

Nome:

Matrícula:

1ª Prova - Experimental II - 2016/01

Questão 1)[3,3] No experimento de descarga de um capacitor, ligado em série com um resistor de $R = 100000\Omega$, obteve-se a corrente no circuito em função do tempo como na tabela ao lado.

(a) Considerado a equação que expressa a corrente em função do tempo no processo de descarga de um circuito RC , linearize a equação, esboce o gráfico e calcule a constante de tempo $\tau = RC$;

(b) Calcule a capacitância C ;

(c) Qual o significado física da constante de tempo $\tau = RC$?

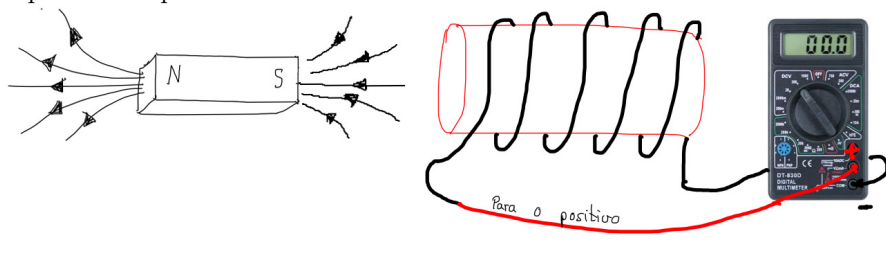
OBS: Desconsiderar os erros experimentais envolvidos nas medições. ($C = 1500\mu F$)

I (Amperes $\times 10^{-6}$)	Tempo (seg)
198,7	1
187,2	10
163,7	30
134,0	60
110,0	90
89,9	120
73,6	150
60,2	180
49,3	210

Questão 2)[3,4] Na Figura abaixo está representado o experimento que trata da lei de indução de Faraday, dada por $\epsilon = -d\Phi_B/dt$. Observando a forma como o fio da bobina foi enrolado ao redor do núcleo cilíndrico e também que o lado esquerdo da bobina está ligado no terminal positivo do voltímetro, (a) represente, na figura, qual será o sentido da corrente pelo fio condutor; (b) O voltímetro medirá um valor positivo ou negativo?

OBS: considere que o ímã está se afastando da bobina.

Justifique suas respostas.



Questão 3)[3,3] Na tabela abaixo estão apresentados os dados obtidos em um experimento de capacitância em função da distância entre as placas de um capacitor de placas paralelas. Utilize estes dados para obter a permissividade do meio entre as placas.

Obs: A placas possuem área $A \pm \Delta A = (9,00 \pm 0,01) \times 10^{-4} m^2$. A capacitância é dada por $C = \epsilon_0 A/d$

C (Farad $\cdot 10^{-12}$)	ΔC (incerteza $\cdot 10^{-12}$)	$1/d \cdot 10^3$	$\Delta(1/d) \cdot 10^3$
0,10	0,08	1,4	0,2
6,50	0,08	0,80	0,07
4,00	0,08	0,60	0,05
3,50	0,08	0,45	0,03
2,35	0,08	0,30	0,02

Questão 1) $I(t) = I_0 e^{-t/RC}$

Linearizando:

$$\underbrace{\ln(I(t))}_{y(t)} = \underbrace{\ln(I_0)}_b - \underbrace{\frac{1}{RC}}_a \cdot \underbrace{t}_t$$

$$\Rightarrow y(t) = at + b$$

Vamos então elaborar o gráfico $y(t)$.

$y(t) = \ln[I(t)]$	t
- 8,524 ...	1
- 8,583 ...	10
- 8,717 ...	30
- 8,918 ...	60
- 9,115 ...	90
- 9,317 ...	120
- 9,517 ...	150
- 9,718 ...	180
- 9,918	210

Obs: As correntes estão em $A \times 10^{-6}$

$$\Rightarrow \ln(0,0001987) \approx -8,524, \text{ etc...}$$

Vamos acomodar estes dados no gráfico em anexo.

O eixo y está com valores negativos; vou escolher a origem do y acima dos limites do gráfico.

Obs: A escolha é particular. Existem outras formas boas.

Quero acomodar a faixa $-9,918 - (-8,524)$ sobre 45 divisões.

$$\Rightarrow \frac{-9,918 + 8,524}{45} \cong -0,031 \text{ } \ln(A) / \text{div}$$

Vou escolher $-8,500$ como origem na parte superior.

também vou aumentar a escala para $0,032 \text{ } \ln(A) / \text{div}$, pois $0,031$ não permite cobertura total (o último ponto ficaria fora do gráfico).



Os pontos experimentais ficarão nas divisões:

$$P_{y_1} \Rightarrow 8,500 + 0,032 \times (N^\circ \text{ div})_1 = 8,524$$

$$(N^\circ \text{ div})_1 = \frac{8,524 - 8,500}{0,032} \simeq 0,75 \text{ divisões}$$

negativas.
"marcado no gráfico com *"

Analogamente para os demais $(N^\circ \text{ div})_2 = \frac{8,583 - 8,500}{0,032} \simeq 2,60 \text{ divisões}$

$$(N^\circ \text{ div})_3 = \frac{8,717 - 8,500}{0,032} \simeq 6,78 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_4 = \frac{8,918 - 8,500}{0,032} \simeq 13,1 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_5 = \frac{9,115 - 8,500}{0,032} \simeq 19,2 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_6 = \frac{9,317 - 8,500}{0,032} \simeq 25,5 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_7 = \frac{9,517 - 8,500}{0,032} \simeq 31,8 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_8 = \frac{9,718 - 8,500}{0,032} \simeq 38,1 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_9 = \frac{9,918 - 8,500}{0,032} \simeq 44,3 \text{ divs}$$

Marcar estes pontos nas divisões y (negativas) com o símbolo *.

Vamos agora acomodar os dados no eixo horizontal. Neste caso, olhando a tabela fica claro que podemos colocar zero na origem.

Cálculo da escala: $\Rightarrow \text{escala} \simeq \frac{210 \text{ s}}{60 \text{ divs}} \simeq 3,5 \text{ s/div}$

Com esta escala o último ponto ficará na última divisão exatamente. Como não temos barra de incertezas a considerar $\Rightarrow$ isso não é um problema.

Posicionamento dos pontos:

$$Px_1: 0 + 3,5 \times (N^\circ \text{ div})_1 = 1 \quad \Rightarrow \quad (N^\circ \text{ div})_1 = \frac{1}{3,5} \simeq 0,3 \text{ divs}$$

Analogamente

$$\Rightarrow (N^\circ \text{ div})_2 = \frac{10}{3,5} \simeq 2,9 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_3 = \frac{30}{3,5} \simeq 8,6 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_4 = \frac{60}{3,5} \simeq 17,1 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_5 = \frac{90}{3,5} \simeq 25,7 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_6 = \frac{120}{3,5} \simeq 34,3 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_7 = \frac{150}{3,5} \simeq 42,8 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_8 = \frac{180}{3,5} \simeq 51,4 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div})_9 = \frac{210}{3,5} \simeq 60,0 \text{ divs}$$

Vou marcar com o símbolo *

$\Rightarrow$ Cálculo do coeficiente angular: Escolhi (escolha pessoal) os pontos $\curvearrowright$

$$P_A \rightarrow (2,0, -2,0)$$

$\uparrow$ divisões em y
 $\rightarrow$ divisões em x

$$\text{e } P_B \rightarrow (60,0, -44,5)$$

$$\Rightarrow m = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{-44,5 - (-2,0)}{60,0 - 2,0} \simeq -0,73$$

$$\underline{\underline{m \simeq -0,73}}$$

Obs: Resultado considerando apenas divisões do gráfico. Inserindo os fatores de escalas de 0,032 para Δy e 3,5 para Δx





$$m \cong -0,73 \times \frac{0,032}{3,5}$$

$$m \cong -6,7 \times 10^{-3} \text{ ln}(t)/s$$

Mas $m = -\frac{1}{RC}$

$$C = -\frac{1}{R \cdot m}$$

$$\Rightarrow C \cong -\frac{1}{100000 \times (-) 6,7 \times 10^{-3}}$$

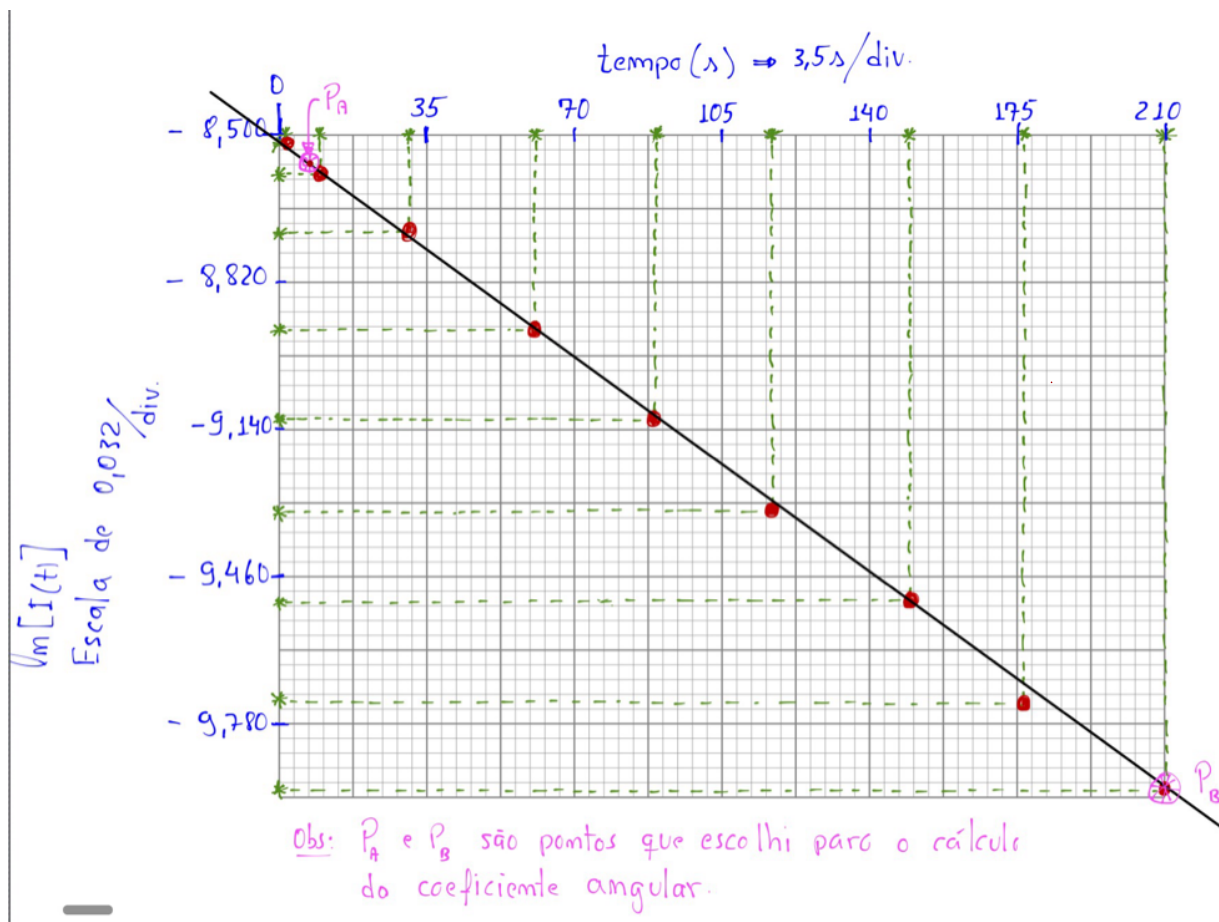
$$C \cong +\frac{1}{6,7 \times 10^2}$$

$$C \cong 0,1493 \times 10^{-2} \text{ F}$$

$$C \cong 1493 \mu\text{F}$$

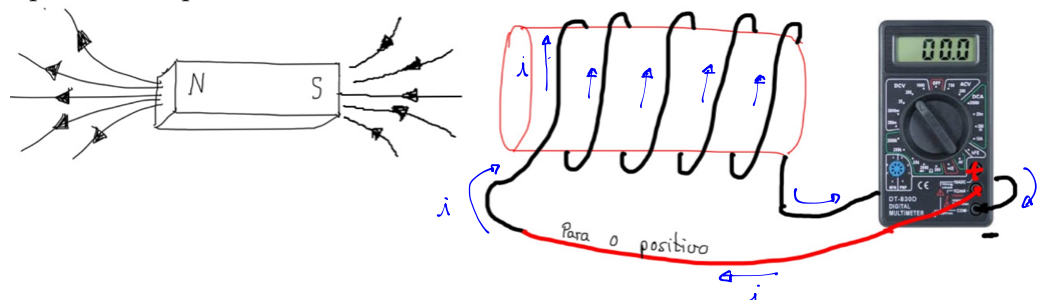
Obs: Valor próximo ao do capacitor utilizado.

Obs: Valor aproximado pois trata-se de um tratamento que se utiliza de vários pontos experimentais, ou seja, é um valor estatístico/gráfico.



- Questão 2) (a) Imã afastando $\Rightarrow$ o campo induzido será no sentido de manter (tentar) o fluxo. Logo, pela regra da mão direita, o sentido será o representado na figura abaixo.

Escreva suas respostas.



- (b) Note que a bobina funciona como se fosse uma pilha cujo polo positivo está ligado no terminal negativo do voltímetro. Medirá, portanto, um valor negativo.

Questão 3) $C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \Rightarrow C = \epsilon_0 A \times \frac{1}{d}$

linearizando: $x \equiv 1/d$

$\Rightarrow C(x) = \epsilon_0 A x$

A tabela já está linearizada.

Acomodação de C no eixo vertical. Lembrar que teremos que acomodar também as barras de incertezas.

Obs: Nota-se que o ponto $C=0,10$ não segue a tendência esperada (menor d de C veria dar o maior C). Pode ser um erro na coleta de dados ou de digitação. Voto por desconsiderar este ponto.

A escala exata seria:

Escala $y = \frac{6,50 - 2,35}{45 \text{ div.}} \approx 0,092$ "Vou arredondar para $0,1 / \text{div.}$ "

É adequado verificar onde ficarão o primeiro e o último pontos - para ver se estão bem distribuídos - e também se cabem as barras de incerteza.

Vou colocar 2,20 na origem. Os pontos ficariam em

$P_{y_1} \Rightarrow 2,20 + 0,1 \times (N^\circ \text{ div.})_1 = 2,35$

$$(N^\circ \text{ div.})_1 = \frac{2,35 - 2,20}{0,1} \approx 1,5 \text{ divs}$$

demais pontos: $(N^\circ \text{ div.})_2 = \frac{3,50 - 2,20}{0,1} \approx 13 \text{ divs}$

$$(N^\circ \text{ div.})_3 = \frac{4,00 - 2,20}{0,1} \approx 18 \text{ divs}$$

$$(N^\circ \text{ div.})_4 = \frac{6,50 - 2,20}{0,1} \approx 43 \text{ divs}$$

As incertezas serão de $\frac{0,08}{0,1} \approx 0,8 \text{ div.}$ "menos de uma, ruim de marcar".

Acomodação de $\frac{1}{d}$ no eixo horizontal.

Escala exata seria: $\frac{0,80 - 0,30}{60 \text{ div.}} \approx 0,0083 \Rightarrow$ Vou arredondar para $0,01/\text{div.}$

Note que com essa escala a maior incerteza ($\pm 0,07$) precisaria de $\pm \frac{0,07}{0,01} = 7 \text{ divs.}$
O último ponto ficaria em:

Considerando $0,25$ na origem: $\Rightarrow Px_4 = \frac{0,80 - 0,25}{0,01} \approx 55 \text{ divisões}$

$\Rightarrow$ Não sobrou espaço para a barra de incerteza com 7 div. Vou aumentar a escala para $0,0125/\text{div.}$

$\Rightarrow$ incerteza maior $\Rightarrow \frac{0,07}{0,0125} = 5,6 \text{ divs.}$

$\Rightarrow$ O último ponto estará em $Px_4 = \frac{0,80 - 0,25}{0,0125} \approx 44 \text{ divs}$ OK!

Os pontos e suas diferentes incertezas serão:

$$Px_1 = \frac{0,30 - 0,25}{0,0125} \approx 4 \text{ divs} \quad \text{com} \quad \Delta x_1 = \frac{0,02}{0,0125} \approx 1,6 \text{ divs}$$

$$Px_2 = \frac{0,45 - 0,25}{0,0125} \approx 16 \text{ divs} \quad \text{com} \quad \Delta x_2 = \frac{0,03}{0,0125} \approx 2,4 \text{ divs}$$

$$Px_3 = \frac{0,60 - 0,25}{0,0125} \approx 28 \text{ divs} \quad \text{com} \quad \Delta x_3 = \frac{0,05}{0,0125} \approx 4 \text{ divs}$$

$$Px_4 = \frac{0,80 - 0,25}{0,0125} = 44 \text{ divs} \quad \text{com} \quad \Delta x_4 = \frac{0,07}{0,0125} \approx 5,6 \text{ divs}$$

Marcar no eixo x com *

No gráfico estão explicitados os pontos P_A e P_B para obtenção do coeficiente angular da reta média; também os pontos P_1 , P_2 , P_3 e P_4 para o cálculo da incerteza.

Obs: Vou fazer os cálculos em função das divisões e depois multiplicar pelos fatores de escala:

$$\Rightarrow m = \frac{Y_{PB} - Y_{PA}}{X_{PB} - X_{PA}} = \frac{44,5 - 2,5}{55,0 - 5,0} \simeq 0,84 \text{ div } y / \text{div } x$$

$$m_{\max} = \frac{45,0 - 2,0}{49,0 - 8,0} \simeq 1,05 \text{ div. } y / \text{div. } x$$

$$m_{\min} = \frac{44,0 - 5,0}{55,0 - 5,0} \simeq 0,78 \text{ div } y / \text{div } x$$

$$\Delta m = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{2} \simeq 0,135$$

$$\Rightarrow m \pm \Delta m = (0,84 \pm 0,135) \text{ div. } y / \text{div. } x$$

deixo para adequar no final

$\Rightarrow$ multiplicando pelos fatores de escalas:

$$\Rightarrow \begin{aligned} \varepsilon_m y &= 0,1 \times 10^{-12} \text{ F/div.} \\ \varepsilon_m x &= 0,0125 \times 10^3 / \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow m \pm \Delta m &= (0,84 \pm 0,135) \times \frac{0,1 \times 10^{-12}}{12,5} \text{ F} \cdot \text{m} \\ &= (0,00672 \pm 0,00108) \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$m \pm \Delta m = (6,7 \pm 0,1) \times 10^{-15} \text{ F} \cdot \text{m}$$

mas $m = \varepsilon_0 A \Rightarrow \varepsilon_0 = \frac{m}{A}$ com $A \pm \Delta A = (9,00 \pm 0,01) \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\Rightarrow \varepsilon_0 \pm \Delta \varepsilon_0 = \frac{m}{A} \pm \frac{m}{A} \left\{ \left| \frac{\Delta m}{m} \right| + \left| \frac{\Delta A}{A} \right| \right\}$$

$$\varepsilon_0 \pm \Delta \varepsilon_0 = \left[\frac{6,7}{9,00} \pm \frac{6,7}{9,00} \left\{ \frac{0,1}{6,7} + \frac{0,01}{9,00} \right\} \right] \times \frac{10^{-15}}{10^{-4}}$$

$$\epsilon_0 \pm \Delta\epsilon_0 = \left(0,744 \dots \pm 0,0119 \right) \times 10^{-11} \text{ F/m}$$

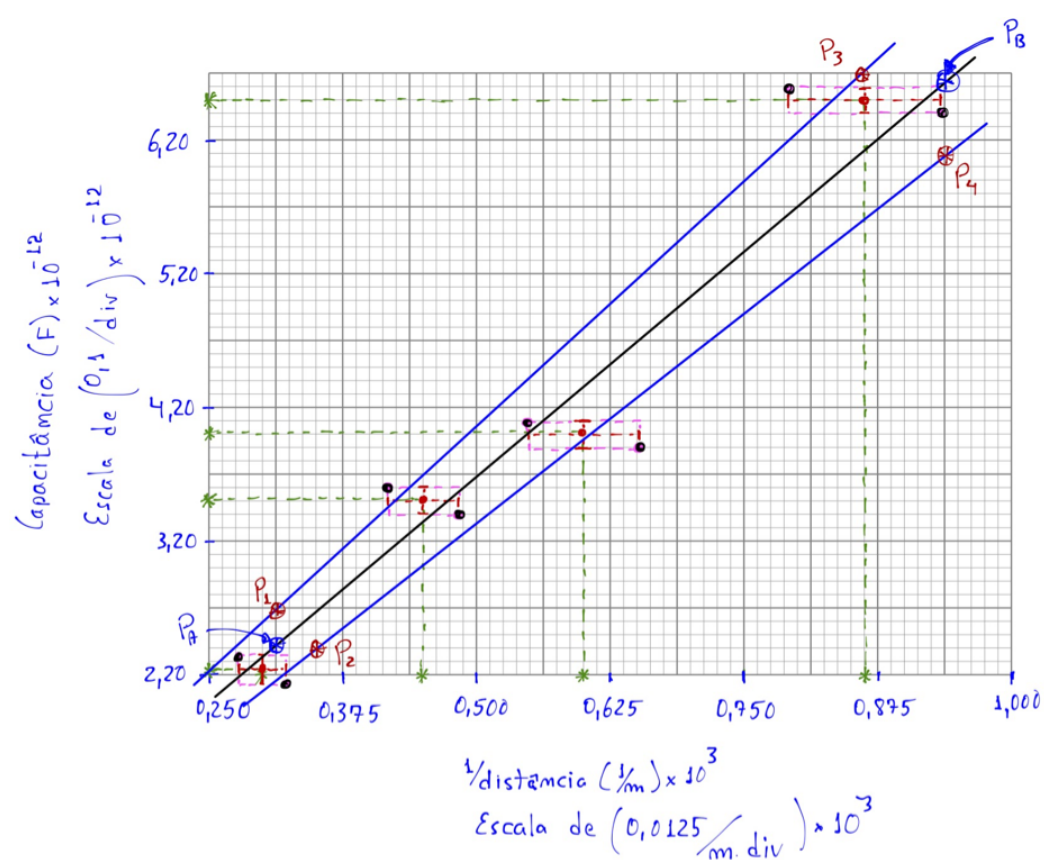
Adequando $0,0119 \rightarrow 0,01$

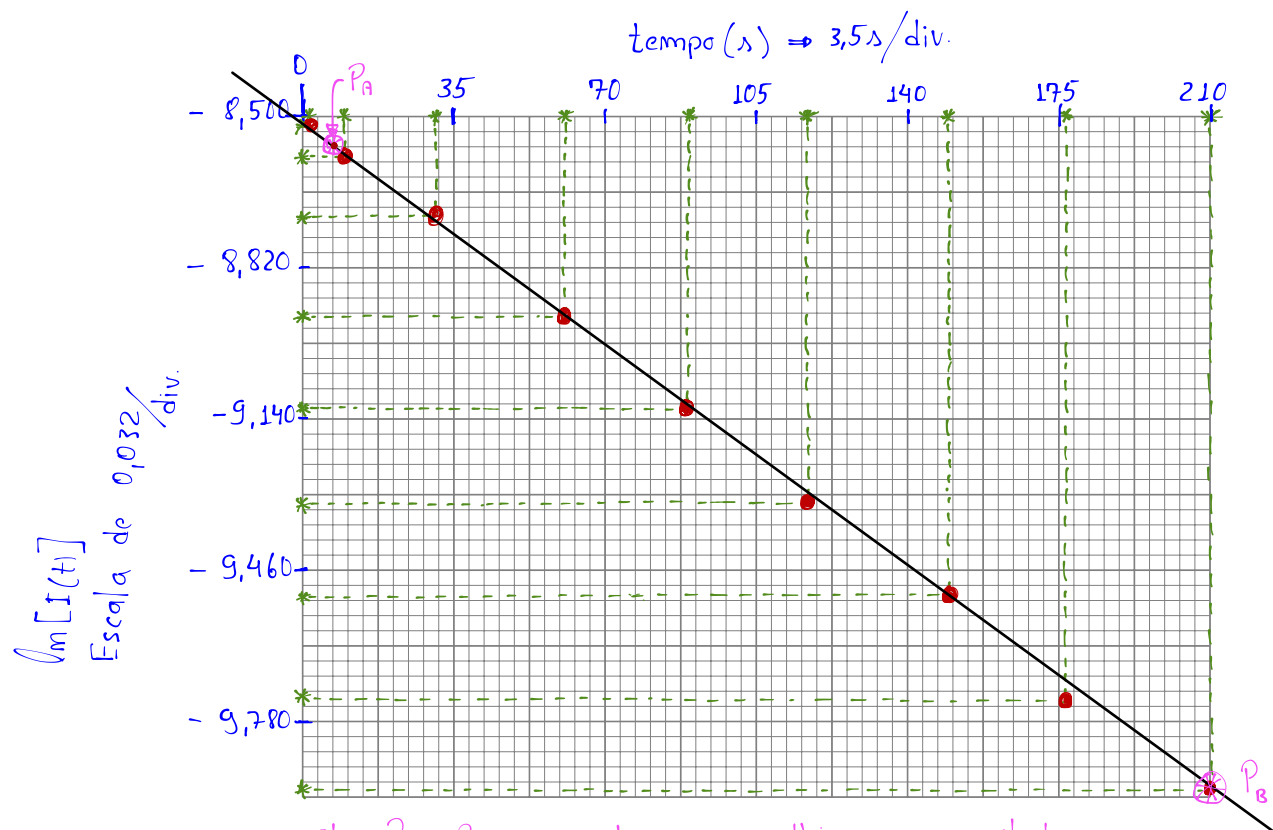
$$\epsilon_0 \pm \Delta\epsilon_0 = \left(0,74 \pm 0,01 \right) \times 10^{-11} \text{ F/m}$$

ou

$$\epsilon_0 \pm \Delta\epsilon_0 = \left(7,4 \pm 0,1 \right) \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

Obs: Algumas escolhas são pessoais; portanto, pequenas variações nos cálculos são aceitáveis.





Obs: P_A e P_B são pontos que escolhi para o cálculo do coeficiente angular.

