O papel monolog é uma linearização especial de uma equação do tipo:

$$\mathbf{y = Ae^{Bx}}$$

Para nosso caso, temos:

$$\Delta T = T - T_R = \Delta T_0 e^{-t/\tau}$$

$$\underbrace{\log(\Delta T)}_{Y} = \underbrace{\log(\Delta T_0)}_{a} + \underbrace{(-1/\tau)\log(e)t}_{bt}$$

Assim em um gráfico no papel monolog de **ΔT** x **t**, o coeficiente linear será numericamente igual a **ΔT_0** enquanto que o coeficiente angular será numericamente igual a **$(-1/\tau)\log(e)$**

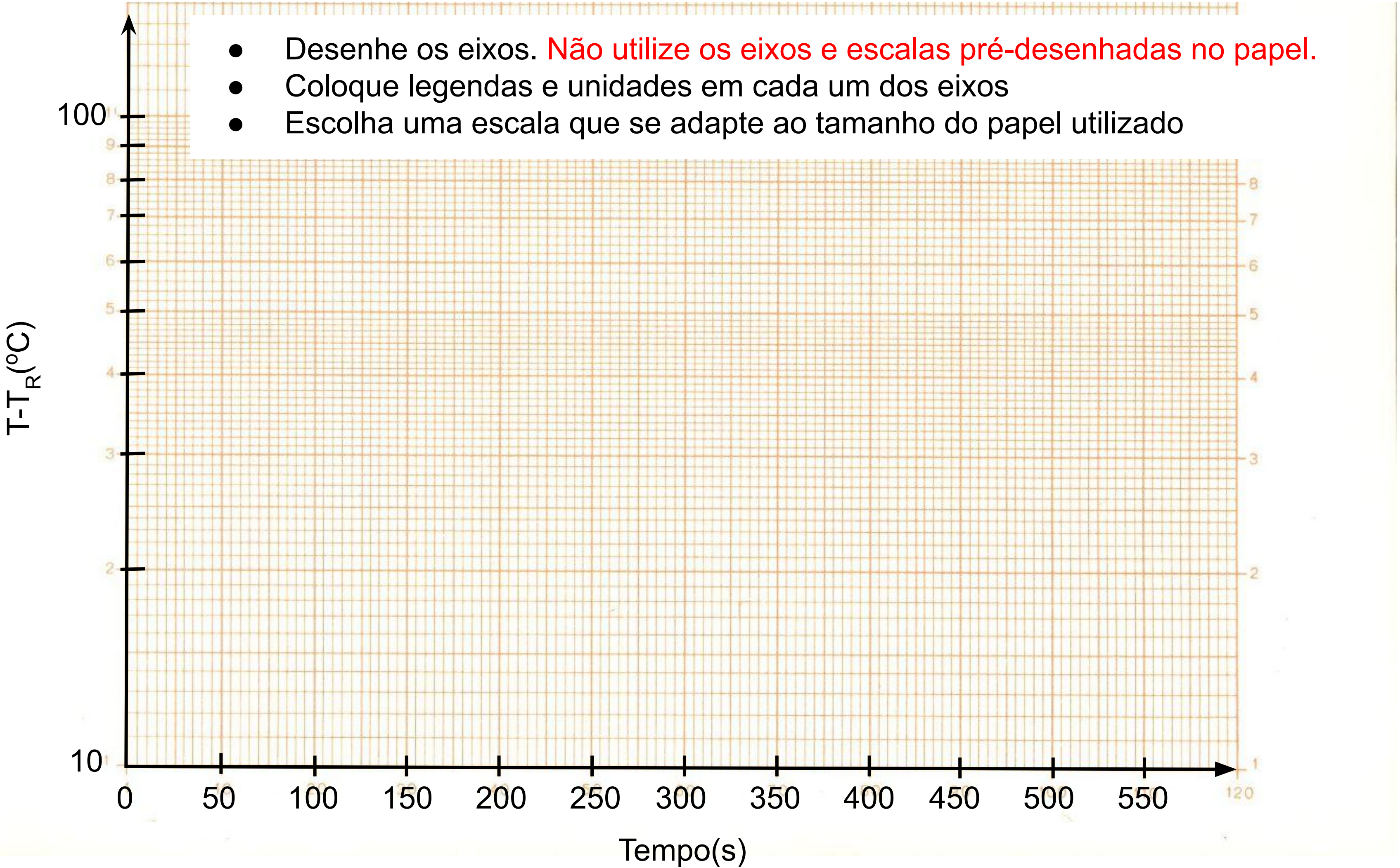
Usando o papel monolog não é necessário calcular os logaritmos dos valores, e a curva obtida será uma reta.

1. Gráficos de temperatura × tempo utilizando o papel monolog

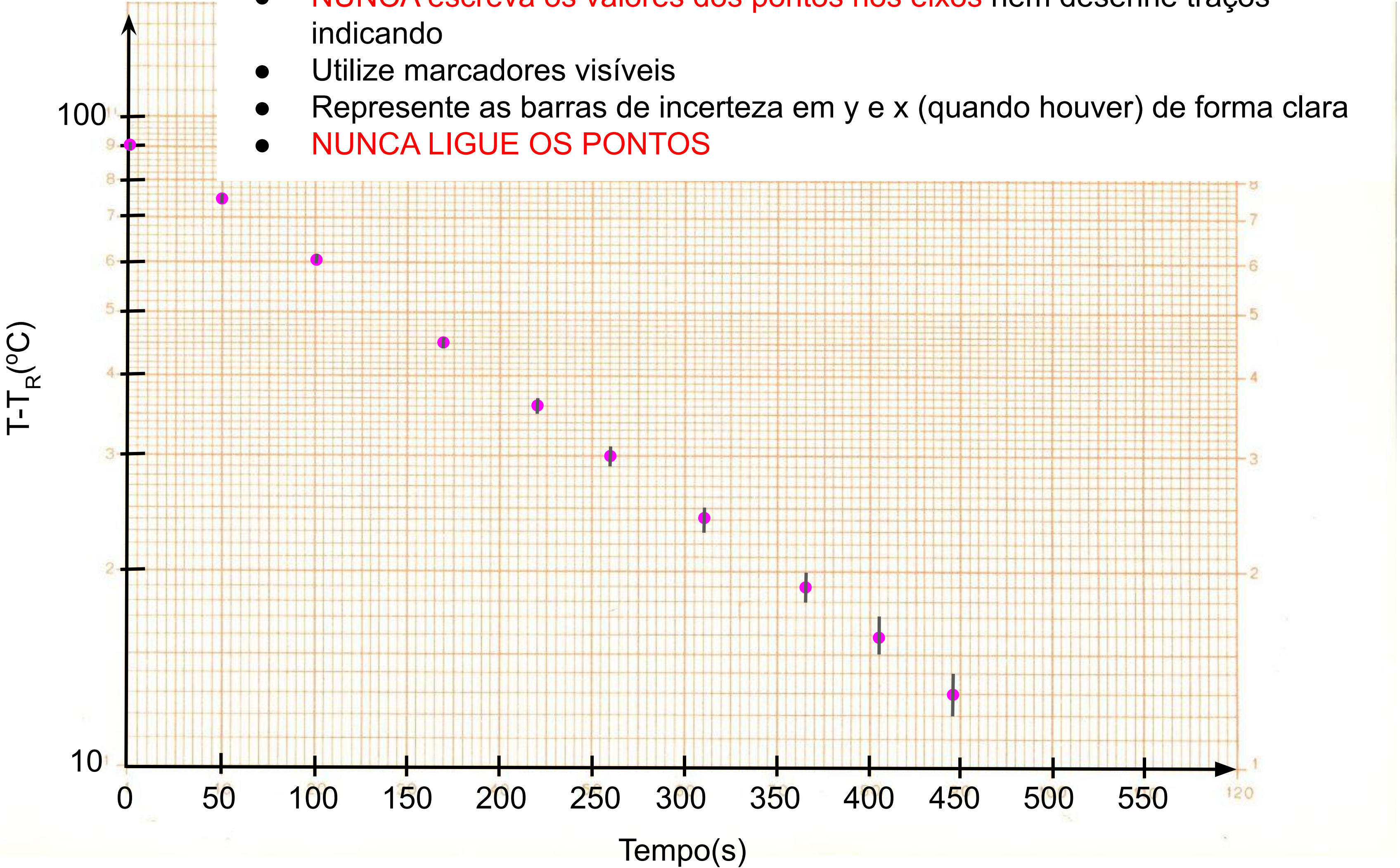
Extrair os parâmetros ΔT_0 e τ de um ajuste de reta

Pontos	tempo (seg)	σtempo (seg)	ΔT (°C)	$\sigma\Delta$T (ºC)
1	0,00	0,01	90	1
2	49,65	0,01	75	1
3	102,97	0,01	60	1
4	170,49	0,01	45	1
5	220,14	0,01	36	1
6	262,07	0,01	30	1
7	311,94	0,01	24	1
8	364,95	0,01	19	1
9	404,41	0,01	16	1
10	448,54	0,01	13	1

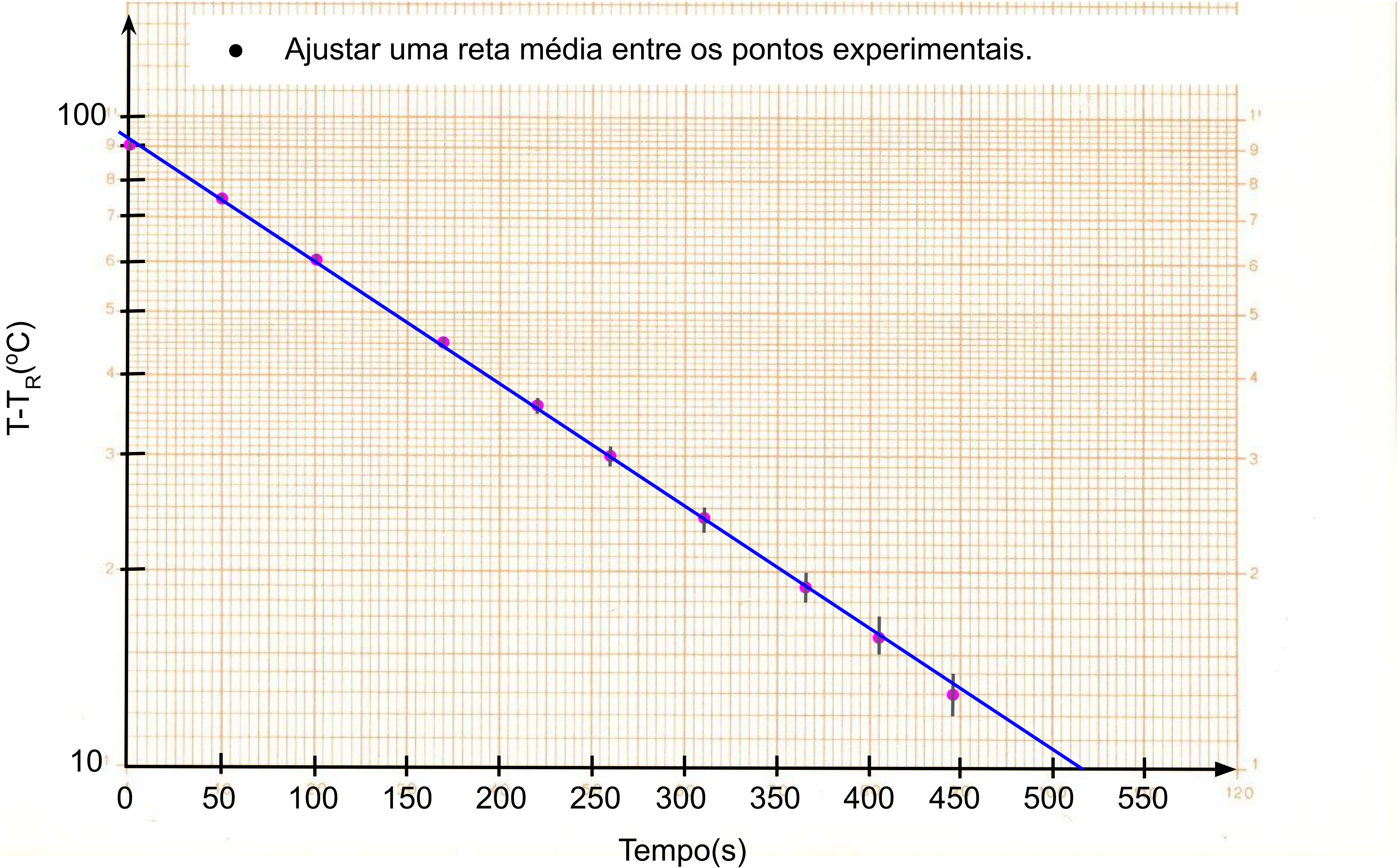
- Desenhe os eixos. Não utilize os eixos e escalas pré-desenhadas no papel.
- Coloque legendas e unidades em cada um dos eixos
- Escolha uma escala que se adapte ao tamanho do papel utilizado



- NUNCA escreva os valores dos pontos nos eixos nem desenhe traços indicando
- Utilize marcadores visíveis
- Represente as barras de incerteza em y e x (quando houver) de forma clara
- NUNCA LIGUE OS PONTOS



- Ajustar uma reta média entre os pontos experimentais.



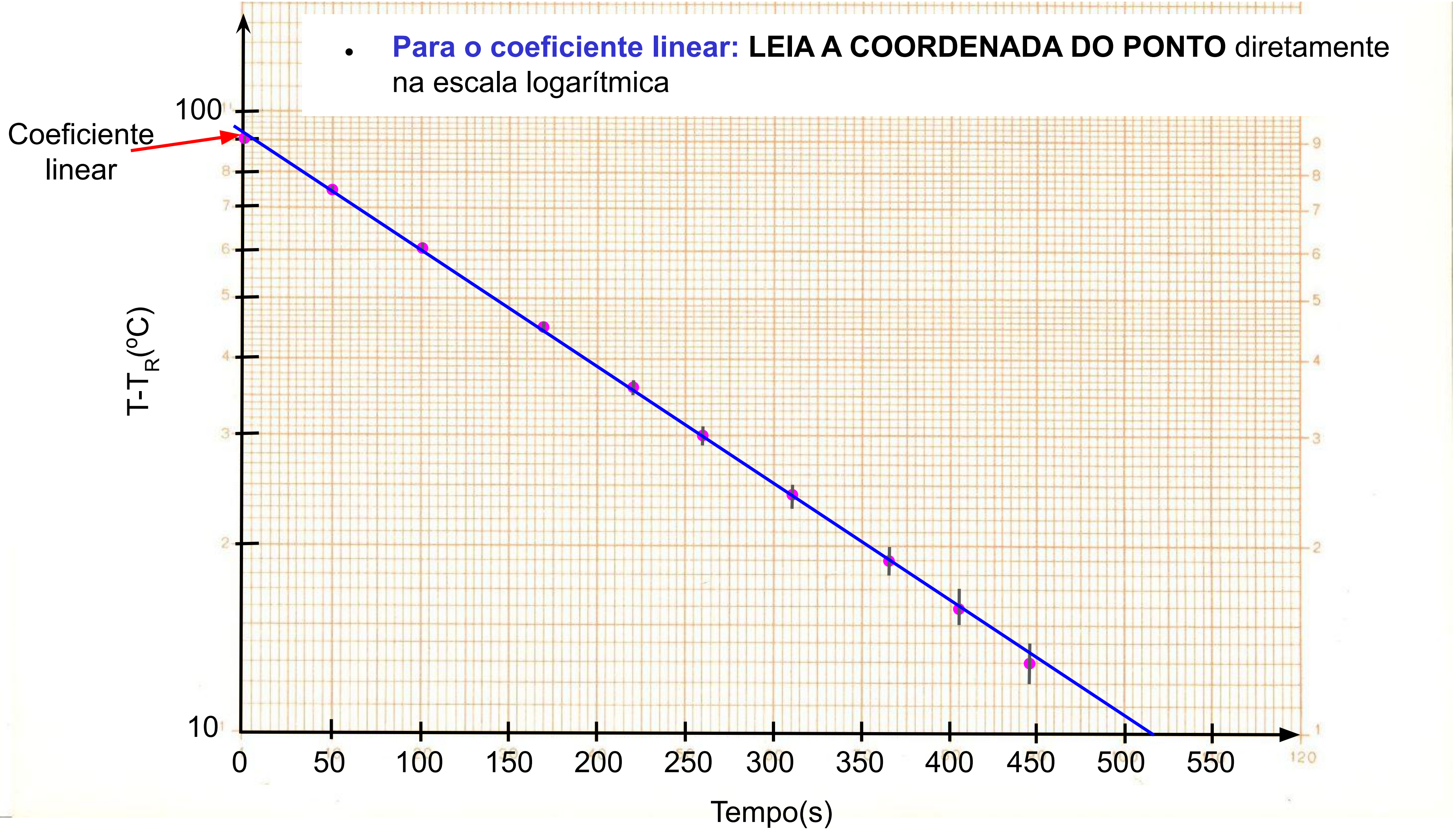
Vamos extrair os parâmetros $\mathbf{\Delta T_0}$ e $\boldsymbol{\tau}$ do ajuste da reta.

Para o coeficiente linear:

LEIA A COORDENADA DO PONTO diretamente na escala logarítmica no qual a reta cruza o eixo da função y para x = 0. O coeficiente linear será numericamente igual a ΔT_0

$$\boxed{\mathbf{\Delta T_0 = 92 \pm 1\ °C}}$$

- **Para o coeficiente linear: LEIA A COORDENADA DO PONTO** diretamente na escala logarítmica



Para o coeficiente angular:

Método 1 (mais simples para calcular as incertezas)

Escolha dois pontos (de preferência afastados entre si). Primeiro **LEIA AS COORDENADAS X DOS PONTOS**: no exemplo seriam os valores de tempo para o P1 e tempo para o P2.

Usando a régua **MEÇA A DISTÂNCIA NA VERTICAL ENTRE OS PONTOS P1 e P2** (que chamaremos de v) e meça a distância para a variação de uma década na escala logarítmica (chamaremos de u).

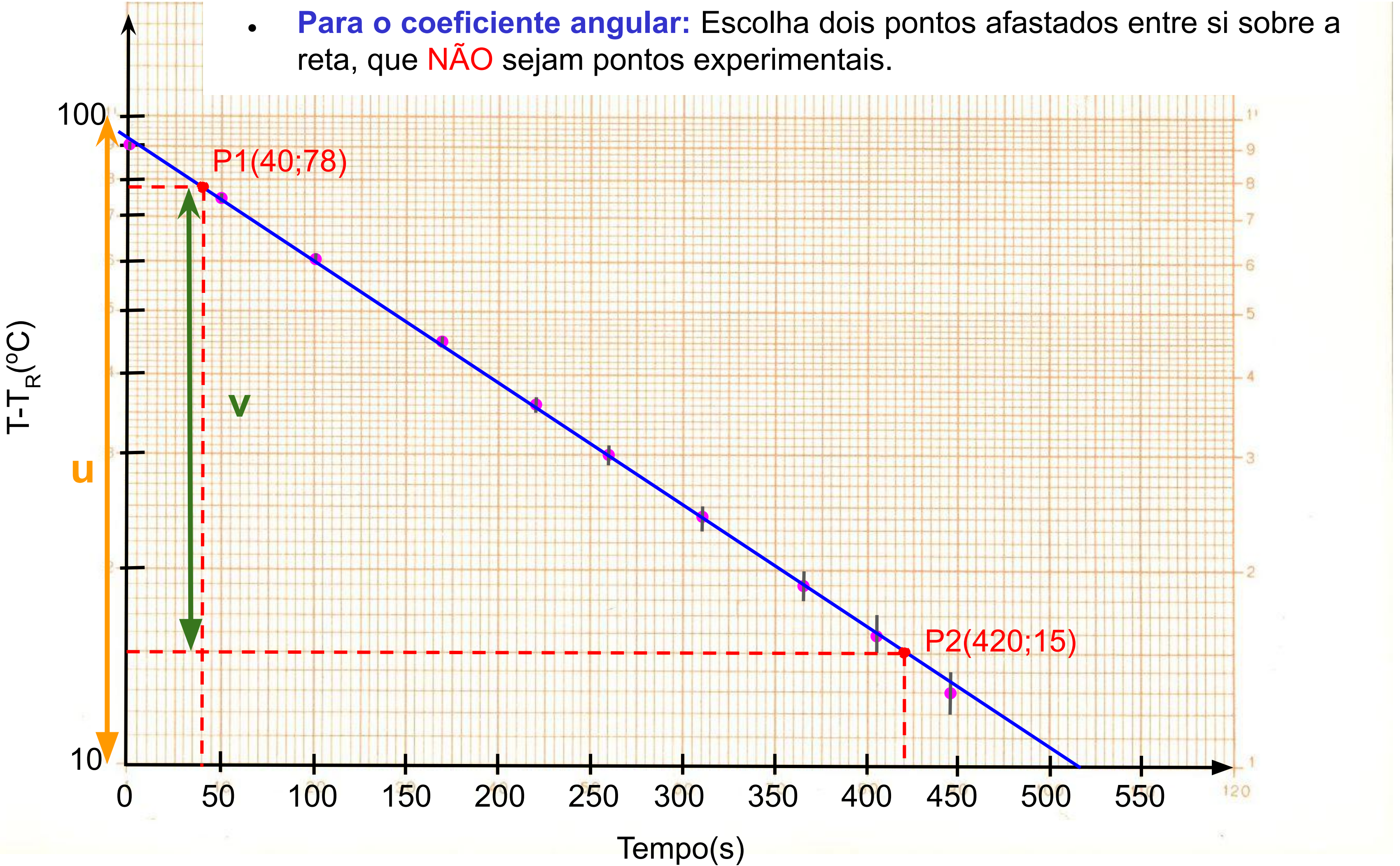
Calcule o coeficiente angular **b** como:

$$b = \frac{v/u}{t_2 - t_1}$$

que será igual a:

$$b = \frac{-\log(e)}{\tau}$$

- **Para o coeficiente angular:** Escolha dois pontos afastados entre si sobre a reta, que NÃO sejam pontos experimentais.



Pontos escolhidos:

P1(40;78)

P2(420;15)

u = 9,05 ± 0,05 cm - distância para a variação de uma década na escala log

v = 6,50 ± 0,05 cm - Distância na vertical entre os pontos P1 e P2

$$b=\frac{v/u}{t_2-t_1}=\frac{6{,}50/9{,}05}{420-40}=\frac{0{,}718}{380}=-0{,}00189\,s^{-1}$$

O sinal - é colocado por conta da inclinação da reta.

Vamos calculator incerteza de b:

$$\sigma_b=b\sqrt{\left(\frac{\sigma_v}{v}\right)^2+\left(\frac{\sigma_u}{u}\right)^2+\left(\frac{\sigma_{\Delta t}}{\Delta t}\right)^2}$$

onde:

$$\Delta t=t_2-t_1$$

$$\sigma\Delta t=\sqrt{\sigma_{t1}^2+\sigma_{t2}^2}$$

$$\sigma_{t1}=\sigma_{t2}=\sigma_t$$

$$\sigma_t=\frac{50/10}{2}=2{,}5\approx 3\,s$$

Como os pontos estão alinhados usamos metade da menor divisão da escala em x

$$\sigma\Delta t=\sigma_t\sqrt{2}=3\sqrt{2}=4{,}2\approx 4\,s$$

$$\sigma_b=0{,}00189\sqrt{\left(\frac{0{,}05}{6{,}50}\right)^2+\left(\frac{0{,}05}{9{,}05}\right)^2+\left(\frac{4}{380}\right)^2}=0{,}000027\approx 0{,}00003\,s^{-1}$$

$$\boxed{b=-0{,}00189\pm 0{,}00003\,s^{-1}}$$

Vamos calcular **τ** :

$$b=\frac{-\log(e)}{\tau}$$

$$\tau=\frac{-\log(e)}{b}=\frac{0{,}4342}{0{,}00189}=229{,}735\ s$$

Vamos calcular incerteza de **τ** :

$$\frac{\sigma_\tau}{\tau}=\frac{\sigma_b}{b} \longrightarrow \sigma_\tau=\tau\frac{\sigma_b}{b}=229{,}735\,\frac{0{,}00003}{0{,}00189}=3{,}6\approx 4\,s$$

$$\boxed{\tau=(230\pm 4)\,s}$$

Para o coeficiente angular:

<u>Método 2</u>

Escolha dois pontos (de preferência afastados entre si). **LEIA AS COORDENADAS DOS PONTOS P1 e P2**

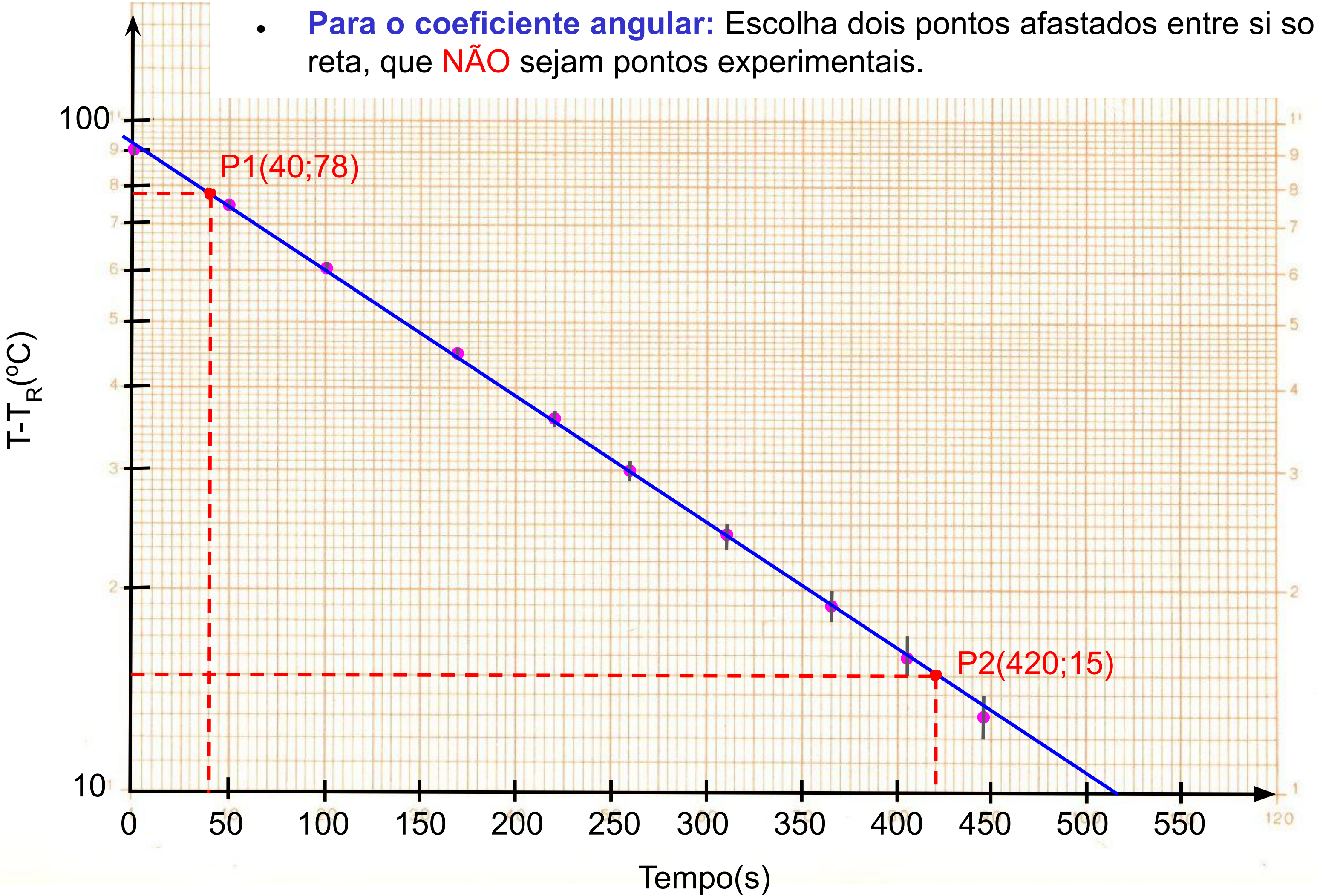
Calcule o coeficiente angular **b** como:

$$b = \frac{\log(T_2) - \log(T_1)}{t_2 - t_1}$$

que será igual a:

$$b = \frac{-\log(e)}{\boldsymbol{\tau}}$$

- **Para o coeficiente angular:** Escolha dois pontos afastados entre si sobre a reta, que NÃO sejam pontos experimentais.



Pontos escolhidos:

P1(40;78)

P2(420;15)

$$b=\frac{\log(T_2)-\log(T_1)}{t_2-t_1}=\frac{\log(15)-\log(78)}{420-40}=\frac{-0{,}718}{380}=-0{,}00188\,s^{-1}$$

Para calcular a incerteza de **b** precisamos fazer a propagação de incertezas:

$$\boldsymbol{\sigma}_b=\sqrt{\left(\frac{\partial b}{\partial T_2}\boldsymbol{\sigma}_{T2}\right)^2+\left(\frac{\partial b}{\partial T_1}\boldsymbol{\sigma}_{T1}\right)^2+\left(\frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\Delta} t}\boldsymbol{\sigma}_{\Delta t}\right)^2}$$

Lembrando que:

$$f(x)=\log x$$

$$\frac{df(x)}{dx}=\frac{1}{x\cdot\ln 10}$$

A partir de aqui o procedimento é o mesmo que no método 1.