



**Departamento de eletrónica, telecomunicações e informática**

Curso 8327 – Licenciatura em Engenharia Aeroespacial

Disciplina 41482– Campo eletromagnético

Ano letivo 2022/2023

## **Relatório**

Trabalho Prático 2

Carga e Descarga de Condensadores

Autores:

Alexandre Silva                      107957

Diogo Ribeiro                        108217

Magner Gusse                        110180

Turma: PL5

Grupo: 2

Data: 7/3/2023

Docente: Manuel Valente

## Objetivos:

Observar no osciloscópio a carga e a descarga de um condensador

Demonstrar experimentalmente que os processos de carga e descarga são regidos por expressões exponenciais, de acordo com a lei das malhas

Medir tempos característicos  $\tau$  elevados e curtos

Obter experimentalmente o valor da capacidade C

## 1ª experiência

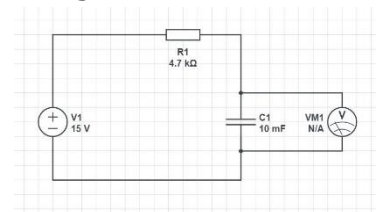
Nesta experiência foi utilizado um Condensador de  $C=10000\mu F$  e uma resistência de  $R=4,7k\Omega$ .

Tendo um tempo característico teórico,  $\tau = RC = 4,7K\Omega * 10000\mu F = 47S$

Tensão do sistema=  $15,13 \pm 0,01V$

Resistência medida=  $4,76 k\Omega$

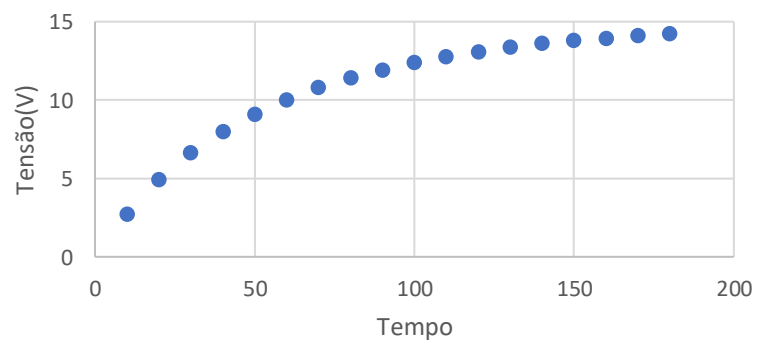
Erro absoluto de  $0,06K\Omega$



### CARGA

t(±0,01s)	V(±0,01V)	Ln((Vo-V)/Vo)
10	2.72	-0,20008
20	4.9	-0,39551
30	6.64	-0,58459
40	7.97	-0,75786
50	9.11	-0,93479
60	10.01	-1,10061
70	10.78	-1,26822
80	11.41	-1,4299
90	11.93	-1,58637
100	12.39	-1,7487
110	12.77	-1,90605
120	13.09	-2,06095
130	13.37	-2,21947
140	13.6	-2,37158
150	13.8	-2,52573
160	13.96	-2,66883
170	14.11	-2,82458
180	14.24	-2,98249

Grafico Tensão em função do Tempo - Carga



Para a linearização desta função:

$$V_{(t)} = V_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \Leftrightarrow \frac{V_{(t)} - V_0}{V_0} = -e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow \ln\left(\frac{V_0 - V_{(t)}}{V_0}\right) = -\frac{t}{\tau}$$

$$y = mx + b \text{ em que } y = \ln\left(\frac{V_0 - V_{(t)}}{V_0}\right) \text{ e } x = t \text{ e } m = -\frac{1}{\tau}$$

Obtendo o gráfico:

$$\Delta_m = 1,90 \times 10^{-4}$$

$$\Delta_\tau = \left| \frac{d_m}{d_\tau} \right| \times \Delta_m = \left| \frac{1}{m^2} \right| \times \Delta_m$$

$$\Delta_C = \left| \frac{1}{R} \right| \Delta_\tau + \left| \frac{\tau}{R^2} \right| \times \Delta_R$$

$$\Delta_\tau = 0,72s$$

$$\Delta_C = 2,18 \times 10^{-4}F$$

$$\text{Como } m = -\frac{1}{\tau}, \tau = -\frac{1}{-0,0163} = 61,35 S$$

Comparando com o  $\tau$  teórico:

$$e_r = \frac{|Valor\ te\acute{o}rico - valor\ experimental|}{|Valor\ te\acute{o}rico|} \times 100 = \frac{|47 - 61,35|}{|47|} \times 100 = 30,5\%$$

$$\tau = RC \Leftrightarrow C = \frac{\tau}{R} \Leftrightarrow C = \frac{61,35}{4760} = 1,29 \times 10^{-2}F$$

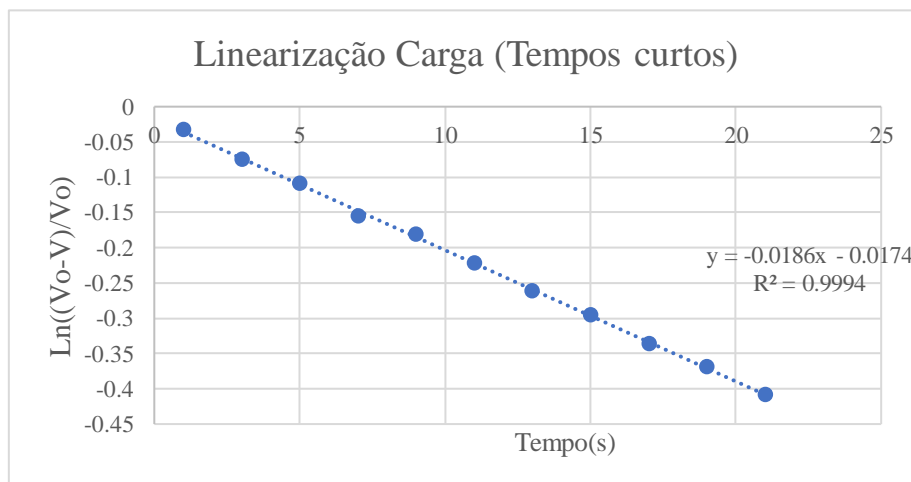
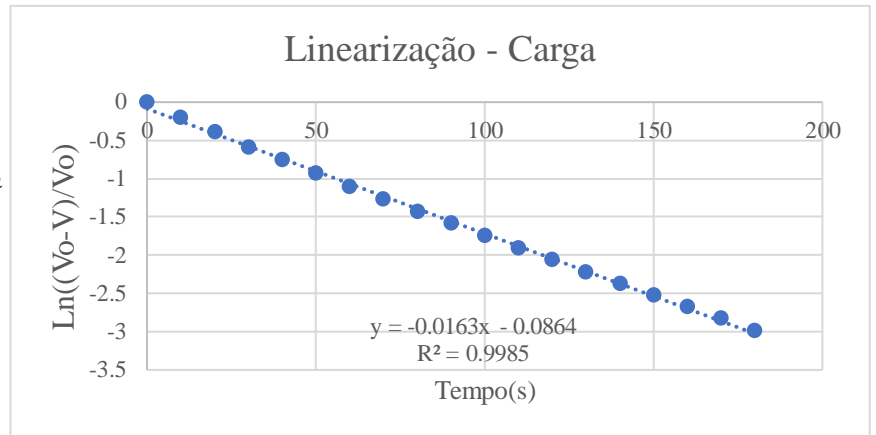
$$\Delta_C = C_{experimental} - C_{te\acute{o}rico} = 1,29 \times 10^{-2}F - 0,01F = 0,0029F$$

$$e_r = \frac{\Delta_C}{C_{te\acute{o}rico}} \times 100 = \frac{0,0029F}{0,01} \times 100 = 29\%$$

Assim sendo, após análise dos resultados e erros associados, pode-se concluir que para redução dos erros, devia-se usar intervalos de tempo mais curtos e mais pontos para uma linearização mais precisa. Ainda pode-se acrescentar que usando as medidas dos instantes iniciais, e fazendo o mesmo procedimento para os mesmos (Figura abaixo), reduz-se o erro para perto de 14%. No entanto, pode-se concluir que os resultados não são precisos uma vez que este erro supera os 10%.

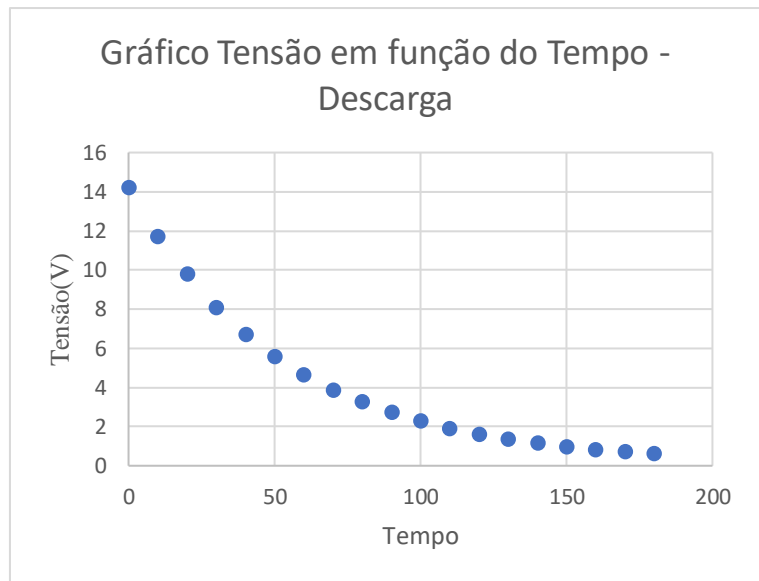
$$\text{Como: } m = -\frac{1}{\tau}; \quad \tau = -\frac{1}{-0,0186} = 53,76 S$$

$$e_r = \frac{|valor_{te\acute{o}rico} - valor_{experimental}|}{|Valor\ te\acute{o}rico|} \times 100 = \frac{|47 - 53,76|}{|47|} \times 100 = 14,38\%$$



## DESCARGA

t(±0,01s)	V(±0,01V)	Ln(V/V <sub>0</sub> )
0	14.24	-0,052
10	11.75	-0,2442
20	9.8	-0,42566
30	8.1	-0,61618
40	6.75	-0,79850
50	5.61	-0,9835
60	4.66	-1,16903
70	3.9	-1,34707
80	3.27	-1,52326
90	2.74	-1,70009
100	2.29	-1,8795
110	1.93	-2,05053
120	1.634	-2,21702
130	1.378	-2,38742
140	1.172	-2,54934
150	0.999	-2,70905
160	0.851	-2,86939
170	0.73	-3,02276
180	0.625	-3,17805

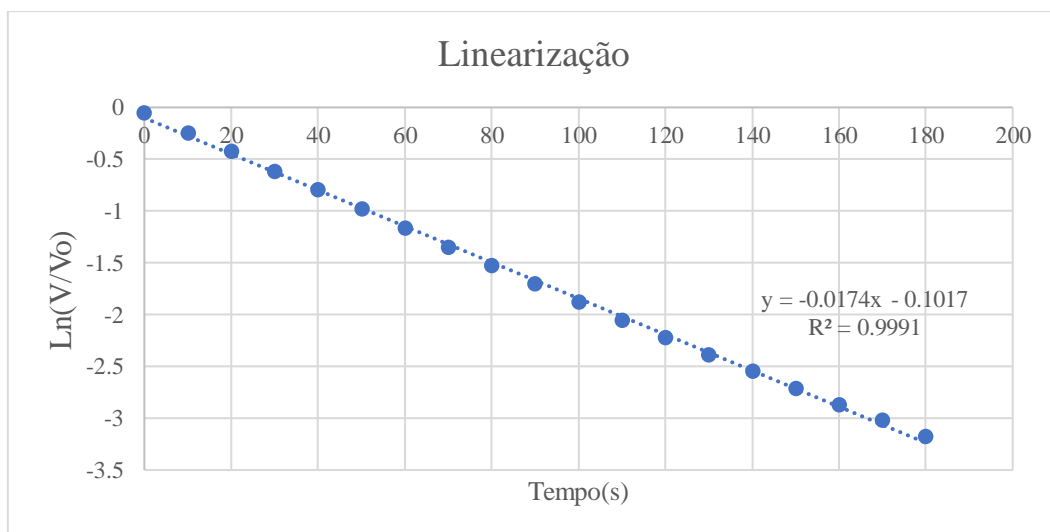


Para a descarga temos:

$$V(t) = V_0 \cdot \left( e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \Leftrightarrow \frac{V(t)}{V_0} = e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow \ln \left( \frac{V(t)}{V_0} \right) = -\frac{t}{\tau}$$

$$y = mx + b \text{ em que } y = \ln \left( \frac{V(t)}{V_0} \right) \text{ e } x = t \text{ e } m = -\frac{1}{\tau}$$

Obtendo o gráfico:



Como:  $m = -\frac{1}{\tau}; \quad \tau = -\frac{1}{-0,0174} = 57,47 \text{ S}$

Comparando com o  $\tau$  teórico:

$$e_r = \frac{|Valor\ te\acute{o}rico - valor\ experimental|}{|Valor\ te\acute{o}rico|} \times 100 = \frac{|47 - 57,47|}{|47|} \times 100 = 22,3\%$$

$$\tau = RC \Leftrightarrow C = \frac{\tau}{R} \Leftrightarrow C = \frac{57,47}{4760} = 1,21 \times 10^{-2}F$$

$$\Delta_C = C_{experimental} - C_{te\acute{o}rico} = 1,21 \times 10^{-2}F - 0,01F = 0,0021F$$

$$e_r = \frac{\Delta_C}{C_{te\acute{o}rico}} \times 100 = \frac{0,0021F}{0,01} \times 100 = 21\%$$

Comparando com os dados da carga, verificamos que temos menos erros neste, apesar de termos usado o mesmo intervalo de tempo, uma das causas deve ter sido a medição não precisa da tensão a cada 10 segundos, para melhorar os resultados poderíamos diminuir o intervalo de tempo entre cada medição da tensão e aumentar o tempo total de medição da tensão. Contudo, pode-se dizer ainda que os resultados apresentados não são precisos visto que tem um erro associado maior que 10%.

Tempo de semi-vida teórico:

$$V = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow V = \frac{V_0}{2} \Rightarrow \frac{V_0}{2} = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow \ln(2) = \frac{t}{\tau} \Leftrightarrow t = \ln(2) \times \tau$$

Tempo de semi-vida experimental= Tempo para carregar 50% do condensador= 36s

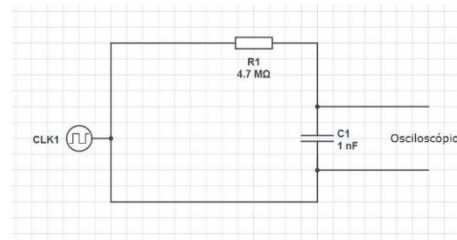
$$\frac{\text{Tempo de semi-vida}}{\text{Tempo caracteristico}} = \frac{36}{47} = 0,766$$

Erro:

$$e_r = \frac{|valor_{te\acute{o}rico} - valor_{experimental}|}{|Valor\ te\acute{o}rico|} \times 100 = \left| \frac{\ln(2) - 0,766}{\ln(2)} \right| \times 100 = 10\%$$

## 2ª Experiência

O objetivo desta experiência era medir o tempo de semi-vida dos condensadores a disposição e para tal foram utilizados: uma resistência de  $4,7M\Omega$  e um condensador de 1nF, montados conforme ilustra a figura.



Os resultados obtidos foram:

$$\text{Tempo de semi-vida} = |-39,2ms - (-42,8ms)| = 3,6ms$$

$$\tau = \frac{t}{\ln 2} = 5,19\ ms$$

$$\tau = RC \rightarrow C = \frac{\tau}{R} = 2,60 \times \frac{10^{-3}}{4,7 \times 10^6} = 1,11 \times 10^{-9}F$$



$$e_r = \frac{|valor_{teórico} - valor_{experimental}|}{|Valor\ teórico|} \times 100 = \left| \frac{1 - 1,11}{1} \right| \times 100 = 11\%$$

Nesta situação, pode-se verificar que apesar do erro ser superior a 10% e consequentemente não precisos, para melhoria desta situação o ajuste manual do osciloscópio e a retirada de valores exatos no mesmo aproximava-nos dos resultados teóricos.

### **Questão**

Face aos resultados de precisão obtidos nas duas experiências, por análise dos mesmos pode-se concluir que pela medida dos tempos de semi-vida, obtém-se valores de maior proximidade com os reais, uma vez que os valores são retirados do osciloscópio e na linearização usa-se valores pontuais de tensão em função do tempo. Em suma, a apesar de não ter sido precisa, a segunda experiência tem mais chances de estar mais próximas dos valores reais.

### **Conclusão**

Após a apresentação dos dados, análise dos mesmos e dos erros associados, pode-se concluir que alcançamos os objetivos propostos para a atividade laboratorial, tendo em conta os erros que apesar de serem maiores do que previamente esperados, foram apresentadas as razões para os mesmos e apresentadas propostas de soluções e melhorias possíveis.