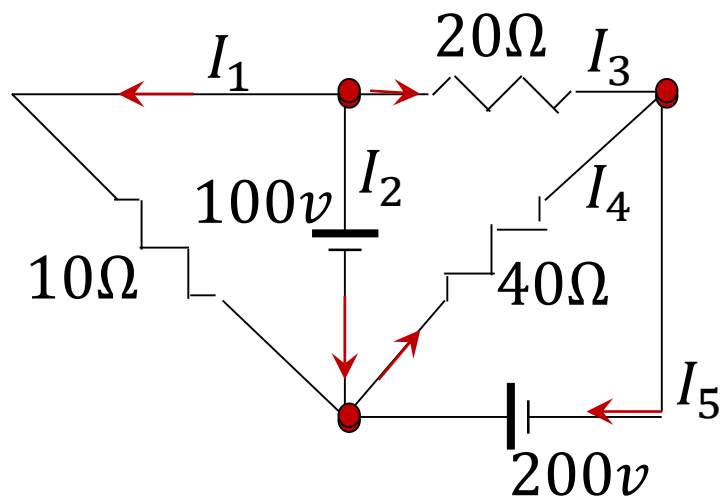


$$\begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 20 & -40 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 40 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 \\ 100 \\ 200 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ -25 \\ 15 \\ 5 \\ 20 \end{bmatrix}$$



# Circuitos elétricos

Exemplo: Observe que uma intensidade é negativa, isto é, deve ser orientada ao contrário, isso basta!!



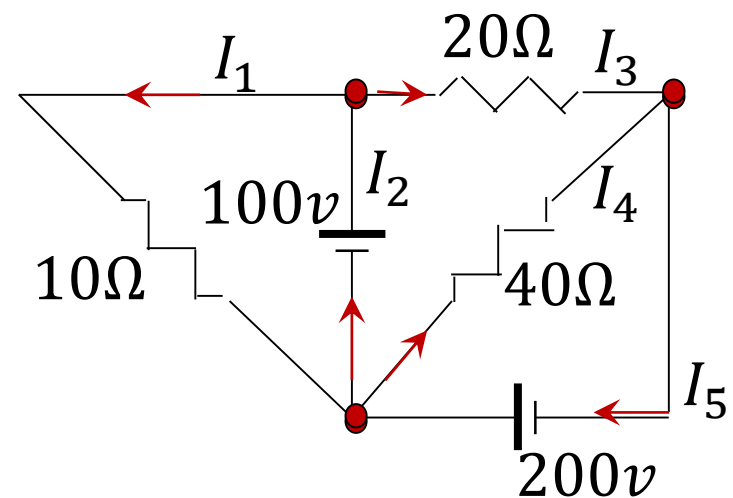
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ -25 \\ 15 \\ 5 \\ 20 \end{bmatrix}$$

# Circuitos elétricos

Exemplo: Observe que uma intensidade é negativa, isto é, deve ser orientada ao contrário, isso basta!!

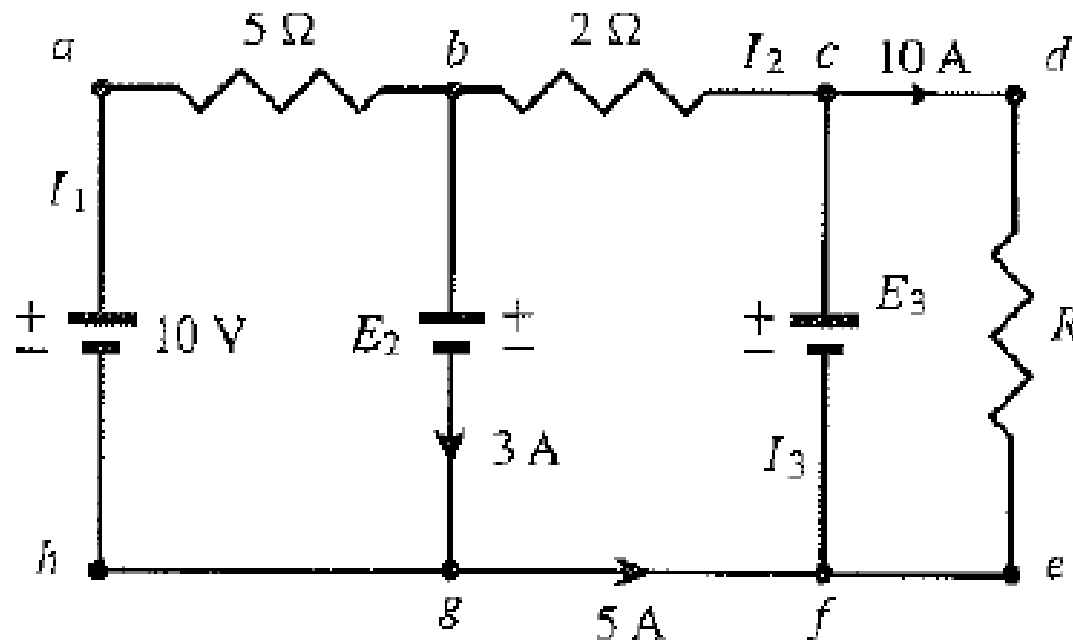
Portanto,  $I_2 = 25$  Amperes.

A orientação é como segue:



# Exercício

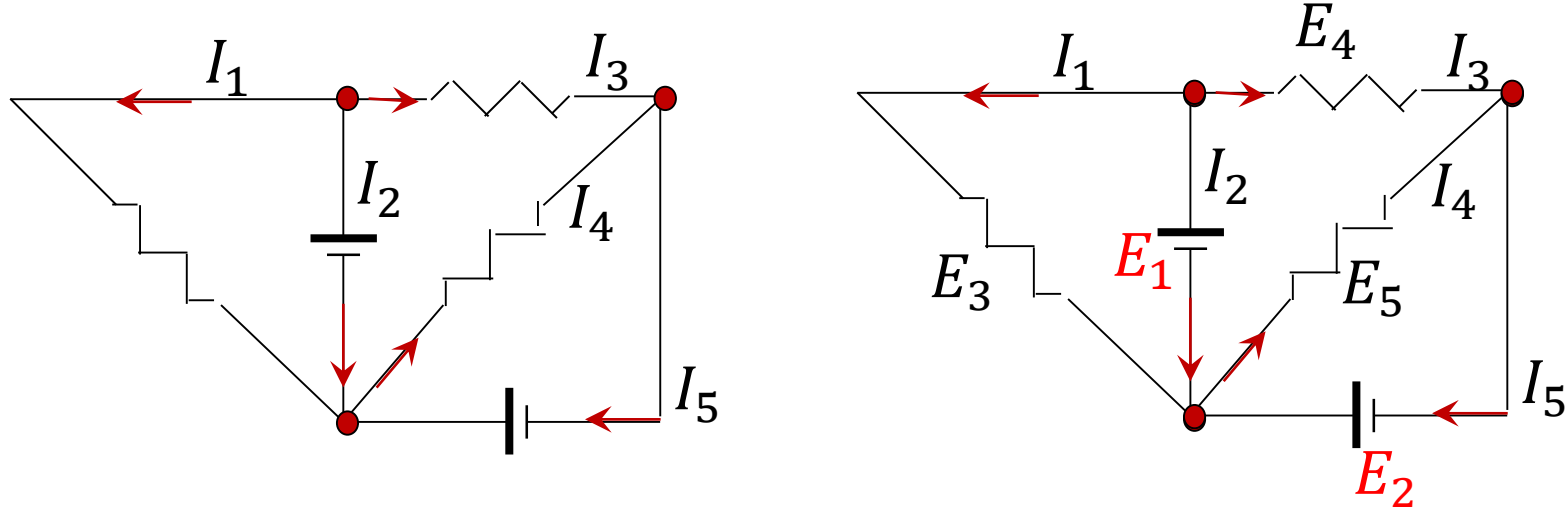
Determine as incógnitas no circuito:



# Processo de análise de circuitos elétricos

---

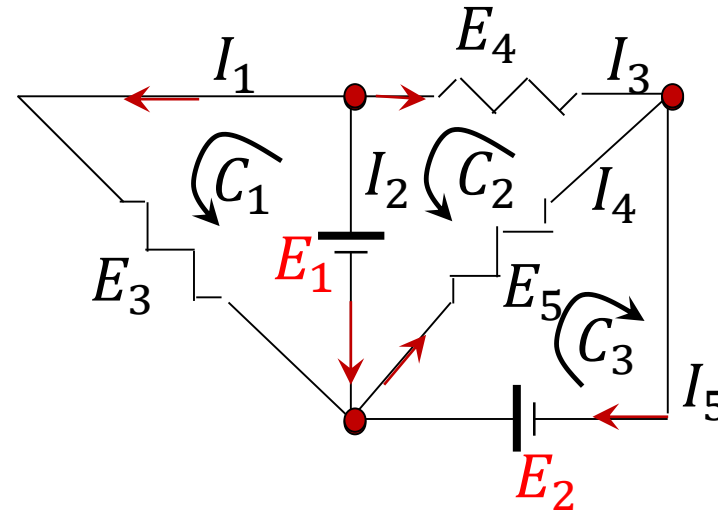
1. Fazer o esquema considerando, primeiro todas as intensidades de corrente (nós identificados), logo, todas as diferenças de potencial. (qual incógnita).



2. Determinar os ciclos “básicos” existentes com orientação (fechados).

# Processo de análise de circuitos elétricos

2. Determinar os ciclos “básicos” existentes com orientação (fechados).



3. Montar as equações de conservação de energia, considerando as orientações definidas.

$$C_1: E_1 - R_1 I_1 = 0$$

$$C_2: R_2 I_3 - E_1 - R_3 I_4 = 0$$

$$C_3: E_2 - R_3 I_4 = 0$$

# Processo de análise de circuitos elétricos

---

4. Montar as equações de conservação de carga, até atingir o número de incógnitas.

$$N_1: I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$N_2: I_1 + I_2 + I_5 = I_4$$

~~$$N_3: I_3 + I_4 = I_5$$~~

5. Montar a matriz estendida do sistema. Resolver.

$$\begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 20 & -40 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 40 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 \\ 100 \\ 200 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow$$