

OBS: Não tem 20 porque a conclusão é ENORME (!)... desnecessariamente!

Log Book individual

T4A - Cabo coaxial

19.8

→ Objetivos

1. Estudo da amplitude do impulso refletido, em função da impedância da carga ligada à linha coaxial, $V_r(z_L)$.

• Determinar a impedância da carga ligada à linha, $z_L = z_c$, para o qual a amplitude do impulso refletido $V_r(z_L) = 0$.

• Mostrar que em linha aberta ($z_L \rightarrow \infty$), $\Gamma_L = 1$.

• Mostrar que em curto circuito ($z_L = 0$), $\Gamma_L = -1$. Tensão inverte o sinal, mas a corrente não.

2. Determinação da constante de atenuação α e da velocidade v de propagação da fase na linha coaxial.

• Determinar α , a partir das amplitudes V_m de uma sequência de n impulsos refletidos e das correspondentes distâncias d percorridas pelo sinal.

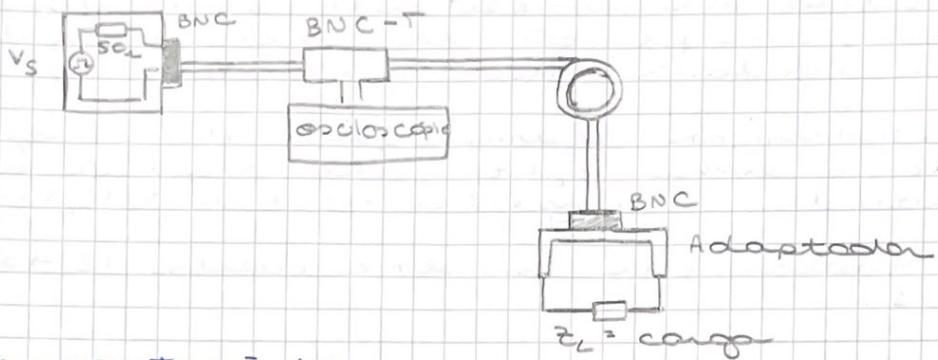
• Registando os instantes t_n a que ocorrem as amplitudes V_m , calcular v a partir de $V_n(t)$.

3. Determinar a velocidade de propagação do sinal v numa linha coaxial, variando a frequência do sinal à entrada.

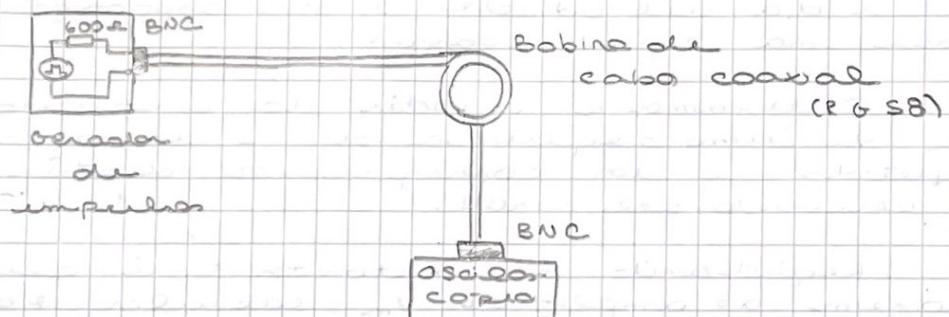
• Variando f do sinal à entrada entre 100 Hz e 10 MHz e registando a diferença de fase entre o sinal de entrada e o sinal refletido, calcular a velocidade de propagação do sinal na linha coaxial (v).

→ Montagem experimental

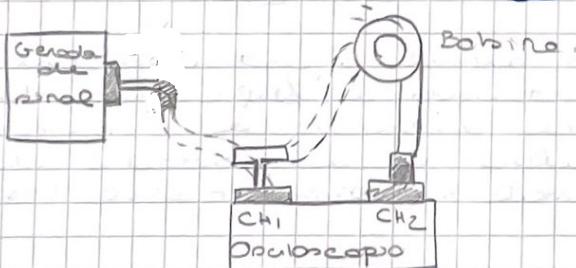
a) Estudo da amplitude do impulso refletido, em função da impedância da carga ligada à linha coaxial, $V_r(z_L)$.



b) Cálculo do coeficiente de atenuação da linha coaxial (b)



c) Determinação da velocidade de propagação do sinal na linha coaxial, variando a frequência do sinal à entrada.



→ Execução experimental.

Para (a)

Para que não haja reflexão de impulsos no gerador devemos usar $Z_{in\ (gerador)} = 50 \Omega$

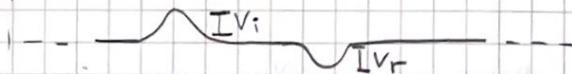
↓
e como se o gerador se tratasse do mesmo impedimento que o caso

O que registrei:

- Varia Z_L numa gama $\sim [0, 100] \Omega$, garantindo densidade suficiente de pontos para de $Z_C = 50 \Omega$.

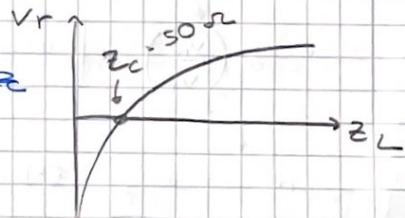
↳ Registar para cada Z_L , a amplitude do sinal refletido no osciloscópio (V_r).

no osciloscópio observa-se



- Trazar gráfico $V_r(Z_L)$

↳ obter Z_C , ou seja, a abscissa onde $V_r(Z_L)$ ajuste interseca o eixo dos abscissas.



- Registar o observado para:

→ Caso circuito aberto ($Z_L = \infty$)

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_0 - Z_C}{Z_0 + Z_C} = 1$$

→ Caso curto circuito ($Z_L = 0$)

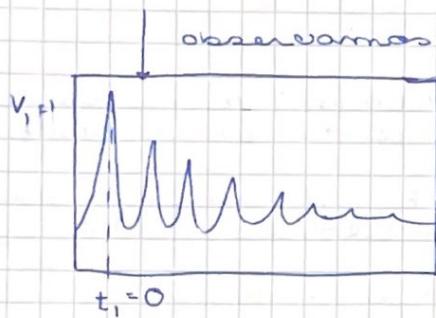
↳ verificou

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_0 - Z_C}{Z_0 + Z_C} = -1$$

Para (b) \rightarrow constante de atenuação, α , e velocidade de propagação de fase, v .

$\Delta R_{in} = 600 \Omega$ para não haver reflexão à entrada do osciloscópio.

- Recuperar os círculos do osciloscópio para registrar valor de pico (V_i, t) em função da amplitude e instante do 1º pico. \rightarrow definir $\frac{V_i, 1}{t_i, 1 = 0}$



registrar $\frac{V_n}{V_i}$

$$\frac{V_{i+1}}{V_i} = \Gamma e^{-\alpha \Delta t} \quad (\text{atenuação})$$

$$\log \left(\frac{V_n}{V_i} \right) = [\log(\Gamma) - \alpha \Delta t] m \quad \text{m: impulso}$$

$$m = \log(\Gamma) - \alpha \Delta t$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\log(\Gamma) - m}{\Delta t}$$

Sabemos que:

$$\Gamma \approx 0,846$$



- Calcular a velocidade de propagação

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{2l}{t_{i+1} - t_i} \Delta t$$

$$\hookrightarrow v = \frac{(2m\Delta t)}{t_m}, m > 1$$

$$\Rightarrow \frac{d}{t_m} = t_m \times v \quad \begin{aligned} \text{declive} \\ (2m\Delta t) \end{aligned} \quad \begin{aligned} v(t_m) = u(m) \\ \frac{2m\Delta t}{t_m} = d \end{aligned}$$

- Os valores obtidos são sempre maiores que o real devido ao efeito de ressonância. A contribuição de ressonância é proporcional ao tempo de apresentação da reflexão.



$$\bullet u(\text{len}(V_n)) = \frac{u(V_n)}{V_n}$$

$$\bullet u^2(\omega) = \left(\frac{\partial \omega}{\partial T}\right)^2 \cdot u(T)^2 + \left(\frac{\partial \omega}{\partial m}\right)^2 u^2(m) + \left(\frac{\partial \omega}{\partial l}\right) u^2(l)$$

$$\Rightarrow \sqrt{\left(\frac{1}{2 \cdot e \cdot n}\right)^2 \cdot u^2(n)^2 + \left(-\frac{1}{2e}\right)^2 \cdot u^2(m)} \quad \begin{matrix} \\ \text{não se soma} \\ u(l) \end{matrix}$$

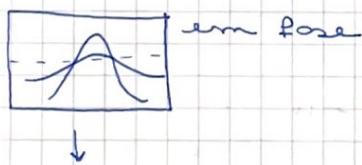
$$u(\omega) = u(m)$$

Valor de referência da re $\mu \approx \mu_0$, E (paletílico) $\approx 2,3 E_0$

$$\hookrightarrow |\omega| = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_\mu}} = \frac{1}{\sqrt{2,3 \epsilon_0 \mu_0}} \approx 1,978 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Parte C → velocidade da propagação do sinal, varanda.

Varia f do sinal → registra diferença de fase, Φ , entre os sinais



$$\omega = \frac{2\pi l}{\lambda} \cdot f \Rightarrow \Phi(f) = \frac{2\pi l}{\omega} \cdot f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi l}$$

$$m = \frac{\omega}{2\pi l} \Rightarrow \omega = m \cdot 2\pi l \quad \begin{matrix} \text{decreve (m)} \\ \curvearrowleft \end{matrix}$$



$$\bullet u^2(\omega) = \left(\frac{\partial \omega}{\partial m}\right)^2 u^2(m) \Rightarrow u(\omega) = \sqrt{(2\pi l)^2 u^2(m)}$$

Nota: $\omega = 0 \Rightarrow \Phi = 0$ (em fase)

• $\Phi = \pi \rightarrow$ antifase

• $\Phi = 2\pi \rightarrow$ em fase

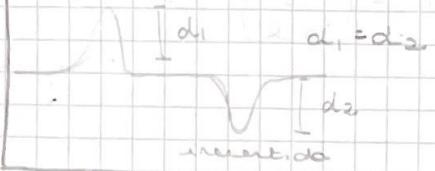
② AC (cierre) \rightarrow reverb (16%)
 ③ Agua seca

Resumo exp:

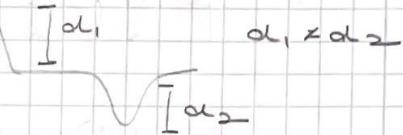
Para $Z_L = 0$

especie de onda

incidente



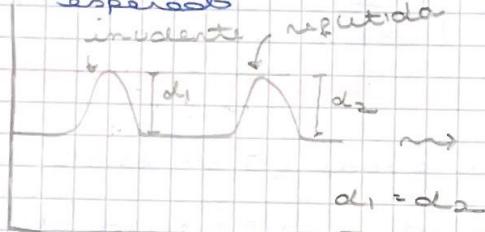
observado



Para $Z_L \rightarrow \infty$

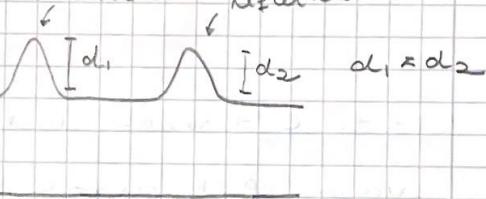
especie de onda

incidente refletida



observado

incidente refletida

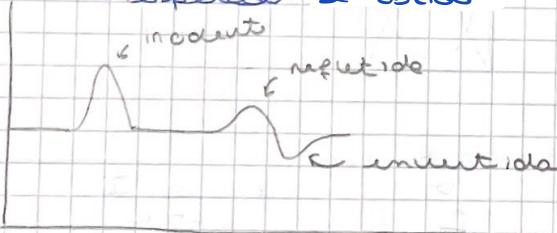


Para Z_L intermedio

especie de onda

incidente

refletida



que se superponen

Análise de dados:

- Parte a)** - Estudos da amplitude do reflexo em função da impedância da carga.

- Circuito aberto ($Z_L \rightarrow \infty$)

O adaptador não está inserido na caixa de resistências

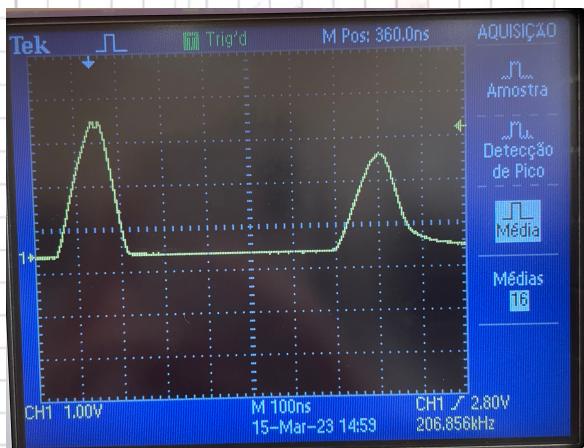


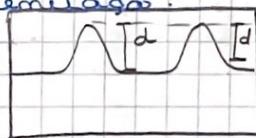
Figura 1

• O sinal refletido tem apenas amplitude positiva

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \times 1$$

pois $|V_r| < |V_i|$.

• O sinal refletido já percorreu uma distância maior, logo já sofreu attenuação.



✓ esperado

Num caso ideal deveríamos observar $V_r = V$

- Cinto - Circuito ($Z_L = 0$)

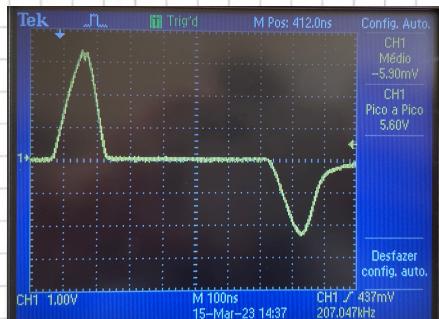


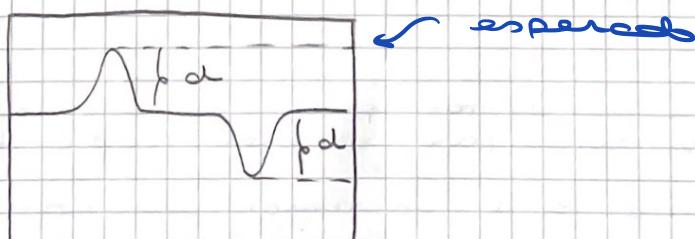
Figura 2

• Selecionamos $Z_L = 0$ na caixa de resistências.

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \times -1, \text{ deve-se à mesma razão.}$$

• O sinal negativo tem amplitude menor.

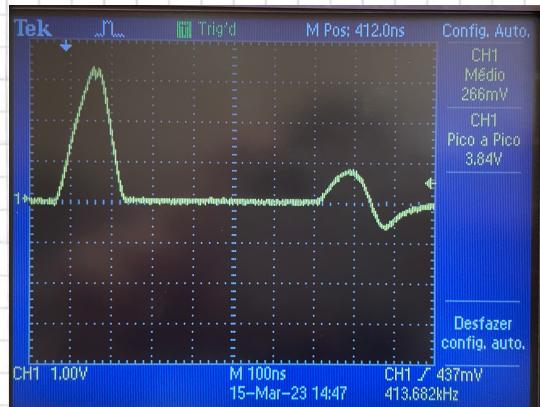
Num caso ideal deveríamos observar $V_r = -V$



✓ esperado

- Variando Z_L

Variaremos a impedância da carga ligada ao cabo coaxial.



$$• V_n = |V_{n\max}| - |V_{n\min}|$$

$$= V_{n\max} + V_{n\min} \quad (V_{n\min} < 0)$$

$$\Rightarrow u(V_n) = \sqrt{u(V_{n\max})^2 + u(V_{n\min})^2}$$

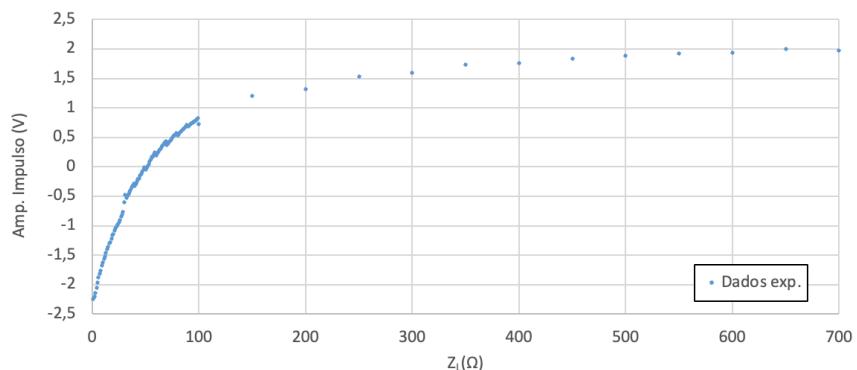
Figura 3

para determinar V_n max coloçamos o cursor à no topo do endo e o cursor à no pico da oscilação nega positiva. Repetimos o mesmo procedimento para registar V_n min , coloçando desta vez o cursor à no pico negativo da derreta.

Finalmente variaremos a gama experimental $[0, 700]$ e V_n a variar entre $[-2,3; 1,98]$

Gráfico 1

Amp. Impulso [Z_L]



• Compreenderemos que com o aumento de Z_L , V_n tende para valores certo circuito ($\Gamma_L \approx 1$)

• Quando $Z_L = 0$ a tensão inverte o sinal ($F_L \approx -1$)

Ao analisar os dados obtidos, determinei z_c exp., que corresponde ao ponto $z_L = \infty$ em que a Amplitude de Impulso é zero.

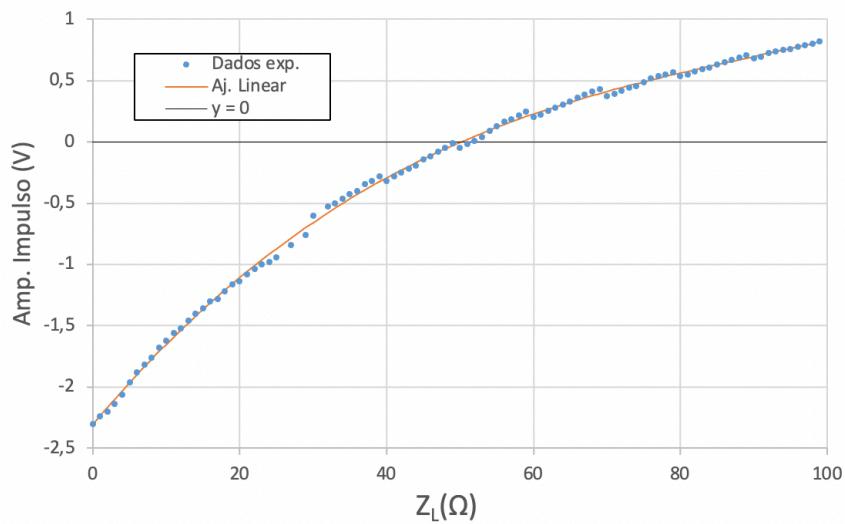
O valor mais próximo deles registados corresponde a Amplitude de Impulso $= 0,00\text{e}^{\pm}$ e ocorre em $z_L = 49$. Desta forma considero $z_c(\text{exp}) = 49$.

Como foi tirado essa

Ao determinar $z_c(\text{exp})$ fui-me possível reagir um gráfico entre $z_L = 0,95\Omega$, de forma a ter o mesmo número de pontos antes e depois de $z_L = 49\Omega$.

Gráfico 2

Amp. Impulso(V)[$Z_L(\Omega)$]



O gráfico é feito obtido após terem sido retirados pontos desviados devido a este critério na grama ($z_L > 100\Omega$).

Vê no final do trabalho. (gráfico 18 e 19)

Observam-se "degraus" de 20 em 20 que correspondem aos pontos em que era necessário alterar o botão dos degraus de sr da caixa das resistências.

A partir deste gráfico fiz um ajuste polinomial para calcular z_c quando o valor do impulso é zero.

Obtive:

	a4	a3	a2	a1	b
Coeficiente	4E-09	1E-06	-5,8E-04	7,1E-02	-2,31
s()	7E-09	1E-06	9E-05	2E-03	0,01
r ²	0,9990	0,03	#N/A	#N/A	#N/A
s(y)					

Tabela 1

como se percebeu no tabela 1, a equação obtevida é do tipo polinomial de 4º grau, sendo da forma:

$$y = a_4 x^4 + a_3 x^3 + a_2 x^2 + a_1 x + b$$

calculando $y(x) = 0$ obtemos $x = 50,24 \Omega$

logo, $Z_C(\text{aj}) = 50,24 \Omega$.

como vamos utilizar Z_C futuramente, iremos associar-lhe uma incerteza relativamente ao valor de Z_C tabelado ($Z_C = 50 \Omega$)

$$\mu(Z_C(\text{aj})) = |50,24 - 50| = 0,24 \Omega.$$

$$Z_C = (50,24 \pm 0,24) \Omega.$$

$$\mu(\%) (Z_C \text{ aj}) = 0,5\%.$$

$$\text{Erro} (\%) = 0,5\% \quad (\text{per excesso})$$

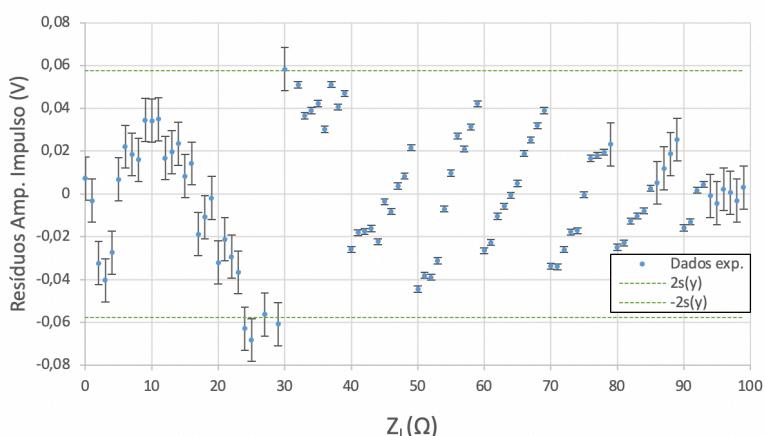
relativamente ao Z_C com o tabelado

$$\text{Erro} (\%) = 3\% \quad (\text{per excesso})$$

relativamente ao Z_C exp ($Z_C \exp \pm 4\%$)

Gráfico 3

Resíduos Amp. Impulso(V)[Z_L(Ω)]



Bordes de erro:

$$\mu(\text{Amp. Impulso})$$

$$= \sqrt{\mu(\text{Vrmax})^2 + \mu(\text{Cmin})^2}$$

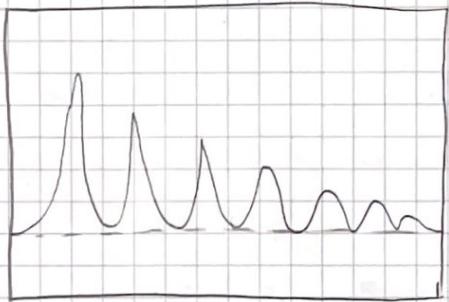
Através deste gráfico conseguimos que os resíduos apresentam valores próximos de zero, e que apenas 3 pontos estão fora dos intervalos de confiança. Não os iremos considerar divididos, uma vez que mesmo assim este meião próximos dos intervalos, e mesmo no ajuste regressivo (se retomássemos os pontos) iriam haver novos pontos a sair dos intervalos de confiança.

Os resíduos apresentam uma tendência de sinal, que está associado à mudança dos de ~~degrau~~ para os degraus da curva de resistência (ver gráfico 2).

Como este é um erro sistemático e está associado ao botão da curva de resistência não retira pontos do ajuste, uma vez que a tendência se mantém.

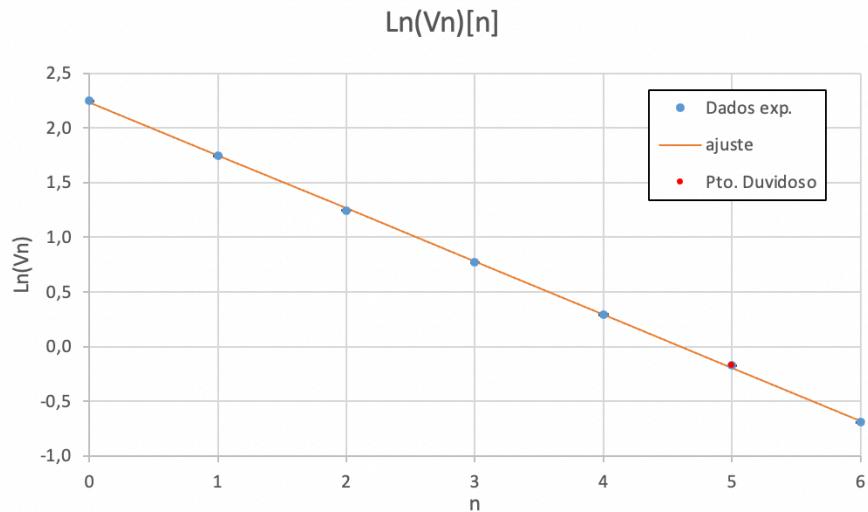
- Ponto (B) - Constante de atenuação, α , e velocidade de propagação de fase, v .

Inseriu-se no gráfico o seguinte perfil no oscópio:



Para o cálculo de α , fiz um gráfico de $\ln(V_n)$ em função de n .

Gráfico 4

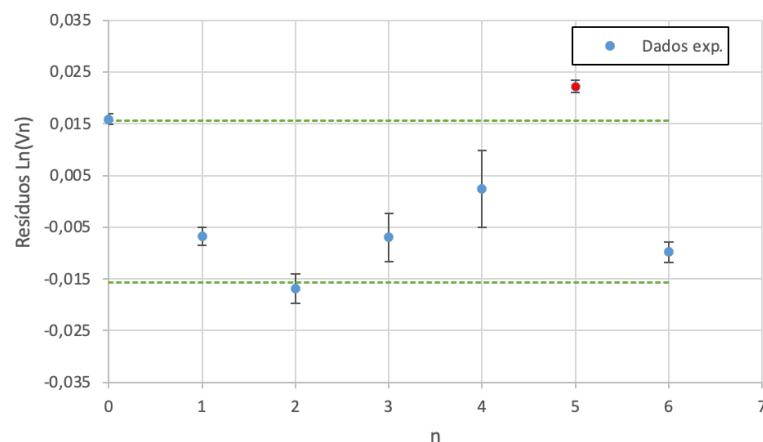


→ Bons de erros:

$$\text{er}(\ln(V_n)) = \frac{\text{er}(V_n)}{V_n}$$

Regressão Linear $\ln(V_n)[n]$			
m	-0,487	2,24	b
s(m)	0,003	0,01	s(b)
r ²	0,9998	0,02	s(y)

Tabela 2

Resíduos de $\ln(V_n)[n]$ 

O ponto $m = 5$ está fora do intervalo de confiança $[-s(y), s(y)]$, pelo que optou por fazer um novo ajuste.

Retirando o $m = 5$ obtém:

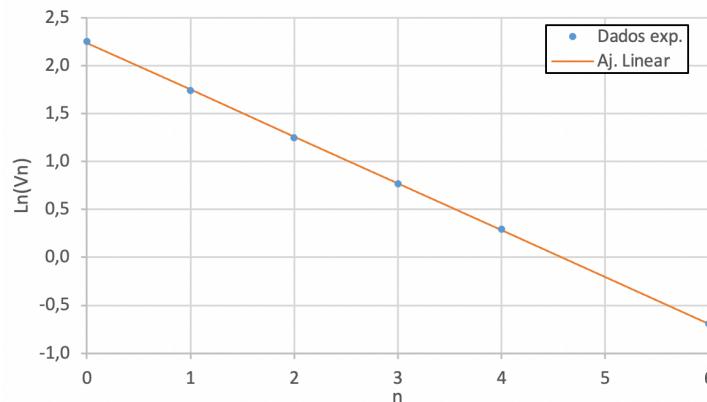
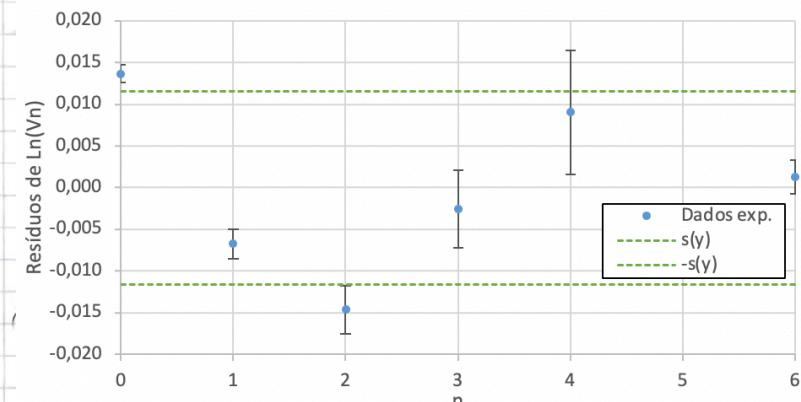
 $\ln(V_n)[n]$ Resíduos de $\ln(V_n)[n]$ 

Gráfico 6

Gráfico 7

Regressão Linear $\ln(V_n)[n]$ aj.2			
m	-0,489	2,240	b
$s(m)$	0,002	0,008	$s(b)$
r^2	0,99990	0,01	$s(y)$

Tabela 3

Inseriu-se considerando este ajuste para o cálculo das, já que o R^2 é superior e os resíduos assumem valores mais próximos de zero.

Apesar de existir um valor fora do intervalo $[-s(y), s(y)]$ este não é ~~retirado~~ ser retirado.

Δ excesso $\rightarrow \infty$
usual em

$$\frac{V_i + l}{V_i} = \Gamma e^{-\alpha l} \quad (\text{atenuação})$$

$$\log\left(\frac{V_i + l}{V_i}\right) = [\log(\Gamma) - \alpha l] m^6 \quad (\text{impulso})$$

$$\Rightarrow \log(V_i + l) - \log(V_i) = [\log(\Gamma) - \alpha l] m$$

$$m = \log(\Gamma - \alpha l)$$

$$\alpha = \frac{\log(\Gamma) - m}{l}$$

$$\Gamma = \frac{z_0 - z_c}{z_0 + z_c}$$

$$m(\Gamma) = \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial z_c} \right)^2 \cdot m(z_c)^2$$

$$= m(\Gamma) = \sqrt{\left(\frac{-2z_0}{(z_0 + z_c)^2} \right)^2 \cdot m(z_c)^2}$$

$$\begin{cases} \text{usando } z_0 = 600 \Omega \text{ e } z_c = 50,24 \Omega \\ \hookrightarrow \Gamma = 0,845 \pm 0,002 \end{cases}$$

Como $\Gamma_{ref} = 0,846$ obtemos:

$$\text{Era } (\%) = 0,120\% \\ m(\%) = 0,1\%$$

$$m(\alpha) = \sqrt{\left(\frac{1}{2e\Gamma} \right)^2 m^2(\Gamma) + \left(\frac{-1}{\alpha l} \right)^2 m^2(l)}$$

Determinação de α :

$$\alpha = \frac{\log(0,845) + 0,489}{2 \times 61,5} \quad l = 61,5 \text{ cm.}$$

\hookrightarrow não temos
incerteza de l .

$$= 0,00262 \text{ dB/m}^2$$

$$m(\alpha) = 0,00002 \text{ dB/m}^2 \quad m(\%) = 0,8\%$$

$$\alpha = (0,00261 \pm 0,00002) \text{ dB/m}^2 \quad \alpha < 0,02 \text{ dB/m}^2, \text{ tal como esperado.}$$

Para determinar o era (α), como não existe um valor de α tabelado optei por comparar com o valor de α obtido pelo grupo do Francisco Santos ($\alpha = 0,00229 \pm 0,00007$) dB/m²

Era (α) = 54% (por excesso).

2023

Detecção de
excesso

Este erro māo é muito credível, já que o valor de α māo é tabelado e māo sabemos em que condição estes grupos realizaram a atividade experimental.

Além disso o valor de Γ delas tem um erro (%) māos elevado do que o nosso.

Era $\%(\Delta T_{\text{grupos}}) = 20\%$, $\%(\Delta T_{\text{nossa}}) = 0,1\%$, o que significa significativamente o cálculo de α .

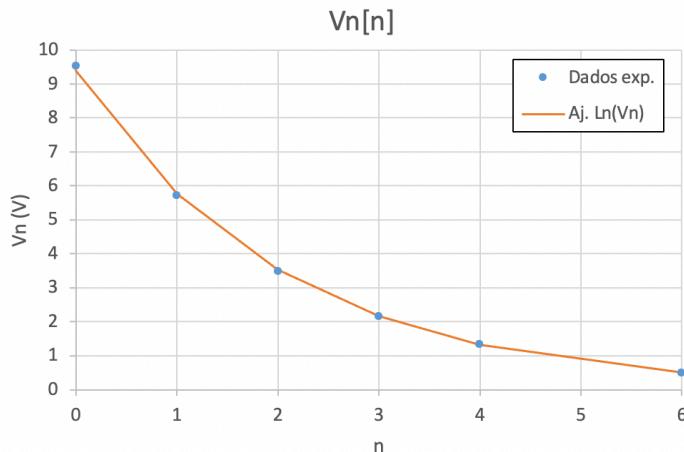


Gráfico 8

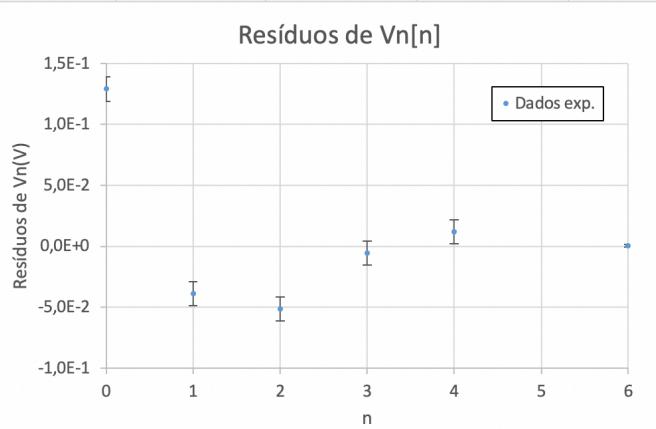


Gráfico 9

Apesar do último ponto ter uma barra de incerteza 50 vezes menor que as outras, todos os pontos estão dentro dos intervalos das barras de incerteza, pelo que este é um bom ajuste.

Se seguirá, fig 9 o gráfico de $d(t)$ para calcular a velocidade de propagação da fose.

Para calcular o instante de tempo cabem o cursor 1 vertical no s' pico (incidente), e o cursor 2 no pico que queremos medir o instante de tempo (refletido).

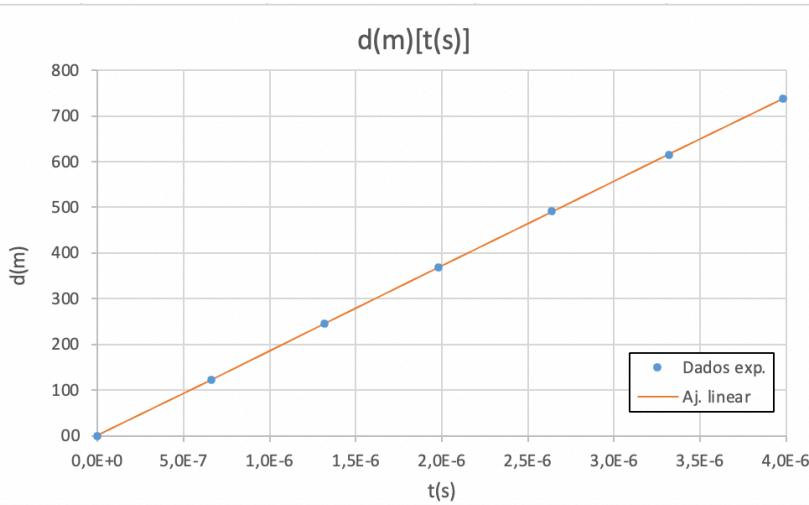


Gráfico 10

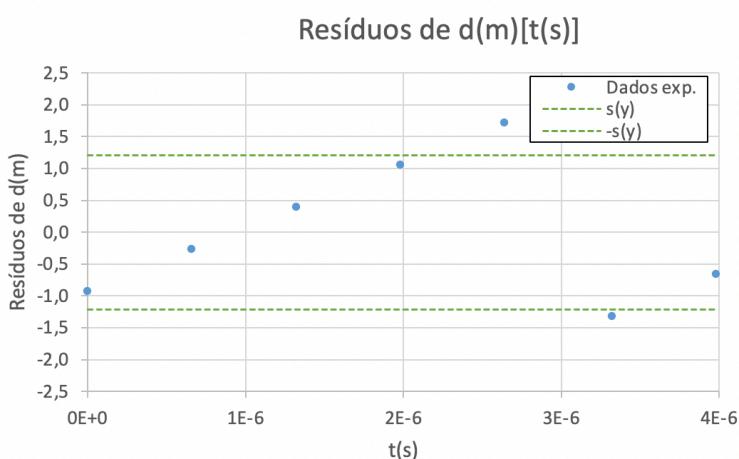


Gráfico 11

Regressão Linear $d[t]$			
m	1,854E+08	0,9	b
$s(m)$	3E+05	0,8	$s(b)$
r^2	0,99998	1	$s(y)$

Tabela 4

Analisando o gráfico de resíduos percebemos que estes podem ser divididos em dois experimentais diferentes, uma vez que há duas tendências crescente claramente distintas.

Adicionalmente, verif. como a existência de dois outliers.

Nesta forma, optei por realgar um novo ajuste em que exclui os dois últimos pontos.

Apesar da "primeira parte" dos resíduos ter um outlier optei por não o retirar do ajuste, uma vez que a gama experimental ficaria demais reduzida. Além disso, o valor dos resíduos desse ponto é extremamente pequeno em comparação com os valores experimentais e não se afasta de forma significativa os intervalos de confiança $[-s(y), s(y)]$.

d[t]

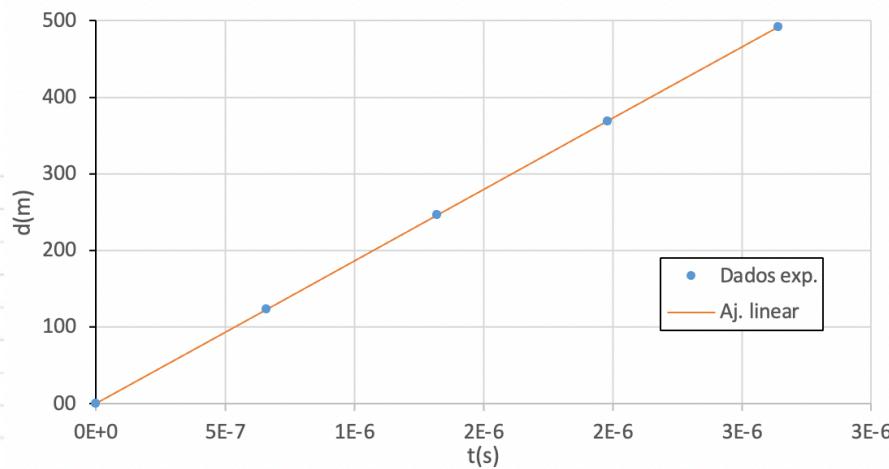


Gráfico 12

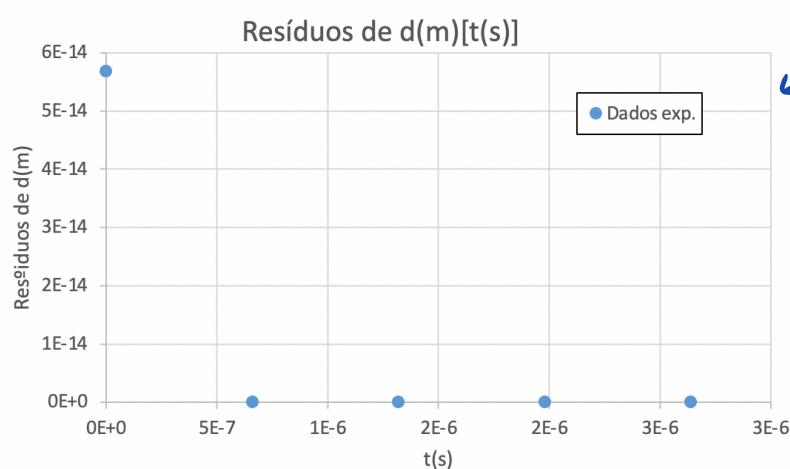


Gráfico 13

não foram colocados
dados de erro
no que o d-an
, logo
 $\sigma(d) = \sqrt{\frac{\partial d}{\partial l} \cdot \sigma(l)^2}$ →
 $(\frac{\partial d}{\partial l})^2$, com
não tem
certeza e não
conhecemos $\sigma(l)$
então não é possível
determinar
 $\sigma(d)/m$

os cálculos
intervalos de
confiança no
gráfico só que
é a alterar
bastonariamente
formas do
mesmo.

Regressão Linear d[t] (sem últimos pontos)			
m	1,86363636363600E+08	-6E-14	b
s(m)	2E-08	3E-14	s(b)
r ²	1	4E-14	s(y)

Tabela 5

Este ajuste foi muito satisfatório já que $r^2 = 1$ e com a exceção dos primeiros pontos, todos os pontos têm resíduos com valor 0.

Como sabemos que $\tau_0 = \frac{1}{\sqrt{E_0}}$ obtemos o valor de τ_{eq} ($\tau_{eq} = 1,976 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ (páginas))

Sendo $d = \tau_0 t + d_0$

$$m = 1,86363636363600 \times 10^8$$

$$\tau_0 = (1,86363636363600 \pm 2 \times 10^{-8}) \text{ m/s}$$

$$\text{Em } (\cdot) = 1,8636363600 \pm 2 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$\text{em } (\cdot) \times 10^{-16} = 1 \times 10^{-16} \text{ s}$$

Apesar do ajuste obtido ter muita precisão (certeza relativa muito baixa, $r^2 = 1$, resíduos iguais a zero), o ajustado poderia ter sido melhor (em $\tau_{eq} = 1,976 \times 10^{-8} \text{ m/s}$). Assim, penso que o ajuste realizado foi muito bom, mas talvez tenha havido (possivelmente) cometido alguma erros sistemática (a partida é sistemática porque a precisão é elevada) na execução experimental.

Ao comparar a nossa taxa de ν com o valor de ν obtido pelo grupo de Francisco Santos (2023) obtemos um erro de $+3 \times 10^{-3}\%$. (por excesso)

$$(\nu = 1,858 \pm 0,003) \times 10^8$$

O cálculo deste erro foi importante, porque diminui a probabilidade da nossa taxa relativamente ao valor de referência ter sido causado devido a uma má execução experimental.

Assim, o maior perigo é que algum instrumento usado não esteja bem calibrado.

Parte C - Velocidade de propagação do sinal (ν), variando f .

Nesta parte da atividade consideraremos o ponto de menor frequência como $0 \times \pi$ (sem fase) e os restantes formam feitos de π em π .

Obtemos os seguintes gráficos:

$f(\text{Hz})[\phi(\text{rad})]$

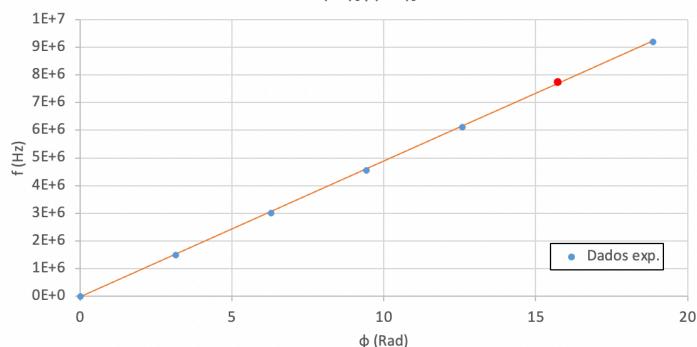


Gráfico 14

Resíduos de $f(\text{Hz})[\phi(\text{rad})]$

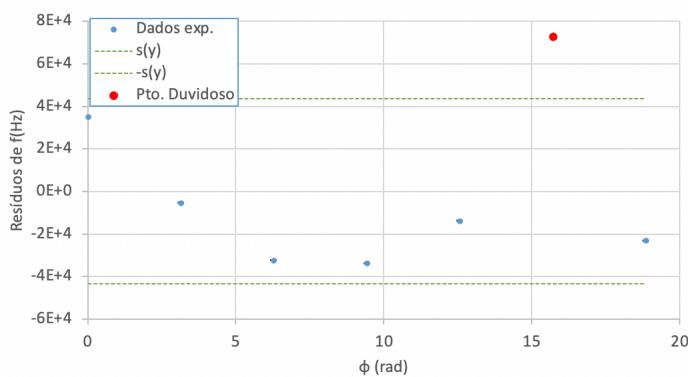


Gráfico 15

Ajuste Linear de $f[\phi]$			
m	$s(m)$	r^2	b
4,91E+05	3E+03	0,99986	$s(b)$
			$s(y)$

Tabela 6

Apesar de não serem valores formados de erros nos gráficos 14 e 15 correspondentes a $\nu(f)(\text{Hz})$, $\nu(f)(\text{Hz})$ é o erro de cada medição de f .

→ "ultimos algoritmos a, alterar-se"

Através do gráfico 15 ~~concluímos~~ conseguimos que o penúltimo ponto (marcado como dividido) se encontra dentro do intervalo de confiança $[-s(y), s(y)]$, também no gráfico 14 é notado a afastamento face ao ajuste. Desta forma, iremos realizar um novo ajuste sem este ponto.

O resto dos pontos dos resíduos encontram-se distribuídos de forma aleatória e assim os mesmos valores muitas vezes de geram dentro dos intervalos de confiança.

fazendo um ajuste sem o ponto dividido, obtémos:

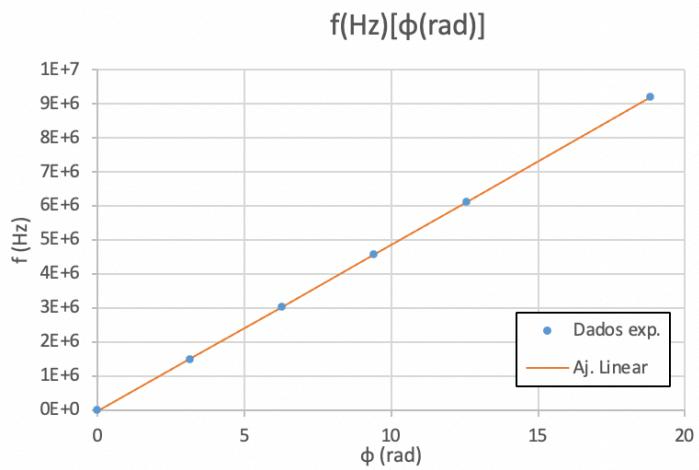


Gráfico 16

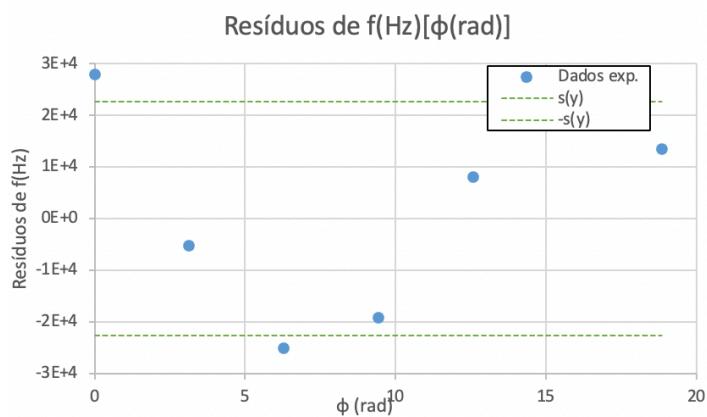


Gráfico 17

Ajuste Linear de $f[\phi]$ aj.2			
m	$4,89E+05$	$-3E+04$	b
$s(m)$	$1E+03$	$2E+04$	$s(b)$
r^2	$0,99996$	$2E+04$	$s(y)$

Tabela 7

Também nos gráficos 16 e 17 foram calculados bons deles, correspondentes a $f(\phi)$ (hz) → ~~aj.2~~

apesar de não serem vizinhos

os resíduos estão distribuídos aleatoriamente.
 os resíduos possuem valores muito próximos de zero e apenas um ponto está fora do intervalo de confiança, este não será tido como desviado já que o seu valor continua próximo dos restantes resíduos, e fizesse que a retinossensor, no novo ajuste surgiria um novo ponto fora da faixa ($-S_{\text{ctrl}}, S_{\text{ctrl}}$), já que a tendência é que S_{ctrl} diminua.

No gráfico se verificamos que os valores seguem uma tendência linear.

$$\omega = \lambda f$$

$$\omega = \frac{2\pi l}{\lambda} \cdot f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi l}$$

\downarrow
 m

$$m = \frac{\omega}{2\pi l} = \omega = 2\pi l m$$

$$\cdot u^2(\omega) = \left(\frac{\partial \omega}{\partial m} \right)^2 u^2(m) + \left(\frac{\partial \omega}{\partial l} \right)^2 u^2(l)$$

\uparrow não temos $u(l)$

$$\therefore u(\omega) = \sqrt{(2\pi l)^2 u^2(m)}$$

obtemos:

$$\omega_{\text{exp}} = 1,889 \times 10^8 \text{ rad/s}$$

$$u(\omega)_{\text{exp}} = 6 \times 10^5 \text{ rad/s.}$$

~~comparativamente a ω_{ref} .~~

$$\omega = (1,889 \pm 0,006) \times 10^8 \text{ rad/s.}$$

$$u(\%) (\omega)_{\text{exp}} = 0,3\%$$

$$\omega_{\text{ref}} \approx \frac{1}{\sqrt{2} \mu} \approx 1,976 \times 10^8 \text{ rad/s}$$

$$\text{Erro} (\%) = 4\%$$

~~(paralelo)~~ comparativamente a ω_{ref} .

$$\text{Erro} (\%) = 0,5\%$$

~~comparativamente ao grupo~~
 do Francisco Souto (2023)
 francisco $(1,88 \pm 0,02) \times 10^8 \text{ rad/s}$

→ Resultados:

• Parte (a)

$$\bar{z}_c = \exp^{+49} \sqrt{2}$$

$$\bar{z}_c = (50,20 \pm 0,20) \text{ m}$$

$$u(\%) (\bar{z}_c) = 0,5\%$$

Era (%) = 0,5% (por excesso) relativamente ao conhecido $\bar{z}_c = 50,20$

Era (%) = 3% (por defício) relativamente ao

$$\bar{z}_c = \exp^{-} (\bar{z}_c = \exp^{-} 49)$$

• Parte (b)

$$\alpha = (2,67 \pm 0,02) \times 10^{-3} \text{ dB/m}^2$$

$$u(\%) (\alpha) = 0,8\%$$

Era (%) = 24% (por excesso) relativamente ao valor obtido pelos grupos de Francisco Santos 2023

$$\bar{\tau}_0 = 2,86363636363600 \times 10^8 \pm 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$u(\%) (\bar{\tau}_0) = 1 \times 10^{-6} \%$$

Era (%) = 6% (por defício) relativamente ao

$$\tau_{ref} = \tau_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{E}}$$

Era (%) = 3 $\times 10^{-3}\%$ (por excesso) → possivelmente $\mu \approx \mu_0$ relativamente ao valor obtido pelos grupos de Francisco Santos (2023).

• Parte (c)

$$\bar{\tau}_{exp} = (1,889 \pm 0,006) \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$u(\%) (\bar{\tau}_{exp}) = 0,3\%$$

Era (%) = 4% (por defício) relativamente a τ_{ref}

$$\tau_{ref} = 1 / \sqrt{E}$$

Era (%) = 0,5% (por excesso) possivelmente ($E = E_0, 2,3$)

relativamente a $\mu \approx \mu_0$

τ obtido pelos grupos de Francisco Santos (2023).

demasiado... gigante!

→ Conclusão: → ↑↑↑

- Na primeira parte da atividade experimental, verificamos que no circuito aberto o sinal é refletido, porém a amplitude do sinal refletido é menor.

O mesmo ocorre no circuito fechado, onde o sinal incidente não tem a mesma amplitude que o sinal incidente.

Tal ocorre já que os sinais incidentes e refletidos já percorreram uma distância maior, pelo que sofrem de atenuação.

Também pode estar associado a efeitos no cabo coaxial.

- Na determinação da impedância característica obtivemos ~~z_c~~ através de um ajuste polinomial ($z_c = 50,2 \pm 0,2$) Ω, com um erro relativo de 0,5% relativamente a z_c conhecida (z_c conhecida = 50 Ω) e um erro relativo de 3%. face a z_c exp (z_c exp = 49,5 Ω), obtida ~~pelos~~ ^x pelos pontos com amplitude de impulso mais próxima de zero.

- Na determinação da constante de atenuação do cabo coaxial obtivemos $\alpha = (2,61 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ dB/m, com uma incerteza relativa de 0,8%, e um erro (χ) de 14% (por excesso) relativamente ao grupo de Francisco Santos.

Não é correto efetuar um ajuste de valor relativamente a este erro, já que não temos o valor teórico de α e não sabemos em que condição realizou a atividade experimental.

As incertezas e erros obtidos nesta parte da atividade podem estabelecer relações com o valor de Γ determinado na análise, sendo o Γ obtido pelos meus grupos mais perto da real (erros menores), então possivelmente o α por nós determinados apurou-se mais da real, face a erros pelos outros grupos.

- Determinamos a velocidade de propagação de Γ no cabo coaxial, tendo obtido $v = 2,6363636363200 \times 10^8 \pm 2 \times 10^{-8}$ m/s e uma incerteza relativa de $\pm 10^{-16}\%$.

Comparando com v_{ref} dos protocolos (v_{ref} praticamente zero), temos um erro de 6% (por definição), porém, comparativamente ao grupo de Francisco Santos, o seu é ~~apenas~~ apenas $3 \times 10^{-3}\%$.

Dada a elevada precisão relativamente aos dados ab meus grupos e a elevada exatidão (erro baixo) quando comparados com o valor ab outros grupos,

considero que a atividade experimental foi bem executada e o erro de 6% face ao v_{ref} pode estar associado a uma deficiência (er. m. calibragão) de alguma parâmetro. Adicionalmente, o v_{ref} é calculado tendo em conta o ρ dos polietilenos, assim, é possível que o eixo axial esteja ligado nessa atividade de exp. m8 seja suficientemente preciso.

4. Finalmente, determinou-se a velocidade de propagação de sinal num mesmo eixo coaxial, tendo-se obtido $v = (1,889 \pm 0,006) \times 10^8 \text{ m/s}$, com uma incerteza percentual de 0,3%, e um erro relativo de 4%. (Face ao $v_{ref} = \frac{1}{\sqrt{\rho}}$). Deveremos compararmos com o grupo do professor Francisco Santos (2023) temos um erro de 0,5%. A diferença entre estes dois erros é a mesma que no topo do anterior.

Tabelas

Parte a)

R(O)	Vmin (V)	Vmáx (V)	Ampl. Impulso (V)	u(Vmin) (V)	u(Vmáx) (V)	u(Ampl. Impulso (V))
0	-2,32	0,000	-2,30	0,01	0,001	0,010049876
1	-2,28	0,000	-2,24	0,01	0,001	0,010049876
2	-2,20	0,000	-2,20	0,01	0,001	0,010049876
3	-2,16	0,020	-2,14	0,01	0,001	0,010049876
4	-2,10	0,040	-2,06	0,01	0,001	0,010049876
5	-2,02	0,060	-1,96	0,01	0,001	0,010049876
6	-1,98	0,100	-1,88	0,01	0,001	0,010049876
7	-1,94	0,120	-1,82	0,01	0,001	0,010049876
8	-1,90	0,140	-1,76	0,01	0,001	0,010049876
9	-1,86	0,180	-1,68	0,01	0,001	0,010049876
10	-1,68	0,060	-1,62	0,01	0,001	0,010049876
11	-1,64	0,080	-1,56	0,01	0,001	0,010049876
12	-1,62	0,100	-1,52	0,01	0,001	0,010049876
13	-1,58	0,120	-1,46	0,01	0,001	0,010049876
14	-1,56	0,160	-1,40	0,01	0,001	0,010049876
15	-1,54	0,180	-1,36	0,01	0,001	0,010049876
16	-1,50	0,200	-1,3	0,01	0,001	0,010049876
17	-1,50	0,220	-1,28	0,01	0,001	0,010049876
18	-1,48	0,260	-1,22	0,01	0,001	0,010049876
19	-1,46	0,300	-1,16	0,01	0,001	0,010049876
20	-1,36	0,220	-1,14	0,01	0,001	0,010049876
21	-1,34	0,260	-1,08	0,01	0,001	0,010049876
22	-1,32	0,280	-1,04	0,01	0,001	0,010049876
23	-1,30	0,300	-1,00	0,01	0,001	0,010049876
24	-1,30	0,320	-0,98	0,01	0,001	0,010049876
25	-1,28	0,340	-0,94	0,01	0,001	0,010049876
26	-1,26	0,360	-0,90	0,01	0,001	0,010049876
27	-1,24	0,400	-0,84	0,01	0,001	0,010049876
28	-1,24	0,420	-0,82	0,01	0,001	0,010049876
29	-1,22	0,460	-0,76	0,01	0,001	0,010049876
30	-1,08	0,480	-0,60	0,01	0,001	0,010049876
31	-0,960	0,480	-0,480	0,001	0,001	0,001414214
32	-0,960	0,432	-0,528	0,001	0,001	0,001414214
33	-0,960	0,456	-0,504	0,001	0,001	0,001414214
34	-0,952	0,488	-0,464	0,001	0,001	0,001414214
35	-0,936	0,512	-0,424	0,001	0,001	0,001414214
36	-0,936	0,536	-0,400	0,001	0,001	0,001414214
37	-0,912	0,568	-0,344	0,001	0,001	0,001414214
38	-0,912	0,592	-0,320	0,001	0,001	0,001414214
39	-0,896	0,616	-0,280	0,001	0,001	0,001414214
40	-0,816	0,496	-0,320	0,001	0,001	0,001414214
41	-0,800	0,520	-0,280	0,001	0,001	0,001414214
...

Amostra da tabela de excel.

Parte b)

Impulso	n	d (m)	t (ns)	t(s)	Vn (V)	u(Vn) (V)	ln(Vn)	u(ln(Vn))
1	0	0,0	0	0,000E+00	9,52	0,01	2,253	0,001
2	1	123,0	660	6,600E-07	5,72	0,01	1,744	0,002
3	2	246,0	1320	1,320E-06	3,48	0,01	1,247	0,003
4	3	369,0	1980	1,980E-06	2,16	0,01	0,770	0,005
5	4	492,0	2640	2,640E-06	1,34	0,01	0,293	0,007
6	5	615,0	3320	3,320E-06	0,840	0,001	-0,174	0,001
7	6	738,0	3980	3,980E-06	0,500	0,001	-0,693	0,002

Parte c)

f (MHz)	u(f)(Hz)	f (Hz)	φ (°)	φ (rad)
0,00106	100	1060	0	0
1,5036	100	1503600	180	3,141593
3,0196	100	3019600	360	6,283185
4,5612	100	4561200	540	9,424778
6,1243	100	6124300	720	12,56637
9,2012	100	9201200	1080	18,84956

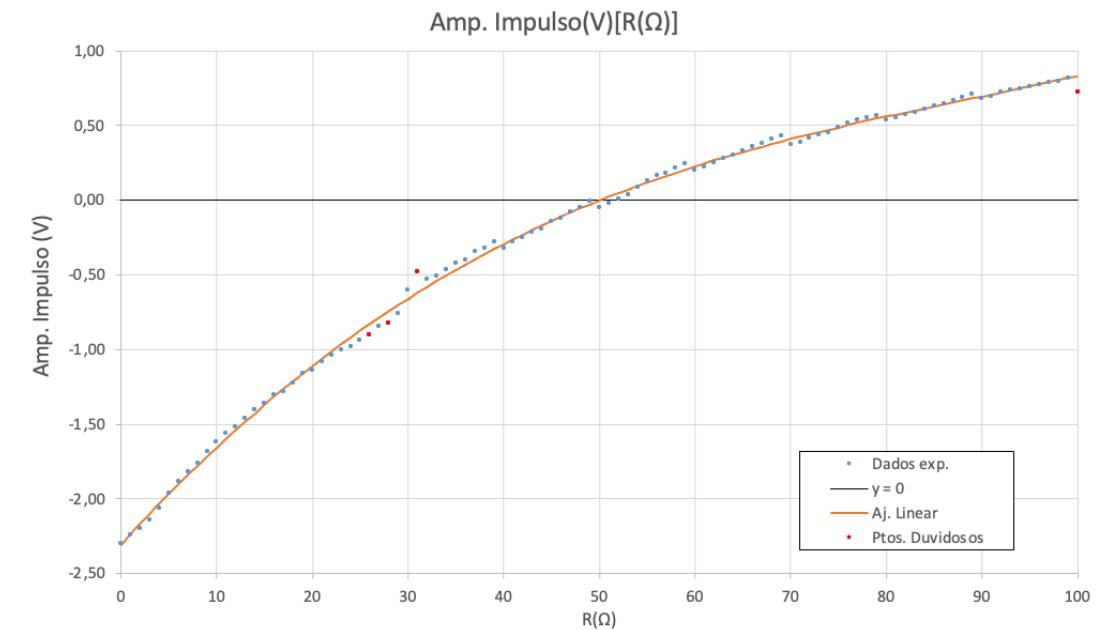
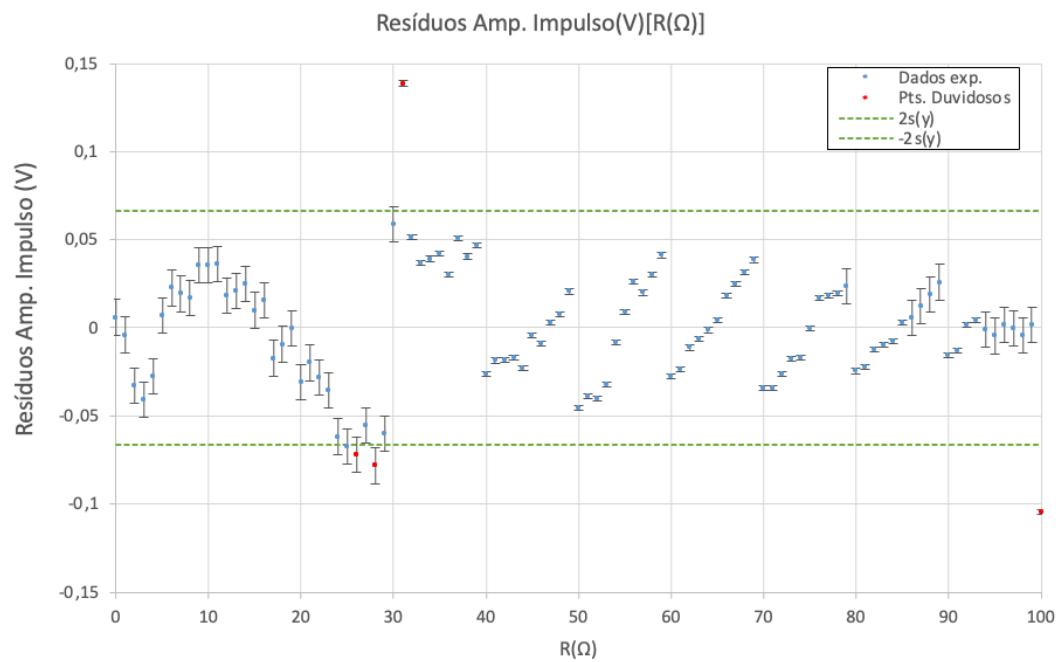


Gráfico 18



Gráfica 19

	x4	x3	x2	x1	c
Coeficiente	5E-09	1E-06	-5,6E-04	7,1E-02	-2,31
s ()	7E-09	1E-06	9E-05	2E-03	0,02
r^2	0,9986	0,03	#N/A	#N/A	#N/A
		s(y)			

Tabela 8