

Licenciatura em Engenharia Informática  
FSIAP – 2023/2024

# Relatório Resumo

## *Leis de Kirchhoff e Lei de Ohm*

**Autores:**

Vasco Sousa, 1221700  
Rafael Araújo, 1201804  
João Pinto, 1221694  
José Sá, 1220612

**Turma:** 2DI

**Grupo:** D

**Data:** 24/10/2023

**Docente:** Lijian Meng

## Procedimento experimental

A corrente elétrica é a taxa de fluxo de carga,  $\Delta Q$ , através de uma secção reta de um condutor por unidade de tempo:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

A corrente de um condutor metálico estabelece uma *d.d.p* (diferença de potencial) constante, que flui do ponto de maior para o menor potencial, gerando corrente elétrica devido à resistência do material, conforme a Lei de Ohm:

$$V = RI$$

As leis de Kirchhoff constituem as bases para os circuitos elétricos existindo duas leis, designadas por **Lei dos nós** (soma algébrica das correntes em qualquer nó do circuito é igual a zero) e **Lei das malhas** (soma algébrica das tensões numa malha é igual a zero):

$$\sum I_{\text{entrada}} = \sum I_{\text{saída}} \quad \sum V = 0 \Rightarrow \sum E_i = \sum R_i I_i$$

Deste modo, este trabalho tem como objetivo entender circuitos elétricos e envolve:

- analisar circuitos elétricos através das leis de Kirchhoff;
- aplicar a Lei de Ohm,
- verificar a lei das malhas.

Deste modo, para a realização do trabalho experimental, foi-nos proposto colocarmos uma fonte de alimentação ligada, por fios de ligação, a um multímetro/voltímetro ( $R_i = 10 M\Omega$ ). Numa placa de montagem, ligamos a fonte de alimentação ( $E=6V$ ) a um conjunto de resistências nas suas extremidades por fios de ligação, definindo um circuito elétrico:

$R_1 = 10 \Omega$ , se disponível (ou  $47 \Omega$ );

$R_2 = 470 \Omega$ ;

$R_3 = 330 \Omega$ , se disponível (ou  $470 \Omega$ );

$R_4 = 10 K\Omega$ ,

$R_5 = 1 K\Omega$ ,

Primeiramente, medimos o valor de cada resistência fora do circuito, com o multímetro na função de ohmímetro e, de seguida, ligámos a fonte e medimos a queda de tensão entre os terminais da fonte, registando os valores obtidos.

Após ligarmos a fonte ao circuito, medimos a queda de tensão aos terminais de todas as resistências, com o voltímetro ligado em paralelo, e registámos os valores lidos. Posteriormente, removemos as resistências  $R_3, R_4$  e  $R_5$  e colocámos a resistência de  $10 M\Omega$  ligada às outras duas resistências ( $R_1$  e  $R_2$ ) e medimos a queda de tensão aos

terminais. De seguida, colocámos em paralelo com a resistência de  $10 M\Omega$  uma resistência de  $1 K\Omega$ , medindo a queda de tensão aos terminais do paralelo.

Por fim, remontámos o circuito para a forma inicial, mas com que a corrente que alimentava a posição da resistência  $R_3$  fosse metade da corrente que atravessava a resistência  $R_5$ .

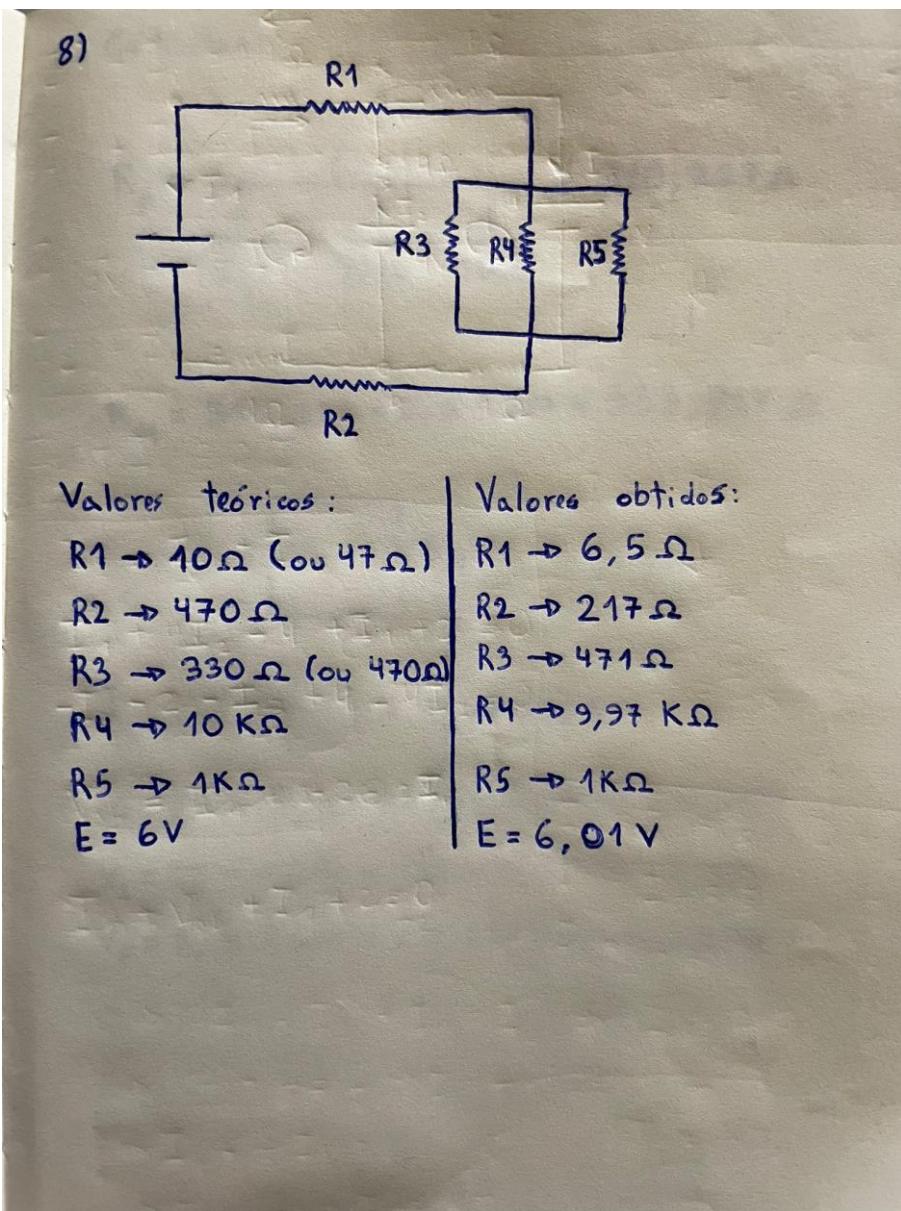
## Análise e Tratamento de dados

Após efetuarmos todos os passos, os resultados que obtemos foram os seguintes:

Ex. 2				
R1	R2	R3	R4	R5
$6,5 \Omega$	$217 \Omega$	$471 \Omega$	$9,97 k\Omega$	$1 K\Omega$
Ex. 3				
Valor = $6,0 \text{ V (volts)}$				
Ex. 4				
R1	R2	R3	R4	R5
$75,2 \text{ mV}$	$2,45 \text{ V}$	$3,48 \text{ V}$	$3,48 \text{ V}$	$3,48 \text{ V}$
Ex. 5				
R1	R2	R6		
$0,0 \text{ V}$	$0,0 \text{ V}$	$6,0 \text{ V}$		
Ex. 6				
$R_5 = 4,9 \text{ V}$				
Ex. 7				
$I_3 = \frac{3,48 \text{ V}}{471 \Omega} = 7,39 \times 10^{-3}$ $\therefore I_3 = \frac{I_5}{2} \Rightarrow R_3 = 2 \times R_5$ $I_5 = \frac{3,48 \text{ V}}{1 k\Omega} = 3,48 \times 10^{-3}$				

Será com base nestes resultados que iremos resolver todas as questões propostas no enunciado.

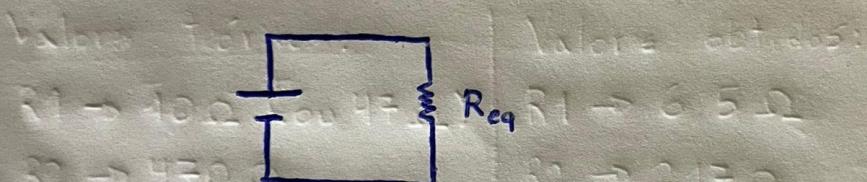
8 - Analise o circuito montado no ponto 4, prove a Lei das Malhas. Faça uma comparação dos resultados experimentais obtidos, com os valores teóricos previstos. Apresente o erro percentual para as diferentes diferenças de tensão encontradas.



8) Cálculos:

$$R_p = \frac{1}{\frac{1}{471} + \frac{1}{9970} + \frac{1}{1000}} = 310,227 \Omega$$

$$R_{eq} = 310,227 + 6,5 + 217 = 533,727 \Omega$$



$$I_{fonte} = \frac{6,01}{533,727} = 0,01126 A$$

$$V_1 = R_1 \times I_{fonte} = 6,5 \times 0,01126 = 0,075 V$$

$$V_2 = R_2 \times I_{fonte} = 217 \times 0,01126 = 2,45 V$$

$$V_p = R_p \times I_{fonte} = 310,227 \times 0,01126 = 3,48 V$$

8) Cálculos:

$$R_p = \frac{1}{\frac{1}{330} + \frac{1}{10000} + \frac{1}{1000}} = 242,113 \Omega$$

$$R_{eq} = 242,113 + 10 + 470 = 722,113 \Omega$$

$$I_{fonte} = \frac{6}{722,113} = 0,00831 A$$

$$V_1 = 10 \times 0,00831 = 0,0831 \approx 0,08 V$$

$$V_2 = 470 \times 0,00831 = 3,9057 \approx 3,91 V$$

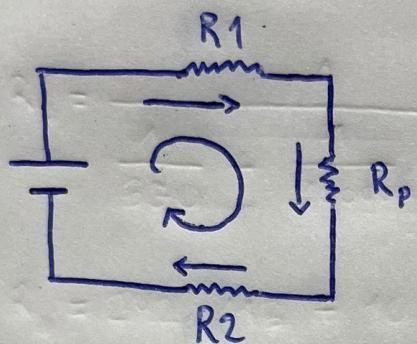
$$V_p = 242,113 \times 0,00831 = 2,0119 \approx 2,01 V$$

$$e_1 = \frac{0,08 - 0,075}{0,08} \times 100 = 6,25 \%$$

$$e_2 = \frac{3,91 - 2,45}{3,91} \times 100 = 37,34 \%$$

$$e_p = \frac{2,01 - 3,43}{2,01} \times 100 = -73,13 \%$$

8) Lei das malhas:



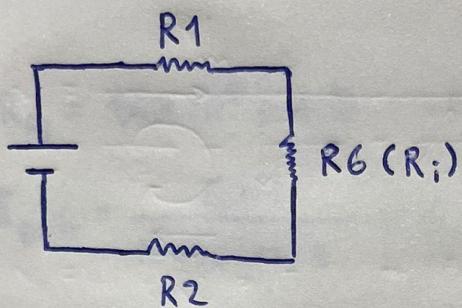
Quando  $\rightarrow \therefore -$

$$\sum V = 0 \therefore 6,01 - 0,0752 - 2,45 - 3,48 = 0$$

$$\Leftrightarrow 0 = 0$$

9 - Faça a mesma análise, do ponto anterior, utilizando a Lei das Malhas e a Lei de Ohm, mas agora para o circuito montado no ponto 5.

9)



Valores teóricos:

$$R_1 \rightarrow 10\Omega (\text{ou } 47\Omega)$$

$$R_2 \rightarrow 470\Omega$$

$$R_6(R_i) \rightarrow 10M\Omega$$

$$E = 6V$$

Valores obtidos:

$$R_1 \rightarrow 6,5\Omega$$

$$R_2 \rightarrow 217\Omega$$

$$R_6(R_i) \rightarrow 10M\Omega$$

$$E = 6,01V$$

\*  $R_i \rightarrow$  Resistência interna do voltmímetro digital

9) Cálculos:

$$R_{eq} = 1,0 \times 10^7 + 6,5 + 217 = 10000223,5 \Omega$$

$$I_{fonte} = \frac{6,01}{10000223,5} = 6,00987 \times 10^{-7} A$$

$$V_1 = 6,5 \times 6,00987 \times 10^{-7} = 3,91 \times 10^{-6} V \approx 0 V$$

$$V_2 = 217 \times 6,00987 \times 10^{-7} = 1,30 \times 10^{-4} V \approx 0 V$$

$$V_o (V_i) = 1,0 \times 10^7 \times 6,00987 \times 10^{-7} = 6,01 V$$

9) Cálculos :

$$R_{eq} = 1,0 \times 10^7 + 10 + 470 = 10000480 \Omega$$

$$I_{fonte} = \frac{6}{10000480} = 5,99971 \times 10^{-7} A$$

$$V_1 = 10 \times 5,99971 \times 10^{-7} = 5,99 \times 10^{-6} V \approx 0V$$

$$V_2 = 470 \times 5,99971 \times 10^{-7} = 2,82 \times 10^{-4} V \approx 0V$$

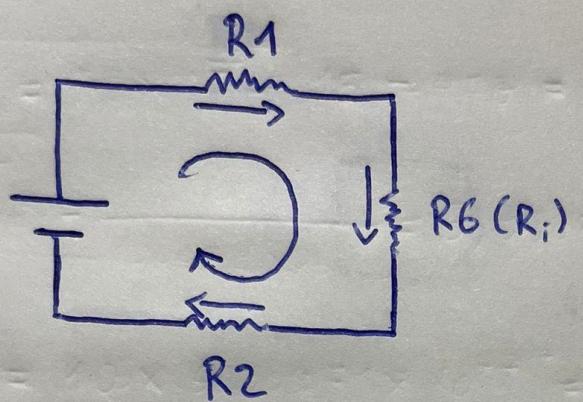
$$V_3 = 1,0 \times 10^7 \times 5,99971 \times 10^{-7} = 5,99 \approx 6V$$

$$e_1 = \frac{5,99 \times 10^{-6} - 3,91 \times 10^{-6}}{5,99 \times 10^{-6}} \times 100 = 34,72\%$$

$$e_2 = \frac{2,82 \times 10^{-4} - 1,30 \times 10^{-4}}{2,82 \times 10^{-4}} \times 100 = 53,90\%$$

$$e_3 = \frac{6,00 - 6,01}{6} \times 100 \approx -0,17\%$$

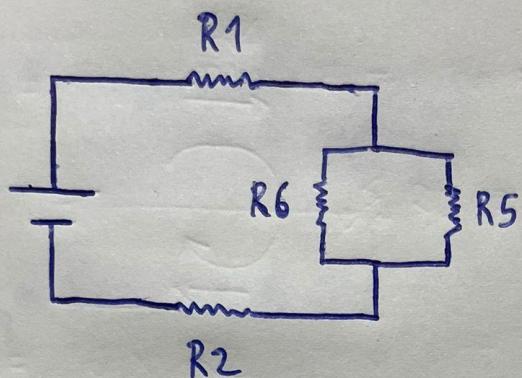
9) Lei das malhas:



$$\sum v = 0 \therefore 6,01 - 0 - 0 - 6,01 = 0 \\ \Leftrightarrow 0 = 0$$

10 - Faça o mesmo procedimento (do ponto anterior) mas agora para o circuito montado no ponto 6.

10)



Valores teóricos:

$$R_1 \rightarrow 10\ \Omega \text{ (ou } 47\ \Omega\text{)}$$

$$R_2 \rightarrow 470\ \Omega$$

$$R_5 \rightarrow 1\text{K}\ \Omega$$

$$R_6 \rightarrow 10\text{M}\ \Omega$$

$$E \rightarrow 6\text{V}$$

Valores obtidos:

$$R_1 \rightarrow 6,5\ \Omega$$

$$R_2 \rightarrow 217\ \Omega$$

$$R_5 \rightarrow 1\text{K}\ \Omega$$

$$R_6 \rightarrow 10\text{M}\ \Omega$$

$$E \rightarrow 6,01\text{V}$$

10) Cálculos:

$$R_p = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{1}{1,0 \times 10^7}} = 999,90 \Omega$$

$$R_{eq} = 999,9 + 6,5 + 217 = 1223,4 \Omega$$

$$I_{fonte} = \frac{6,01}{1223,4} = 0,00491 A$$

$$V_1 = 6,5 \times 0,00491 = 0,03 V$$

$$V_2 = 217 \times 0,00491 = 1,1 V$$

$$V_p = 999,9 \times 0,00491 = 4,9 V$$

10) Cálculos:

$$R_p = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{1}{1,0 \times 10^7}} = 999,9 \Omega$$

$$R_q = 999,9 + 10 + 470 = 1479,9 \Omega$$

$$I_{fonte} = \frac{6}{1479,9} = 0,00405 \text{ A}$$

$$V_1 = 10 \times 0,00405 = 0,0405 \text{ V}$$

$$V_2 = 470 \times 0,00405 = 1,90 \text{ V}$$

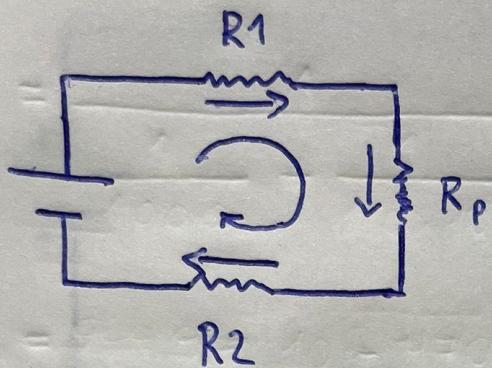
$$V_p = 999,9 \times 0,00405 = 4,05 \text{ V}$$

$$e_1 = \frac{0,0405 - 0,03}{0,0405} \times 100 \approx 25,93\%$$

$$e_2 = \frac{1,90 - 1,1}{1,90} \times 100 \approx 42,11\%$$

$$e_p = \frac{4,05 - 4,9}{4,05} \times 100 \approx -20,99\%$$

10) Lei das Malhas:



$$\sum V = 0 \therefore 6,01 - 0,03 - 1,1 - 4,9 = 0$$

$$\Leftrightarrow 0 = 0$$

**11- Da análise feita nos pontos anteriores, 9 e 10, justifique as diferenças verificadas.**

As três resistências estão em série no exercício 9, o que indica que todas as resistências têm a mesma corrente elétrica. A queda de tensão é distribuída entre as três resistências em série neste caso. Sendo assim, R<sub>6</sub> tem a queda de tensão mais alta, enquanto R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> têm queda de tensão igual a 0V (volts). Isto ocorre porque a queda de tensão é proporcional à resistência, ou seja, quanto maior a resistência, maior a queda de tensão.

Já as duas resistências existentes no exercício 10 estão em paralelo, o que indica que a corrente se divide em dois caminhos diferentes. R<sub>5</sub> é muito menor do que R<sub>6</sub> e sendo assim, a maioria da corrente passará por R<sub>5</sub>, que é o caminho de menor resistência. Como R<sub>6</sub> é muito maior, R<sub>5</sub> sofrerá a queda de tensão mais alta. As resistências que sobram (R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>) são responsáveis pelas restantes quedas de tensão.

12 – De acordo com os valores usados nas resistências no ponto 4 dos procedimentos, apresente os valores das correntes indicadas na Figura 2.

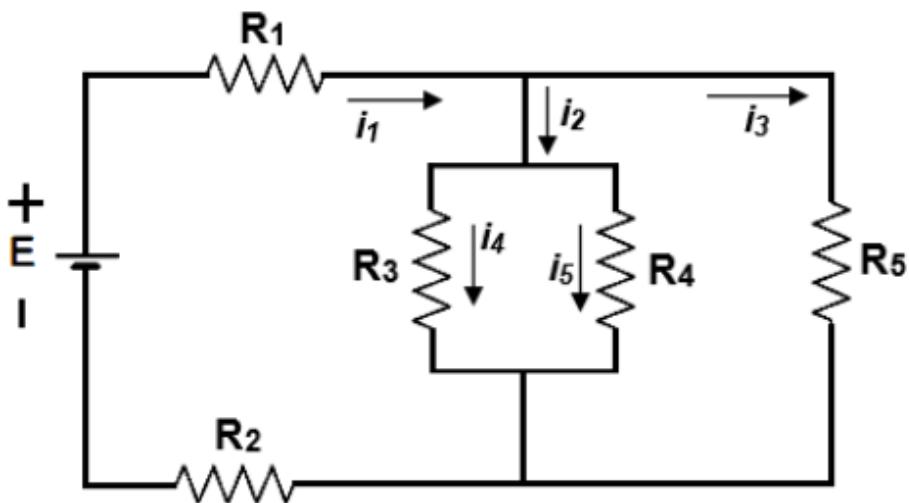


Figura 2 – Correntes nos ramos.

$I_1 = I_{\text{fonte}} = 0,01126 \text{ A} \approx 0,011 \text{ A}$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 0,00774 + 0,00348 = 0,011 \text{ A}$$

$$I_2 = I_4 + I_5 = 0,00739 + 0,00035 = 0,00774 \approx 0,008 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V_5}{R_5} = \frac{3,48}{1000} = 0,00348 \approx 0,004 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{V_2}{R_3} = \frac{3,48}{471} = 0,00739 \approx 0,007 \text{ A}$$

$$I_5 = \frac{V_4}{R_4} = \frac{3,48}{9970} = 0,00035 \approx 0,0004 \text{ A}$$

## Questões

1 – Quando no circuito do ponto 5 dos procedimentos, realizou a medição da queda de tensão aos terminais da resistência de 10 MΩ, o valor da corrente elétrica no circuito foi alterado, pelo facto de ter efetuado a medição da queda de tensão com o voltímetro? Justifique.

Quando se retirou as resistências do circuito original e colocou-se a resistência de 10MΩ, o valor da corrente alterou-se. Isto ocorreu porque, de acordo com a Lei de Ohm, quando o valor da tensão é constante, a corrente elétrica é inversamente proporcional à resistência de um circuito. Ou seja, ao substituir as resistências originais por uma residencial de valor muito mais elevado, o valor da corrente elétrica no circuito diminuiu.

2 – Relativamente à montagem efetuada no ponto 6 dos procedimentos, as leis de Kirchhoff verificam-se? Justifique. E quanto à corrente entregue pela fonte ao circuito, ela sofre alterações pelo facto de colocarmos o voltímetro a ler a queda de tensão. Justifique.

As duas leis de Kirchhoff são conhecidas como Lei das malhas e Lei dos nós. A primeira já foi comprovada no exercício 10 deste experimento e consiste na teoria que a soma algébrica das tensões numa malha é igual a zero (a soma algébrica das f.e.m. numa malha é igual à soma algébrica das tensões nas resistências dessa malha), cuja fórmula é a seguinte:

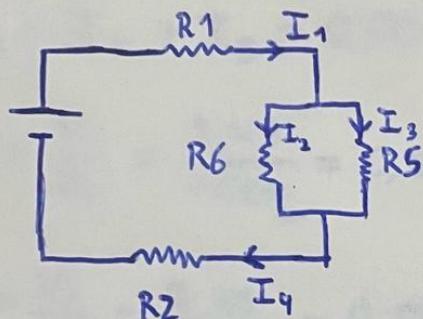
$$\sum V = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum E_i = \sum R_i I_i$$

Já a Lei dos nós consiste na teoria que a soma algébrica das correntes em qualquer nó do circuito é igual a zero, cuja fórmula é a seguinte:

$$\sum I_{\text{entrada}} = \sum I_{\text{saida}}$$

De forma a provar a presença desta Lei no experimento seguem-se os seguintes cálculos:

Lei dos nós:



$$I_2 = \frac{4,9}{1 \times 10^7} = 0,00000049 \\ = 4,9 \times 10^{-7}$$

$$I_3 = \frac{4,9}{1000} = 0,0049$$

$$I_1 = \frac{0,03}{6,5} = 0,00462 \text{ A} \approx 0,005 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{1,1}{217} = 0,00507 \text{ A} \approx 0,005 \text{ A}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 4,9 \times 10^{-7} + 0,0049 \approx 0,005 \text{ A}$$

Tal como podemos ver a corrente de entrada é praticamente igual à corrente de saída e as correntes intermediárias também comprovam que a mesma corrente é transportada ao longo do circuito inteiro. Sendo assim, está comprovada a lei dos nós no nosso experimento.

Ao usar um voltímetro para medir a queda de tensão nas resistências, não há mudanças significativas na corrente fornecida pela fonte ao circuito. O voltímetro multímetro foi projetado com uma elevada resistência interna para que o percurso fosse feito com pouca e desprezível corrente elétrica. Como a resistência interna do voltímetro é muito maior do que a resistência da parte do circuito que está sendo medida, a corrente no circuito permanece quase inalterada.

**3 – Compare a potência fornecida ao circuito pela fonte com a potência dissipada pelos elementos passivos. Justifique. Considere o circuito montado no ponto 4 dos procedimentos.**

Para comparar a potência fornecida ao circuito pela fonte com a potência dissipada pelos elementos passivos no circuito do ponto 4, podemos usar os valores obtidos na experiência. Como a energia não pode ser criada nem destruída, a potência fornecida ao circuito tem de ser igual à potência dissipada pelas resistências pelo efeito de Joule.

No circuito, a fonte fornece 6,0 V de tensão, sendo que o total das medições das tensões dos terminais das resistências em série também totalizam 6,0 V. E como a potência da fonte é igual à tensão da fonte vezes a corrente, que é igual à resistência do circuito vezes o quadrado da corrente, que também é igual à fórmula do efeito de Joule, conclui-se que como a queda de tensão da fonte e dos terminais das resistências são iguais, a potência fornecida pela fonte é igual à potência dissipada pelos elementos passivos.

## Observações

Comparando a potência fornecida pela fonte com a potência dissipada, depois dos cálculos, conseguimos verificar que a dissipada é um pouco menor devido a fatores como, perda de corrente elétrica nos fios de ligação e quando fazemos a ligação do voltímetro ao circuito.

Devido à falta de uma resistência com o valor indicado no material fornecido, R<sub>2</sub> tem um valor diferente do mencionado no enunciado.

## Considerações relativas a cálculos auxiliares e grandezas solicitadas:

**Medição da Queda de Tensão:** A medição das quedas de tensão nos circuitos é essencial para avaliar o seu comportamento. Pequenas discrepâncias nas leituras dos instrumentos de medição não comprometem o propósito do experimento.

**Medição de Resistências:** Garantir a precisão das medições das resistências antes de as incorporar nos circuitos é crucial para assegurar resultados precisos. Pequenas variações nas resistências são aceitáveis.

**R<sub>5</sub> em Paralelo a R<sub>6</sub>:** A inclusão da resistência R<sub>5</sub> em paralelo com R<sub>6</sub> tem como objetivo modificar o circuito para fins de análise, mas essas alterações não exercem grande impacto nos valores obtidos.

**Substituição de Resistências em Paralelo:** Simplificar a análise ao substituir três resistências em paralelo por uma única resistência ( $R_{\text{eq}}$ ) é uma prática útil.