

Experimento 6

Mapeamento de campo magnético

Medir intensidade de campo magnético

Gerador de onda senoidal

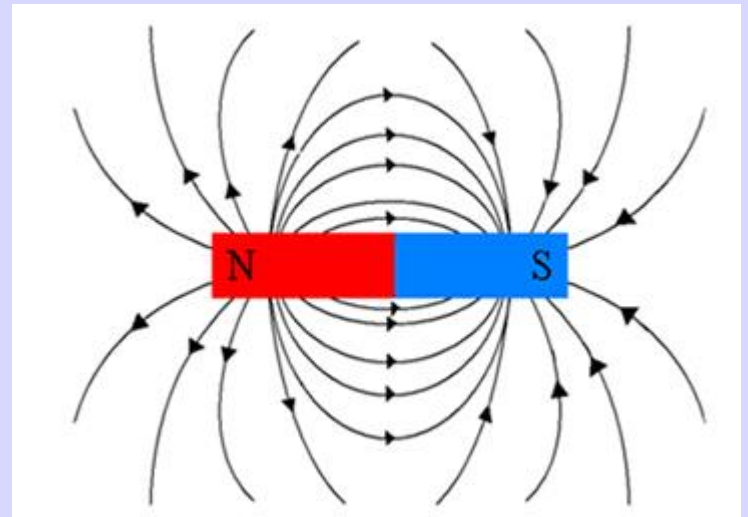
Osciloscópio

Resistor de 1Ω

Solenóide (80 cm)

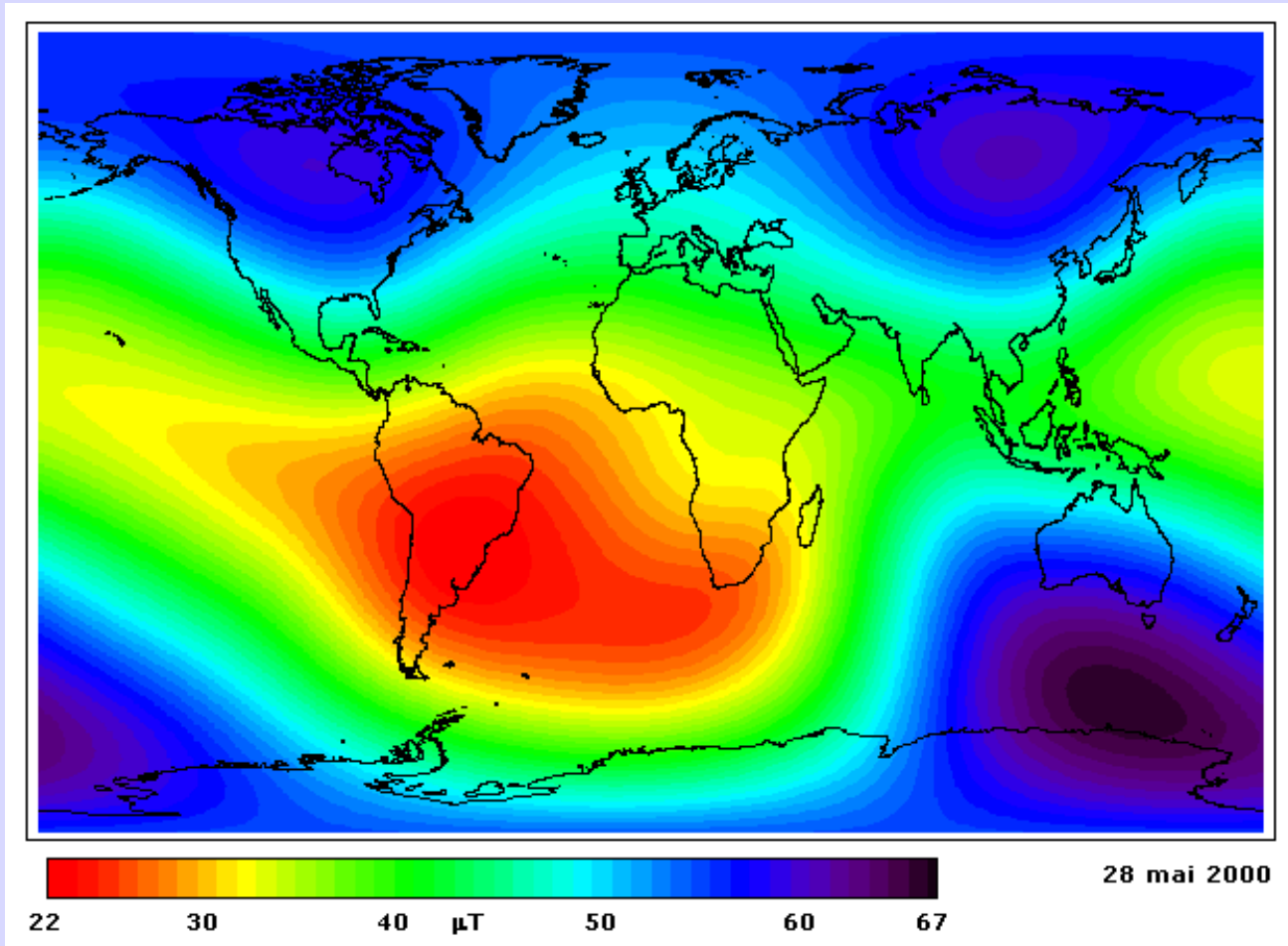
Bobina de Helmholtz

Sonda de campo magnético



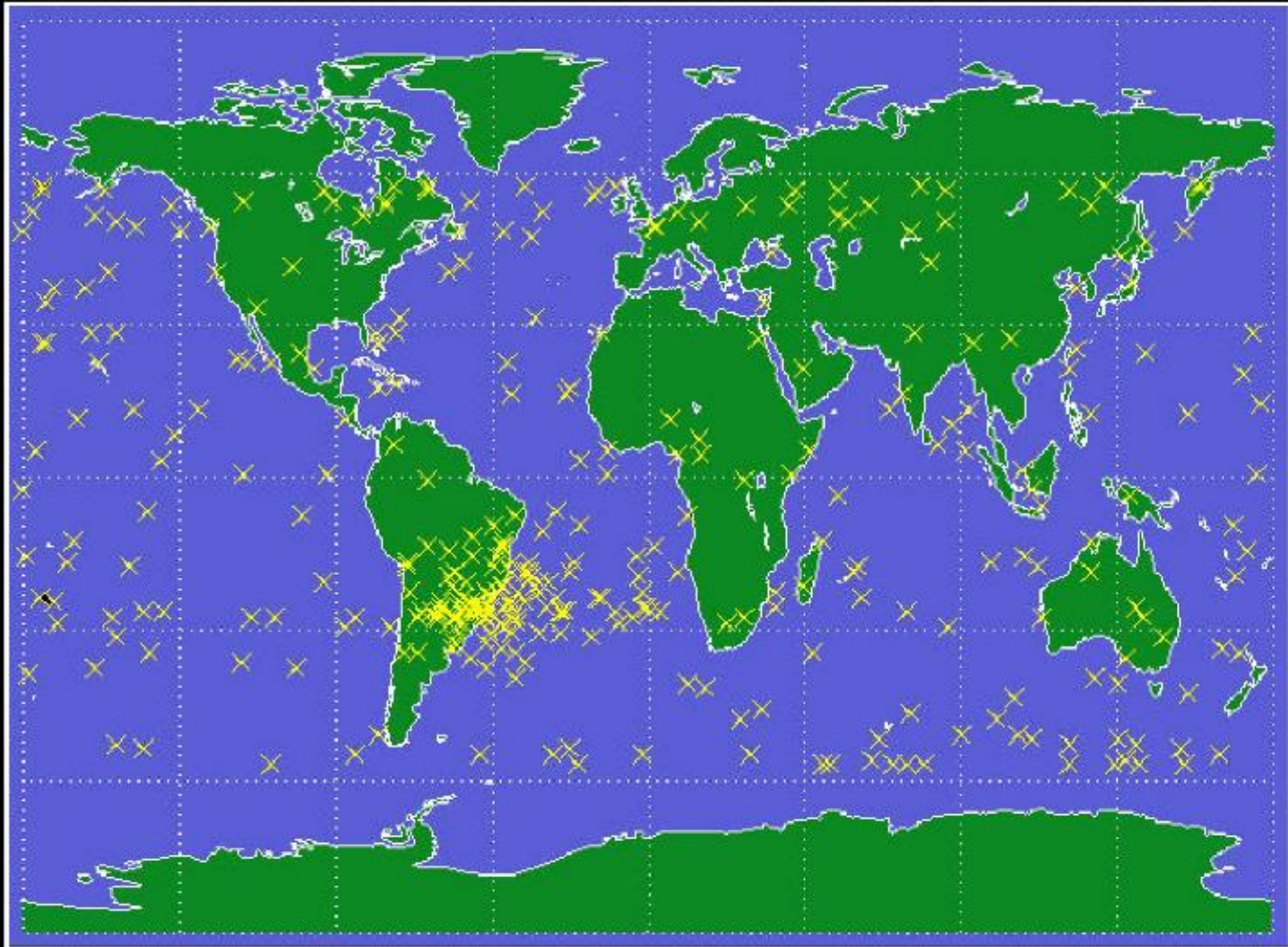
O que é necessário para medir intensidade de campo magnético?

Anomalia do Atlântico Sul



Region of increased proton flux at relatively low altitudes. This region exists because of the difference between the Earth's geographic spin axis and its magnetic axis. For Low Earth Orbits (especially for orbits passing through the **South Atlantic Anomaly**), the **proton** flux can be very high compared to the electron flux.

Computer Upsets on Shuttle Missions STS-37, 39, 43 & 44



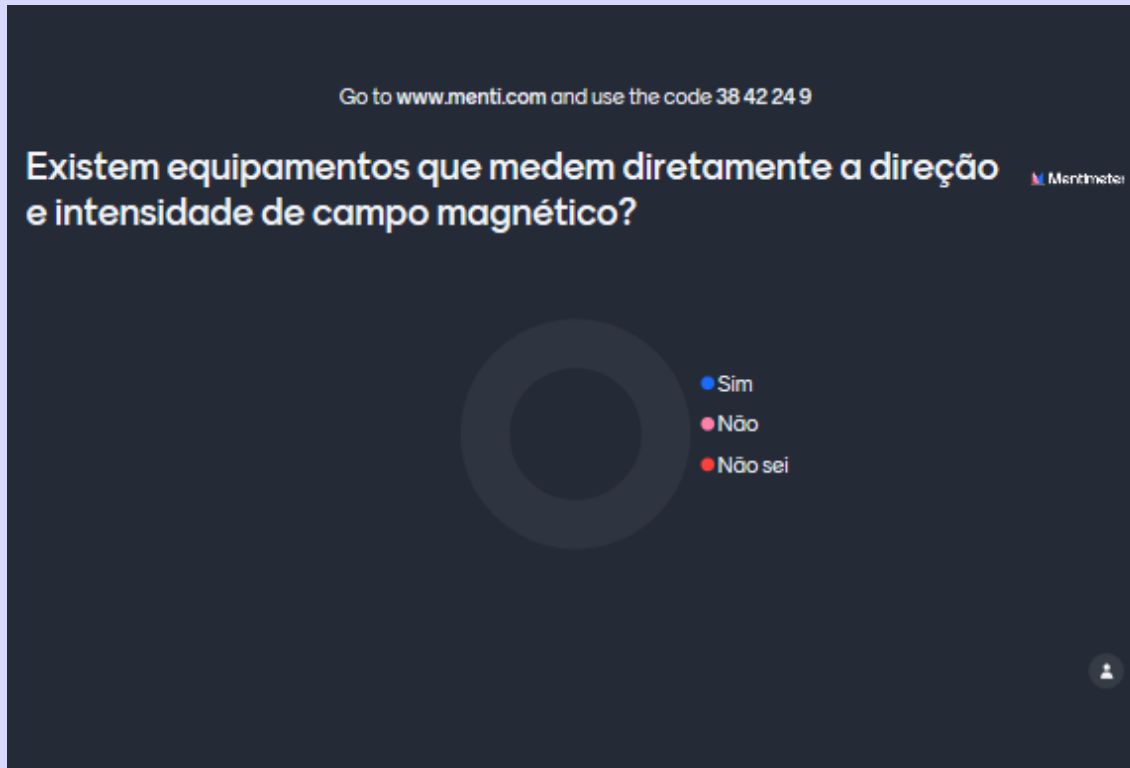
<https://www.ngdc.noaa.gov/stp/satellite/anomaly/satelliteanomaly.html>

Campo magnético

Como medir campo magnético?

Go to www.menti.com and use the code 38 42 24 9

Existem equipamentos que medem diretamente a direção e intensidade de campo magnético? Mentimeter



• Sim
• Não
• Não sei

The image shows a screenshot of a Mentimeter poll. At the top, it says 'Go to www.menti.com and use the code 38 42 24 9'. Below that is the question: 'Existem equipamentos que medem diretamente a direção e intensidade de campo magnético?'. To the right of the question is the Mentimeter logo. In the center, there is a large, faint circular graphic. To the right of the graphic are three response options: 'Sim' with a blue dot, 'Não' with a pink dot, and 'Não sei' with a red dot. In the bottom right corner, there is a small icon of a person.

Métodos Indiretos

Indução

Magnética

Elétrica

Força

Trajectoria

...

Campo magnético

Sensor de campo magnético

Método indireto

Processo de calibração

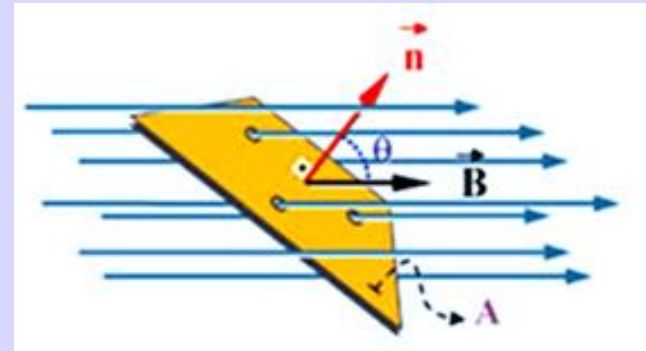
Processo de Interação

Fluxo do campo no sensor

Indução

Campo elétrico em espira

Pontas abertas



$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad \phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\phi_B = B A \cos \theta$$

Fluxo máximo para $\theta = 0$

Campo magnético

Campo magnético constante

B constante → Fluxo constante

Variação fluxo

B constante

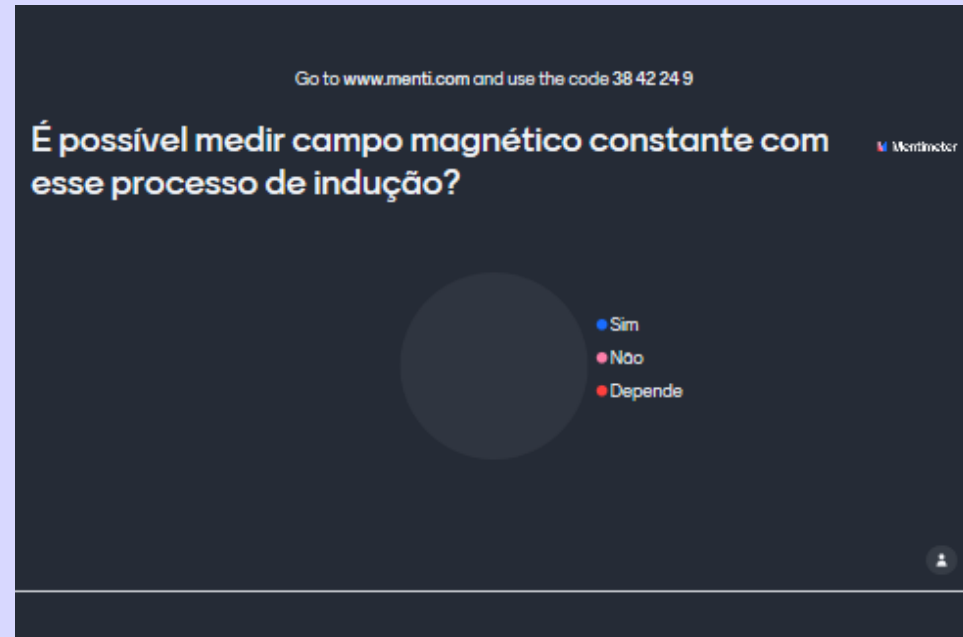
Variar área

Girar espira

Velocidade Controlada

Direção

Sincronizar pos/tempo



$$\Phi_B = B (A \cos \omega t) \rightarrow \frac{d\Phi_B}{dt} \neq 0$$

Campo magnético

Campo magnético variável

B variável → Fluxo variável

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cos(\omega t + \delta)$$

$$\Phi_B = (B_0 \cos \omega t) A \cos \theta$$

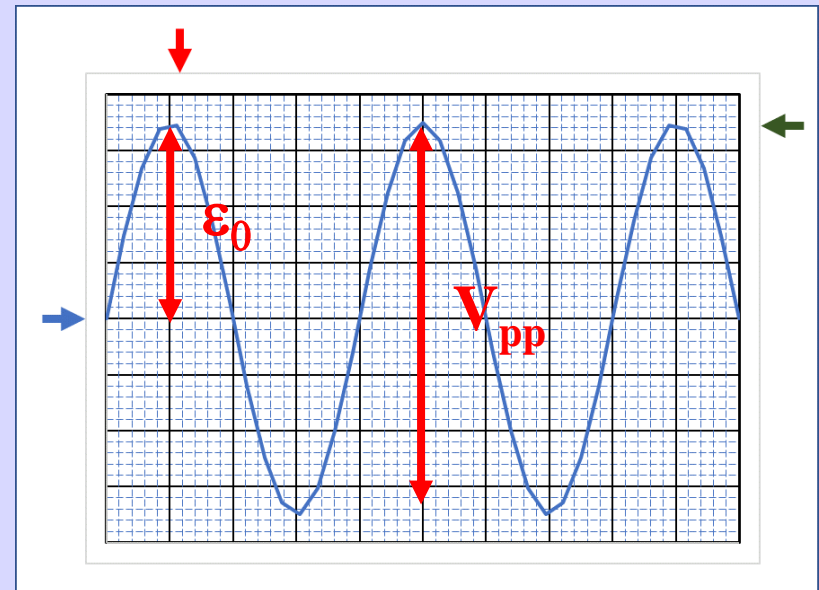
ω e θ independentes

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\varepsilon = \mathbf{B_0 \omega A \cos \theta} \text{ sen}(\omega t)$$

Constante

Diretamente proporcionais



$$\varepsilon_0 \propto V_{pp} \propto B_0$$

Campo magnético

Variação dos parâmetros

Mudança na relação

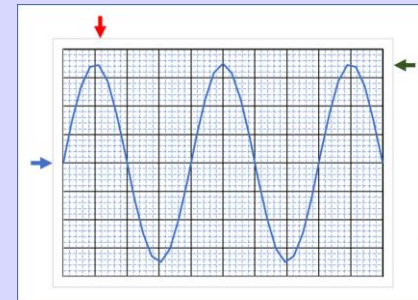
$$\varepsilon = B_0 \omega \cos(\omega t + \delta) A \cos \theta$$

Go to www.menti.com and use the code 16 28 78 6

Como fica a figura se dobrarmos a frequência e inclinarmos o sensor de 60 graus?

Mentimeter

0	0	0	0
Mesmo valor de tensão	Mesmo valor de frequência	Reduz a tensão pela metade	Período da senoide dobra



$$\theta = 0$$

Calibração do sensor

Procedimento de calibração

Definir configuração

Valores mensuráveis com precisão

Relação sinal/ ruído grande

Definir constante proporcionalidade

Usar valores conhecidos para B

Para gerar B variável

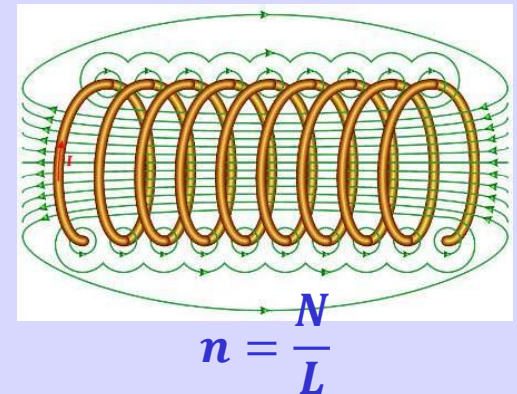
Fonte de tensão variável

Medir corrente solenoide

$$V = V_0 \cos(\omega t + \delta) \rightarrow I = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

B conhecido

Solenóide longo



Valores conhecidos

Intensidade

$$B = \mu_0 n I$$

Direção

Paralelo ao eixo

Calibração do sensor

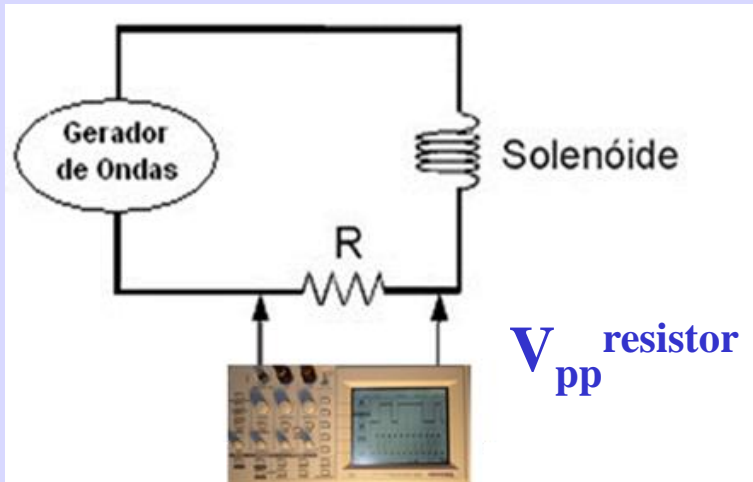
Curva de calibração

Arranjo para medir V e I simultaneamente

Não variar outros parâmetros

Circuito eletrônico

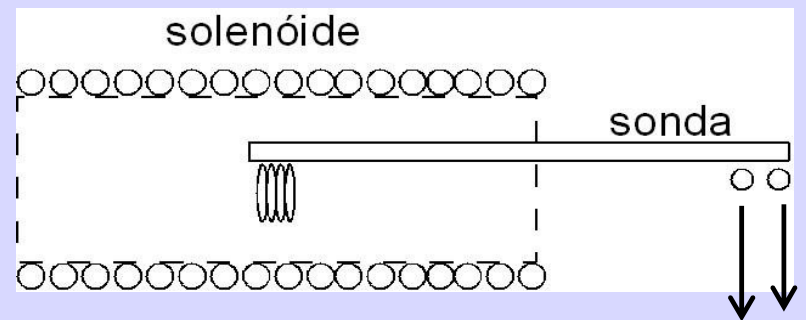
Medir corrente (fixar frequência)



R pequeno para correntes altas

Calibração da sonda

Medir ϵ induzido no osciloscópio
Normal paralela ao eixo (campo)

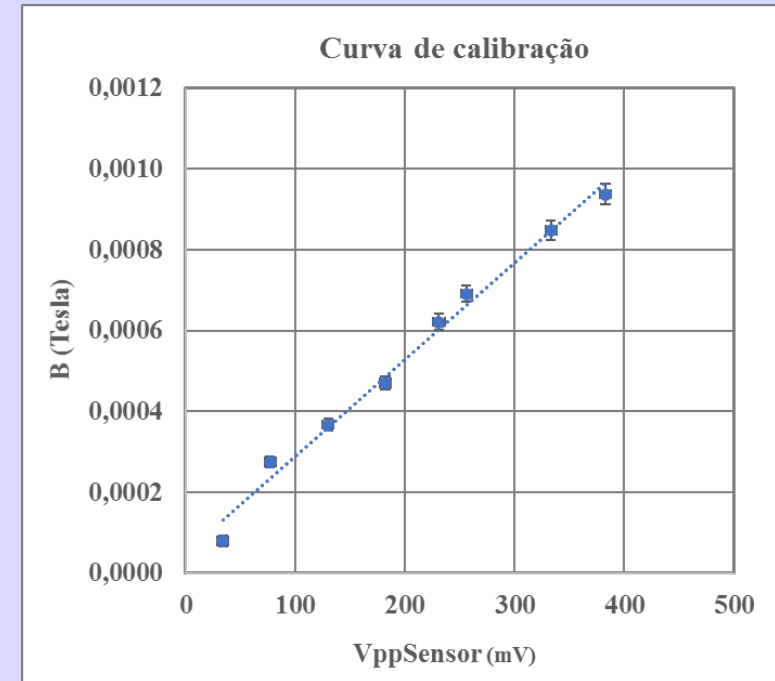
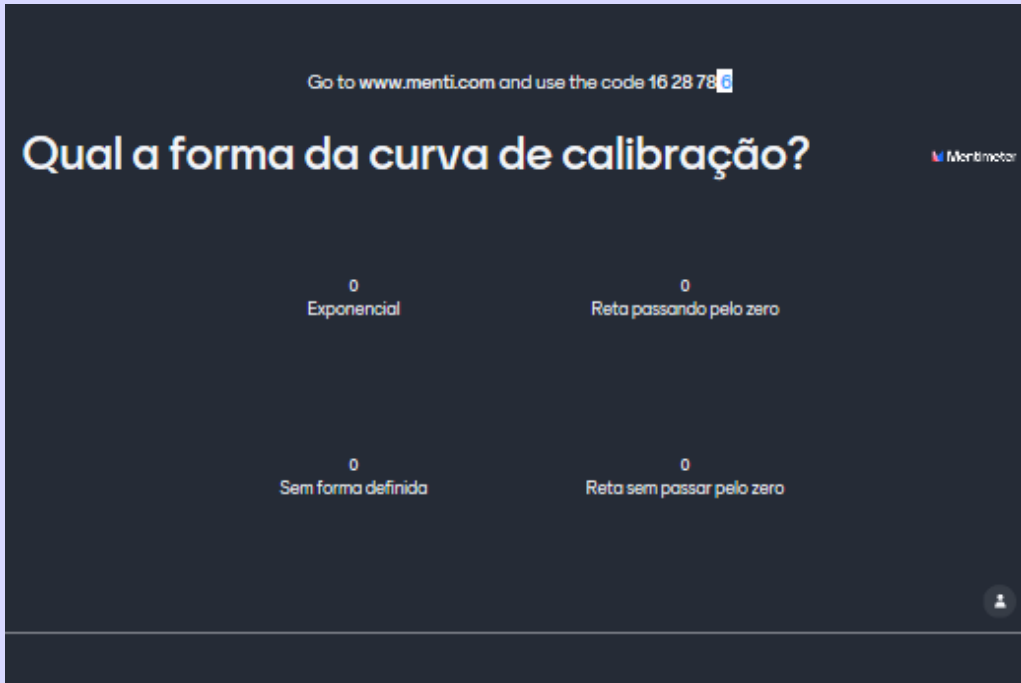


$$V_p = \frac{V_{pp}}{2}$$

osciloscópio
 V_{pp} sensor

Calibração do sensor

Curva de calibração



Reta

$$B = K V_{pp}^{sensor}$$

Coefficiente angular

Constante K

Coefficiente linear

Zero

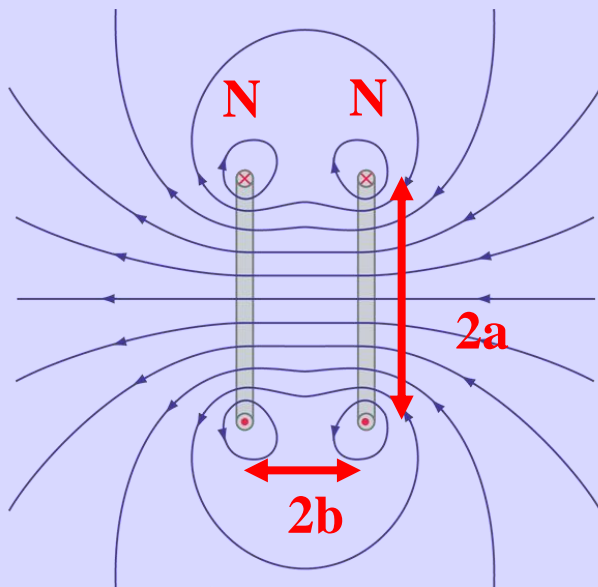
Usando o sensor

Bobina de Helmholtz

Campo constante

Dois conjuntos com N espiras
cada

Corrente no mesmo sentido



$$2b = a$$

$$B_z = \frac{8 \mu_0 N I}{5^{3/2} a}$$

N – número de espiras de um dos conjuntos

I – corrente nas espiras

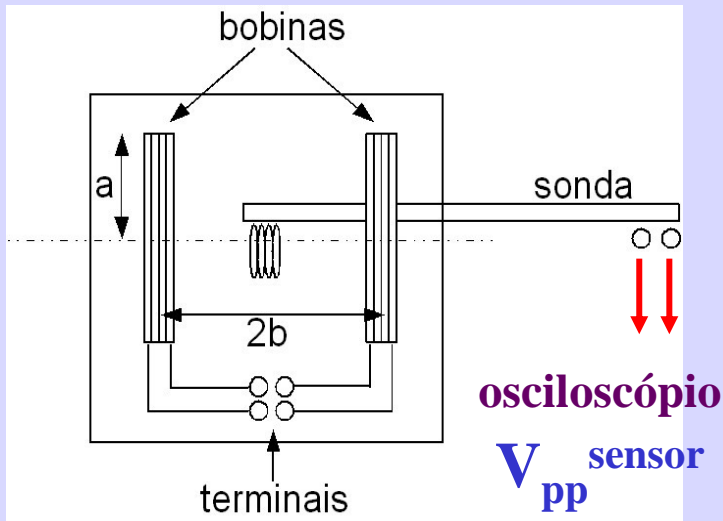
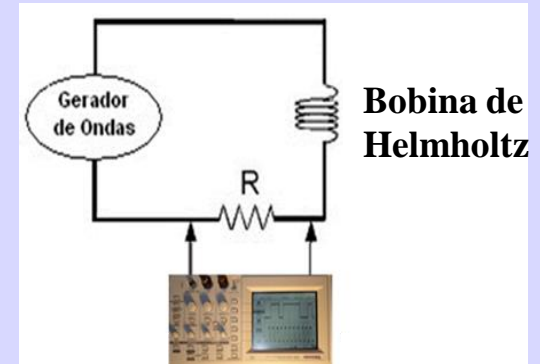
a – raio das espiras

Bobina de Helmholtz

Medidas

Inferir campo a partir V_{pp}^{sensor}

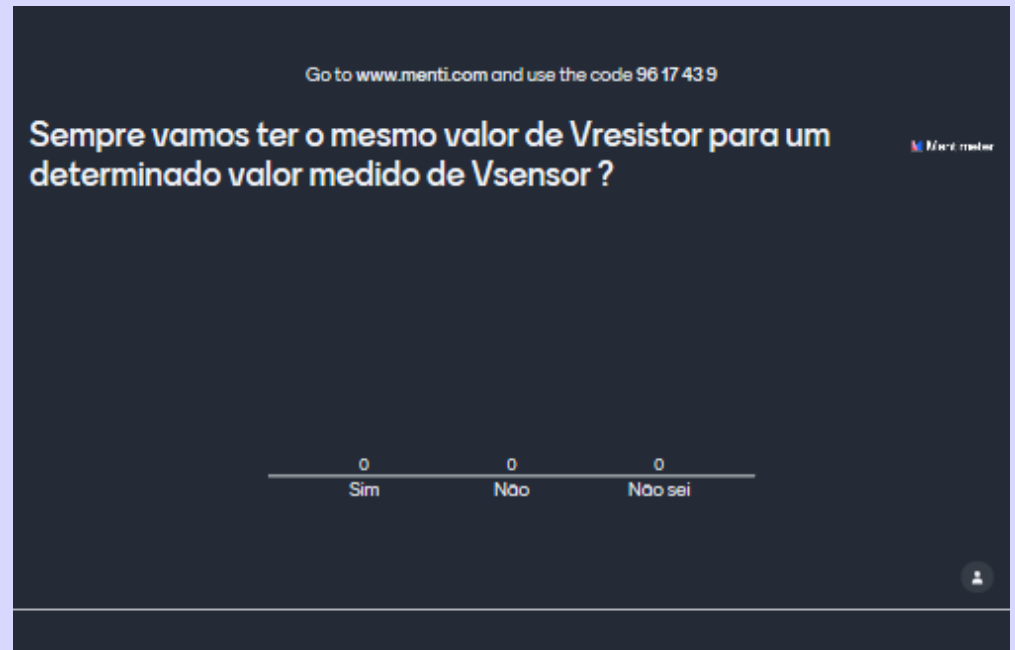
Mesma frequência



Experimental

$$V_{\text{sonda}} \rightarrow B_z$$

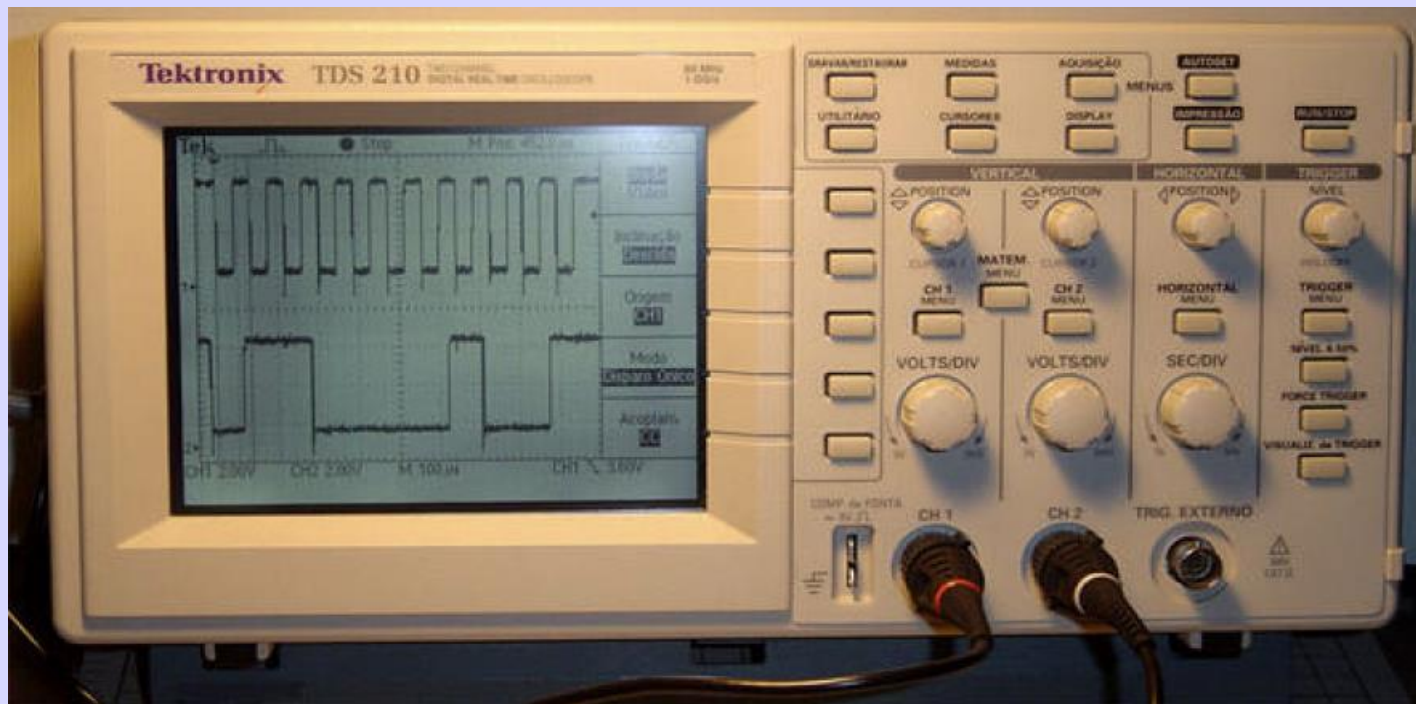
$$B_z \rightarrow I_{\text{Helm}} = I_R \rightarrow V_R$$



Osciloscópio

Amostragem de tensão em função do tempo

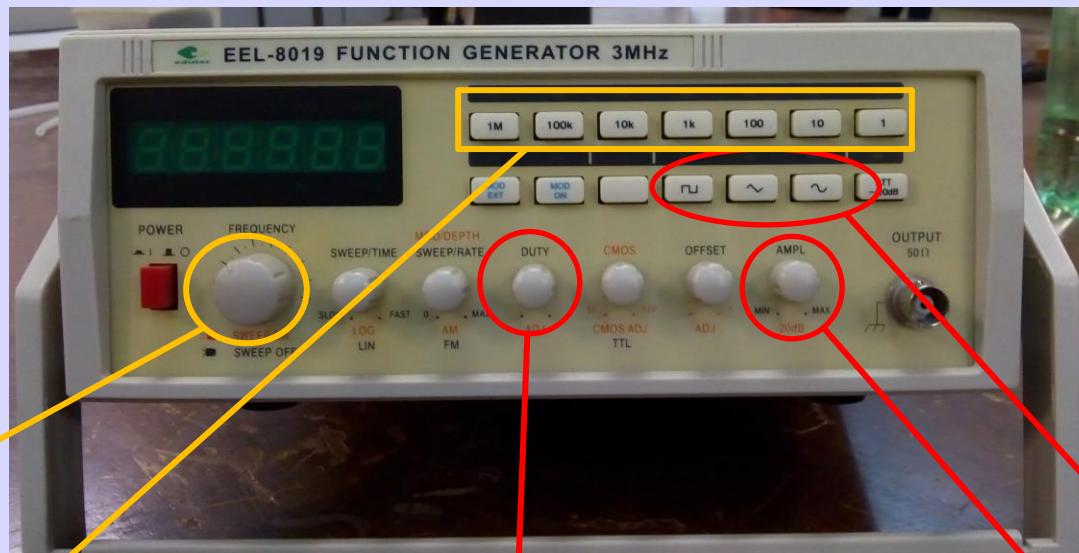
Usualmente medidas para tempos pequenos (seg a nseg)



Gerador de onda

Estudar decaimento para tempo pequeno

Carregar e descarregar em alta frequência (kHz)



Ajuste
Frequência

Intervalo

Relação tempo on x tempo off

Altura do sinal de saída

Forma da função

Atividades

Etapa 1

Estudar parâmetros para sonda

Estudar dependência de parâmetros para o fluxo

Calcular B conhecido para solenoide longo

Etapa 2

Calibração sonda

Tabela tensão resistor x tensão na sonda (V_{pp})

Determinar parâmetros α , β entre tensão e campo magnético

Etapa 3

Avaliar campo magnético em bobina de Helmholtz

Avaliar tensão no resistor do circuito