



**PSI 3031 - LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

No. USP	Nome	Nota	Bancada

Data:	Turma:	Profs:
-------	--------	--------

**EXP 04: Sinais Senoidais, Fasores e Leis de Kirchhoff**

**GUIA EXPERIMENTAL E ROTEIRO DO RELATÓRIO**

Profs. MNPC / C. Itiki / I. Pereyra/  
Versão 2023

**Objetivos da Experiência**

- Verificar experimentalmente a validade da 2ª lei de Kirchhoff em circuitos DC e AC utilizando multímetro e osciloscópio;
- Determinar experimentalmente os fasores das tensões e correntes num circuito com componentes resistivos e reativos (bobina), utilizando multímetro e osciloscópio;
- Determinar experimentalmente a impedância complexa da bobina (módulo e fase) a partir dos fasores da tensão e corrente na bobina, numa certa faixa de frequências.

**Materiais necessários para realização do experimento no laboratório:**

- Osciloscópio Agilent DSOX2002A, Gerador de funções Agilent modelo 33500B;
- Multímetro portátil (Yokogawa TY720)
- Resistor de 1 k $\Omega$
- Bobina 170 mH

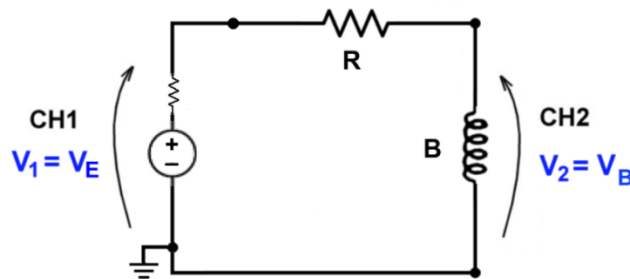
## PARTE EXPERIMENTAL

### 1. Validação da 2ª lei de Kirchhoff utilizando multímetro

- 1a) Meça com o multímetro a resistência “R” do resistor e “R<sub>SB</sub>” da bobina disponíveis na bancada. Meça agora com o medidor RLC disponível na bancada, a Indutância “L<sub>B</sub>” e a resistência R<sub>SB</sub> da bobina para a frequência de 1 kHz. Anote os valores na Tabela abaixo:

Multímetro		Medidor RLC (para 1 kHz)	
R	R <sub>SB</sub>	L	R <sub>SB</sub>

- 1b) Monte o circuito abaixo com o resistor e bobina disponíveis na bancada. Alimente o circuito com uma **tensão DC** de 10 V. Meça com o multímetro as tensões V<sub>E</sub>, V<sub>R</sub> e V<sub>B</sub>.



Anote os valores obtidos na tabela abaixo:

Circuito DC		
V <sub>E</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>B</sub>

- 1c) Verifique se os valores obtidos satisfazem a 2ª Lei de Kirchhoff:

1d) Agora alimente o mesmo circuito com uma **tensão AC senoidal** de 1 kHz e 10 V<sub>pp</sub>, e meça novamente, com o multímetro, as tensões V<sub>E</sub>, V<sub>R</sub> e V<sub>B</sub>. Anote abaixo os valores obtidos, indicando claramente as unidades:

Circuito AC		
V <sub>E</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>B</sub>

Verifique se a soma das tensões no resistor (V<sub>R</sub>) e na bobina (V<sub>B</sub>) é igual à tensão fornecida pela fonte.

1e) Esse resultado indica que a 2ª Lei de Kirchhoff não é válida em circuitos AC? Analise e explique claramente o resultado:

## 2. Validação da 2ª lei de Kirchhoff utilizando osciloscópio

Utilizando o mesmo circuito do item anterior, meça com o canal 1 e canal 2 do osciloscópio as tensões V<sub>E</sub>(t) e V<sub>B</sub>(t) conforme a Fig.2a abaixo. Armazene o sinal V<sub>B</sub>(t) na memória do osciloscópio. Para isto, utilize o botão "Save/Recall" e salve num cartão USB, com o formato "Dados da Forma da Onda de Referência [\* .h5]", o Canal 2 (com o sinal V<sub>B</sub>(t)). A seguir, troque a posição do Resistor e da Bobina, e meça os sinais V<sub>E</sub>(t) e V<sub>R</sub>(t) conforme a Fig.2b. Utilize o canal 1 como fonte do trigger nas medidas.

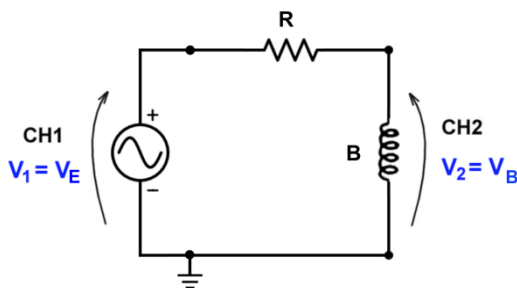


Fig.2a

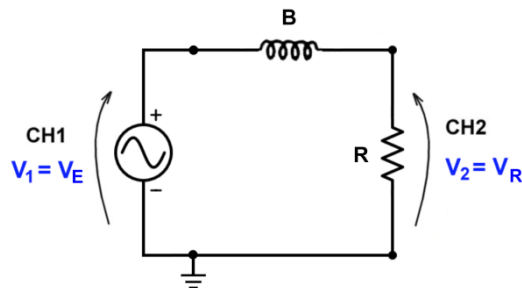
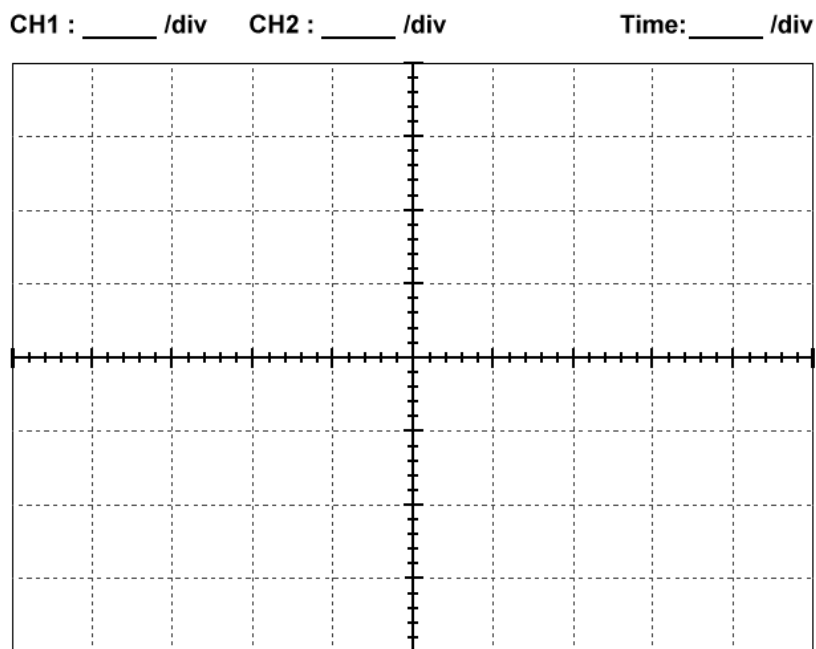


Fig.2b

Utilize a "Save/Recall" e o softKey Recall para recuperar o sinal V<sub>B</sub>(t) que você tinha salvo previamente no cartão USB. Note que na tela do osciloscópio aparecerão os 3 sinais (V<sub>E</sub>(t), V<sub>R</sub>(t) e o sinal V<sub>B</sub>(t) salvo). Capture a tela do osciloscópio (ou salve a tela com o cartão USB no osciloscópio, não se esquecendo de inverter as cores para deixar o fundo branco) e imprima a tela do osciloscópio mostrando esses 3 sinais.

2a) Escolha 5 pontos no eixo dos tempos da figura e verifique neles a validade da 2ª Lei de Kirchhoff para cada instante. Indique as somas dos valores na própria figura impressa e **ANEXE ao relatório**. **Obs.: Não deixe de indicar na figura os pontos escolhidos e as contas realizadas para verificar a 2ª Lei de Kirchhoff.**

2b) A seguir, utilizando a função MATH, obtenha o sinal  $V_{MATH} = V_E(t) - V_R(t)$ . Carregue na tela o sinal  $V_B(t)$  guardado na memória e desenhe ambas curvas ( $V_{MATH}(t)$  e  $V_B(t)$ ) na figura abaixo



2c) Descreva o que observa:

2d) O que pode concluir desse resultado ?

### 3. Determinação dos fasores das tensões $\hat{V}_E$ , $\hat{V}_R$ e $\hat{V}_B$ utilizando osciloscópio

3a) Com o circuito já montado (Fig.2b), meça com o osciloscópio as tensões de pico de  $V_E(t)$ ,  $V_R(t)$  e  $V_B(t)$  ( $= V_{MATH}(t)$ ) para as frequências 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz. Meça também as defasagens entre  $V_R$  e  $V_E$  ( $\text{Fase}[V_R \rightarrow V_E]$ ) e entre  $V_B$  e  $V_E$  ( $\text{Fase}[V_B \rightarrow V_E]$ ) e complete a tabela abaixo:

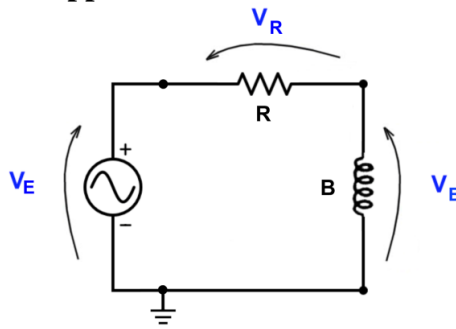
Frequência	$V_E$	$V_R$	$V_B$	Fase ( $V_R \rightarrow V_E$ )	Fase ( $V_B \rightarrow V_E$ )
100 Hz					
500 Hz					
1 kHz					

3b) A partir desses valores, escreva a amplitude complexa dos fasores  $\hat{V}_E$ ,  $\hat{V}_R$  e  $\hat{V}_B$  para as 3 frequências na forma polar e cartesiana:

Freq. (Hz)	Fasor	Amplitude Complexa	
		Forma Polar	Forma Cartesiana
100	$\hat{V}_E$		
	$\hat{V}_R$		
	$\hat{V}_B$		
500	$\hat{V}_E$		
	$\hat{V}_R$		
	$\hat{V}_B$		
1 k	$\hat{V}_E$		
	$\hat{V}_R$		
	$\hat{V}_B$		

**4. Determinação da defasagem entre  $[\hat{V}_R$  e  $\hat{V}_E]$  e  $[\hat{V}_B$  e  $\hat{V}_E]$  utilizando apenas multímetro**

Monte o circuito da Fig. abaixo e ajuste inicialmente uma tensão senoidal de frequência **100 Hz** e amplitude pico-a-pico de **10 Vpp** :



**4.a)** Meça as tensões eficazes com o **multímetro portátil** e preencha a tabela 3. Observações: Nesta seção, a tensão no resistor será tomada como referência das fases. Portanto, adota-se  $v_R(t) = V_R \cos(\omega_0 t)$ . Além disso, como a bobina tem comportamento indutivo, na faixa de frequências das medidas, o sinal das fases será considerado positivo.

frequência	Medidas AC			Cálculos	
	$V_E$	$V_B$	$V_R$	$\theta_E$	$\theta_B$
100 Hz					
500 Hz					
1 kHz					

**4.b)** Desenhe o diagrama fasorial das tensões no resistor, na bobina e no gerador, para a frequência de 1 kHz. Observação: o diagrama representa as fases e as amplitudes de pico  $V_p = 1,414 V_{ef}$ .

**4.c)** Calcule os valores das fases das tensões do gerador e da bobina e complete a tabela do item 4a.

$$\theta_B = + \left| \arccos\left( (V_E^2 - V_R^2 - V_B^2) / (2 V_R V_B) \right) \right|$$

$$\theta_E = + \left| \arccos\left( (V_E^2 + V_R^2 - V_B^2) / (2 V_R V_E) \right) \right|$$

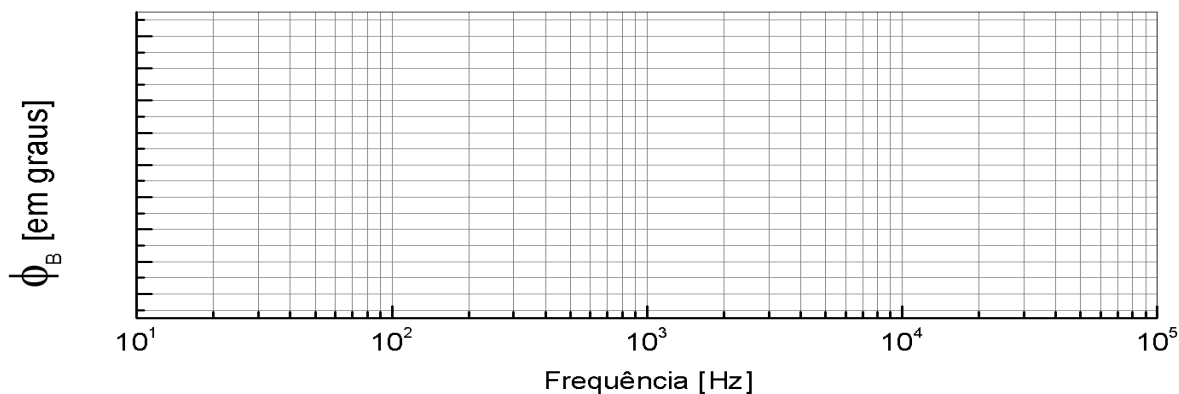
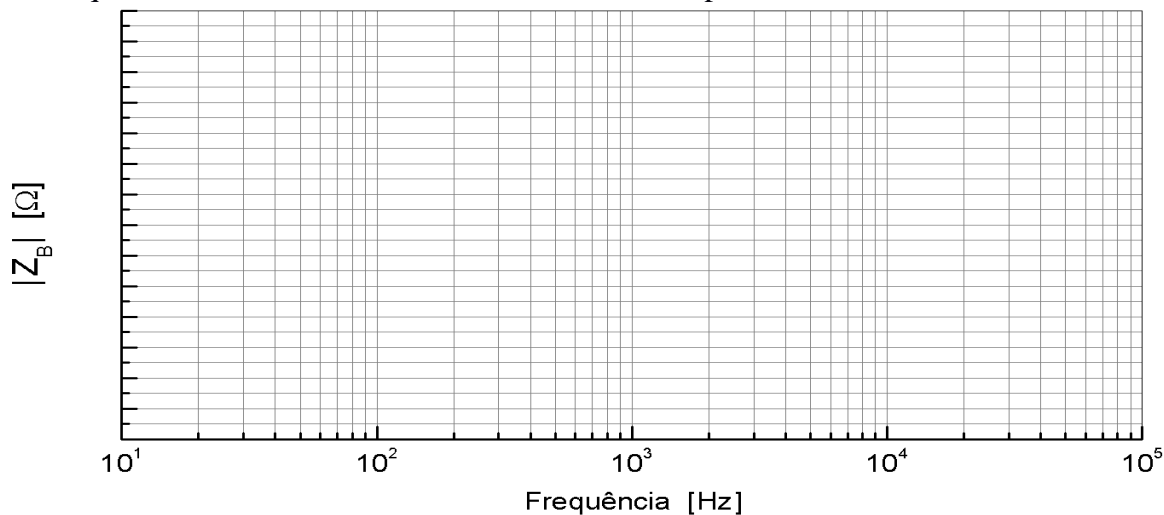
**Cálculos:**

**5. Determinação da impedância da bobina (módulo e fase) na faixa entre 100 Hz e 10 kHz utilizando osciloscópio.**

Alimente agora o circuito do item anterior com um sinal senoidal de 10 Vpp e frequência variando na faixa de 100 Hz a 10 kHz. Meça com o canal 1 do osciloscópio o valor de pico da tensão  $V_E$ , com o canal 2 o valor de pico da tensão  $V_B$ , e com o recurso "Math" obtenha o valor de pico da tensão  $V_R$ . Meça também a Fase ( $V_B \rightarrow V_R$ ). Calcule a corrente ( $I_B$ ) e a impedância complexa da bobina ( $Z_B$ ) e escreva a mesma na forma polar, complete a tabela abaixo indicando claramente as unidades de cada grandeza:

Frequência	Medidas			Cálculos	
	$V_B$	$V_R$	Fase( $V_B \rightarrow V_R$ )	$I_B$	$Z_B$ Forma polar
100 Hz					
200 Hz					
500 Hz					
1 kHz					
2 kHz					
5 kHz					
10 kHz					

- Grafique abaixo os resultados do módulo e fase da impedância da bobina:



- Comente o resultado acima sobre o comportamento da impedância da bobina em função da frequência.