

INTRODUÇÃO

Considerando o conteúdo exposto nas aulas preparatórias e informações complementares passadas durante a aula prática, vamos realizar uma atividade que investigue e comprove as características e propriedades de associações série e paralelo de resistores, bem como dos circuitos divisores de tensão e corrente, respectivamente.

OBJETIVOS

- Exercitar os conteúdos relacionados às aplicações da Lei de Ohm,
- Praticar a utilização de um multímetro como voltímetro, amperímetro e ohmímetro e
- Comprovar as características e propriedades de associações de resistores.

MATERIAL UTILIZADO

- Conjunto experimental para associação de resistores,
- Multímetro,
- Fonte de alimentação, e
- Cabos para interconexões.

RESUMO DAS BASES TEÓRICAS

Uma associação série de resistores pode ser exemplificada por um circuito contendo n resistores interconectados tal como mostrado abaixo, sendo suas principais características listadas a seguir:

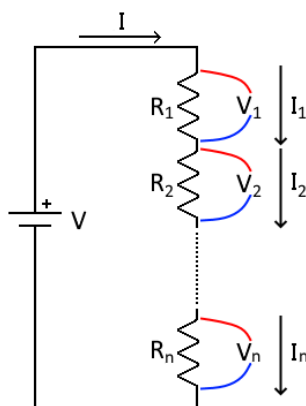


Figura 1: Associação série.

- A corrente que flui através de cada um dos resistores é a mesma, ou seja:

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n = I \quad (1)$$

- A soma das tensões medidas sobre cada resistor é igual a tensão aplicada ao circuito, ou seja:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad (2)$$

- A resistência total do circuito, denominada resistência equivalente, é igual à soma das resistências individuais, ou seja:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \quad (3)$$

Neste caso, aplicando a Lei de Ohm, podemos rapidamente concluir que a tensão medida sobre um dado resistor é dada por:

$$V_i = R_i \cdot I \quad \text{onde } i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

É interessante mencionar que esse tipo de circuito é muitas vezes chamado de divisor de tensão, pois:

$$V_i = \frac{R_i}{R} V \quad \text{onde } i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Uma associação de resistores em paralelo pode ser exemplificada por um circuito contendo n resistores interconectados tal como mostrado a seguir, sendo caracterizados por:

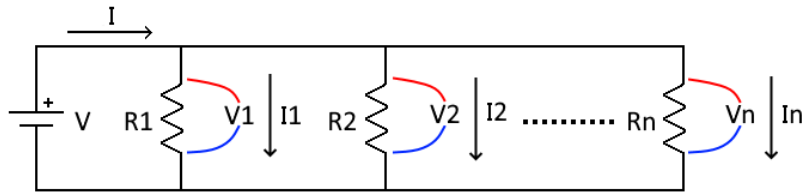


Figura 2: Associação de resistores em paralelo.

- A tensão aplicada sobre cada um dos resistores é a mesma, ou seja:

$$V_1 = V_2 = \dots = V_n = V \quad (6)$$

- A soma das correntes medidas sobre cada resistor é igual a corrente total do circuito, ou seja:

$$I = \sum_{i=1}^n I_i \quad (7)$$

- A resistência total do circuito, denominada resistência equivalente, é dada pela relação:

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad (8)$$

Neste caso, aplicando a Lei de Ohm, podemos rapidamente concluir que a corrente medida em um dado resistor é dada por:

$$I_i = V/R_i \quad \text{onde } i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

É interessante mencionar que esse tipo de circuito é muitas vezes chamado de divisor de corrente. Isso pode ser exemplificado para o caso $n = 2$, onde:

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad \text{e} \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (10)$$

Na presente atividade, iremos testar as propriedades dos circuitos serie e paralelo, comparando as previsões teóricas com medidas reais. O diagrama esquemático e a aparência geral do conjunto experimental são mostrados na abaixo. As interconexões serão feitas por cabos do tipo banana-banana. Utilizaremos um único multímetro que irá operar como volímetro, amperímetro e ohmímetro alternadamente, sendo o procedimento adotado descrito em detalhes no texto que segue.

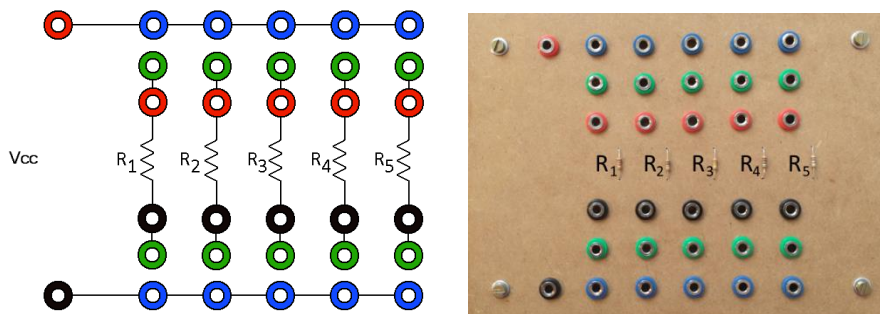


Figura 3: Diagrama esquemático e aparência geral do conjunto experimental.

PROCEDIMENTOS BÁSICOS

1. Com o conjunto completamente desconectado de qualquer fonte de tensão/corrente, efetue a leitura dos valores nominais dos resistores R_1 , R_2 , R_3 , R_4 e R_5 , medindo em seguida os valores reais desses resistores. Para efetuar tais medidas conecte um multímetro, devidamente ajustado para operar como ohmímetro, e registre as leituras de resistência na folha de dados em anexo. Calcule também os desvios percentuais entre o valor nominal, R_n , e o valor real (medido), R_m , via a expressão:

$$D_{\%} = \frac{|R_m - R_n|}{R_n} \times 100 \quad (11)$$

Elabore uma tabela de dados contendo valores nominais, valores medidos e os respectivos desvios. Discuta os desvios encontrados, observando as unidades requeridas. Tais desvios são compatíveis com a tolerância nominal dos resistores?

- Com o auxílio dos cabos de interconexão, monte e analise o circuito serie mostrado na Figura 4a, seguindo as instruções descritas em sequencia.

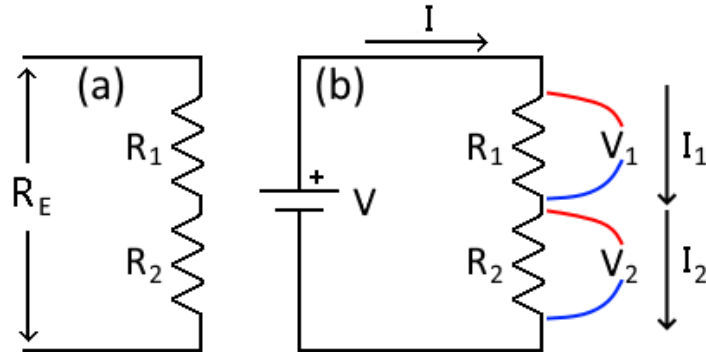


Figura 4: Diagrama esquemático de um circuito série composto por R_1 e R_2 .

- Com o circuito completamente desconectado de fontes de tensão/corrente, efetue a medida da resistência total, ou seja, da resistência equivalente do circuito, R_E , e compare com o valor previsto, $R_T = R_1 + R_2$, usando os valores reais dos componentes nesse cálculo. Calcule o desvio entre esses dois valores usando:

$$D_{\%} = \frac{|R_E - R_T|}{R_T} \times 100 \quad (12)$$

Tendo em mente a tolerância dos componentes (R_1 e R_2), esse desvio é aceitável? Os valores de R_E e R_T concordam? O que podemos afirmar sobre a validade da expressão (3)?

- Ajuste a fonte de alimentação para um valor intermediário de corrente e tensão de saída igual a 18 V. Conecte a fonte tal como indicado na Figura 4b. Para medir a tensão aplicada sobre um dispositivo use um multímetro na escala de 20 V corrente continua. Para medir a corrente que flui através de um dispositivo use um multímetro ajustado inicialmente na escala de 20 mA corrente continua, reajustando tal escala quando for expressamente necessário. Lembre que o posicionamento das entradas nos multímetros pode variar com o modelo do mesmo. Nessa atividade, nunca use escalas inferiores a 20 V no voltímetro nem escalas inferiores a 2 mA (2000 μ A) no amperímetro. Avalie com muita cautela qualquer reajuste na escala usada no amperímetro.
- Meça as tensões V , V_1 e V_2 , tal como ilustrado nas figuras a seguir. O valor obtido para V concorda com a soma $V_1 + V_2$? O que podemos afirmar sobre a validade da expressão (2)?

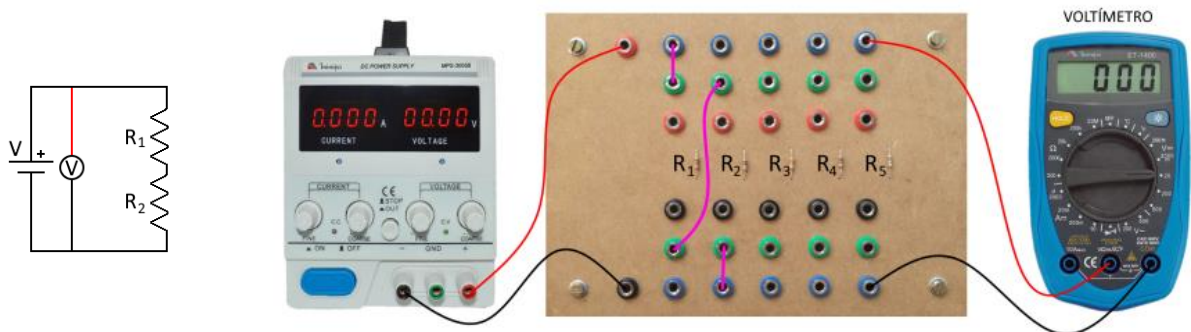


Figura 5: Ilustração das ligações usada para a medida de V .

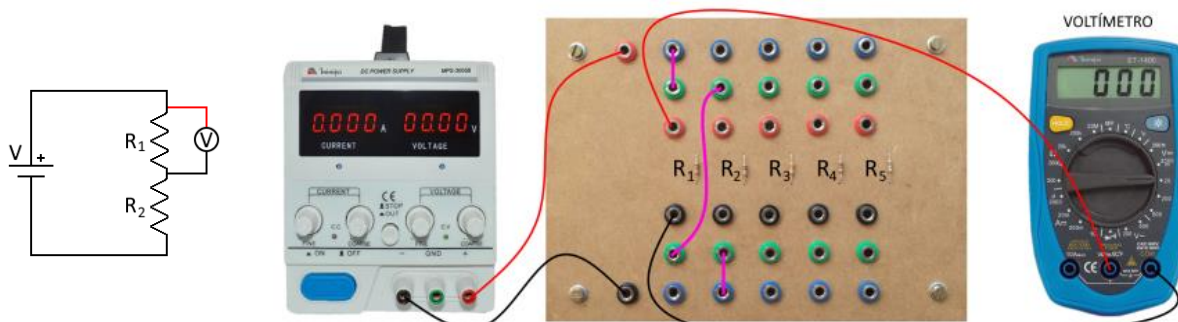


Figura 6: Ilustração das ligações usada para a medida de V_1 .

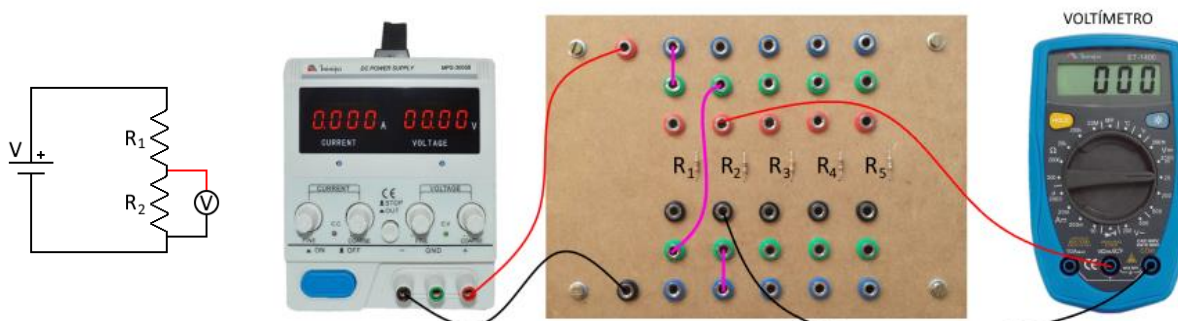


Figura 7: Ilustração das ligações usada para a medida de V_2 .

6. Meça as correntes I , I_1 e I_2 , tal como ilustrado nas figuras a seguir. Caso necessário, mude a escala do amperímetro com cautela para obter leituras mais detalhadas. Os valores obtidos para I , I_1 e I_2 são iguais? O que podemos afirmar sobre a validade da expressão (1)? Observe que, na verdade, estaremos medindo a corrente em 3 pontos diferentes em um circuito série. Portanto, a designação I , I_1 e I_2 aqui adotada não é muito rigorosa!

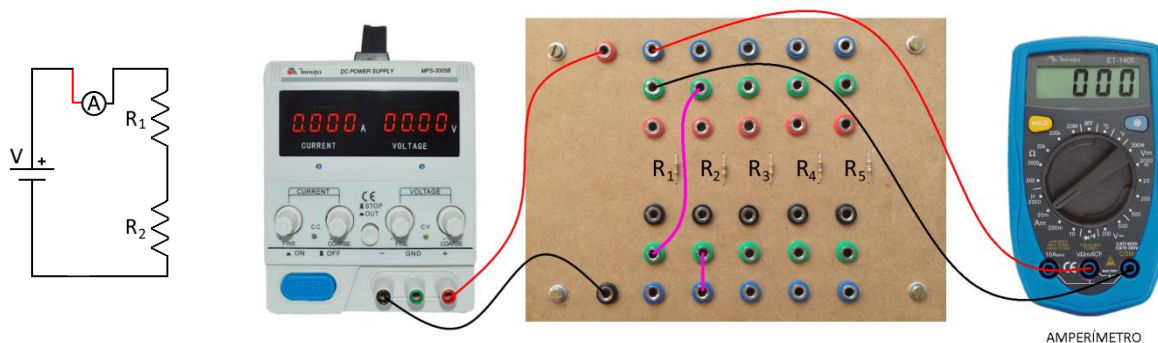


Figura 8: Ilustração das ligações usada para a medida de I .

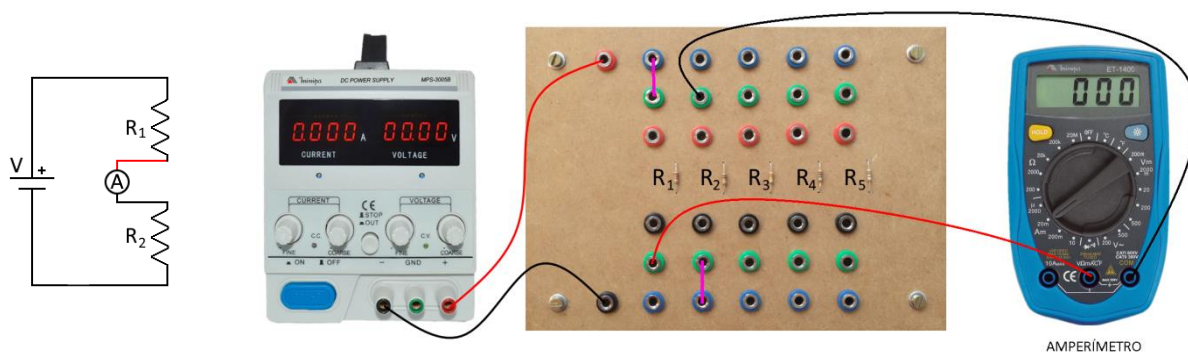


Figura 9: Ilustração das ligações usada para a medida de I_1 .

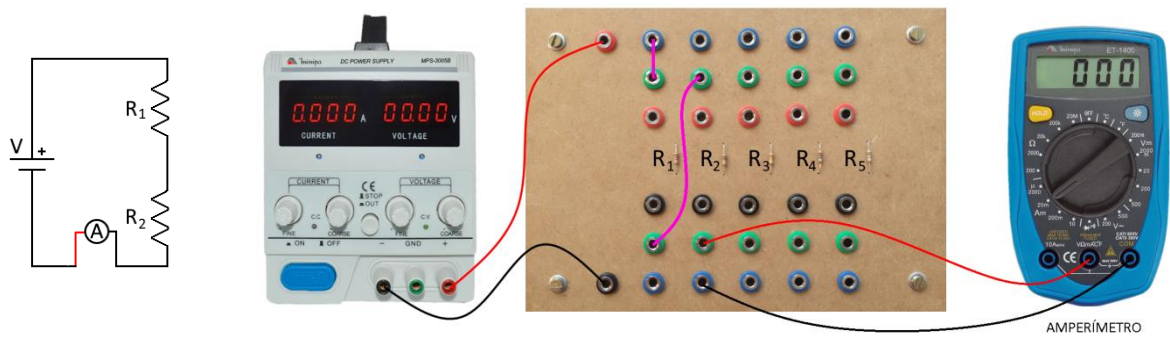


Figura 10: Ilustração das ligações usada para a medida de I_2 .

7. Para explorar a validade da expressão (5), calcule a tensão sobre os resistores R_1 e R_2 usando as expressões abaixo. V_{1C} e V_{2C} correspondem aos valores calculados de V_1 e V_2 . V é o valor medido da tensão aplicada pela fonte. R_1 , R_2 e R_E são os valores medidos das resistências individuais e da resistência equivalente atribuída para a associação série sob estudo. Compare os valores calculados com as respectivas medidas. Tais valores concordam?

$$V_{1C} = \frac{R_1}{R_E} V \quad \text{e} \quad V_{2C} = \frac{R_2}{R_E} V \quad (13)$$

8. Repita o procedimento acima (itens 3 até 7) para o circuito série mostrado abaixo. Lembre que neste caso deveremos medir V , V_1 , V_2 , V_3 , I , I_1 , I_2 e I_3 , sendo ainda necessária todas as comparações e cálculos correspondentes a uma associação série de 3 resistores. Provavelmente será necessário usar a escala de 2 mA (2000 μA) para o amperímetro. Portanto, fique atento durante as medidas.

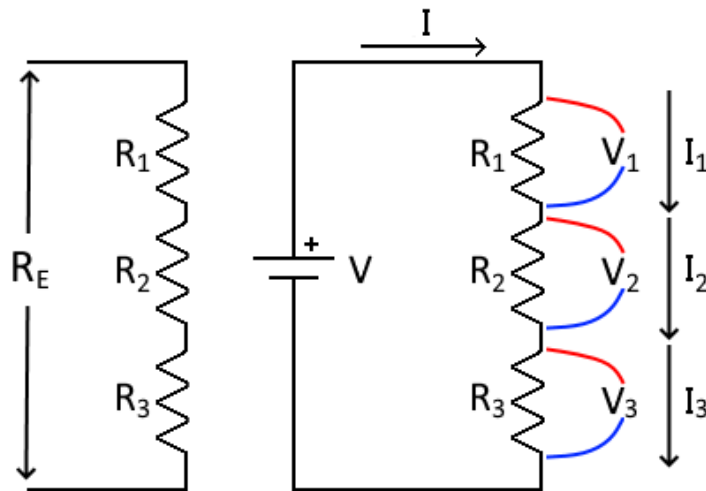


Figura 11: Diagrama esquemático de um circuito série composto por R_1 , R_2 e R_3 .

9. Monte o circuito série mostrado na Figura 12. Meça as tensões V , V_4 e V_5 , tal como foi feito no item 5. Calcule os valores de V_4 e V_5 usando a expressão (5) e compare os resultados com os valores medidos. O valor obtido para V concorda com a soma $V_4 + V_5$? Justifique eventuais divergências.
10. Ao elaborar suas respostas, circunstancie e discuta cada resultado, sempre comparando medidas experimentais com as previsões teóricas. Cabe salientar que nos cálculos sempre deveremos usar valores reais (medidos) dos resistores.

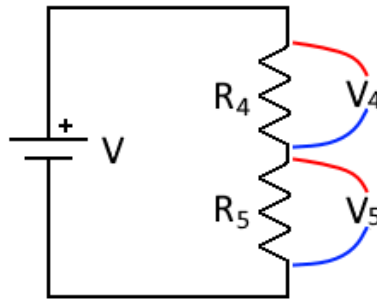


Figura 12: Diagrama esquemático de um circuito série composto por R_4 e R_5 .

11. Com o auxílio dos cabos de interconexão, monte e analise o circuito paralelo mostrado na Figura 13a, seguindo as instruções descritas em sequência.

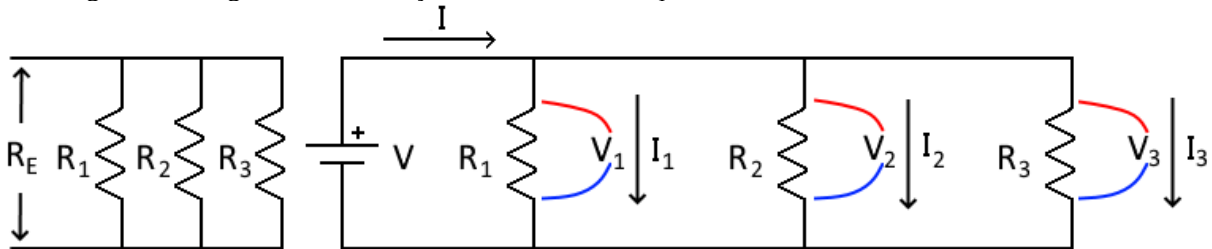


Figura 13: Diagrama esquemático de um circuito paralelo composto por R_1 , R_2 e R_3 .

12. Com o circuito completamente desconectado de fontes de tensão/corrente, efetue a medida da resistência total, ou seja, da resistência equivalente do circuito, R_E , e compare com o valor previsto, $R_T = 1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$, usando os valores reais dos componentes nesse cálculo. Calcule o desvio entre esses dois valores usando:

$$D_{\%} = \frac{|R_E - R_T|}{R_T} \times 100 \quad (14)$$

Tendo em mente a tolerância dos componentes (R_1 , R_2 e R_3), esse desvio é aceitável? Os valores de R_E e R_T concordam? O que podemos afirmar sobre a validade da expressão (8)?

13. Ajuste a fonte de alimentação para um valor intermediário de corrente e tensão de saída igual a 18 V. Conecte a fonte tal como indicado na Figura 13b. Para medir a tensão aplicada sobre um dispositivo use um multímetro na escala de 20 V corrente contínua. Para medir a corrente que flui através de um dispositivo use um multímetro ajustado inicialmente na escala de 20 mA corrente contínua, reajustando tal escala quando for expressamente necessário. Lembre que o posicionamento das entradas nos multímetros pode variar com o modelo do mesmo. Nessa atividade, nunca use escalas inferiores a 20 V no voltímetro nem escalas inferiores a 2 mA (2000 μ A) no amperímetro. Avalie com muita cautela qualquer reajuste na escala usada no amperímetro.
14. Meça as tensões V , V_1 , V_2 e V_3 , tal como indicado na Figura 13b. Os valores obtidos dessas diferenças de potencial concordam entre si? O que podemos afirmar sobre a expressão (6)?
15. Meça as correntes I , I_1 , I_2 e I_3 , como indicado na Figura 13b. Caso necessário, mude a escala do amperímetro com cautela para obter leituras mais detalhadas. Os valores obtidos para I concordam com a soma $I_1 + I_2 + I_3$? O que podemos afirmar sobre a validade da expressão (7)?
16. Para explorar a validade da versão estendida da expressão (10) para $n = 3$ (três resistores em paralelo), calcule a corrente através dos resistores R_1 , R_2 e R_3 usando as expressões abaixo. I_{1C} , I_{2C} e I_{3C} correspondem aos valores calculados de I_1 , I_2 e I_3 , respectivamente. I é o valor medido da corrente fornecida pela fonte. R_1 , R_2 , R_3 e R_E são os valores medidos das resistências individuais e da resistência equivalente atribuída para a associação paralelo sob estudo. Compare os valores calculados com as respectivas medidas. Tais valores concordam?

$$I_{1C} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2} I, \quad I_{2C} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2} I \quad \text{e} \quad I_{3C} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2} I \quad (15)$$

17. Ao elaborar suas respostas, circunstancie e discuta cada resultado, sempre comparando medidas experimentais com as previsões teóricas. Cabe salientar que nos cálculos sempre deveremos usar valores reais (medidos) dos resistores.

TAREFAS E QUESTIONAMENTOS

1. Responda os questionamentos inclusos nas diversas etapas do procedimento básico.
2. Ao elaborar suas respostas, circunstancie e discuta cada resultado, sempre comparando medidas experimentais com as previsões teóricas. Cabe salientar que nos cálculos sempre deveremos usar valores reais (medidos) dos resistores.
3. Compare qualitativamente o comportamento de uma associação serie de resistores com uma associação de resistores em paralelo.

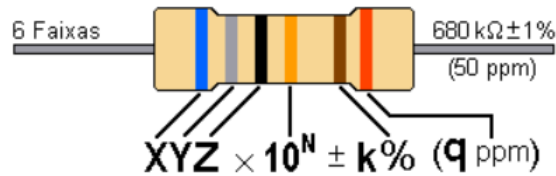
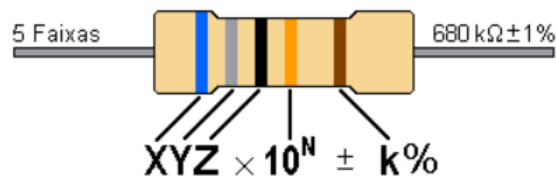
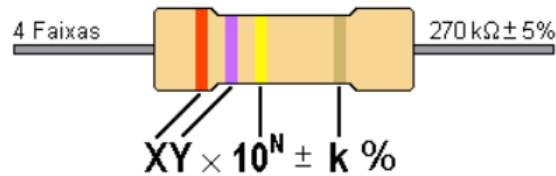
SUGESTÕES PARA REFERENCIAS

- Fundamentos de Física: Eletromagnetismo, Halliday, Resnick e Walker, Vol.3, Ed. LTC.
- Apostilas, manuais, roteiro e material complementar disponíveis em <https://physika.info>

FOLHA DE DADOS

Medidas de resistência

Dispositivo	Resistência Nominal R_n (k Ω)	Resistência Medida R_m (k Ω)	Desvio $D\%$
R1			
R2			
R3			
R4			
R5			



Cor	Algarismo (X,Y,Z)	Multiplicador (N)	Tolerância (k %)	Coef. Temp. (q ppm/°C)
preto	0	0	x1	---
marron	1	1	x10	1%
vermelho	2	2	x100	2%
laranja	3	3	x1.000	---
amarelo	4	4	x10.000	---
verde	5	5	x100.000	0,5%
azul	6	6	x1.000.000	0,25%
violeta	7	7	x10.000.000	0,1%
cinza	8	-	---	---
branco	9	-	---	---
prata	---	-2	x0,01	10%
ouro	---	-1	x0,1	5%
sem faixa	---	-	---	20%