

Tem problemas na análise. Incertezas
subestimada.
Confundindo erro e incerteza

75 %

21 de Março de 2022

Lab 119

2ª SÉRIE

Trabalho 6B - Estudo de movimento
de projéteis

Objetivos :

- Análise da dependência do alcance do projétil com o ângulo de lançamento quando os níveis de lançamento e de impacto são iguais
- Determinação do alcance máximo
- Determinação da velocidade de lançamento

Material :

- Lançador e respetivo grupo de fixação
- Esfera de teste
- Bastão cilíndrico (tubo de aeração)
 - para empurrar a esteira para dentro do lançador
- Mesa com superfície de elevado e fio de prumo associado
 - para indicação de distâncias
- Óculos de proteção
- Esquadro e folhas de papel químico
- Fita métrica aderida à bancada
- Folhas de papel milimétrico

Instruções de segurança:

- colocar obrigatoriamente os óculos de proteção se estiver posicionado junto à mesa de elevado
- assegurar que o grupo do lançador fica bem apertado

- assegure-se que não há qualquer risco de quebrar das esteras com janelas, protegendo-as, se necessário, com uma placa de poliestireno ou equivalente

Procedimento:

Preparação

- A) Montar o lançador sobre a mesa e ajuste o ângulo de lançamento para $\theta = 10^\circ$.
- B) Alinhar o lançador e o alvo de enbate (exatamente como na figura)
- C) Disparar uma vez uma das esferas para localizar o ponto de enbate
 - i. colocar uma estera na boca do lançador; empurrá-la até à posição medium range, utilizando o tubo de armação e visualizá-la através das ranhuras laterais
 - ii. acionar o gatilho, puxando o cordel, mas segurar no disparador com a mão esquerda, de forma a minimizar deslocamentos/vibracões
- D) Colocar a superfície de enbate na posição que determinamos no ponto anterior, maximizando a utilização da posição escolhida para enbates dos ângulos seguintes e mantendo-a segura
- E) Nessa posição, fixar com a lula disponível, uma folha de papel milimétrico (com o bordo branco cortado) e alinha-la com os bordos

detalhe excessivo

da mesa de enubate. Colocar sobre ela uma folha de papel químico, com a face impressora voltada para baixo. Quando a esterça enubate, deixará uma marca.

f) MARCAR ua folha um ponto de referência para medir, talvez a posição do impacto da direção perpendicular à do lançamento.

g) Ao efetuar os lançamentos, numerar a sequência de ensaios, assim como o ângulo a que dizer respeito

h) TER cuidado com os desvios do plano da trajetória, resultantes de deslizamento em rotação do lançador

- Determinação do valor da velocidade inicial da esterça

- A) Executar os lançamentos necessários e as correspondentes medições

Ensaios	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
1				214,5 7,9	214,5			
2								
3								
4								
5								
\bar{x}								
$u(\bar{x})$								
$\bar{V_0}$								
$u(\bar{V_0})$								

→ CONFIRMAR se não houve alteração do ângulo de disparo entre o inicio e fim de cada lançamento

b) Determinar $\bar{v}_0 \pm u(\bar{v}_0)$ para cada ângulo
Representar graficamente \bar{v}_0 em função
de θ (com barras de erro $u(\bar{v}_0)$)

Teoria

equações de movimento do projétil

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{g}$$

Não é necessário reproduzir - le v_0 logbook

$$\vec{R}_0 = (x_0, y_0) \text{ com } \vec{v}_0 = (v_0 \cos \theta, v_0 \sin \theta)$$

No ponto de partida do projétil *Se o resultado é relevante*

$$x(t) = v_0 \cos \theta t$$

$$y(t) = v_0 \sin \theta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gx}{2 \sin \theta \cos \theta}}$$

Que é isto. Mal legendado

45°

$$x = 229,4 \text{ cm} + \begin{cases} 1 - 0,50 \text{ cm} & = 229,9 \text{ cm} \\ 2 - 2,50 \text{ cm} & = 231,9 \text{ cm} \\ 3 - 3,50 \text{ cm} & = 232,9 \text{ cm} \\ 4 - 4,70 \text{ cm} & = 234,8 \text{ cm} \\ 5 - & = 229,8 \text{ cm} \end{cases}$$

Devia medir x e z

*e mostra que a incerteza em z não
afeta resultados.*

$\theta = 35^\circ$

$$\begin{aligned} & \text{MDF,SPN} + \text{MDP,8-1} \\ & \text{MDP,8-1} - \text{MDP,N-8} \\ & x \quad 200,210 \text{cm} + \\ & \text{MDP,SPN} + \text{MDP,-1} \\ & \text{MDP,SPN} = \text{MDP,S-2} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 10,7 \text{cm} = 210,7 \text{cm} \\ 2 - 11,6 \text{cm} = 211,8 \text{cm} \\ 3 - 12,3 \text{cm} = 212,5 \text{cm} \\ 4 - 12,1 \text{cm} = 212,3 \text{cm} \\ 5 - 11,4 \text{cm} = 211,6 \text{cm} \end{array} \right.$$

$\theta = 55^\circ$

$$\begin{aligned} & \text{MDP,SPN} = \text{MDP,S-1} \\ & x \quad \text{MDP,SPN} + 197,5 \text{cm} + \\ & \text{MDP,SPN} = \text{MDP,NS-8} \\ & \text{MDP,SPN} = \text{MDP,2S-1} \\ & \text{MDP,SPN} = \text{MDP,T-2} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 24,7 \text{cm} = 222,2 \text{cm} \\ 2 - 26,8 \text{cm} = 224,8 \text{cm} \\ 3 - 25,6 \text{cm} = 223,1 \text{cm} \\ 4 - 26,1 \text{cm} = 223,6 \text{cm} \\ 5 - 25,3 \text{cm} = 222,8 \text{cm} \end{array} \right.$$

$\theta = 40^\circ$

$$\begin{aligned} & x \quad \text{MDP,214,5cm} + \\ & \text{MDP,021} - \text{MDP,SS-7S} \\ & \text{MDP,SPN} = \text{MDP,SP-7S} \\ & \text{MDP,SPN} = \text{MDP,SS-8} \\ & \text{MDP,SPN} = \text{MDP,8A-7S} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 7,9 \text{cm} = 222,4 \text{cm} \\ 2 - 11,6 \text{cm} = 226,1 \text{cm} \\ 3 - 11,9 \text{cm} = 226,4 \text{cm} \\ 4 - 11,7 \text{cm} = 226,2 \text{cm} \\ 5 - 12,8 \text{cm} = 227,3 \text{cm} \end{array} \right.$$

$\theta = 50^\circ$

$$\begin{aligned} & x \quad 88 = \text{MDP,214,5cm} \\ & \text{MDP,08} = \text{MDP,21-8} \\ & \text{MDP,08} = \text{MDP,SP-8} \\ & \text{MDP,08} = \text{MDP,SP-7S} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 17,6 \text{cm} = 232,1 \text{cm} \\ 2 - 17,3 \text{cm} = 231,8 \text{cm} \\ 3 - 17,1 \text{cm} = 231,6 \text{cm} \\ 4 - 16,8 \text{cm} = 231,3 \text{cm} \\ 5 - 16,7 \text{cm} = 231,2 \text{cm} \end{array} \right.$$

$\theta = 60^\circ$, NF = MDP, SP

x

187,2 cm

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 20,4 \text{cm} = 207,6 \text{cm} \\ 2 - 18,9 \text{cm} = 206,1 \text{cm} \\ 3 - 18,5 \text{cm} = 205,7 \text{cm} \\ 4 - 18,6 \text{cm} = 205,8 \text{cm} \\ 5 - 18,9 \text{cm} = 206,1 \text{cm} \end{array} \right.$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$x = 184,5 \text{ cm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 8,2 \text{ cm} = 192,7 \text{ cm} \\ 2 - 4,2 \text{ cm} = 188,7 \text{ cm} \\ 3 - 5,3 \text{ cm} = 189,8 \text{ cm} \\ 4 - 7,6 \text{ cm} = 192,1 \text{ cm} \\ 5 - 7,2 \text{ cm} = 191,7 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$\theta = 20^\circ$$

$$x = 115,5 \text{ cm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 24,2 \text{ cm} = 139,7 \text{ cm} \\ 2 - 20,2 \text{ cm} = 135,7 \text{ cm} \\ 3 - 24,5 \text{ cm} = 140,0 \text{ cm} \\ 4 - 25,3 \text{ cm} = 140,8 \text{ cm} \\ 5 - 25,0 \text{ cm} = 140,5 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$\theta = 70^\circ$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 23,0 \text{ cm} = 151,6 \text{ cm} \\ 2 - 22,0 \text{ cm} = 150,6 \text{ cm} \\ 3 - 19,9 \text{ cm} = 147,7 \text{ cm} \\ 4 - 26,2 \text{ cm} = 154,8 \text{ cm} \\ 5 - 18,9 \text{ cm} = 147,5 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$\theta = 80^\circ$$

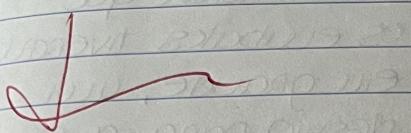
$$x = 65 \text{ cm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - 18,6 \text{ cm} = 83,6 \text{ cm} \\ 2 - 15,9 \text{ cm} = 80,9 \text{ cm} \\ 3 - 11,9 \text{ cm} = 76,1 \text{ cm} \\ 4 - 9,5 \text{ cm} = 74,5 \text{ cm} \\ 5 - 9,2 \text{ cm} = 74,2 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$\theta = 10^\circ$$

dados x 200 69,6cm
y 100 39,5cm
z 100 0,0m

$$\left. \begin{array}{l} 1 - 6,7\text{cm} = 76,3\text{cm} \\ 2 - 7,7\text{cm} = 77,3\text{cm} \\ 3 - 7,4\text{cm} = 77,0\text{cm} \\ 4 - 10,9\text{cm} = 80,5\text{cm} \\ 5 - 3,8\text{cm} = 73,4\text{cm} \end{array} \right\}$$



→ Calcular $u(\bar{v}_0)$

$$u(\bar{v}_0) = \frac{1}{\sqrt{11}} \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{n=1}^i (v_i - \bar{v}_0)^2}$$

$$\bar{v}_0 = 4,7388 \text{ ms}^{-1}$$

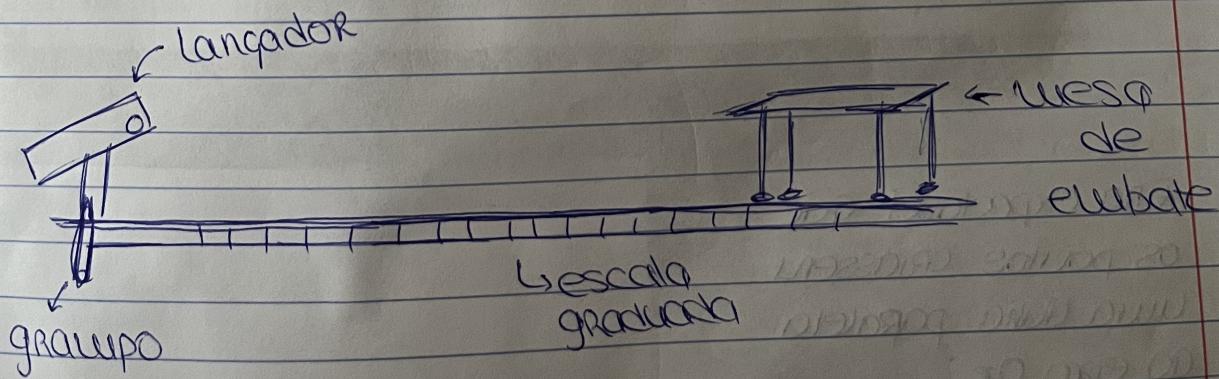
Só faz 5 medições

$$u(\bar{v}_0) = 0,027685 \text{ ms}^{-1} \times$$

$$\text{mas } u(\bar{y}) = 0,05$$

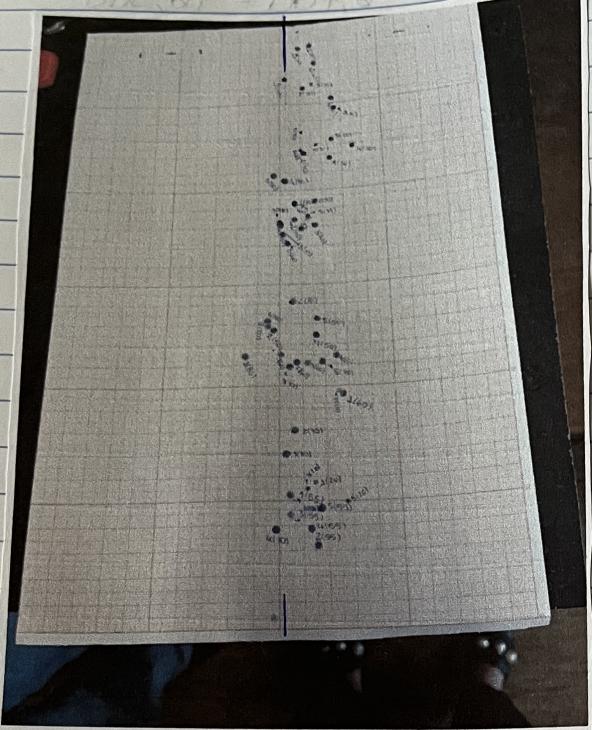
Esquema de montagem

Lateral:



Não mostre em esquema ZP com perspectiva

Análise de dados



→ pontos de eubate sobre o papel rulimétrico

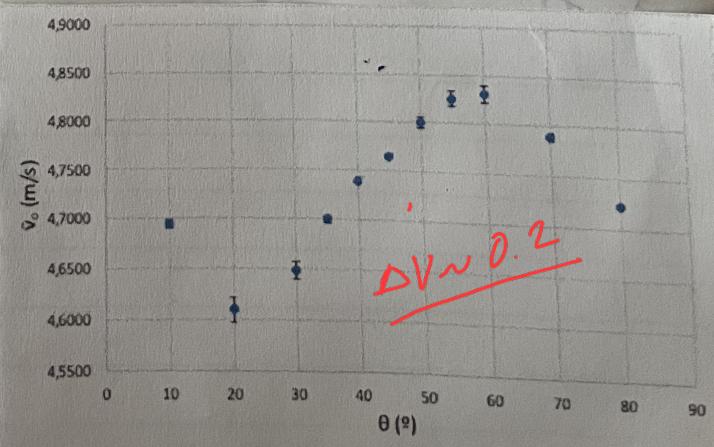
É de notar que os eubates tiveram, em grande, um desvio para a direita em relação ao centro

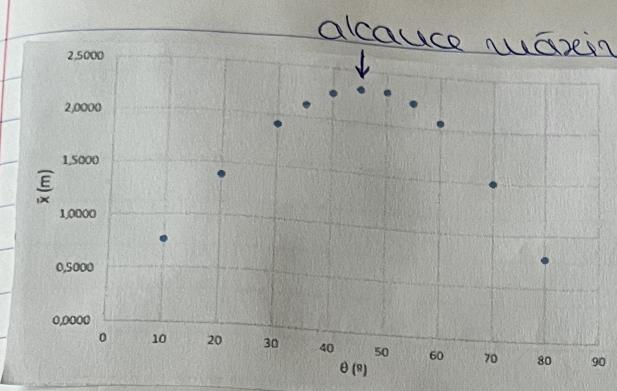
	Ensaios	θ										
		10	20	30	35	40	45	50	55	60	70	80
x (m)	1	0,7630	1,3970	1,9270	2,1090	2,2240	2,2990	2,3210	2,2220	2,0760	1,5160	0,8360
	2	0,7730	1,3570	1,8870	2,1180	2,2610	2,3190	2,3180	2,2480	2,0610	1,5060	0,8090
	3	0,7700	1,4000	1,8980	2,1250	2,2640	2,3290	2,3160	2,2310	2,0570	1,4770	0,7610
	4	0,8050	1,4080	1,9210	2,1230	2,2620	2,3410	2,3130	2,2360	2,0580	1,5480	0,7450
	5	0,7340	1,4050	1,9170	2,1160	2,2730	2,2980	2,3120	2,2280	2,0610	1,4750	0,7420
	\bar{x} (m)	0,7690	1,3934	1,9100	2,1182	2,2568	2,3172	2,3160	2,2330	2,0626	1,5044	0,7786
	$s(\bar{x})$ (m)	0,0254	0,0208	0,0168	0,0063	0,0189	0,0188	0,0037	0,0098	0,0077	0,0302	0,0418
	$u(\bar{x})$ (m)	0,0113	0,0093	0,0075	0,0028	0,0085	0,0084	0,0016	0,0044	0,0034	0,0135	0,0187
	v_0 (m/s)	4,6941	4,6091	4,6491	4,7001	4,7390	4,7653	4,8007	4,8257	4,8312	4,7892	4,7233
	$u(v_0)$ (m/s)	0,0043	0,0124	0,0086	0,0037	0,0000	0,0025	0,0059	0,0083	0,0088	0,0048	0,0015
	$\text{sen}(\theta)$	0,3420	0,6428	0,8660	0,9397	0,9848	1,0000	0,9848	0,9397	0,8660	0,6428	0,3420

não se houvesse bem calculados os incertezas

Era esperável que os pontos criassem uma linha paralela ao eixo Ox

E quase! O que é relevante é que há correlação nos desvios!



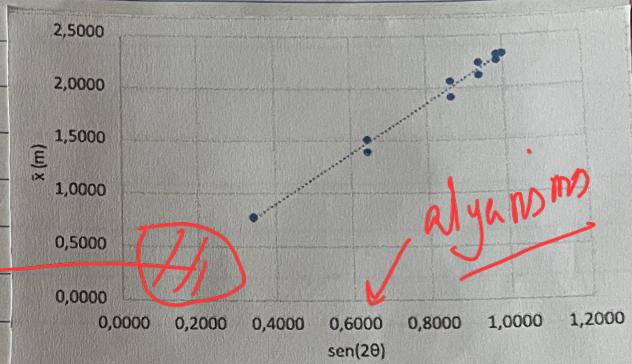


grafia de
ajuste ao $\sin(\theta)$

$$S - SFDE, Sb = AF$$

análise de incerteza no ângulo.

a max



$$\bar{x} = 2,357 \sin(\theta) - 0,04519$$

$$\bar{x} = \frac{V_0^2}{g} \sin(\theta)$$

$g(m/s^2)$	9,8
Parâmetros de ajuste:	
m	2,35727
s_m	-0,04519
b	0,05751
s_b	
r^2	0,99196
s_y	0,05568

Algarismos significativos

$$\frac{V_0^2}{g} = 2,357 \quad \Leftrightarrow V_0 = 4,80 \text{ m s}^{-1}$$

→ velocidade de referência

$$\bar{V}_0 = 4,738 \text{ m s}^{-1}$$

$$E_R = \frac{|4,80 - 4,738|}{4,80} \times 100 = 1,29\%$$

$$V_0 = (4,738 \pm 1,29\%) \text{ m s}^{-1}$$

Confunde
erro c/
incerteza!

O alcance máximo foi registrado para $\theta = 45^\circ$

$$\bar{x} = 2,3172 \text{ m}$$

$$\bar{x}_{\text{expectável}} = 2,3572 \text{ m}$$

$$\text{ER} = \frac{|2,3572 - 2,3172|}{2,3572} \times 100 = 1,70\%$$

$$x_{\text{não}} = (2,3172 \pm 1,70) \text{ m}$$